REGIONE LAZIO

Manuale di Ingegneria Naturalistica

Volume 3

Sistemazione dei versanti

Volume 3
MANUALE DI INGEGNERIA NATURALISTICA
SISTEMAZIONE DEI VERSANTI

A cura di:
REGIONE LAZIO
Assessorato Ambiente e Cooperazione tra i Popoli: l'Assessore A. BONELLI
Direzione Regionale Ambiente e Cooperazione tra i Popoli: il Direttore R. DE FILIPPIS
Responsabili: F. GUBERNALE, G. FALCO, S. DE BARTOLI
Coordinamento Tecnico scientifico e Patrocinio:
AIPIN - Associazione Italiana Per l'Ingegneria Naturalistica

Redazione:
NATURSTUDIO S.c.r.l. - Trieste
Università della Tuscia Dip. GE.MI.NI. - Viterbo
(Convenzione del 31.10. 2002 tra Regione Lazio, Naturstudio S.c.r.l.
e Università della Tuscia per lo studio "Analisi ed applicabilità delle tecniche di Ingegneria Naturalistica relative alle sistemazione dei versanti nell'ambito della perimetrazione delle aree a rischio")

Autori:
Giuliano SAULI - *Dottore Naturalista - Naturstudio S.c.r.l. - Presidente Nazionale AIPIN*
Paolo CORNELINI - *Ingegnere e Dottore Naturalista - Presidente AIPIN Sez. Lazio*
Federico PRETI - *Ingegnere Civile e Dottore di Ricerca in Monitoraggio Ambientale - Professore di Sistemazioni Idraulico-Forestali Università della Tuscia e di Firenze - Socio* esperto AIPIN
Citazione bibliografica: Sauli G., Cornelini P. & Preti F. 2005 – Manuale di Ingegneria Naturalistica, VOLUME 3, Sistemazione dei versanti. Regione Lazio, Roma.

Collaboratori:
C. LOSS - *Dottore Naturalista - Naturstudio S.c.r.l. - Socio esperto AIPIN*
V. ZAGO - *Dottore Biologo - Naturstudio S.c.r.l.*

Grafica:
L. COCIANCICH - Geometra - Naturstudio S.c.r.l.
A. GIORGI
O. IACOANGELI – Dottore Geologo

Contributi specialistici:
M. AMODIO - *Dottore Geologo*
M. BARNESCHI - *Dottore di Ricerca in Ingegneria Agroforestale*
D. BERTI - *Dottore Geologo*
C. BICOCCHI - *Dottore Geologo*
G. BOVINA - *Dottore Geologo*
E. BRESCI - *Ingegnere - Ricercatore Universitario*
U. BRUSCHINI - *Dottore Forestale*
M. COMEDINI - *Dottore Geologo - Socio esperto AIPIN*
D. DALLARI - *Dottore Forestale - Socio esperto AIPIN*
R. DE FILIPPIS - *Dottore Forestale - Regione Lazio*
G. FELLI - *Ingegnere - Generale del Genio M. in congedo*
R. FERRARI - *Socio esperto AIPIN*
L. FILESI - *Professore Naturalista - Università Venezia*
L. GUARNIERI - *Dottore Forestale*
F. GUBERNALE - *Ingegnere - Regione Lazio*
L. MAZZANTI - *Agrotecnico*
C. MILANESE - *Dottore Forestale*
F. PALMERI - *Dottore Forestale - Socio esperto AIPIN*
G. PERATONER - *Dottore Forestale*
P. PETRELLA - *Dottore Naturalista*
S. PUGLISI - *Professore Ingegnere - Socio esperto AIPIN*
I. SCHIAPPA - *Agrotecnico - Responsabile Vivaio Itri*
A. TRIGILA - *Dottore Geologo - Socio esperto AIPIN*

Si ringrazia:
M.L. BERNABEI
C. BIFULCO
F. BOCCALARO
R. BUTTARO
A. CORTESE
A. D'ANDRASSI
W. GALLMETZER
P. GIACCHINI
E. GUIDI
A. LIBERATORE
A. MARCHETTI
N. MARRONE
G. MAZZONI
G. MENEGAZZI
A. PEI
A. PRAMSTRALLER
L. SACCHETTI
J. STAFFLER

REGIONE LAZIO
Coordinamento editoriale: *Francesco Gubernale, Simona De Bartoli, Ester Ferrari*
Realizzazione e stampa: Emilmarc s.r.l. - Tel. 06 59605142 - Roma
Tiratura copie: 2000
Finito di stampare nel mese di gennaio 2006
Distribuzione gratuita

PRESENTAZIONE

È con estremo piacere che presento questo terzo manuale della Regione Lazio sull'Ingegneria Naturalistica, dato che la tematica che affronta è a me particolarmente nota e vicina.
Dopo il manuale sull'uso delle tecniche di basso impatto nel settore idraulico, e quello dedicato ai settori delle strade, cave, discariche e coste sabbiose, ecco il manuale che affronta in modo specifico il consolidamento di scarpate e pendii in frana.
Questa pubblicazione continua un percorso iniziato dalla Regione nel 1998, e testimonia come, al di là di ogni schieramento, l'attenzione e l'impegno verso la tutela ed il recupero dell'Ambiente nel nostro territorio regionale sia continuo.
La sfida consiste nell'adottare strategie che permettano di gestire e favorire paesaggi culturali e naturali in modo corrispondente alle aspettative della società ed agli obiettivi di sviluppo, ma con attenzione all'identità' culturale, alla conservazione della natura, alla diversità biologica.
Nei programmi di intervento della difesa del suolo, finalizzati a fornire al territorio il primo essenziale servizio della sicurezza, si ricerca quindi la riduzione dell'impatto ambientale delle opere ritenute comunque necessarie alla riduzione del rischio, in un ottica che coniughi il più possibile sicurezza, salvaguardia degli ecosistemi, aumento della biodiversità.
L'Ingegneria Naturalistica rappresenta lo strumento operativo per il raggiungimento di questo obiettivo.
Questo terzo manuale analogamente ai precedenti non si limita ad un elenco di tecniche, ma attraverso contributi scientifici di vari autori continua nell'opera di formazione, divulgazione, approfondimento e studio di questa disciplina che ricordiamo, anche a norma di legge, è riconosciuta nell'elenco delle opere pubbliche.
In questi anni la Regione ha promosso attivamente la diffusione in tutte le sedi istituzionali e professionali delle tecniche dell'Ingegneria Naturalistica attraverso convegni, corsi di formazione, esecuzione di cantieri pilota, campagne di monitoraggio degli interventi eseguiti al fine di valutare e migliorare gli effetti di riuscita degli interventi.
Ma tutto questo non è certo un punto di arrivo, ma è una base su cui la nostra azione, con la struttura collaudata della nostra Direzione Regionale e dei nostri funzionari che curano fin dal 1998 questa materia, sta proseguendo, prevedendo già la prossima pubblicazione dei " Quaderni di cantiere" che diventeranno compagni abituali delle imprese e degli operatori del settore, ed attraverso prossime Convenzioni da stipulare con i Parchi, le Comunità montane, i Consorzi per altri corsi di formazione e sperimentazione sul campo.
L'Ingegneria Naturalistica è una disciplina difficile, impegnativa, ma ci aiuta a ricostituire e conservare l'ambiente naturale.

Angelo Bonelli

Assessore all'Ambiente e alla Cooperazione dei Popoli

Roma gennaio 2006

INDICE

PARTE I - GENERALE

1. Introduzione *(G. Sauli)* 11

2. Origini e normative dell'Ingegneria Naturalistica *(R. De Filippis, F. Gubernale)* 13

3. Principi e definizioni *(P. Cornelini, G. Sauli)* 19

4. Cronistoria *(Fonte AIPIN)* 21

5. Metodologie ed ambiti di applicazione *(G. Sauli)* 25

6. Deontologia professionale *(G. Sauli, P. Cornelini)* 29

7. Le origini storiche 33

7.1 Le origini storiche dell'ingegneria naturalistica nel mondo romano antico *(P. Cornelini)* 33

7.2 Tecniche utilizzate dal Genio Militare per la stabilizzazione di scarpate nei lavori sul campo di battaglia *(P. Cornelini, G. Felli)* 38

7.3 Dalle sistemazioni Idraulico - Forestali all'Ingegneria Naturalistica *(F. Preti, E. Bresci)* 46

8. Settori di analisi ambientale di supporto alla progettazione degli interventi antierosivi, stabilizzanti e di consolidamento dei versanti 67

8.1 Geologia del Lazio *(M. Amodio, G. Bovina)* 67

8.2 Geomorfologia del Lazio *(M. Amodio, G. Bovina)* 72

8.3 Caratteri geologici e geomorfologici della regione Lazio e delle regioni limitrofe *(A. Trigila, D. Berti)* 75

8.4 Lineamenti del fitoclima del Lazio *(P. Cornelini, P. Petrella)* 92

8.5 Lineamenti della flora e vegetazione del Lazio *(P. Cornelini, P.Petrella)* 99

8.6 Generalità sulla vegetazione reale e sulle principali serie dinamiche del Lazio e delle regioni limitrofe *(L. Filesi)* 106

9. Geotecnica applicata all'Ingegneria Naturalistica *(F. Preti, P. Cornelini)* 117

10. Stabilità dei versanti vegetati *(F.Preti)* 137

11. Applicabilità delle tecniche di Ingegneria Naturalistica nel Lazio in funzione del substrato litologico e delle relative coperture detritiche *(C. Bicocchi)* 169

12. Biotecnica delle specie vegetali 187

12.1 Le caratteristiche biotecniche delle piante impiegabili in ingegneria naturalistica *(F. Palmeri, P. Cornelini)* 187

12.2 Possibilità di propagazione, tecniche vivaistiche e risvolti applicativi *(D. Dallari)* 200

12.3 Un vivaio di specie autoctone nel parco naturale dei monti Aurunci *(I. Schiappa)* 207

PARTE II - SPECIALISTICA

13. Le tecniche di Ingegneria Naturalistica *(G. Sauli)* 217

14. I materiali *(M. Comedini)* 219

15. Schede delle tecniche *(G. Sauli, C. Loss, V. Zago)* 225

15. 1Interventi antierosivi di rivestimento 225

1 Semina a spaglio
2 Semina a paglia e bitume
3 Idrosemina
4 Semina a strato con terriccio
5 Semina con fiorume
6 Semina di piante legnose
7 Biotessile in juta (geojuta)
8 Biostuoia in paglia, in cocco, in cocco e paglia
9 Biotessile in cocco (sin. Stuoia di cocco)

10 Biostuoia in trucioli di legno
11 Geostuoia tridimensionale in materiale sintetico
12 Geostuoia tridimensionale in materiale sintetico bitumata in opera a freddo
13 Geocelle a nido d'ape in materiale sintetico
14 Rete metallica a doppia torsione
15 Rivestimento vegetativo in rete metallica a doppia torsione zincata (e plastificata) e biofeltri – biostuoie
16 Rivestimento vegetativo a materasso
a) realizzato in opera
b) preconfezionato

15.2 Interventi stabilizzanti 311

17 Messa a dimora di talee
18 Piantagione di arbusti
19 Piantagione di alberi
20 Trapianto dal selvatico di zolle erbose o ecocelle
21 Trapianto dal selvatico di cespi e rizomi
22 Viminata viva
23 Gradonata viva
24 Fascinata viva su pendio
25 Fascinata viva drenante su pendio
26 Cordonata viva
27 Cordonata orizzontale esterna viva con piloti

15.3 Interventi combinati di consolidamento 383

28 Grata viva su scarpata
29 Palificata viva di sostegno semplice
30 Palificata viva di sostegno a parete doppia
31 Palificata viva di sostegno Roma
32 Gabbionata in rete metallica zincata rinverdita
33 Terra rinforzata rinverdita
34 Muro a secco rinverdito
35 Cuneo filtrante
36 Scogliera rinverdita
37 Muro cellulare rinverdito
38 Briglia in legname e pietrame

15.4 Interventi costruttivi particolari 457

39 Graticciata in micropali, rete e stuoia

PARTE III - CRITERI DI PROGETTAZIONE E CASISTICA

16. La progettazione degli interventi di Ingegneria Naturalistica *(P. Cornelini, G. Sauli)* 467

17. Selezione delle tecniche per la sistemazione di versanti *(G. Sauli, P. Cornelini)* 485

18. Criteri per la manutenzione del territorio ai fini della prevenzione del rischio idrogeologico *(P. Cornelini)* 491

19. La sistemazione dei versanti calanchivi *(S. Puglisi)* 501

20. Il recupero delle aree percorse dal fuoco con tecniche di Ingegneria Naturalistica *(U. Bruschini, P. Cornelini)* 505

21. Piste da sci *(G. Peratoner)* 511

22. Casistica degli interventi di Ingegneria Naturalistica e di rinaturazione dei versanti - Schede 523

23. Interventi di manutenzione *(L. Mazzanti, L. Guarnieri, F. Preti)* 597

24. Casistica degli errori più frequenti nell'esecuzione delle opere di Ingegneria Naturalistica *(R. Ferrari)* 613

PARTE IV - MONITORAGGI

25. Monitoraggio degli interventi di Ingegneria Naturalistica sui versanti della Regione Lazio *(F. Preti, C. Milanese, A. D'Andrassi, A. Cortese)* 619

26. Schede di monitoraggio *(F. Preti, C. Milanese, in collaborazione con A. D'Andrassi, A. Cortese)* 629

APPENDICE A

Premesse 719

Analisi prezzi 721

Elenco prezzi 760

APPENDICE B

Analisi prezzi del "*Manuale di Ingegneria Naturalistica Applicabile al settore idraulico*" aggiornamento 2004. 769

Elenco prezzi del "*Manuale di Ingegneria Naturalistica Applicabile al settore idraulico*" aggiornamento 2003. 806

Analisi prezzi del "*Manuale di Ingegneria Naturalistica Applicabile ai settori delle strade, cave, discariche e coste sabbiose*" - aggiornamento 2004 812

Elenco prezzi del "*Manuale di Ingegneria Naturalistica Applicabile ai settori delle strade, cave, discariche e coste sabbiose*" - aggiornamento 2003 845

APPENDICE C

Bibliografia 853

PARTE I - GENERALE

CAPITOLO 1

Introduzione

G. Sauli

Il presente manuale costituisce il terzo volume del **Manuale di Ingegneria Naturalistica della Regione Lazio** dedicato alla sistemazione dei versanti.
Il primo volume, uscito nel 2002, era dedicato alle sistemazioni idrauliche, il secondo uscito nel 2003, era dedicato ai settori delle strade, cave, discariche e coste sabbiose.

Come già per i primi due volumi, anche il terzo ha come finalità quella di coprire l'esigenza conoscitiva di base dei vari interpreti della gestione del territorio e delle infrastrutture a livello regionale: funzionari, progettisti, imprese di costruzione, imprese vivaistiche e del verde.

Anche per questo volume terzo dedicato alle sistemazioni dei versanti è stata presa in considerazione una casistica ed applicabilità più vasta che non la stretta pertinenza della Regione Lazio, assumendo per buona parte delle tecniche una validità estensibile alle diverse realtà montane e collinari italiane.

Il lavoro è frutto di una collaborazione tra vari Autori che hanno curato singoli capitoli di competenza ed è composto di quattro parti e due appendici cosi organizzate:

Parte prima - generale

In cui per completezza e autonomia del volume vengono ripresi e aggiornati alcuni capitoli già trattati nei volumi 1 e 2.
Vengono trattati i temi relativi a:
- principi, definizioni, metodi, cronistoria, aspetti normativi e deontologici;
- le origini storiche dell'I.N.;
- i settori di analisi di supporto alle progettazioni (geologia, fitoclima, botanica, biotecnica, vivaistica, geotecnica);

Parte seconda - specialistica

In cui vengono esaminati materiali e tecniche di principale applicabilità nel settore esaminato. Vengono analizzate 39 tecniche organizzate in schede descrittive complete di voci di capitolato e di schemi e foto di applicazioni nel Lazio o in altre regioni.

Come già nei precedenti volumi, si è adottata la distinzione classica delle tecniche in: interventi antierosivi, stabilizzanti, combinati di consolidamento e costruttivi particolari.

Parte terza - progettazione
Comprendente:
- una parte introduttiva metodologica sulle analisi stazionali e sul progetto botanico;
- una parte relativa ai settori esaminati (scarpate, frane, piste da sci, ecc.) basandosi sull' analisi di una significativa casistica regionale ed extraregionale.

Parte quarta - monitoraggi

In cui vengono riportate le principali schede di monitoraggio realizzate dal gruppo di lavoro, su casistica regionale di interventi di I.N. o a verde in genere.

Appendice A

Contiene le analisi prezzi e gli elenchi prezzi delle tecniche esaminate, basandosi sulle esperienze maturate di realizzazione di opere in Italia e aggiornati per quanto possibile con il prezziario regionale e con le quotazioni provinciali del costo della mano d'opera (N.B.: non di tutte le tecniche si dispone di analisi verificata).

Appendice B

Contiene le analisi prezzi e gli elenchi prezzi del "*Manuale di Ingegneria Naturalistica Applicabile al settore idraulico"* e del *"Manuale di Ingegneria Naturalistica Applicabile ai settori delle strade, cave, discariche e coste sabbiose*" -aggiornati rispettivamente al 2004 e al 2003.

Appendice C
Bibliografia.

REGIONE LAZIO

Manuale di Ingegneria Naturalistica

Volume 3

Sistemazione dei versanti

Volume 3
MANUALE DI INGEGNERIA NATURALISTICA
SISTEMAZIONE DEI VERSANTI

A cura di:
REGIONE LAZIO
Assessorato Ambiente e Cooperazione tra i Popoli: l'Assessore A. BONELLI
Direzione Regionale Ambiente e Cooperazione tra i Popoli: il Direttore R. DE FILIPPIS
Responsabili: F. GUBERNALE, G. FALCO, S. DE BARTOLI
Coordinamento Tecnico scientifico e Patrocinio:
AIPIN - Associazione Italiana Per l'Ingegneria Naturalistica

Redazione:
NATURSTUDIO S.c.r.l. - Trieste
Università della Tuscia Dip. GE.MI.NI. - Viterbo
(Convenzione del 31.10. 2002 tra Regione Lazio, Naturstudio S.c.r.l.
e Università della Tuscia per lo studio "Analisi ed applicabilità delle tecniche di Ingegneria Naturalistica relative alle sistemazione dei versanti nell'ambito della perimetrazione delle aree a rischio")

Autori:
Giuliano SAULI - *Dottore Naturalista - Naturstudio S.c.r.l. - Presidente Nazionale AIPIN*
Paolo CORNELINI - *Ingegnere e Dottore Naturalista - Presidente AIPIN Sez. Lazio*
Federico PRETI - *Ingegnere Civile e Dottore di Ricerca in Monitoraggio Ambientale - Professore di Sistemazioni Idraulico-Forestali Università della Tuscia e di Firenze - Socio* esperto AIPIN
Citazione bibliografica: Sauli G., Cornelini P. & Preti F. 2005 – Manuale di Ingegneria Naturalistica, VOLUME 3, Sistemazione dei versanti. Regione Lazio, Roma.

Collaboratori:
C. LOSS - *Dottore Naturalista - Naturstudio S.c.r.l. - Socio esperto AIPIN*
V. ZAGO - *Dottore Biologo - Naturstudio S.c.r.l.*

Grafica:
L. COCIANCICH - Geometra - Naturstudio S.c.r.l.
A. GIORGI
O. IACOANGELI – Dottore Geologo

Contributi specialistici:
M. AMODIO - *Dottore Geologo*
M. BARNESCHI - *Dottore di Ricerca in Ingegneria Agroforestale*
D. BERTI - *Dottore Geologo*
C. BICOCCHI - *Dottore Geologo*
G. BOVINA - *Dottore Geologo*
E. BRESCI - *Ingegnere - Ricercatore Universitario*
U. BRUSCHINI - *Dottore Forestale*
M. COMEDINI - *Dottore Geologo - Socio esperto AIPIN*
D. DALLARI - *Dottore Forestale - Socio esperto AIPIN*
R. DE FILIPPIS - *Dottore Forestale - Regione Lazio*
G. FELLI - *Ingegnere - Generale del Genio M. in congedo*
R. FERRARI - *Socio esperto AIPIN*
L. FILESI - *Professore Naturalista - Università Venezia*
L. GUARNIERI - *Dottore Forestale*
F. GUBERNALE - *Ingegnere - Regione Lazio*
L. MAZZANTI - *Agrotecnico*
C. MILANESE - *Dottore Forestale*
F. PALMERI - *Dottore Forestale - Socio esperto AIPIN*
G. PERATONER - *Dottore Forestale*
P. PETRELLA - *Dottore Naturalista*
S. PUGLISI - *Professore Ingegnere - Socio esperto AIPIN*
I. SCHIAPPA - *Agrotecnico - Responsabile Vivaio Itri*
A. TRIGILA - *Dottore Geologo - Socio esperto AIPIN*

Si ringrazia:
M.L. BERNABEI
C. BIFULCO
F. BOCCALARO
R. BUTTARO
A. CORTESE
A. D'ANDRASSI
W. GALLMETZER
P. GIACCHINI
E. GUIDI
A. LIBERATORE
A. MARCHETTI
N. MARRONE
G. MAZZONI
G. MENEGAZZI
A. PEI
A. PRAMSTRALLER
L. SACCHETTI
J. STAFFLER

REGIONE LAZIO
Coordinamento editoriale: *Francesco Gubernale, Simona De Bartoli, Ester Ferrari*
Realizzazione e stampa: Emilmarc s.r.l. - Tel. 06 59605142 - Roma
Tiratura copie: 2000
Finito di stampare nel mese di gennaio 2006
Distribuzione gratuita

PRESENTAZIONE

È con estremo piacere che presento questo terzo manuale della Regione Lazio sull'Ingegneria Naturalistica, dato che la tematica che affronta è a me particolarmente nota e vicina.
Dopo il manuale sull'uso delle tecniche di basso impatto nel settore idraulico, e quello dedicato ai settori delle strade, cave, discariche e coste sabbiose, ecco il manuale che affronta in modo specifico il consolidamento di scarpate e pendii in frana.
Questa pubblicazione continua un percorso iniziato dalla Regione nel 1998, e testimonia come, al di là di ogni schieramento, l'attenzione e l'impegno verso la tutela ed il recupero dell'Ambiente nel nostro territorio regionale sia continuo.
La sfida consiste nell'adottare strategie che permettano di gestire e favorire paesaggi culturali e naturali in modo corrispondente alle aspettative della società ed agli obiettivi di sviluppo, ma con attenzione all'identità' culturale, alla conservazione della natura, alla diversità biologica.
Nei programmi di intervento della difesa del suolo, finalizzati a fornire al territorio il primo essenziale servizio della sicurezza, si ricerca quindi la riduzione dell'impatto ambientale delle opere ritenute comunque necessarie alla riduzione del rischio, in un ottica che coniughi il più possibile sicurezza, salvaguardia degli ecosistemi, aumento della biodiversità.
L'Ingegneria Naturalistica rappresenta lo strumento operativo per il raggiungimento di questo obiettivo.
Questo terzo manuale analogamente ai precedenti non si limita ad un elenco di tecniche, ma attraverso contributi scientifici di vari autori continua nell'opera di formazione, divulgazione, approfondimento e studio di questa disciplina che ricordiamo, anche a norma di legge, è riconosciuta nell'elenco delle opere pubbliche.
In questi anni la Regione ha promosso attivamente la diffusione in tutte le sedi istituzionali e professionali delle tecniche dell'Ingegneria Naturalistica attraverso convegni, corsi di formazione, esecuzione di cantieri pilota, campagne di monitoraggio degli interventi eseguiti al fine di valutare e migliorare gli effetti di riuscita degli interventi.
Ma tutto questo non è certo un punto di arrivo, ma è una base su cui la nostra azione, con la struttura collaudata della nostra Direzione Regionale e dei nostri funzionari che curano fin dal 1998 questa materia, sta proseguendo, prevedendo già la prossima pubblicazione dei " Quaderni di cantiere" che diventeranno compagni abituali delle imprese e degli operatori del settore, ed attraverso prossime Convenzioni da stipulare con i Parchi, le Comunità montane, i Consorzi per altri corsi di formazione e sperimentazione sul campo.
L'Ingegneria Naturalistica è una disciplina difficile, impegnativa, ma ci aiuta a ricostituire e conservare l'ambiente naturale.

Angelo Bonelli

Assessore all'Ambiente e alla Cooperazione dei Popoli

Roma gennaio 2006

INDICE

PARTE I - GENERALE

1. Introduzione *(G. Sauli)* 11

2. Origini e normative dell'Ingegneria Naturalistica *(R. De Filippis, F. Gubernale)* 13

3. Principi e definizioni *(P. Cornelini, G. Sauli)* 19

4. Cronistoria *(Fonte AIPIN)* 21

5. Metodologie ed ambiti di applicazione *(G. Sauli)* 25

6. Deontologia professionale *(G. Sauli, P. Cornelini)* 29

7. Le origini storiche 33

7.1 Le origini storiche dell'ingegneria naturalistica nel mondo romano antico *(P. Cornelini)* 33

7.2 Tecniche utilizzate dal Genio Militare per la stabilizzazione di scarpate nei lavori sul campo di battaglia *(P. Cornelini, G. Felli)* 38

7.3 Dalle sistemazioni Idraulico - Forestali all'Ingegneria Naturalistica *(F. Preti, E. Bresci)* 46

8. Settori di analisi ambientale di supporto alla progettazione degli interventi antierosivi, stabilizzanti e di consolidamento dei versanti 67

8.1 Geologia del Lazio *(M. Amodio, G. Bovina)* 67

8.2 Geomorfologia del Lazio *(M. Amodio, G. Bovina)* 72

8.3 Caratteri geologici e geomorfologici della regione Lazio e delle regioni limitrofe *(A. Trigila, D. Berti)* 75

8.4 Lineamenti del fitoclima del Lazio *(P. Cornelini, P. Petrella)* 92

8.5 Lineamenti della flora e vegetazione del Lazio *(P. Cornelini, P.Petrella)* 99

8.6 Generalità sulla vegetazione reale e sulle principali serie dinamiche del Lazio e delle regioni limitrofe *(L. Filesi)* 106

9. Geotecnica applicata all'Ingegneria Naturalistica *(F. Preti, P. Cornelini)* 117

10. Stabilità dei versanti vegetati *(F.Preti)* 137

11. Applicabilità delle tecniche di Ingegneria Naturalistica nel Lazio in funzione del substrato litologico e delle relative coperture detritiche *(C. Bicocchi)* 169

12. Biotecnica delle specie vegetali 187

12.1 Le caratteristiche biotecniche delle piante impiegabili in ingegneria naturalistica *(F. Palmeri, P. Cornelini)* 187

12.2 Possibilità di propagazione, tecniche vivaistiche e risvolti applicativi *(D. Dallari)* 200

12.3 Un vivaio di specie autoctone nel parco naturale dei monti Aurunci *(I. Schiappa)* 207

PARTE II - SPECIALISTICA

13. Le tecniche di Ingegneria Naturalistica *(G. Sauli)* 217

14. I materiali *(M. Comedini)* 219

15. Schede delle tecniche *(G. Sauli, C. Loss, V. Zago)* 225

15. 1Interventi antierosivi di rivestimento 225

1 Semina a spaglio
2 Semina a paglia e bitume
3 Idrosemina
4 Semina a strato con terriccio
5 Semina con fiorume
6 Semina di piante legnose
7 Biotessile in juta (geojuta)
8 Biostuoia in paglia, in cocco, in cocco e paglia
9 Biotessile in cocco (sin. Stuoia di cocco)

10 Biostuoia in trucioli di legno
11 Geostuoia tridimensionale in materiale sintetico
12 Geostuoia tridimensionale in materiale sintetico bitumata in opera a freddo
13 Geocelle a nido d'ape in materiale sintetico
14 Rete metallica a doppia torsione
15 Rivestimento vegetativo in rete metallica a doppia torsione zincata (e plastificata) e biofeltri – biostuoie
16 Rivestimento vegetativo a materasso
a) realizzato in opera
b) preconfezionato

15.2 Interventi stabilizzanti 311

17 Messa a dimora di talee
18 Piantagione di arbusti
19 Piantagione di alberi
20 Trapianto dal selvatico di zolle erbose o ecocelle
21 Trapianto dal selvatico di cespi e rizomi
22 Viminata viva
23 Gradonata viva
24 Fascinata viva su pendio
25 Fascinata viva drenante su pendio
26 Cordonata viva
27 Cordonata orizzontale esterna viva con piloti

15.3 Interventi combinati di consolidamento 383

28 Grata viva su scarpata
29 Palificata viva di sostegno semplice
30 Palificata viva di sostegno a parete doppia
31 Palificata viva di sostegno Roma
32 Gabbionata in rete metallica zincata rinverdita
33 Terra rinforzata rinverdita
34 Muro a secco rinverdito
35 Cuneo filtrante
36 Scogliera rinverdita
37 Muro cellulare rinverdito
38 Briglia in legname e pietrame

15.4 Interventi costruttivi particolari 457

39 Graticciata in micropali, rete e stuoia

PARTE III - CRITERI DI PROGETTAZIONE E CASISTICA

16. La progettazione degli interventi di Ingegneria Naturalistica *(P. Cornelini, G. Sauli)* 467

17. Selezione delle tecniche per la sistemazione di versanti *(G. Sauli, P. Cornelini)* 485

18. Criteri per la manutenzione del territorio ai fini della prevenzione del rischio idrogeologico *(P. Cornelini)* 491

19. La sistemazione dei versanti calanchivi *(S. Puglisi)* 501

20. Il recupero delle aree percorse dal fuoco con tecniche di Ingegneria Naturalistica *(U. Bruschini, P. Cornelini)* 505

21. Piste da sci *(G. Peratoner)* 511

22. Casistica degli interventi di Ingegneria Naturalistica e di rinaturazione dei versanti - Schede 523

23. Interventi di manutenzione *(L. Mazzanti, L. Guarnieri, F. Preti)* 597

24. Casistica degli errori più frequenti nell'esecuzione delle opere di Ingegneria Naturalistica *(R. Ferrari)* 613

PARTE IV - MONITORAGGI

25. Monitoraggio degli interventi di Ingegneria Naturalistica sui versanti della Regione Lazio *(F. Preti, C. Milanese, A. D'Andrassi, A. Cortese)* 619

26. Schede di monitoraggio *(F. Preti, C. Milanese, in collaborazione con A. D'Andrassi, A. Cortese)* 629

APPENDICE A

Premesse 719

Analisi prezzi 721

Elenco prezzi 760

APPENDICE B

Analisi prezzi del "*Manuale di Ingegneria Naturalistica Applicabile al settore idraulico*" aggiornamento 2004. 769

Elenco prezzi del "*Manuale di Ingegneria Naturalistica Applicabile al settore idraulico*" aggiornamento 2003. 806

Analisi prezzi del "*Manuale di Ingegneria Naturalistica Applicabile ai settori delle strade, cave, discariche e coste sabbiose*" - aggiornamento 2004 812

Elenco prezzi del "*Manuale di Ingegneria Naturalistica Applicabile ai settori delle strade, cave, discariche e coste sabbiose*" - aggiornamento 2003 845

APPENDICE C

Bibliografia 853

PARTE I - GENERALE

CAPITOLO 1

Introduzione

G. Sauli

Il presente manuale costituisce il terzo volume del **Manuale di Ingegneria Naturalistica della Regione Lazio** dedicato alla sistemazione dei versanti.
Il primo volume, uscito nel 2002, era dedicato alle sistemazioni idrauliche, il secondo uscito nel 2003, era dedicato ai settori delle strade, cave, discariche e coste sabbiose.

Come già per i primi due volumi, anche il terzo ha come finalità quella di coprire l'esigenza conoscitiva di base dei vari interpreti della gestione del territorio e delle infrastrutture a livello regionale: funzionari, progettisti, imprese di costruzione, imprese vivaistiche e del verde.

Anche per questo volume terzo dedicato alle sistemazioni dei versanti è stata presa in considerazione una casistica ed applicabilità più vasta che non la stretta pertinenza della Regione Lazio, assumendo per buona parte delle tecniche una validità estensibile alle diverse realtà montane e collinari italiane.

Il lavoro è frutto di una collaborazione tra vari Autori che hanno curato singoli capitoli di competenza ed è composto di quattro parti e due appendici cosi organizzate:

Parte prima - generale

In cui per completezza e autonomia del volume vengono ripresi e aggiornati alcuni capitoli già trattati nei volumi 1 e 2.
Vengono trattati i temi relativi a:
- principi, definizioni, metodi, cronistoria, aspetti normativi e deontologici;
- le origini storiche dell'I.N.;
- i settori di analisi di supporto alle progettazioni (geologia, fitoclima, botanica, biotecnica, vivaistica, geotecnica);

Parte seconda - specialistica

In cui vengono esaminati materiali e tecniche di principale applicabilità nel settore esaminato. Vengono analizzate 39 tecniche organizzate in schede descrittive complete di voci di capitolato e di schemi e foto di applicazioni nel Lazio o in altre regioni.

Come già nei precedenti volumi, si è adottata la distinzione classica delle tecniche in: interventi antierosivi, stabilizzanti, combinati di consolidamento e costruttivi particolari.

Parte terza - progettazione
Comprendente:
- una parte introduttiva metodologica sulle analisi stazionali e sul progetto botanico;
- una parte relativa ai settori esaminati (scarpate, frane, piste da sci, ecc.) basandosi sull' analisi di una significativa casistica regionale ed extraregionale.

Parte quarta - monitoraggi

In cui vengono riportate le principali schede di monitoraggio realizzate dal gruppo di lavoro, su casistica regionale di interventi di I.N. o a verde in genere.

Appendice A

Contiene le analisi prezzi e gli elenchi prezzi delle tecniche esaminate, basandosi sulle esperienze maturate di realizzazione di opere in Italia e aggiornati per quanto possibile con il prezziario regionale e con le quotazioni provinciali del costo della mano d'opera (N.B.: non di tutte le tecniche si dispone di analisi verificata).

Appendice B

Contiene le analisi prezzi e gli elenchi prezzi del "*Manuale di Ingegneria Naturalistica Applicabile al settore idraulico"* e del *"Manuale di Ingegneria Naturalistica Applicabile ai settori delle strade, cave, discariche e coste sabbiose*" -aggiornati rispettivamente al 2004 e al 2003.

Appendice C
Bibliografia.

CAPITOLO 2

Origini e normative dell'Ingegneria Naturalistica

R. De Filippis, F. Gubernale

Parlare dell'ingegneria naturalistica e voler ricercare l'origine delle sue applicazioni può diventare un esercizio puramente accademico, tante sono nel mondo e nel tempo i riferimenti e le testimonianze che si possono trovare. Molti autori citano le opere di ingegneria militare delle legioni romane come primi esempi di una cultura nel saper costruire utilizzando ciò che ora viene proposto come uso di tecniche a basso impatto ambientale. Caio Mario, Cesare e gli altri consoli e generali romani, nella Gallia o in Britannia, in Germania o nei più sperduti confini del mondo romano, conducevano le proprie legioni in campagne militari che duravano più anni, in territori ostili, lontano da ogni possibile base che oggi chiameremmo logistica. Essere autosufficienti e rapidi voleva dire vincere o essere sconfitti, vivere o morire. Ed i romani costruivano i loro accampamenti fortificati, i ponti, le strade e tutto ciò che gli occorreva per difendersi e per attaccare con quello che quei posti offrivano: terra, pietre ed il legno delle foreste. Ma stiamo parlando di altre cose.

Tornando ai nostri tempi l'origine delle opere di ingegneria naturalistica si fa giustamente risalire alla tradizione dei lavori di sistemazione idraulica-forestale dei bacini montani.

Già con il D.M. del 20 agosto del 1912 "Approvazione delle norme per la preparazione dei progetti di lavori di sistemazioni idraulico-forestali nei bacini montani" si evidenziano i primi riferimenti all'ingegneria naturalistica, imponendo l'uso di materiali vivi e morti oggi ascrivibili a queste tecniche. In particolare, un passo della legge recitava: «*sono da impiegare: materiali rustici dei siti, pietre, legnami richiedendo alla forza della vegetazione i materiali viventi pel consolidamento dei terreni, ricorrendo anche ad opere miste in legname e sasso. Nelle frane sono da evitare le costruzioni murali, adottando invece piccole palizzate, graticciate o fascinate basse, inerbimenti e semine e piantagioni di alberi di pronto accrescimento.*»

Tradizione che si è sviluppata soprattutto in ambito prealpino, anche se sono emerse alcune testimonianze di grande interesse in ambiti completamente diversi come le attività di sistemazione idraulico-forestale svolte sul complesso craterico Somma-Vesuvio a seguito delle "lave di fango" connesse alla grande eruzione del 1906. La vastità dei provvedimenti adottati per la sistemazione dei bacini montani del Somma-Vesuvio rappresenta un'esperienza storica importante nella sistemazione di un territorio con tecniche naturalistiche estensive.

La bibliografia di opere e di interventi finalizzati soprattutto al consolidamento di versanti, nei primi decenni del secolo scorso, se non anche nel secolo XIX, è numerosissima e molti autori in varie memorie forniscono pregevoli elenchi, antichi disegni e fonti storiche. Ma quante di queste opere, data l'epoca cui appartengono, sono ascrivibili alla mancanza di altri materiali da costruzione ed alla necessità di far uso di materiale "povero" (legname e pietrame) presente sul sito di intervento, magari associato ad una grande disponibilità di mano d'opera a basso costo? e quante di queste opere sono collocate in specifici ambiti geografici , quali parchi, o zone collinari e montane? Forse tutte.

Ma allora tutti questi esempi, queste prime esperienze di applicazione di tecniche che ora chiamiamo di Ingegneria Naturalistica, sono L'Ingegneria Naturalistica?

Sicuramente no, perché l'ingegneria naturalistica è sì costituita dall'impiego di piante o parti di esse (in una parola il materiale vivo) con opere strutturali e di sostegno che ne favoriscono la crescita (ed il contributo delle piante vive è un contributo determinante alla riuscita dell'intervento), ma è soprattutto l'affermazione di un principio: coniugare le esigenze tecniche di salvaguardia idraulica o di stabilizzazione di un dissesto gravitativo (nel caso specifico della difesa del suolo) con la conservazione massima possibile del territorio e della sua valenza ambientale. È un nuovo modo di progettare che dobbiamo estendere ad ogni luogo di intervento, e non solo nei parchi, nelle aree protette o in paesaggi prealpini. Tutte le volte che le sollecitazioni dinamiche sono compatibili al loro impiego è necessario ricercare soluzioni progettuali di minimo impatto, e di conservazione, valorizzazione o ripristino dell'ambiente.

Per cui, ritornando alla carrellata storica dell'origine dell'ingegneria naturalistica, qualche dubbio ci rimane considerando che nel Paese fino agli anni '80 era dominante una cultura di intervento esattamente opposta… I tempi non erano maturi. Almeno non per

noi, mentre nel resto d'Europa questa disciplina, o meglio questo modo di affrontare e risolvere un problema tecnico, vantava ormai diversi decenni di anzianità, con interventi sistematici di ingegneria naturalistica in Austria, Germania e Svizzera.

A partire dagli anni '50 dai paesi di lingua tedesca provengono esempi e studi di grande rilievo, condotti da vari autori di livello internazionale e di grande sensibilità verso i problemi ambientali; uno per tutti citiamo H.M. Schiechtl, giustamente chiamato il padre dell'Ingegneria Naturalistica.

Termina il periodo della sperimentazione e della realizzazione empirica e si affrontano con rigore scientifico le discipline che convergono nell'ingegneria naturalistica.

È una crescita culturale che investe tutti i settori. Nascono organizzazioni e associazioni. Nascono collaborazioni fra Enti, Istituti universitari, associazioni e studiosi.

Non a caso, in recepimento delle direttive comunitarie sulla valutazione di Impatto Ambientale ed in attuazione della L. 349/1986, nel 1988 vengono emanati dalla legislazione italiana i decreti che obbligano alla valutazione "post operam" di particolari casistiche di intervento.

Non si parla di ingegneria naturalistica, ma è diventato legge il principio che un'opera non solo deve essere efficace (ovvio), ma deve rispondere anche ad altri criteri di compatibilità e di rispetto verso altre componenti, in primo luogo l'ambiente. Il criterio di " *un'opera, comunque essa sia" o "al di sopra di tutto*" è finito.

Ed ecco che nel 1990 la "novità" rappresentata dall'Ingegneria Naturalistica entra nella legislazione italiana. Ed è un fatto estremamente importante in quanto il recepimento giuridico di questa disciplina ne costituisce il riconoscimento ufficiale. Nella legge 102 del 2 maggio 1990 per la Valtellina viene per la prima volta citato l'impiego delle tecniche della "bioingegneria" (allora veniva chiamata così).

Successivamente e progressivamente cresce la sensibilità verso l'uso di queste tecniche e il rispetto per i valori ambientali viene previsto dalla legge n. 236/1993 e dal relativo DPR del 14/4/1993 che forniscono l'atto di indirizzo e coordinamento alle Regioni riguardo i criteri e le modalità per la redazione dei programmi di manutenzione idraulica e forestale.

Nel 1995 il Ministero dell'Ambiente adotta le "Linee guida per i capitolati speciali per gli interventi di ingegneria naturalistica e lavori di opere a verde", successivamente pubblicato nel 1997.

In ultimo, nel testo coordinato della legge 109/94, così come nel relativo "Regolamento di attuazione" DPR 554/99, viene ormai ripetutamente richiamata l'Ingegneria Naturalistica, e le "Opere di ingegneria naturalistica" compaiono come categoria specifica (OG13) nell'elenco delle opere generali del regolamento degli esecutori pubblici, e per la quale è prescritta la qualificazione obbligatoria.

Ora si può affermare che l'ingegneria naturalistica è uscita dalla fase di sperimentazione e che le opere di Ingegneria Naturalistica hanno pari valenza come qualsiasi altra opera di ingegneria.

A livello regionale il panorama normativo è eterogeneo: Regioni in fase iniziale di sperimentazione nell'utilizzo delle tecniche a basso impatto ambientale sono affiancate da Regioni avviate verso una fase più strutturata con una propria legislazione e normativa tecnica.

A partire dagli anni '90 compaiono i primi capitolati su opere di ingegneria naturalistica ad opera della Regione Sicilia , Basilicata e della Provincia Autonoma di Bolzano.

Direttive regionali in materia di ingegneria naturalistica sono state deliberate dalle Regioni Emilia-Romagna,(1994), Marche(1997), Lombardia (1995 e 1997), Toscana (1997) e Piemonte(1991 e 1997) Veneto (1994), Friuli Venezia Giulia (1994).

Già dal 1993 sono redatti i primi manuali tecnici di Ingegneria naturalistica ad opera della regione Emilia Romagna, della regione Veneto e della Provincia Autonoma di Bolzano, cui hanno fatto seguito altre più recenti pubblicazioni anche di altre regioni ed enti.

Anche la Regione Lazio, seppur partita in ritardo, in breve tempo ha conseguito significativi risultati.

Per indirizzare i programmi di intervento e di difesa del suolo verso criteri maggiormente rispettosi dell'equilibrio naturale del territorio, la Regione Lazio ha emanato la deliberazione di Giunta Regionale n. 4340 del 28/5/96 che, utilizzando anche le esperienze di altre Regioni, definisce i criteri progettuali per l'attuazione degli interventi in materia di difesa del suolo nel territorio regionale. Tali criteri si prefiggono l'obiettivo di sviluppare la tutela del paesaggio e dell'ambiente, e considerano principio irrinunciabile il fatto che gli interventi da realizzare determinino il minor impatto ambientale possibile.

Oggi con tre manuali pubblicati e numerosissime iniziative di divulgazione e di formazione ed aggiornamento rivolte verso gli Enti locali, i professionisti, gli operatori del settore, si è nella ferma convinzione di aver posto le basi per una corretta gestione integrata del territorio.

NORMATIVA DI RIFERIMENTO

Vengono di seguito riportati i principali provvedimenti normativi nazionali e regionali riguardanti l'ingegneria naturalistica.

Normativa statale:

- L. 25 luglio 1904 n°523 "Testo unico sulle opere idrauliche".
- D.M.20 agosto 1912 "Approvazione delle norme per la preparazione dei progetti di lavori di sistemazione idraulico-forestale nei bacini montani".
- L. 18 maggio 1989 n°183 "Norme per il riassetto organizzativo e funzionale della difesa del suolo".

- L. 2 maggio 1990 n° 102 “Disposizioni per la ricostruzione e la rinascita della Valtellina ...”.
- DPR 14 aprile 1993 “Atto di indirizzo e coordinamento alle regioni recante criteri e modalità per la redazione dei programmi di manutenzione idraulica e forestale”.
- L. 8 ottobre 1997 n° 344 “Disposizioni per lo sviluppo e la qualificazione degli interventi e dell’occupazione in campo ambientale”.
- L. 2 ottobre 1997 n° 345 “Finanziamenti per opere e interventi di viabilità, infrastrutture, di difesa del suolo, nonché per la salvaguardia di Venezia”.
- L. 3 agosto 1998 n°267 (conversione con mod. del D.L. 11/06/1998 n°180) “Misure urgenti per la prevenzione del rischio idrogeologico ed a favore delle zone colpite da disastri franosi nella Regione Campania”.
- Testo coordinato D.L. 11 febbraio 1994 n° 109 “Legge quadro coordinata con le modifiche introdotte dal Ddl A.S. 2288 in materia di lavori pubblici. (Merloni Ter 1998).
- D.M. 4 febbraio 1999 “Attuazione dei programmi urgenti per la riduzione del rischio idrogeologico, di cui gli articoli 1, comma 2, e 8, comma 2, del D.L. n°180, convertito, con modificazioni, dalla legge 3 agosto 1998, n°267”.
- D.P.R. 2 settembre 1999 n° 348 “Regolamento recante norme tecniche concernenti gli studi di impatto ambientale per alcune categorie di opere”.
- D. Lgs. 11 maggio 1999, n° 152 “Disposizioni sulla tutela delle acque dall’inquinamento e recepimento della Direttiva 91/271/CEE concernente il trattamento delle acque reflue urbane” articolo 1, lettera d; articolo 3, comma 6; articolo 41, comma 1; Allegato 1.
- D.P.R. 21 dicembre 1999, n°554 “Regolamento di attuazione della legge quadro in materia di lavori pubblici 11 febbraio 1994, n°109, e successive modificazioni”.
- D.P.R. 25 gennaio 2000, n°34 Regolamento recante istituzione del sistema di qualificazione per gli esecutori di lavori pubblici, ai sensi dell'articolo 8 della legge 11 febbraio 1994, n. 109, e successive modificazioni.
- D.M. 4 ottobre 2000, n°175 Rideterminazione e aggiornamento dei settori scientifico-disciplinari e definizione delle relative declaratorie, ai sensi dell'art. 2 del decreto ministeriale 23 dicembre 1999.
- L. 23 marzo 2001, n°93 “Disposizioni in campo ambientale”.
- L. 1 agosto 2002, n° 166 “disposizioni in materia di infrastrutture e trasporti”.
- D.M. 3 settembre 2002, Linee guida per la gestione dei siti Natura 2000.
- Ordinanza P.C.M. dd 20 marzo 2003, n°3274 primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica.

Normativa Regionale:

Regione Campania
- D.G.R. n°3417 dd 12 luglio 2002 “Approvazione del regolamento per l’attuazione degli interventi di ingegneria naturalistica nel territorio della Regione Campania”.

Regione Emilia-Romagna
- D.G.R. n°3939 dd 6 settembre 1994 “Direttiva concernente criteri progettuali per l’attuazione degli interventi in materia di difesa del suolo nel territorio della Regione Emilia-Romagna”.
- L. R. 30 gennaio 1995, n. 6-Norme in materia di programmazione e pianificazione territoriale, in attuazione della legge 8 giugno 1990, n. 142 e modifiche e d integrazioni alla legislazione urbanistica ed edilizia.
- D.G.R. 11 novembre 1997, n. 2019 "Indirizzi per la formulazione di un Regolamento di gestione delle Aree di riequilibrio ecologico".

Regione Friuli-Venezia Giulia
- Circ. n°7 dd 22 marzo 1994 “La tutela del corso d’acqua: indicazioni e criteri per la formazione degli strumenti urbanistici comunali - contenuti ed elementi nel PRGC; linee guida e documentazioni progettuali finalizzate al rilascio e l’autorizzazione paesaggistica”.
- L.R. n°11 dd 22 aprile 2002 “Tutela delle risorse genetiche autoctone di interesse agrario forestale”.

Regione Lazio
- Deliberazione di Giunta Regionale 4340 del 28 maggio 1996 sui criteri progettuali per l’attuazione degli interventi in materia di difesa del suolo.
- L.R. n. 39 del 28 ottobre 2002 "Norme in materia di gestione delle risorse forestali".

Regione Liguria
- L.R. n° 9 dd 28 gennaio 1993 “Organizzazione regionale della difesa del suolo in applicazione della L. n° 183 dd 18 maggio 1989”.

Regione Lombardia
- D.G.R. n° 32 dd 26 settembre 1992 “Approvazione dei criteri per l’esercizio della subdelega, da parte dei Comuni, delle funzioni amministrative ex L 29 giugno 1939 n° 1497”.

- D.G.R. n° 6/6586 dd 19 dicembre 1995 “Direttiva concernente criteri ed indirizzi per l’attuazione degli interventi di I.N. sul territorio della Regione”.
- aprile 1996 Programma Regionale di Sviluppo 5.1.5 “Riequilibrio delle condizioni ambientali attraverso la rinaturalizzazione e il recupero ambientale con l’impiego di tecniche di I.N.”.
- D.G.R. n°6/29567 dd 1 luglio 1997 “Direttiva sull’impiego dei materiali vegetali vivi negli interventi di I.N. in Lombardia”.
- D.G.R. n°6/48740 dd 29 febbraio 2000 "Approvazione direttiva “Quaderno opere tipo di ingegneria naturalistica”.
- D.G.R. n°7/2571 dd 11 dicembre 2000 "Approvazione direttiva per il reperimento di materiale vegetale vivo nelle aree demaniali da impiegare negli interventi di ingegneria naturalistica".

Regione Marche

- Circ. n°1 dd 23 gennaio 1997 “Criteri ed indirizzi per l’attuazione di interventi in ambito fluviale nel territorio della Regione Marche”.

Regione Piemonte

- L.R. 2 novembre 1982 n°32 “Criteri tecnici per l’individuazione ed il recupero delle aree degradate e per la sistemazione e rinaturalizzazione di sponde ed alvei fluviali e lacustri, procedura amministrativa per la concessione di contributi regionali”.
- D.C.R del 31 luglio 1991, n. 250 - 11937-Criteri tecnici per l'individuazione ed il recupero delle aree degradate e per la sistemazione e rinaturalizzazione di sponde ed alvei fluviali e lacustri, procedura amministrativa per la concessione di contributi (L.R. 2 novembre 1982, n. 32 artt. 2 e 12).
- Circolare del Presidente della Giunta Regionale n. 8/EDE del 15.05.1996 “Chiarificazione in ordine alle tipologie di manutenzione ordinaria e straordinaria dei corsi d’acqua non soggette ad autorizzazione ai sensi dell’art.82 del D.P.R. n. 616/1977 in quanto tali da non comportare alterazione permanente dello stato dei luoghi”.
- L.R. n. 40 del 14.12.1998 “Disposizioni concernenti la compatibilità e le procedure di valutazione”.
- D.G.R. n. 49-28011 del 02.08.1999 “Approvazione degli indirizzi tecnici e procedurali in materia di manutenzione idraulico-forestale”.
- D.G.R. n. 21-9251 del 05.05.2003 “D.P.R. n. 616/77, art. 82 Beni Ambientali. L.R. n. 20 del 03.04.1989 e s.m.i.. Individuazione di criteri per la tutela dei beni culturali, ambientali e paesaggistici”.

Regione Toscana

- L.R. n° 56 dd 7 marzo 1995 “Istituzione dell’agenzia regionale per la protezione ambientale della Toscana”.
- D.C.R. n°155 dd 20 maggio 1997 “Criteri progettuali per l’attuazione degli interventi in materia di difesa idrogeologica”.
- L.R. n° 56 dd 6 aprile 2000 “Norme per la conservazione e la tutela degli habitat naturali e seminaturali, della flora e della fauna selvatiche - Modifiche alla L.R. n° 7 dd 23 gennaio 1998 e L.R. n°49 dd 11 aprile 1995”.

Regione Umbria

- D.G.R 13 gennaio 1993, n. 100-“R.D 25 luglio 1904, n. 523. Polizia delle acque pubbliche. Provvedimento in merito alla esecuzione di opere sulle acque pubbliche”.
- L.R. dd 27 gennaio 1999 “Piano Urbanistico Territoriale”.

Regione Veneto

- D.G.R. n° 4003 dd 30 agosto 1994 “Circolare Regionale inerente gli interventi di manutenzione nei corsi d’acqua: aspetti tecnici ed ambientali”.
- Circolare 10 ottobre 1994, n. 32 - "Interventi di manutenzione nei corsi d'acqua; aspetti tecnici e ambientali".
- L. 2 ottobre 1997, n. 345- "Finanziamenti per opere e interventi in materia di viabilità, di infrastrutture, di difesa del suolo, nonché per la salvaguardia di Venezia".
- Circ.- D.G.R.- "Interventi di manutenzione nei corsi d'acqua: aspetti tecnici ed ambientali".
- Corte di Cassazione-riguardo a L.R.Veneto 7 settembre 1982 n. 44, norme per la disciplina delle attività estrattive, art. 2, 33.

Manuali e pubblicazioni

Regione Emilia Romagna - Assessorato difesa del suolo e della costa, protezione civile - Servizio pianificazione di bacino e della costa

- “Il recupero e la riqualificazione ambientale delle cave in Emilia Romagna” - 2003.

Regione Emilia Romagna - Assessorato all'Ambiente
Regione del Veneto - Assessorato Agricoltura e Foreste

- “Manuale tecnico di ingegneria naturalistica” - 1993.

Regione Lazio - Assessorato all’Ambiente - Direzione Regionale Ambiente e Protezione Civile

- Manuale di Ingegneria Naturalistica Vol. 1 Settore Idraulico - 2002.
- Manuale di Ingegneria Naturalistica Vol. 2

Settore Strade, Cave, Discariche e Coste sabbiose - 2003.

Regione Lombardia

- "Quaderno opere tipo d'ingegneria naturalistica" - 2000.

Regione Piemonte Direzione tutela e risanamento ambientale, programmazione gestione rifiuti - Direzione opere pubbliche

- "Interventi di sistemazione del territorio con tecniche d'ingegneria naturalistica" - 2003.

Regione Toscana Dipartimento politiche territoriali e ambientali - Area difesa del suolo e tutela delle risorse idriche

- Vol.1 "Principi e linee guida per l'ingegneria naturalistica: processi territoriali e criteri metodologici".
- Vol. 2 "Principi e linee guida per l'ingegneria naturalistica: sviluppo e applicazioni in Toscana" - 2000.

ARSIA Toscana - Agenzia regionale per lo sviluppo e l'innovazione nel settore agricolo forestale

- "Interventi d'ingegneria naturalistica in Toscana. Prime esperienze di monitoraggio. Quaderno Arsia 4/2003.

Provincia autonoma di Terni - Servizio assetto del territorio - ufficio urbanistica

- "Manuale tecnico di ingegneria naturalistica - applicabilità delle tecniche, limiti e soluzioni" - 2003.

Provincia autonoma di Trento - Servizio ripristino e valorizzazione ambientale - Servizio foreste

- "Tecniche naturalistiche nella sistemazione del territorio" - 2000.

APAT (Agenzia per la protezione dell'ambiente e per i servizi tecnici) - Dipartimento rischio tecnologico e naturale - Unità dipartimentale rischio idrogeologico

- "Atlante delle opere di sistemazione dei versanti" 2002.

APAT (Agenzia per la protezione dell'ambiente e per i servizi tecnici) - Dipartimento difesa del suolo - Servizio istruttorie, piani di bacino, raccolta dati e tecnologie del sito

- "Atlante delle opere di sistemazione fluviale" - 2003.

Parco nazionale del Vesuvio

- "Interventi di ingegneria naturalistica nel parco nazionale del Vesuvio" 2001.

Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio - PODIS (Progetto Operativo Difesa Suolo)

- "Manuale di indirizzo delle scelte progettuali per interventi di difesa del suolo con tecniche di ingegneria naturalistica" - 2006

CAPITOLO 3

Principi e definizioni

P. Cornelini, G. Sauli

L'ingegneria naturalistica è una disciplina tecnica che utilizza le piante vive negli interventi antierosivi e di consolidamento in genere in abbinamento con altri materiali (paglia, legno, pietrame, reti metalliche, biostuoie, geotessuti, ecc.).

I campi di applicazione sono vari e spaziano dai problemi classici di erosione dei versanti, delle frane, delle sistemazioni idrauliche in zona montana, a quelli del reinserimento ambientale delle infrastrutture viarie (scarpate stradali e ferroviarie), delle cave e discariche, delle sponde dei corsi d'acqua, dei consolidamenti costieri, a quelli dei semplici interventi di rinaturalizzazione e ricostruzione di elementi delle reti ecologiche.

Le finalità degli interventi di ingegneria naturalistica (I.N.) sono principalmente quattro:

- tecnico-funzionali, per esempio antierosive e di consolidamento di una sponda o di una scarpata stradale;
- naturalistiche, in quanto non semplice copertura a verde ma ricostruzione o innesco di ecosistemi paranaturali mediante impiego di specie autoctone;
- paesaggistiche, di "ricucitura" al paesaggio naturale circostante;
- economiche, in quanto strutture competitive e alternative ad opere tradizionali (ad esempio muri di controripa sostituiti da palificate vive).

Ciò che principalmente contraddistingue l'intervento di ingegneria naturalistica da quello tradizionale è:

- l'esame delle caratteristiche topoclimatiche e microclimatiche di ogni superficie di intervento;
- l'analisi del substrato pedologico con riferimento alle caratteristiche chimiche, fisiche ed idrologiche del suolo in funzione degli ammendanti e correttivi da impiegare;
- l'esame delle caratteristiche geologiche e geomorfologiche;
- le verifiche geotecniche e idrauliche;
- la valutazione delle possibili interferenze reciproche con l'infrastruttura. ad esempio per una strada: la presenza di sali antigelo, l'interferenza della vegetazione con la sagoma limite, il possibile indotto e/o interferenze faunistiche;
- la base conoscitiva, floristica e fitosociologica con particolare riferimento alle serie dinamiche degli ecosistemi interessati per l'efficace utilizzo delle caratteristiche biotiche di ogni singola specie;
- l'utilizzo degli inerti tradizionali ma anche di materiali di nuova concezione quali le stuoie e i geotessuti sintetici in abbinamento a piante o parti di esse;
- la selezione delle miscele di sementi delle specie erbacee in funzione dell'efficacia antierosiva, dei processi di organicazione dell'azoto, della progressiva sostituzione delle specie impiegate con le specie selvatiche circostanti;
- l'accurata selezione delle specie vegetali da impiegare con particolare riferimento a: specie arbustive ed arboree da vivaio, talee, zolle erbose da trapianto, utilizzo di stoloni o rizomi. Vengono utilizzate le specie autoctone derivate da materiale di propagazione locale;
- l'abbinamento della funzione antierosiva con quella di reinserimento ambientale e naturalistico;
- il miglioramento nel tempo delle due funzioni sopra citate a seguito dello sviluppo delle parti epigee e ipogee delle piante impiegate, con il mascheramento delle componenti artificiali dell'opera.

Si tratta chiaramente di una nuova disciplina "trasversale" che fa capo a vari settori tecnico-scientifici di cui si utilizzano, a fini applicativi, dati sintetici di analisi e di calcolo.

Le tecniche di ingegneria naturalistica sinora applicate nel Centro Europa si possono distinguere (Schiechtl,1992 – AA.VV. 1997) nelle seguenti categorie di interventi:

1) **di rivestimento** o antierosivi (tutti i tipi di semina, stuoie, materassini seminati, ecc.);
2) **stabilizzanti** (messa a dimora di arbusti, talee, fascinate, gradonate, cordonate, viminate, ecc.);
3) **combinati di consolidamento** (palificate vive, muri, grate vive, muri a secco con talee, cuneo filtrante, gabbionate e materassi verdi, terre rinforzate, ecc.)
4) **particolari** (barriere antirumore e paramassi, opere frangivento, ecc.).

Si tratta dunque soprattutto di effettuare il consolidamento superficiale e profondo ed il contemporaneo reinserimento naturalistico di versanti franosi, sistemazioni montane nonché di scarpate e superfici instabili abbinate alla realizzazione e gestione di infrastrutture (strade, ferrovie, cave, opere idrauliche, ecc.), in base

ad una esigenza di riqualificazione dell'ambiente ormai universalmente riconosciuta.

A livello nazionale vi è ormai un grosso fermento di acquisizione di strumenti tecnici e normativi nei settori della rinaturalizzazione e dell'ingegneria naturalistica, sia da parte dei professionisti, e dei pubblici funzionari, che da parte delle imprese.

E' questo un settore ormai largamente affermato in Italia, sull'esempio del resto d'Europa dove la disciplina vanta ormai molti decenni di anzianità. La società tedesca (Gesellschaft für Ingenieurbiologie) opera dal 1980, ma interventi sistematici di ingegneria naturalistica vennero iniziati in Austria, Germania e Svizzera già nel dopoguerra.

Il successo raggiunto recentemente in Italia dal settore è dovuto in generale ad una sensibilità generalizzata per i problemi ambientali ed è in particolare collegata all'affermarsi a tutti i livelli amministrativi delle procedure di Valutazione di Impatto Ambientale. Gli interventi di ingegneria naturalistica infatti rientrano nel filone degli interventi di mitigazione che fanno ormai parte integrante delle progettazioni infrastrutturali e del territorio. Semplificando al massimo infatti gli Studi di Impatto portano a due ricadute principali:

1) di tutela preventiva dei beni ambientali coinvolti dall'opera progettata, mediante selezione dell'alternativa di progetto a minore impatto;
2) di mitigazione e compensazione degli impatti residui inevitabilmente connessi con qualsiasi intervento sul territorio.

Questa seconda attività è per buona parte legata alla progettazione degli interventi di "ricucitura" del territorio attraversato, in particolare nei settori infrastrutturali e produttivi (strade, ferrovie, cave, discariche, ecc.) per i quali i metodi dell'ingegneria naturalistica forniscono delle notevoli possibilità di abbinamento della funzione tecnica (consolidamento di scarpate) con quella naturalistica di ricostruzione del verde.

Si parla di verde, ma in realtà sarebbe più esatto parlare di ricostruzione di ecosistemi paranaturali riferiti agli stadi della serie dinamica naturale (potenziale) della vegetazione delle aree di intervento. In ciò l'ingegneria naturalistica si differenzia dalle normali pratiche di giardinaggio ornamentale o architettonico legate in genere alle zone urbanizzate.

La realtà territoriale italiana è talmente varia da consentire praticamente l'impiego di quasi tutte le tecniche citate. Ciò nonostante in sede progettuale ed esecutiva andrà effettuato un grosso sforzo di traduzione ed adattamento sia per quanto riguarda le specie da impiegare e gli ecosistemi di riferimento, sia di conseguenza per le tecniche ed i materiali. Questo sforzo di adattamento è stato fatto per le sistemazioni idrauliche nel Lazio sia utilizzando tecniche e specie di largo impiego centro-europeo, sia introducendo varianti specifiche regionali.

All'interno del filone dell'ingegneria naturalistica si delineano tre principali settori, spesso collegati in sede operativa (vedi anche definizione in estratto dal codice deontologico A.I.P.I.N. in Capitolo 6):

- la "rinaturazione" o "rinaturalizzazione" vera e propria cioè la ricostruzione di biotopi o ecosistemi paranaturali, non collegata ad interventi funzionali anche se talvolta realizzata quale opera "compensatoria". Ad esempio la realizzazione di un biotopo umido o di un'area boscata realizzati in zona agricola nell'ambito del progetto di una nuova infrastrutture viaria;
- l'ingegneria naturalistica in senso stretto cioè la realizzazione di sistemi antierosivi, stabilizzanti o di consolidamento realizzati con piante vive abbinate ad altri materiali, talvolta alternativi ad opere cosiddette "in grigio" cioè realizzate in calcestruzzo;
- i provvedimenti per la fauna, e in particolare quelli per garantire la continuità degli habitat (rampe di risalita per pesci, sottopassi per anfibi, sottopassi e sovrappassi per ungulati ecc.).

CAPITOLO 4

Cronistoria

Fonte AIPIN

Nel 1951 viene scritto il primo libro dal titolo "Ingenieurbiologie" (Kruedener) inerente l'ingegneria naturalistica. Tuttavia numerose sono già le esperienze e le applicazioni in Centro Europa a partire dal 1948, grazie a vari autori, in particolare l'austriaco H. M. Schiechtl.

Dal 1970 si assiste alla sistematica applicazione delle tecniche di I.N. nel Centro Europa in tutti i settori del territorio e infrastrutturali.

E' del 1973 la pubblicazione del primo manuale in tedesco "Sicherungsarbeiten im Landschaftsbau", di H. M. Schiechtl. Nello stesso anno il testo viene tradotto anche italiano, con il titolo "Bioingegneria forestale", vari autori contemporaneamente pubblicano in Italia numerosi articoli inerenti lo stesso argomento (Dragogna, Watschinger, Schiechtl).

Nel 1972 viene fondata negli Stati Uniti la "National Erosion Control Association" trasformata subito dopo in "International" (IECA), associazione che raccoglie principalmente i produttori di materiali e tecnologie per la difesa dall'erosione.

Nel 1978 l'Azienda Speciale Bacini Montani dell'Alto Adige, grazie all'attività di F. Florineth avvia una serie di interventi sistematici di I.N. in zona montana e alpina. Tale attività dura tuttora.

Nel 1980 viene fondata in Germania la "Gesellschaft für Ingenieurbiologie", che sarà promotrice, a partire dal 1983, di numerosi congressi ed escursioni tecniche sull'I.N.

A partire dal 1984 inizia anche nel resto dell'Italia l'esecuzione di interventi in cave e strade (G. Sauli), in zona montana (Provincia Autonoma di Trento - Carbonari e Mezzanotte) e iniziano anche sistematiche pubblicazioni sul tema dell'I.N. (Florineth, Sauli, Kipar, AA. VV.)

Con il 1988 vengono emanati leggi e decreti sull'impatto ambientale con inserimento graduale in tutti i progetti di interventi con tecniche di I.N. ed espletamento di numerosi cantieri con tecnologie innovative (geotessili, terre rinforzate, biostuoie, ecc.), tuttavia non ancora considerabili veri e propri interventi di I.N.

Nel 1989 viene fondato in Svizzera il "Verein für Ingenieurbiologie".

Nel 1989 viene fondata anche in Italia la "Associazione Italiana Per la Ingegneria Naturalistica" (A.I.P.I.N.) con sede nazionale a Trieste.

A partire dal 1990 vengono pubblicati periodicamente articoli specifici sulla rivista ACER.

Contemporaneamente compaiono i primi Capitolati su opere di I.N. (Regione Sicilia, Regione Basilicata, Provincia Autonoma di Bolzano, ecc).

Nel 1990 viene organizzato a Torino il Primo Congresso di Ingegneria Naturalistica, durante il quale viene definito il termine ufficiale di 'Ingegneria Naturalistica' quale traduzione del tedesco 'Ingenieurbiologie'. Venne abbandonata la dizione "Bioingegneria" usata sino a quel momento, per la possibile confusione con la bioingegneria medica.

Quali attività promosse dall'AIPIN dal 1990 si susseguono nel tempo numerosi Congressi Nazionali e Internazionali, Workshop, seminari ed escursioni tecniche guidate ad opere eseguite e cantieri. Vengono avviati i primi corsi con cantieri didattici teorico - pratici.

Vengono istituiti inoltre numerosi Comitati Tecnici AIPIN, quali: Glossario, Capitolato, Codice Deontologico, Interferenze Faunistiche, Geotecnica - Idraulica, Ecosistemi Filtro. Con il 1993 iniziano le attività dei Comitati Glossario e Capitolato dell'AIPIN, con la redazione dell'elenco preliminare delle principali tecniche di I.N. e l'unificazione della nomenclatura tecnica, quindi la redazione delle voci di capitolato corrispondenti per circa un centinaio di tecniche.

Tra il 1994 e il 1995 viene costituito il Gruppo Interregionale di Lavoro sui Recuperi Ambientali e l'Ingegneria Naturalistica (RAIN) e realizzato il primo video sulle tecniche di ingegneria naturalistica.

Iniziano frequenti collaborazioni con altre associazioni sia a livello nazionale che internazionale (SIGEA, WWF, AAA, FEDAP, AIAPP, AIVEP, IECA, ecc.), e con Enti pubblici (Ministero dell'Ambiente, Regioni, Università, ecc.).

In gran parte delle Regioni italiane vengono aperte sezioni distaccate dell'AIPIN e organizzati numerosi corsi specifici in tema di idraulica, progettazione e realizzazione di opere di ingegneria naturalistica, di specializzazione sulla manutenzione in ambito fluviale (con esercitazioni pratiche). In tali sedi le basi teoriche dell'idraulica tradizionale (sezione di deflusso, portata, trasporto solido, scabrezza, tempi di corrivazione, ecc.) vengono confrontate con le possibili applicazioni dell'I.N. e il ruolo della vegetazione in alveo.

A partire dal 1990 anche la legislazione si adegua alla novità rappresentata dall'I.N. e nella Legge n° 102 del 2 maggio 1990 per la Valtellina all'art. 6 viene citato per la prima volta l'impiego delle tecniche di "bioingegneria". Dal 1994 iniziano ad essere approvate normative e direttive concernenti i criteri progettuali per l'attuazione degli interventi di difesa del suolo con tecniche di ingegneria naturalistica (Regione Emilia Romagna).

Già dal 1993 sono redatti i primi manuali tecnici di ingegneria naturalistica, frutto della collaborazione di numerosi professionisti e delle Regioni (Regione Emilia Romagna, Regione Veneto); il Ministero dell'Ambiente traduce e pubblica le schede tecniche del Cantone di Berna ("Opere di ingegneria naturalistica sulle sponde") e nel 1995 adotta e successivamente (1997) presenta al pubblico la Prestampa della "Linee guida per capitolati speciali per interventi di ingegneria naturalistica e lavori di opere a verde", risultato della collaborazione con il Comitato Tecnico Capitolato dell'AIPIN.

Anche a livello universitario europeo si sente la necessità di formare personale altamente qualificato in materia, nonché monitorare le ormai numerose opere eseguite. Vengono attivati seminari e corsi presso varie sedi universitarie. Nel 1994 presso l'Università di Vienna (Austria) viene istituito il primo "Istituto di Ingegneria Naturalistica", diretto da F. Florineth.

In Spagna nel 1994 viene fondata la "Federacion de ingenieria del paisaje" che organizza vari congressi sul tema dell'I.N. Nel 1998 Vengono pubblicate le prime voci di capitolato spagnole e nel 2001 il Paese Basco pubblica il primo manuale sulle sistemazioni in ambito fluviale dove si ufficializza la dicitura "Ingenierìa Naturalìstica".

In Austria, il paese dove erano iniziate le prime applicazioni e dove risiedono molti professionisti ed esperti del settore, è stata fondata nel 1997 a Vienna la Österreichischer Ingenieurbiologischer Verein, che di recente (2002) è confluita nella Österreichischer Wasser- und Abfallwirtschaft Verband (ÖWAV).

Nel 1996 a Vienna viene costituita la "Federazione Europea per l'Ingegneria Naturalistica" (EFIB), la quale raccoglie tutte le associazioni europee che si occupano di ingegneria naturalistica, diventando punto di incontro e confronto per numerosi professionisti europei ed extraeuropei della materia.

Il diffondersi dell'impiego delle tecniche di I.N. sia nelle progettazioni che nelle realizzazioni degli interventi, porta nel 1996 all'istituzione da parte dell'AIPIN di un elenco a livello nazionale di soci AIPIN esperti in materia di ingegneria naturalistica e di un elenco delle ditte qualificate nell'esecuzione di lavori di ingegneria naturalistica, nella produzione di materiale vivaistico e nella commercializzazione di prodotti da impiegare in opere di ingegneria naturalistica

Il 1997 vede la nascita della Scuola Nazionale per l'Ingegneria Naturalistica all'interno dell'AIPIN, l'adozione del "Codice deontologico e forme di tutela professionale" a livello nazionale e l'elaborazione ad opera del Comitato Tecnico Tariffario del "Tariffario per la determinazione dei compensi per le prestazioni professionali per incarichi di ingegneria naturalistica" che viene approvato dall'Assemblea straordinaria AIPIN il 3 luglio '97.

E' del 1998 l'emanazione della "Legge quadro coordinata con le modifiche introdotte dal Ddl A.S. 2288 in materia di lavori pubblici" Testo coordinato D.L. 11 febbraio 1994 n° 109 nota come "Legge Merloni", del 1999 il D.P.R. 21 dicembre 1999, n°554 "Regolamento di attuazione della legge quadro in materia di lavori pubblici 11 febbraio 1994, n°109, e successive modificazioni".

In tali norme viene ripetutamente riconosciuta l'Ingegneria Naturalistica.

Nel 1999 viene istituito un gruppo di lavoro tra AII (Associazione Idrotecnica Italiana), AGI (Associazione Geotecnica Italiana), Associazione Italiana Pedologi, AIPIN, Sezione AGI/IGS Roma, SIGEA (Società Italiana di Geologia Ambientale), TERR.A Centro Studi Idraulici per l'Ambiente. Il gruppo di lavoro si occupa principalmente della Terminologia e delle Tariffe professionali nei settori della rinaturalizzazione, ingegneria naturalistica e difesa del suolo in genere.

Quando nel 1998 è stato rivisto e aggiornato l'Anc (Albo Nazionale Costruttori) nelle opere generali è stata introdotta la categoria OG13 "Opere di Ingegneria Naturalistica".

Nel corso del 2002 - 2005 sono stati tenuti dei corsi di specializzazione in ingegneria naturalistica per tecnici, in collaborazione con Enti pubblici e Università di altri stati fra cui il Messico, il Nicaragua e il Nepal.

L'attività è continuata nel 2003 – 2005 con l'attivazione da parte del Ministero dell'Ambiente di corsi specialistici sulla difesa del suolo e ingegneria naturalistica per le regioni meridionali, con l'attivazione di corsi di formazione per docenti di ingegneria naturalistica, con la conclusione dell'attività del gruppo di lavoro EFIB per la redazione del glossario plurilingue delle tecniche di ingegneria naturalistica.

Nel 2004 – 2005 ricorre inoltre il decennale della fondazione presso l'Università di Vienna (Austria) del primo Istituto di Ingegneria Naturalistica", diretto da F. Florineth.

Inoltre, salienti a livello Nazionale, ricordiamo ancora i seguenti eventi:

E' del 2005 il riconoscimento AIPIN della figura del docente esperto di ingegneria naturalistica (oltre a quella del socio esperto di cui esiste da anni un repertorio).

L'incarico da parte del Ministero dell'Ambiente e

della Tutela del Territorio all'AIPIN di revisione delle "Linee guida per capitolati speciali di opere in verde e di ingegneria naturalistica" e formulazione delle schede tipo di analisi di prezzi di tutte le tecniche di ingegneria naturalistica riconosciute attualmente in fase di stampa (2006); in fase di stampa risulta pure il "Manuale di indirizzo delle scelte progettuali per interventi di difesa del suolo con tecniche di ingegneria naturalistica" PODIS Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio.

Proseguono inoltre i contatti internazionali con la Federazione europea (EFIB) e, in particolare, il repertorio plurilingue delle centocinquanta tecniche di ingegneria naturalistica (in stampa).

CAPITOLO 5

Metodologie e ambiti di applicazione

G. Sauli

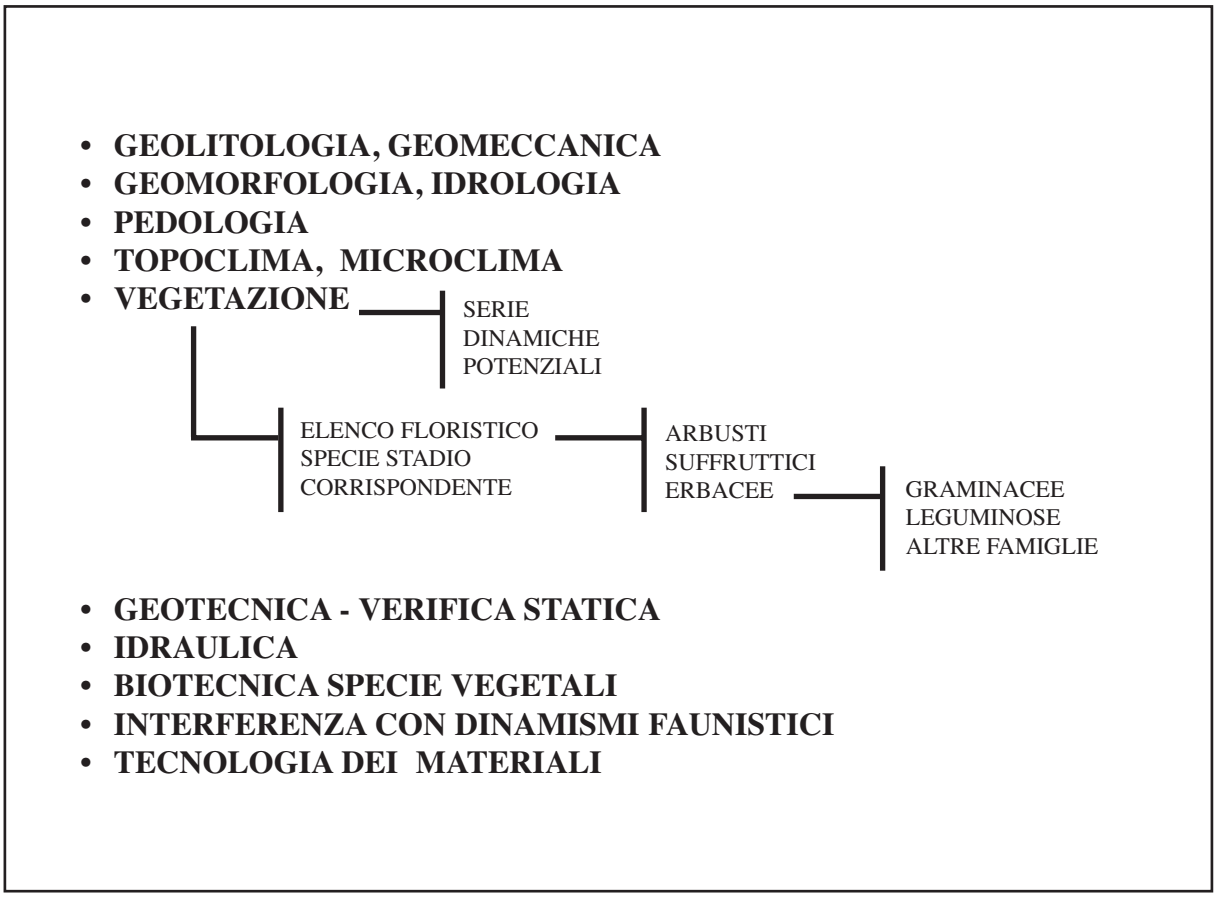
L'ingegneria naturalistica è una disciplina trasversale che utilizza dati, conoscenze e tecnologie di altre discipline per realizzare degli interventi in cui viene abbinata l'azione delle piante vive a quella di altri materiali naturali o artificiali a fini antierosivi, di stabilizzazione e di consolidamento.

In Fig. 5.1. vengono elencati i settori tecnico - scientifici di analisi dai quali si ricavano elementi che vengono utilizzati normalmente in un progetto di I.N. La grossa novità è l'utilizzo delle conoscenze botaniche di tipo floristico, vegetazionale e biotecnico.

Fig. 5.1 - Settori di analisi finalizzate ad opere di mitigazione con tecniche di ingegneria naturalistica

Per quanto riguarda la vegetazione si adotta normalmente la classificazione della scuola fitosociologica di Braun - Blanquet modificata Pignatti e si fa riferimento alle associazioni vegetali di cui c'è ormai buona conoscenza su tutto il territorio nazionale. Spesso nelle aree di progetto non sono più presenti le associazioni naturali dei luoghi. Si fa riferimento in tal caso alla vegetazione "potenziale" ed in particolare agli stadi delle serie dinamiche più attinenti con le singole condizioni di intervento.

Anche per la selezione delle specie di possibile impiego ci si riferisce a quelle spontanee presenti o potenziali della stazione. Alcuni gruppi sono più importanti di altri per le caratteristiche biotecniche che li rendono utilizzabili negli interventi di I.N. Classico è l'impiego di specie arbustive (più che arboree) inclusi i suffrutici, e nell'ambito delle erbacee di specie delle famiglie delle graminacee e delle leguminose.



Alcune particolarità vi sono anche nelle tecniche di propagazione, in particolare nell'uso di talee legnose di specie adatte alla riproduzione vegetativa a pieno campo. Classico il genere *Salix* utilizzato in tutta l'Europa centrale, ma anche di altri generi quali *Tamarix, Atriplex, Nerium,* ecc. in fase iniziale di applicazione in tutta l'area mediterranea.

Si dà per scontato l'uso quasi esclusivo di specie autoctone derivate da materiale di propagazione locale per evitare insuccessi o contaminazioni genetiche ed ecologiche in generale.

L'uso delle piante locali garantisce l'idoneità generale alle condizioni geo - pedologiche e fitoclimatiche del luogo fermi restando i problemi legati al periodo stagionale ed alle condizioni microambientali di messa a dimora.

Nei capitoli sulla progettazione (Cap. 16 e segg.) vengono riportati alcuni casi pratici di progettazione tipo con riferimento alla parte botanica del progetto.

Dal punto di vista geologico, e geotecnico si rimanda alle normali strategie di analisi e progettazione in uso. Attenzione particolare va posta nell'interpretazione dei dinamismi geomorfologici ed in particolare idrologici, che deve privilegiare scelte progettuali che tendano al mantenimento o alla ricostituzione di morfologie naturaliformi.

I settori di applicazione delle tecniche di I.N. sono quelli di Fig. 5.2. Si evidenziano due principali filoni, quello degli interventi sul territorio e quello legato alle infrastrutture. La vasta gamma delle possibili applicazioni delle tecniche di I.N. spiega il successo e la diffusione di tali tecniche, anche in collegamento con l'affermarsi degli standard ambientali derivati dalla diffusione delle procedure di V.I.A. e di Valutazione di Incidenza a tutti i livelli di progettazione.

Fig. 5.2 - Settori di applicazione delle tecniche di ingegneria naturalistica

1. **DIFESA DEL SUOLO, CORPI FRANOSI, SISTEMAZIONI MONTANE**
2. **SISTEMAZIONI IDRAULICHE E SPONDALI**
3. **RINATURALIZZAZIONE DIGHE IN TERRA**
4. **OPERE MITIGAZIONE/CONSOLIDAMENTO IN AMBITO STRADALE E FERROVIARIO**
   a) **consolidamento e stabilizzazione scarpate**
   b) **barriere e rilevati vegetati antirumore**
   c) **vasche di sicurezza e di prima pioggia - ecosistemi filtro**
   d) **fasce di vegetazione tampone**
   e) **ricostruzione di habitat**
5. **MANTENIMENTO DELLA CONTINUITÀ FAUNISTICA**
   (recinzioni, sottopassi, sovrapassi uso faunistico, scale di risalita per ittiofauna, ecc.)
6. **METANODOTTI, CONDOTTE INTERRATE**
7. **INTERPORTI,CENTRALI ELETTRICHE, INSEDIAMENTI INDUSTRIALI**
8. **CAVE, DISCARICHE**
9. **PORTI, COSTE**
10. **STABILIZZAZIONE DUNE COSTIERE**
11. **RICOSTRUZIONE BARENE LAGUNARI**
12. **COPERTURE VERDI (edilizia, industria, ecc.)**

In Fig. 5.3 viene presentata una visione retrospettiva dello stato dell'arte recente e prossimofuturo dell'I.N. e relative attività di ottimizzazione e sviluppo possibili / necessarie. Va puntualizzato che le attività di monitoraggio e ricerca sono legate all' esistenza di una casistica di opere eseguite che solo negli ultimi anni sono state realizzate in molte regioni italiane.

Per quanto riguarda la ricerca si aprono nuovi settori (Fig. 5.4) applicativi con il compito di fornire ulteriori dati quali - quantitativi di supporto alla progettazione tramite l'interpretazione dei complessi fenomeni e dinamismi biotici e funzionali legati alla realizzazione di interventi di ingegneria naturalistica.

Fig. 5.3 - Ottimizzazione e sviluppo delle tecniche di ingegneria naturalistica in italia

Per il raggiungimento delle finalità di impiego efficace delle tecniche a basso impatto ambientale nella Regione Lazio, come per altro nel resto di Italia, risulta quindi fondamentale:

- L'adozione dei contenuti tecnici e di capitolato del presente manuale
- Estensione delle normative regionali di adozione delle tecniche di ingegneria naturalistica nei settori dell'idraulica, della difesa del suolo e del territorio, nonché in quelli infrastrutturali quali: strade, cave, discariche, ecc.
- Stanziamento di idonei finanziamenti
- Istituzione di una scuola per l'ingegneria naturalistica per l'incentivazione della formazione professionale e qualificazione dei progettisti, dei funzionari della Pubblica Amministrazione e delle imprese.

1980 - 1990 APPLICAZIONI LOCALIZZATE E/O PIONIERISTICHE (Alto Adige, singoli interventi in altre regioni)

1990 - 1996 DIVULGAZIONE DISCIPLINA A LIVELLO NAZIONALE

1996 - 2000 INIZIO REALIZZAZIONE CASISTICA DIFFUSA A LIVELLO NAZIONALE

2000 - 2001 INIZIO ATTIVITA' DI:

SVILUPPO

MONITORAGGIO

RICERCA

VEGETAZIONE/ECOSISTEMI

MATERIALI

APPLICAZIONI SPERIMENTALI

2002 - 2005 MANUALISTICA REGIONALE SPECIALIZZATA PROSEGUE REALIZZAZIONE CASISTICA E MONITORAGGI

2002 - 2005 ATTIVAZIONE SISTEMATICA DI CORSI DI I.N. SIA IN SEDE UNIVERSITARIA CHE DI ENTI E AMMINISTRAZIONI PUBBLICHE

- Aggiornamento del tariffario per la progettazione delle opere di ingegneria naturalistica
- Produzione vivaistica delle specie autoctone per gli interventi di I.N.
- Sperimentazione sulle caratteristiche biotecniche degli arbusti mediterranei
- Incentivazione della ricerca applicativa e di progetti campione per la sperimentazione e l'adattamento delle tecniche
- Monitoraggio degli interventi e aggiornamento delle tecniche
- Finanziamento di interventi di manutenzione e gestione delle opere stesse
- Messa a punto di procedure per la certificazione di qualità di imprese, società, professionisti

Singolare diffusione nel 2004 e nel 2005 ha avuto l'attività di formazione con:

- l'attivazione da parte del Ministero Dell'Ambiente di una serie di corsi sulla difesa del suolo e ingegneria naturalistica in tutte le regioni meridionali;
- l'istituzione da parte dell'AIPIN della categoria di Soci docenti esperti di ingegneria naturalistica con contemporanea attivazione di corsi specializzati per docenti di I.N.

Fig. 5.4 - Nuovi settori di ricerca applicativa nel campo delle rinaturazioni e dell'ingegneria naturalistica

Δ INTERVENTI INFRASTRUTTURALI PER IL MANTENIMENTO DEI DINAMISMI FAUNISTICI
(ponti ecologici, sottopassi, rampe di risalita,….)

Δ ECOSISTEMI FILTRO - FITODEPURAZIONE ORIZZONTALE E VERTICALE PER LE ACQUE DI PRIMA PIOGGIA
(piattaforme stradali, piazzali di interporti, ecc.)

Δ POTENZIALITA' DI RADICAZIONE AVVENTIZIA DI SPECIE ARBUSTIVE AUTOCTONE

Δ CALCOLO DELLA RESISTENZA A TRAZIONE/TAGLIO DELLE SPECIE ARBUSTIVE IMPIEGATE

Δ MONITORAGGIO DELLA EVOLUZIONE DELLA SERIE DINAMICA DELLA VEGETAZIONE SU INTERVENTI DI RIVEGETAZIONE DI CONDOTTE INTERRATE
(trapianti di arbusti dal selvatico, trapianti di ceppaie, messa a dimora di piante da vivaio)

Δ VIVAISTICA REGIONALE SPECIE ARBUSTIVE AUTOCTONE

Δ RIPRODUZIONE DI SPECIE ERBACEE DI PRATI - PASCOLI ARIDI
(fiorume, fienagione, trapianti, propagazione da cespi, rizomi)

Δ PRODUZIONE DI BATTERI SPECIFICI E MICORRIZE

CAPITOLO 6

Deontologia professionale

G. Sauli, P. Cornelini

Come in tutte le discipline, anche nell'ingegneria naturalistica si stanno affermando alcune regole comportamentali di riferimento per i professionisti, i funzionari e gli imprenditori che si occupano degli interventi di I.N.

Si riportano in tal senso in estratto alcuni articoli del Codice Deontologico dell'AIPIN.

CODICE DEONTOLOGICO
E FORME DI TUTELA PROFESSIONALE
DELL'ASSOCIAZIONE
ITALIANA PER L'INGEGNERIA
NATURALISTICA

(Approvato dall'Assemblea generale ordinaria del 21 febbraio 1997)

Premessa

Il termine Ingegneria Naturalistica viene inteso come equivalente del tedesco "Ingenieurbiologie". Per ingegneria naturalistica si intende la disciplina tecnico-naturalistica che utilizza:

- tecniche di rinaturazione finalizzate alla realizzazione di ambienti idonei a specie o comunità vegetali e/o animali
- le piante vive, o parti di esse, quali materiali da costruzione, da sole o in abbinamento con altri materiali
- materiali, anche solo inerti, infrastrutture ed altri provvedimenti volti a fornire condizioni favorevoli alla vita di specie animali.

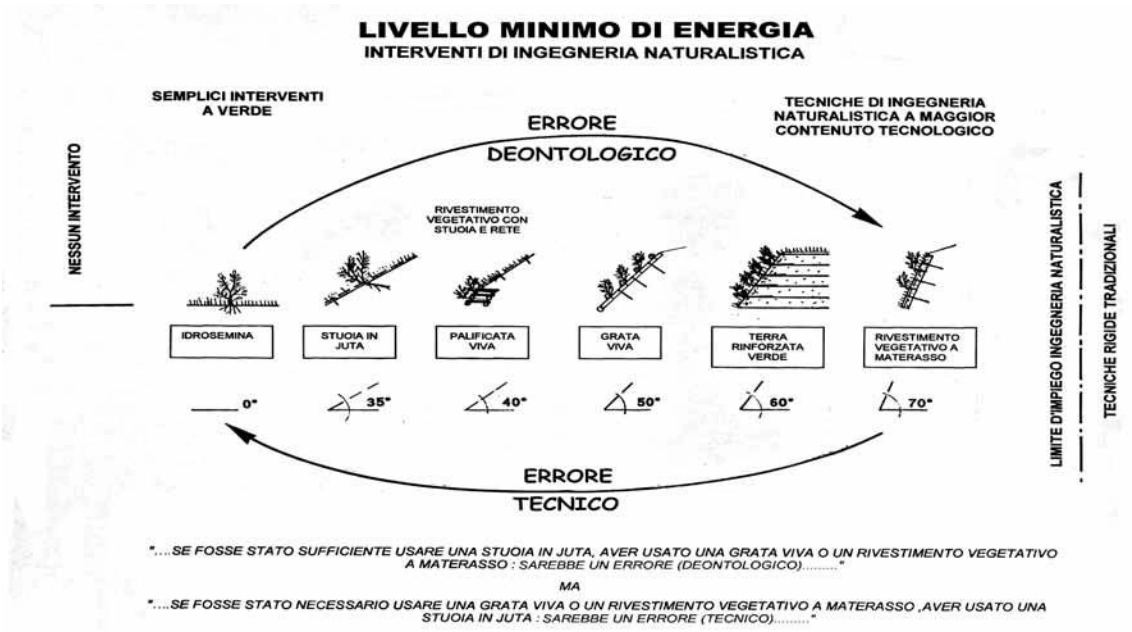
Vengono impiegati i termini: "ingegneria" in quanto si utilizzano dati tecnici e scientifici a fini costruttivi, di consolidamento ed antierosivi; "naturalistica" in quanto tali funzioni sono legate ad organismi viventi, in prevalenza piante di specie autoctone, con finalità di ricostruzione di ecosistemi tendenti al naturale ed all'aumento della biodiversità.

omissis...

Principi di base

Art. 4 - Il socio AIPIN si adopera in tutte le sedi e in particolare in quella progettuale per la priorità delle finalità naturalistiche degli interventi. L'impiego di tecnologia e materiali non naturali è possibile nei casi di necessità strutturale e/o funzionale normalmente in abbinamento con materiale vivente. Deve comunque essere adottata la tecnologia meno complessa a pari risultato, considerando anche l'ipotesi del non intervento.

Art. 5 - Il socio AIPIN deve agire sempre con integrità scientifica, diligenza ed onestà riconoscendo nella caratterizzazione interdisciplinare dell'I.N., i limiti della propria competenza professionale, ricor-



rendo all'altrui competenza nelle attività professionali che la richiedono. In tali casi deve risultare chiaramente l'apporto di ciascuno.

omissis...

Vale il principio di adottare nelle scelte di progetto le tecniche a minor livello di energia (complessità, tecnicismo, artificialità, rigidità, costo) a pari risultato funzionale/biologico come rappresentato per maggior chiarezza nello schema che segue.

Per quanto riguarda la selezione delle specie e dei materiali da impiegare nelle tecniche di I.N. il concetto generale di impiegare il più possibile materiali naturali e specie autoctone va ulteriormente dettagliato data la complessità e molteplicità delle situazioni in cui vengono spesso a trovarsi i professionisti settore.

Vale lo schema che segue:

Tab. 6.1 – Selezione delle specie e dei materiali

Nella Tab. 6.2 l'AIPIN ha recentemente fatto un tentativo di schematizzare la graduatoria di preferibilità e liceità di impiego di specie e materiali nei vari possibili ambiti territoriali di impiego. Va da sé che nelle aree protette devono essere impiegate solo specie autoctone e materiali naturali o biodegradabili. Si ammette l'uso di materiali artificiali solo per la soluzione di problemi geotecnici ed idraulici per la protezione diretta di infrastrutture o insediamenti. Nelle aree agricole, di parchi e giardini, urbane, industriali è invece ammesso l'uso di specie naturalizzate anche se è sempre preferibile usare le specie autoctone. L'uso dei materiali è indifferente.

Problemi di natura deontologica sono sorti recentemente con il proporsi sul mercato di specie esotiche con ottime caratteristiche biotecniche ad es. il vetiver, in attesa di maggiori conoscenze sul comportamento della specie nel senso ecosistemico.

Il vetiver possiede indubbie caratteristiche biotec-

Solo piante vive	Piante vive+materiali			Solo materiali artificiali
Piante vive con funzione tecnica primaria	Piante vive con funzione tecnica primaria + materiali biodegradabili (legno, biostuoie) dominanti	Piante vive con funzione tecnica secondaria + materiali non biodegradabili dominanti: naturali (pietra, terra) e articiali (plastica)	Piante vive prive di funzione tecnica, ma per realizzazione unità ecosistemiche + materiali artificiali dominanti	
Es: Gradonata viva	Es: Palificata viva	Es: Gabbionate rinverdite, scogliere rinverdite, terre rinforzate rinverdite, geosintetici rinverditi	Es: Cribb wall verdi, mantellate cemento inerbite	Es: Muro c.a., rete zincata

Solo azioni morfologiche	Solo materiali		
Per rinaturalizzazione + aumento biodeiversità	Materiali naturali per favorire la colonizzazione spontanea delle dune	Materiali naturali per la realizzazione unità morfologiche	Materiali naturali o artificiali per il mantenimento biodiversità faunistica
	Es: Incannucciamento	Es: Canalette legno e pietra, briglie legname e pietrame, dighe in terra per conservazione habitat di pregio	Es: Tubi per anfibi, sovrappassi per ungulati, rampe risalita per i pesci

niche che la rendono, in assoluto, specie interessante per gli interventi di ingegneria naturalistica, ma, essendo specie esotica per l'Italia, ciò contrasta con i principi deontologici della disciplina.

Per quanto riguarda, infatti, la selezione delle specie e dei materiali da impiegare nelle tecniche di I.N., il concetto generale è quello di impiegare il più possibile materiali naturali e specie autoctone. Data la complessità e molteplicità delle situazioni in cui vengono spesso a trovarsi i professionisti del settore, il problema è stato recentemente affrontato dall'Associazione Italiana per l'Ingegneria Naturalistica (AIPIN). Nella tabella l'AIPIN ha fatto un tentativo di schematizzare la graduatoria di preferibilità e liceità di impiego di specie e materiali nei vari possibili ambiti territoriali di impiego.

Va da sé che nelle aree protette e, in genere, di elevato valore naturalistico, devono essere impiegate solo specie autoctone e materiali naturali o biodegradabili, escludendo il vetiver. Nelle aree agricole, di parchi e giardini, urbane, industriali è invece ammesso l'uso di specie naturalizzate anche se è sempre preferibile usare le specie autoctone.

Per quanto riguarda il vetiver, prima di proporne l'uso in Italia, si è in attesa di maggiori conoscenze sul comportamento della specie nel senso ecosistemico, che potranno derivare da una sperimentazione pluriennale finalizzata a fornire risposte ai seguenti quesiti:

- *Consente la successione verso stadi di vegetazione naturale?*
- *Consente la successione solo se le specie legnose autoctone, da impiantare quindi contestualmente, riescono a installarsi ed a crescere fino ad ombreggiarla?*
- *Risulta invasiva a comportamento monospecifico e banalizzante?*
- *Si è certi che non avrà comportamento infestante soprattutto nei paesi di nuovo impiego, come l'Italia, ove la potenzialità di infestare è dovuta maggiormente alla mancanza di nemici naturali?*
- *E' davvero importata con cloni sterili e comunque non si diffonde per via vegetativa?*
- *I cultivar prima dell'uso in Italia sono stati selezionati e monitorati, come in Australia, ove la linea sterile (Monto vetiver) è stata sottoposta a rigoroso monitoraggio per 8 anni prima di essere impiegata nel territorio?*

E' quindi necessario, nel prossimo futuro, sottoporre il comportamento del vetiver a sperimentazione controllata mediante progetti di monitoraggio e ricerca, a cominciare dalle aree urbane, parchi e giardini, aree industriali, infrastrutture viarie, cave e discariche; resta, per il momento, da escluderne l'impiego nelle aree protette, parchi e riserve naturali, aree di elevata naturalità, etc., mentre il suo uso futuro quale specie consolidante/preparatoria nei settori della difesa del suolo va attentamente valutato a seguito dei test e sperimentazioni, (Sauli, 2002) sull'esempio dell'esperienza australiana che rispondano ai quesiti di cui sopra.

Va segnalato che a seguito della pubblicazione della Tab 6.2 sono iniziate nel 2003/2004, da parte di alcune imprese, applicazioni sperimentali in ambito industriale dell'uso del vetiver e di altre graminacee esotiche (*Vetiveria zizanioides, Panicum virgatum, Ampelodesmos mauritanicus, Eragrostis sp. pl., Elytrigia sp.*) quali stabilizzanti di substrati minerali in ambito xerotermofilo che sono attualmente in fase di monitoraggio.

PREFERIBILITÀ/ LICEITÀ* D'IMPIEGO
DEI MATERIALI VIVI E MORTI PER LE TECNICHE DI INGEGNERIA NATURALISTICA

			PIANTE ← NATURALITÀ CRESCENTE			MATERIALI UTILIZZATI ← NATURALITÀ CRESCENTE		
AMBITI D'IMPIEGO			PIANTE AUTOCTONE	PIANTE ESOTICHE NATURALIZZATE	PIANTE ESOTICHE DI RECENTE INTRODUZIONE	MATERIALI NATURALI	MATERIALI BIODEGRADABILI	MATERIALI ARTIFICIALI
1	NATURALITÀ CRESCENTE	AREE PROTETTE	XXX	-	-	XX	XX	- (1)
2		AREE NATURALI	XXX	-	-	XX	XX	X
3		AREE AGRICOLE	XX	X	-	XX	XX	X
4		PARCHI E GIARDINI	XX	X	X	X	X	X
5		AREE URBANE	XX	X	X	X	X	X
6		AREE INDUSTRIALI	XX	X	X	X	X	X

* xxx Impiego esclusivo
xx Impiego preferenziale
x Impiego in funzione delle scelte progettuali
- Incompatibilità assoluta
(1) Utilizzo solo per la soluzione di problemi geotecnici ed idraulici per la protezione diretta di edifici o infrastrutture esistenti

N.B.: nelle categorie "materiali: naturali, biodegradabili, artificiali" si fa riferimento a quelli strutturali e non ai componenti (es. chiodo in ferro acciaioso nella palificata viva in legno)

Tab. 6.2 – Preferibilità/liceita' d'impiego dei materiali vivi e morti per le tecniche di ingegneria naturalistica*

CAPITOLO 7

Le origini storiche

P. Cornelini

7.1 Le origini storiche dell'ingegneria naturalistica nel mondo romano antico

7.1.1 Introduzione

Gli antichi romani possedevano conoscenze approfondite nel settore agronomico, come testimoniano varie opere di Catone, Virgilio e Columella. I Romani erano pragmatici e, quindi, le loro conoscenze avevano finalità eminentemente applicative: nei trattati vengono affrontate, infatti, con metodo scientifico, le vaste problematiche dello sfruttamento dei terreni per fini agricoli e per l'allevamento degli animali e vengono forniti anche precisi dati numerici progettuali (Tab. 7.1.1)

Rispetto ai fondamenti dell'ingegneria naturalistica, nella letteratura classica, ed in particolare in Columella, si trovano numerosi riferimenti sia alla parte viva che alla parte strutturale delle opere che mostrano come i principi di base per la realizzazione di tali interventi fossero noti nel mondo latino.

Per quanto riguarda l'analisi stazionale Lucio Giunio Moderato Columella, spagnolo del I secolo dopo Cristo, nel secondo dei dodici libri del Re Rustica descrive i criteri per la scelta dei luoghi adatti alla villa padronale o alle colture, da farsi in base a considerazioni geomorfologiche e microclimatiche con particolare attenzione alla classificazione dei suoli (trattata anche nel libro 2 delle Georgiche di Virgilio) che non è molto dissimile dalle analisi speditive che oggi si fanno per la progettazione di un intervento con le opere vive (*Incultum igitur locum consideremus, siccus an umidus, nemorosus arboribus an lapidibus confragosus, iuncone sit et gramine vestitus an felictis aliisve frutectis inpeditus. Si umidus erit, abundantia uliginis ante siccetur fossis…*

Quando consideriamo un incolto, va esaminato prima di tutto se sia asciutto o umido, boscoso o sassoso o ricoperto di giunchi e d'erba o di felci e arbusti. Se è umido, va risolto innanzitutto il problema del drenaggio con i fossi …. Columella, De Re Rustica - libro 2, 2.7-11).

I Romani conoscevano le capacità delle piante spontanee di fungere da indicatori ecologici, ad esempio nella scelta delle aree da impiantare a frutteto, e sapevano che l'analisi risultava molto facilitata dall'osservazione delle piante spontanee (*idque facillime exploratur per stirpes, quae sua sponte proveniunt* Columella, De Re Rustica, libro 3, 11.4-9).

Nelle Georgiche di Virgilio viene ribadito il concetto della distribuzione delle piante sul territorio in funzione dei fattori ecologici (*Nec vero terrae ferre omnes omnia possunt. Flumini salices crassisque paludibus alni nascuntur, steriles saxosis montibus orni…*

Né, invero, ogni terreno può produrre di tutto. I salici nei fiumi, nelle paludi gli ontani e gli sterili ornelli sui monti pietrosi. Georgiche, libro 2, 109).

Tab. 7.1.1 – Esempio di progettazione di piantagione (Columella De Re Rustica - libro quinto, 3, 1-4)

Esto ager longus pedes MCC, latus pedes CXX; in eo vites disponendae sunt ita, ut quini pedes inter ordines relinquantur; quaero, quot seminibus opus sit, quoniam quinum pedum spatia inter semina desiderantur. Duco quintam partem longitudinis,

fiunt CCXL, et quintam partem latitudinis, hoc est XXIV; his utrisque summis scraper singulos asses adicito, qui efficiunt extremos ordines, quos vocant angulares; fit ergo altera summa ducentorum quadraginta unius, altera viginti quinque; has summas sic multiplicato: quinquies et vicies duceni quadrageni singuli; fiunt

VI XXV; totidem dices opus esse seminibus.

Sia dato un campo lungo 1200 piedi e largo 120 ove disporre le viti in modo che tra le file ci sia una distanza di 5 piedi.

Ci si chiede quante piantine servono, lasciando tra le file uno spazio di 5 piedi. Si calcola la quinta parte della lunghezza (240 piedi), e la quinta parte della larghezza (24 piedi).

Si aggiunge una unità, per le file

estreme, chiamate angolari, ottenendo così 241 piedi e 25 piedi.

Le due cifre vanno moltiplicate fra loro: 25 per 241 fa 6025: questo è il numero delle piante necessarie.

7.1.2 La riproduzione delle piante

L'impiego preferenziale delle specie autoctone nell'impianto della vigna era raccomandato in quanto "le piantine esotiche non hanno familiarità col nostro suolo e clima come quelle locali" (*Nam quae peregrina ex diversa regione semina transferuntur, minus sunt familiaria nostro solo quam vernacula, eoque velut alienigena reformidant mutatam caeli locique positionem*, Columella, De Re Rustica, libro 3, 4).

Il vivaio di riproduzione delle viti e degli olivi ma anche la piantagione dei salici, degli olmi e dei castagni, vengono descritti minuziosamente, ribadendo il concetto che le specie da trapiantare vanno allevate su suoli non troppo fertili per avere maggiori possibilità di sopravvivenza nella messa a dimora sui terreni primitivi.

(*Nam depositae stirpes valido solo quamvis celerit conprehendant atque prosiliant, tamen, cum sunt viviradices factae, si in peius transferantur, retorrescunt nec adolescere queunt*...- infatti se le specie poste su suoli fertili crescono rapidamente, tuttavia al momento del trapianto, se vengono poste su suoli peggiori, muoiono e non riescono a crescere, Columella, De Re Rustica, libro 3,5).

Inoltre la descrizione che viene fatta delle modalità di trasporto e della messa a dimora delle piantine di olivo sembra una voce di capitolato di oggi, con addirittura le cure per l'ambiente mediterraneo, consistenti nel mettere paglia nella buca per mantenerle umide d'estate (Tab. 7.1.2). Altra interessante descrizione della messa a dimora delle piante si trova nel trattato di Catone il Censore, nato nel III secolo prima di Cristo (De Agricoltura, 28), strenuo esaltatore dei valori tradizionali della romanità.

Tab. 7.1.2 - Trapianto delle piantine di olivo (Arbusculae transferri, Columella, De Re Rustica)

Qui caespes in eximendo ne solvatur, modicos surculos virgarum inter se conexos facere oportet eosque pilae, quae eximitur, adplicare et viminibus ita innectere, ut constricta e terra e veluti clausa teneatur…..	Affinché la zolla non si sgretoli nel trasporto, è opportuno fare una specie di contenitore di rametti di salice legati con vimini in modo che la terra si mantenga aderente.....
Quae antequam deponantur, oportebit solum scrobis confodere bidentibus, *deinde terram aratro subactam, si tamen pinguior erit summa humus, inmittere et ita seminibus substernere; et sic constet scro-* *bibus aqua, omnis haurienda est, priusquam demittantur arbores, deinde ingerendi minuti lapides et glarea mixta pingui solo,* *depositisque seminibus latera scrobis circumcidenda et aliquid stercoris interponendum.* *(libro quinto, 9.8-12)*	Prima della messa a dimora, occorrerà fare una buca, gettarvi dentro del terreno arato, purché lo strato superficiale sia fertile e preparare il letto alle piantine; se nella buca ristagnasse dell'acqua, bisognerà eliminarla prima di mettervi la pianta. Poi vi si mettono dei sassi e della ghiaia mista a terra fertile e dopo avere deposto le piante, bisogna fare dei tagli intorno alla buca e porvi del letame.

Messa a dimora in ambienti mediterranei	
Cum semina depones, dextra sinistraque usque in imum scrobem fasciculos sarmentorum brachii crassitudinis demittito, ita ut supra terram paulum extent, per quos aestate parvo labore aquam radicibus subministres *Arbores ac semina cum radicibus autumno serito, hoc est circa Idus Octobris;* *(libro quinto, 10)*	Quando si mettono a dimora le piantine, vanno posti accanto, a destra e a sinistra, dei fascetti di paglia del diametro di un braccio, che fuoriescano un poco dalla buca; tramite questi, con poco lavoro, in estate si potrà fornire acqua alle radici. Gli alberelli e le piantine radicate vanno messi a dimora in autunno, intorno alla prima metà di ottobre.

7.1.3 Le talee

La piantagione del saliceto, del canneto e dei boschi di castagni o olmi era strettamente funzionale alla necessità di procurarsi i legami e la paleria per la coltura della vigna. (*Quare salices viminales atque harundineta vulgaresque silvae, vel consulto consitae castaneis, prius faciendae sunt*. ..da farsi piantagioni di salici da vimini e canneti e boschi di qualsiasi legno, Columella, De Re Rustica, libro 4, 30.1- 5; *Sicubi in iis locis ripae aut locus umectus erit, ibi cacumina populorum serito et harundinetum*... Se in quei luoghi ci fossero ambienti umidi, piantaci le cime dei pioppi o un canneto, Catone De Agricoltura, 6).

Secondo Attico uno iugero di salici da legami era sufficiente per la legatura di venticinque iugeri di

vigna, uno iugero di canneto per venti e uno iugero di castagneto per la paleria di venti iugeri di vigna.

Le migliori varietà di salice erano ritenute: il greco (*Salix alba varietas vitellina*), il gallico e il sabino o amerino (*S. viminalis*) ed esisteva uno schiavo specializzato addetto al saliceto (*salictarius*, Catone De Agricoltura, 11).

I romani conoscevano bene le capacità riproduttive dei salici per mezzo di cime e per talea (*vel cum cacuminibus vel taleis deponuntur*) e nel testo di Columella sono fornite anche le dimensioni della lunghezza per l'infissione nel terreno pari ad un piede e mezzo (circa 45 cm). Sapevano, inoltre, che l'epoca della messa a dimora coincide con il periodo del riposo vegetativo e erano ben noti anche i problemi della manutenzione (Tab. 7.1.3).

Tab. 7.1.3 - Le talee di salice (Columella: De Re Rustica libro quarto, 30.1 - 5)

Taleae sesquipedales terreno inmersae paulum obruuntur. *Satio est eorum, priusquam germinent, dum silent virgae, quas arboribus detrahi siccas convenit. Nam roscidas si recideris, parum commode proveniunt;*	Le talee di un piede e mezzo di lunghezza si piantano nel terreno ricoprendole un poco. Il periodo della messa a dimora delle talee è prima che le piante germoglino, quando sono in riposo vegetativo e vanno tagliate in tempo non piovoso in quanto, se vengono bagnate, difficilmente attecchiscono.

Manutenzione

Fodienda sunt primo triennio salicta crebrius, id est ut novella vineta; cum deinde convaluerint, tribus fossuris contenta sunt; aliter culta celeriter deficiunt.	Come i vigneti giovani, le piantagioni di salici devono essere zappate più spesso nei primi tre anni. Quando poi sono ben sviluppate bastano tre lavorazioni all' anno; in assenza di manutenzione si seccano presto.

Catone fa riferimento alle talee di olivo (*taleas oleagineas*, De Agricoltura, 45) al pari di Columella che, nella descrizione del vivaio degli olivi (*De seminario oleae*) oltre a indicarne la lunghezza in un piede e mezzo (*Taleae deinde sesquipedales serra praecidantur...*), ne indica anche il diametro, pari alla grandezza di un manico di attrezzo, che può essere afferrato con una mano (*quos conprehensos manus possit circumvenire, hoc est manubrii crassitudinem*), e addirittura ribadisce l'importanza del corretto verso di impianto delle talee, consigliando di fare un segno rosso sulla cima della talea stessa in modo da metterla a dimora come stava sull'albero con lo sguardo verso il cielo (*quemadmodum in arbore steterat ramus ita pars recte et cacumine caelum spectans deponatur*), ben sapendo che se si sbagliasse il verso, difficilmente la talea potrebbe attecchire e, comunque, resterebbe sterile *(nam si inversa mergatur, difficulter conprehendit, et cum validis convaluit, sterilis in perpetuum est*, Columella, De Re Rustica, libro 5, 9).

Anche la descrizione della piantagione di rizomi di elofite sembra uscita da un manuale dei nostri giorni (Tab. 7.1.4).

Tab. 7.1.4 - La piantagione della canna (Columella, De Re Rustica libro quarto, 32)

Harundo minus alto pastinato, melius tamen bipalio seritur. *Ea, cum sit vivacissima nec recuset ullum locum, prosperius resoluto quam denso, humido quam sicco, vallibus quam clivis, fluminum ripis et limitibus ac vepribus commodius quam mediis agris deponitur.* *Seritur bulbus radicis, seritur et talea calami, nec minus toto prosternitur corpore.* *Bulbus tripedaneis intervacantibus* *spatiis obrutus anno celerius maturam perticam praebet, talea et tota harundo serius praedicto tempore evenit.* *.....,earum cacumina, quae si obruta sunt, totae putrescunt.*	La canna si pianta in una fossa poco profonda lavorata preferibilmente con la vanga. Per quanto sia molto vitale e non rifiuti alcun luogo, si pianta meglio nel terreno sciolto che in quello denso, nell'umido che nel secco, nelle valli che sui pendii, sulle rive dei corsi d'acqua, sui bordi dei sentieri e tra i roveti che nel mezzo dei campi. Si può riprodurre un pezzo di rizoma o una talea o tutto il corpo della canna Gli occhi, posti a tre piedi di distanza reciproca, in un anno producono canne mature. I rizomi o le canne intere crescono più lentamente. ..., ma se le cime sono sotto terra, tutto imputridisce.

7.1.4 Le fascinate drenanti

I Romani conoscevano bene le tecniche per lo smaltimento delle acque e sia Columella che Catone riferiscono di un sistema di drenaggio non superficiale basato sul pietrame o sulle fascine arrivando a dare le misure della sezione (Tab. 7.1.5).

Tab. 7.1.5 - Fascinate drenanti

Opertae rursus occaecari debebunt sulcis in altitudinem tripedaneam depressis; *qui cum parte dimidia lapides minutos vel* *nudam glaream receperint, aequentur superiecta terra, quae fuerat effossa.* *Vel si nec lapis erit nec glarea, sarmentis conexus velut funis informabitur in eam crassitudinem, quam solum fossae* *possit angustae quasi adcommodatam coartatamque capere.* *Tum per imum contendetur, ut super calcatis cupressinis vel pineis* *aut, si eae non erunt, aliis frondibus terra contegatur* *Columella De Re Rustica Libro secondo, 2.7-11*	I fossi devono essere chiusi dopo uno scavo fino a tre piedi (90 cm) di profondità; vanno poi riempiti per metà di piccoli sassi o di ghiaia pulita e per il resto di terra. Se poi non si trovassero né i sassi né la ghiaia, si realizzerà una fascinata con vimini intrecciati, di una grandezza tale da entrare nella fossa solo spingendovela a forza. Quindi si adagerà sul fondo e si coprirà di foglie ben pressate di cipresso, di pino o, in mancanza di queste, di altre piante, e poi di terra.
Sulcos, si locus aquosus erit, alveatos esse oportet: latos summos pedes tres, altos pedes quattuor, infimum latum pedem I et palmum. *Eos lapide consternito: si lapis non erit, perticis saligneis viridibus controversus conlatis consternito ; si pertica non erit, sarmentis conligatis* *Catone De Agricoltura, 43*	Nei luoghi molto umidi è opportuno fare dei fossi profondi 4 piedi (1,2 m) larghi alla sommità 3 piedi (90 cm) ed al fondo 1 piede ed un palmo (35 cm), da coprire di pietrame; in assenza di pietrame il fosso va ricoperto con pali di salice verde posti uno di fronte all'altro o, in mancanza di pali, con fascine.

7.1.5 Le opere in legno e terra

I legionari romani oltre a combattere dovevano saper costruire rapidamente tutte le sere un campo trincerato e così il contadino italico, guidato dagli esperti genieri, era diventato abile utilizzatore delle risorse disponibili sul posto quali terra, tronchi e ramaglia dai boschi, nonché pietre.

Le opere in terra e legno erano comune consuetudine come il muro lungo trenta chilometri e alto 5 metri con un fosso antistante e torri realizzato in poche settimane contro gli Elvezi (Cesare, De Bello Gallico, I, 8) e soprattutto il doppio anello fortificato per l'assedio di Alesia, sede della battaglia finale contro Vercingetorige, che rappresenta l'apoteosi delle opere in terra.

I Galli avevano trincerato i loro accampamenti sotto la città con un sistema costituito da un fosso ed un terrapieno alto 6 piedi (1,8 m), lungo undici miglia (Cesare, De bello Gallico, VII, 69).

Cesare, per assediarli, fece costruire un anello intorno ad Alesia, lungo circa 20 chilometri e costituito, a partire dall'interno, da:

- un fosso profondo 20 piedi (6m),
- a distanza di 400 piedi (120 m) due fossi profondi e larghi 15 piedi (*duas fossas quindecim pedes latas*), il più interno riempito di acqua deviata da un fiume,
- dietro ai fossi un terrapieno, con una palizzata, alto 12 piedi (*aggerem ac vallum extruxit*) protetto da un parapetto (*lorica*) e da torri distanti tra loro 80 piedi (24 m).

(Cesare, De bello Gallico VII, 72), foto 7.1.1.

La difesa venne integrata, per scoraggiare le scorrerie dei Galli, con 15 file di buche profonde 5 piedi ove furono infissi tronchi scortecciati e appuntiti a formare una barriera aguzza (*cippos*) e buche minori profonde 3 piedi, disposte a quinconce, all'interno delle quali furono infissi pali appuntiti e induriti al fuoco (*praeacuti et praeusti*). Tali pali, su otto file, furono interrati fino a sporgere solo 4 dita e furono occultati con vimini e ramaglia (*viminibus et virgultis*).

Davanti a questi furono posti pali lunghi un piede (*taleae pedem longae*) con uncini di ferro. Il nome poetico dato da Cesare a questa formidabile fascia difensiva fu di "giglio" (*lilium*). Per difendersi poi dagli attacchi dei Galli, che sopraggiungevano in aiuto agli assediati, fece costruire, verso l'esterno, una struttura identica e simmetrica.

(Cesare, De bello Gallico VII, 73).

I Galli, d'altronde, a dimostrazione che tali tecniche non erano patrimonio esclusivo dei Romani, usavano fortificazioni in terra legno e pietra mirabilmente descritte da Cesare come "*oppidum gallicum*" (Cesare, De bello Gallico VII, 23).

Era praticamente una terra rinforzata con travi trasversali, poste ad interasse di 0,6 m, di lunghezza di 10 m pari allo spessore del muro, e collegate tra loro nella parte posteriore da altre travi orizzontali. Altre travi verticali infisse nel terreno legavano ulteriormente e rafforzavano la struttura. Entro questo telaio di travi di legno si riportava terra e il fronte veniva rivestito con file di blocchi di pietra.

La struttura, oltre a essere di aspetto gradevole per l'alternanza di travi e pietre (*opus deforme non est alternibus trabibus ac saxis*), presentava una notevole funzionalità tecnica in quanto le teste delle travi resistevano ai colpi dell'ariete e i blocchi di pietra agli incendi.

Tali strutture, realizzate con i materiali naturali disponibili e con notevole impiego di manodopera, rappresentano opere di consolidamento imponenti alle quali basterebbe aggiungere la parte viva delle piante per ottenere un'opera di ingegneria naturalistica come la intendiamo oggi.

Oltre a queste opere in legno e terra i Romani conoscevano anche tipiche opere riferibili all'ingegneria naturalistica quali i rivestimenti con ramaglia intrecciata (*loricae ex cratibus* Cesare, ibid., V, 40, *viminea loricula*, Cesare, ibid. VIII, 9), le viminate (*contexa viminibus membra*, Cesare, ibid. VI,16) o i rivestimenti con le zolle erbose a semplici file (*singulis ordinibus cespitum* Cesare, ibid. V, 51).

Foto 7.1.1: Vallo Romano di Alesia ricostruiti all'Archeodrome (Francia) 1979

Tab. 7.1.6 - Tipiche opere romane riferibili all'ingegneria naturalistica

Messa a dimora delle piante	*Semina deponere*	Columella De Re Rustica LIBRO QUINTO, 9.8-12
Talee di salice	*Taleae sesquipedales terreno immersae paulum obruuntur*	Columella De Re Rustica LIBRO QUARTO, 30.1-5
Talee di olivo	*Taleae deinde sesquipedales serra praecidantur*	Columella De Re Rustica LIBRO QUINTO, 9
Messa a dimora del rizoma della talea di canna	*Seritur bulbus radicis, seritur et talea calami, nec minus toto prostenitur corpore*	Columella De Re Rustica LIBRO QUARTO, 32
Zolle erbose e semplic file	*Singulis ordinibus cespitum*	Cesare De Bello Gallico 5,51
Rivestimenti con ramaglia intrecciata	*Loricae ex cratibus*	Cesare De Bello Gallico 5,40
Viminate	*Contexa viminibus membra*	Cesare De Bello Gallico 6,16
Graticciate di rivestimento delle torri	*Viminea loricula*	Cesare De Bello Gallico 8,9
Palificate e terre rinforzate	*Oppidum gallicum*	Cesare De Bello Gallico 7,23
Drenaggi tecnici,fascinate drenanti	*Sarmentis conexus velut funis informabitur in eam crassitudinem, quam solum fossae possit....capere.* *Si lapis non erit, perticis saligneis viridibus controversus conlatis consternito; si pertica non erit, sarmentis conligatis*	Columella De Re Rustica LIBRO SECONDO, 2.7-11 Catone De Agricolura, 43

7.2 Tecniche utilizzate dal Genio Militare per la stabilizzazione di scarpate nei *lavori sul campo di battaglia*

I legionari romani, durante gli spostamenti dovevano esser in grado di costruire rapidamente tutte le sere un campo trincerato con l'utilizzo dei materiali disponibili sul posto quali i tronchi, la ramaglia, la terra e le pietre; notevoli sono le testimonianze di realizzazione di opere di consolidamento in legno e terra (ad es. Cesare De bello gallico, ecc. vedi Manuale Ingegneria naturalistica Regione Lazio vol.2) alle quali basterebbe aggiungere la parte viva per considerarle oggi opere di ingegneria naturalistica.

Analogamente, nei tempi moderni, i militari del Genio hanno avuto l'esigenza di utilizzare nei lavori sul campo di battaglia materiali reperiti il più possibile in loco per la realizzazione di trincee, sbarramenti, ricoveri, postazioni, ecc.

Oltre ai materiali morti il Genio Militare utilizza piante vive (arbusti, zolle erbose, ecc.), sia per la stabilizzazione dei pendii, che per il mascheramento e la mimetizzazione di opere, con funzioni analoghe a quelle degli interventi di ingegneria naturalistica impiegati per l'inserimento paesaggistico di infrastrutture.

7.2.1 I rivestimenti

Di particolare interesse per l'attinenza col tema della stabilizzazione dei versanti sono i lavori da zappatore realizzati con i materiali da rivestimento. Con tale nome si designano "*certi intrecci, i quali servono specialmente per sostenere le scarpe dei lavori in terra quando hanno una pendenza più ripida della pendenza naturale. Questi intrecci sono fatti, generalmente, con arboscelli di salice od altro legno dolce, flessibilissimi, del diametro da 20 a 25 mm*" (Stralcio dell'istruzione sui lavori da zappatore – Scuola di applicazione di fanteria 1932).

I materiali dei *rivestimenti* comprendono: fascinoni, gabbioni, graticci, sacchi in terra, zolle, ecc.

I fascinoni e le fascine

I fascinoni sono lunghi 3 m con diametri di 22 cm, mentre le fascine sono più corte; tre uomini costruiscono un fascinone in 1,25 ore.

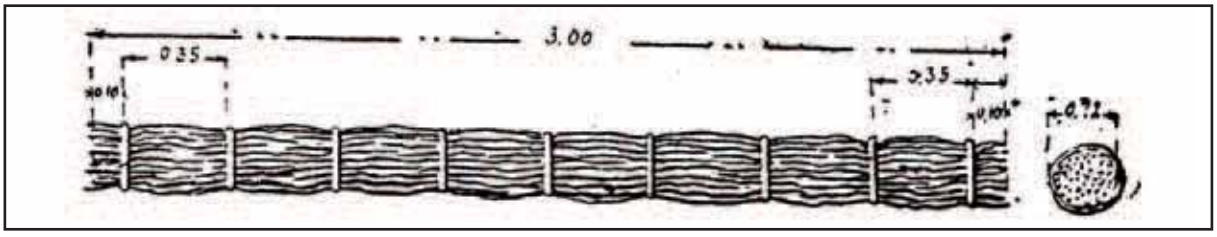


Fig. 7.2.1 - Fascinone (Istruzione n. 104 sui lavori da zappatore – Ministero della guerra 1912)

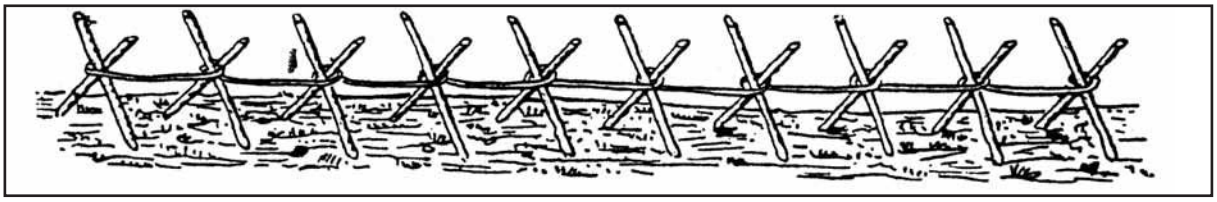


Fig. 7.2.2 - "Laboratorio" per la realizzazione dei fascinoni (Istruzione n. 104 sui lavori da zappatore Ministero della guerra 1912)

Nelle figure seguenti sono riportati esempi di utilizzo di fascinoni e fascine di ramaglia per il rivestimento di scarpate ripide; da notare l'impiego diffuso di tiranti.

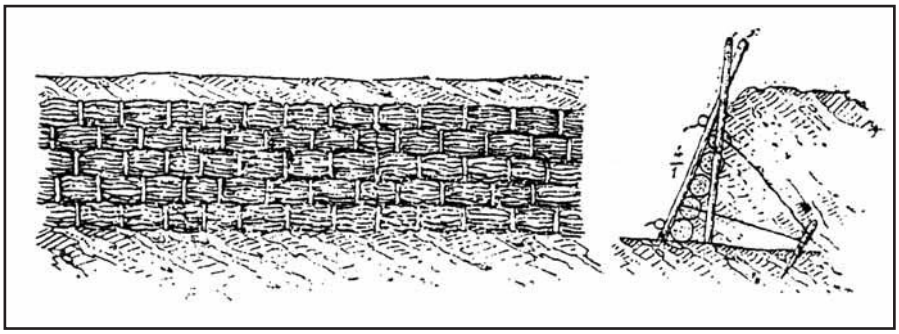


Fig. 7.2.3
Rivestimento di scarpata con fascinoni
(Istruzione n. 104 sui lavori da zappatore Ministero della guerra 1912)

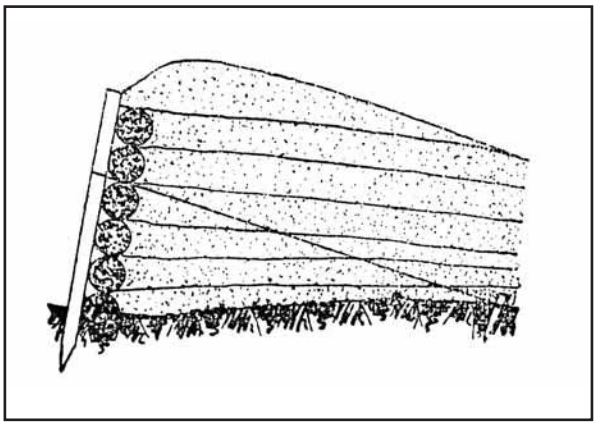


Fig. 7.2.4 - Rivestimento di scarpata con fascinoni (Manuale per gli ufficiali del Genio Vol.1. Lavori del campo di battaglia - Ispettorato dell'Arma del Genio 1941)

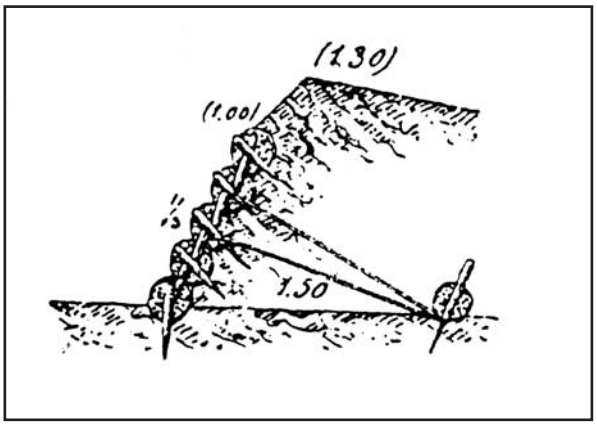


Fig. 7.2.5 - Rivestimento con fascine (Manuale per l'ufficile del Genio in guerra - Voghera editore 1898)

I gabbioni

I gabbioni sono realizzati con un cesto cilindrico senza fondo formato da rami flessibili avvolti attorno a *bastoni* verticali; il gabbione, alto 1 m e con diametro di 60 cm ha un tempo di realizzazione di 1,5 ore ad opera di tre soldati; viene riempito di terra e funziona come opera di sostegno.

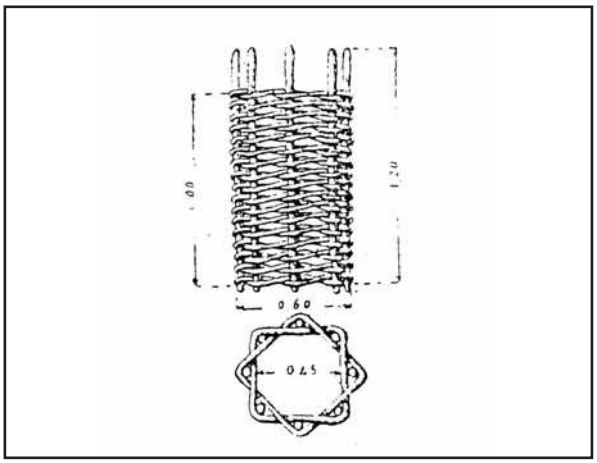


Fig. 7.2.6 - Gabbione (Stralcio dell'istruzione sui lavori da zappatore – Scuola di applicazione di fanteria 1932)

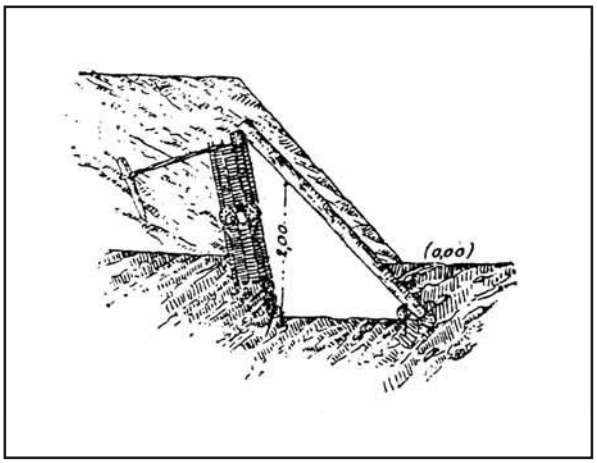


Fig. 7.2.7 - Gabbioni nei ricoveri contro il tiro d'artiglieria (Manuale per l'ufficiale del Genio in guerra Voghera editore 1898)

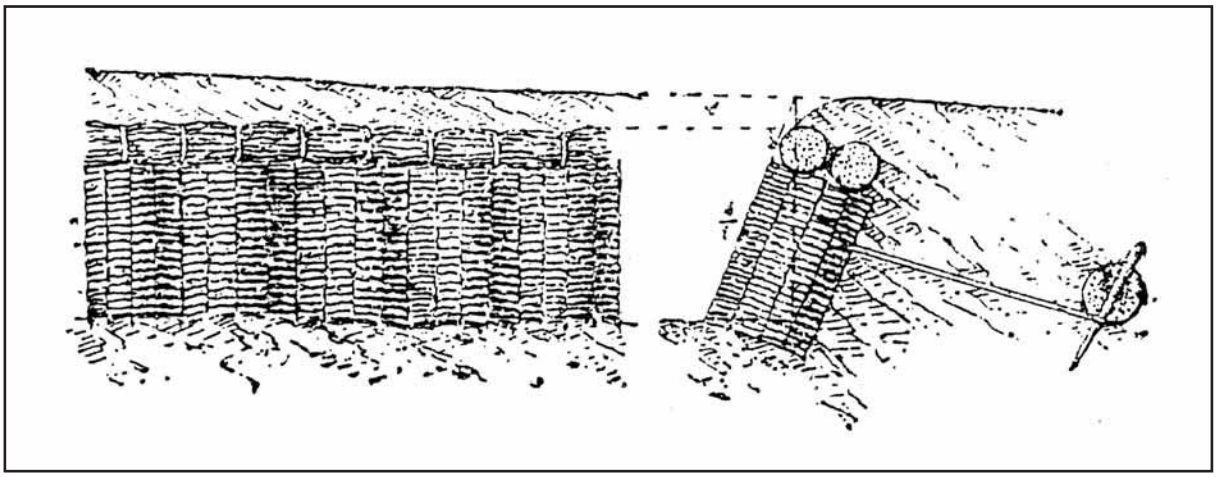


Fig. 7.2.8 - Rivestimenti con gabbioni (Stralcio dell'istruzione sui lavori da zappatore - Scuola di applicazione di fanteria 1932)

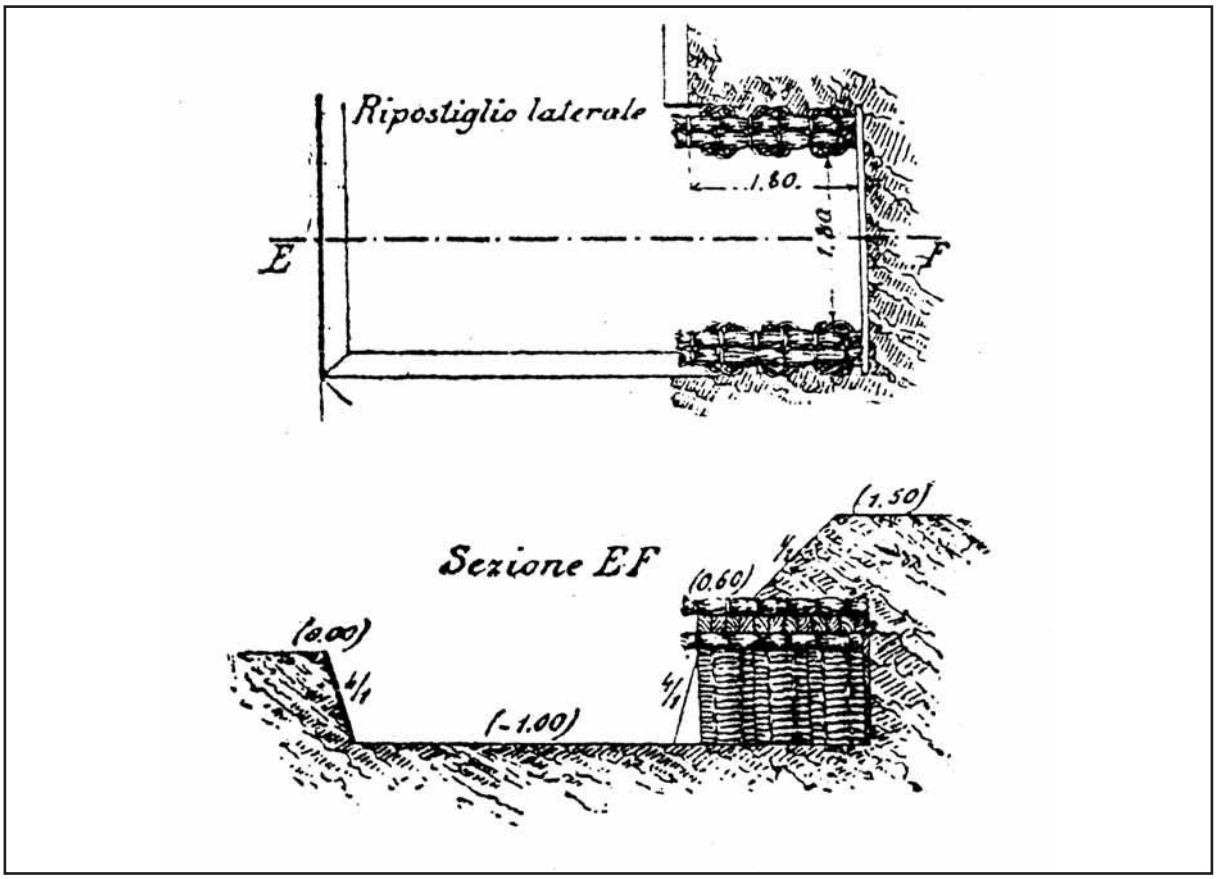


Fig. 7.2.9 - Batteria mortai rivestita con gabbioni in terra (Manuale per l'ufficiale del Genio in guerra - Voghera editore 1898)

I graticci

I graticci sono rivestimenti piani di rami flessibili impostati su paletti.

Le dimensioni sono circa 1x2 m ed il tempo di realizzazione di circa 1,25 ore ad opera di tre soldati.

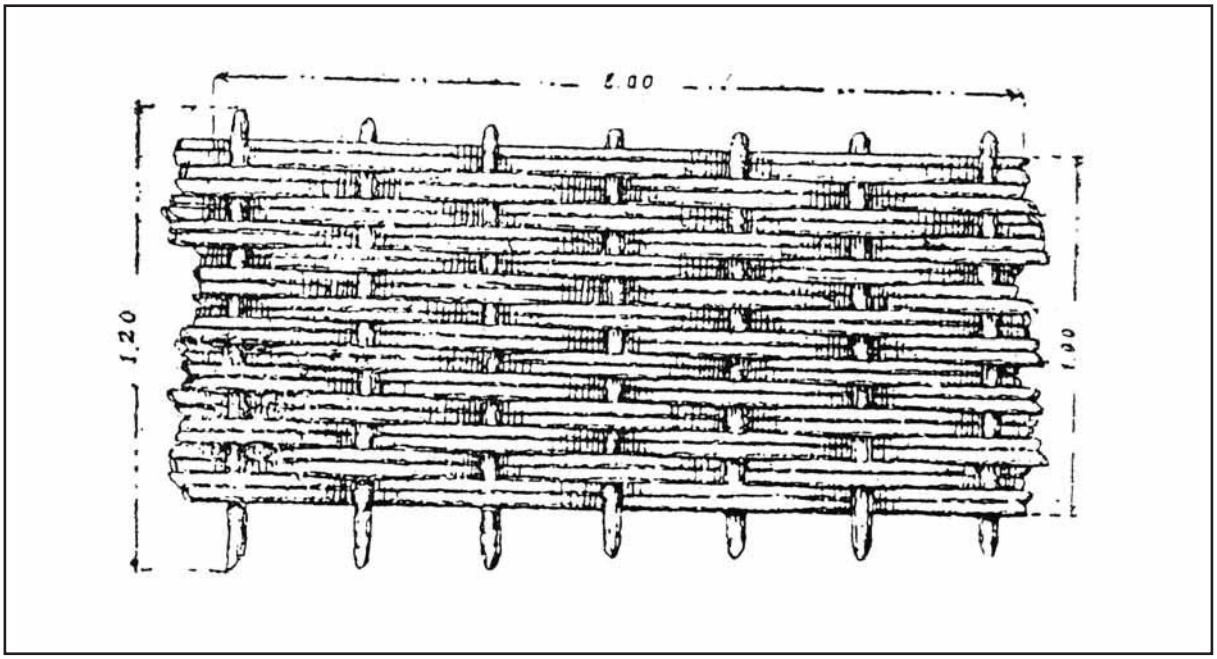


Fig. 7.2.10 - Graticcio (Istruzione n. 104 sui lavori da zappatore – Ministero della guerra 1912)

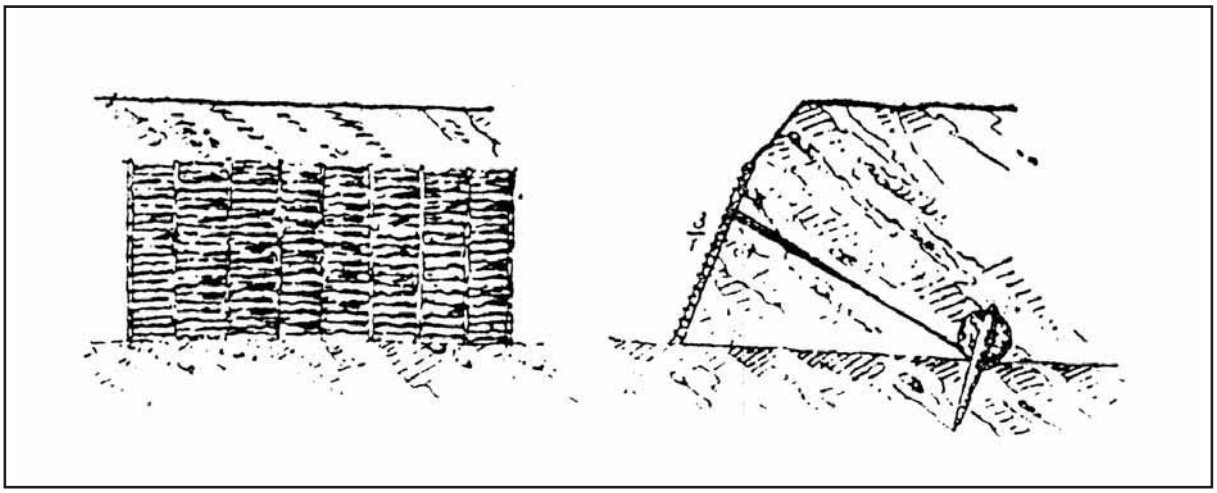


Fig. 7.2.11 - Rivestimento con graticci (Istruzione n. 104 sui lavori da zappatore – Ministero della guerra 1912)

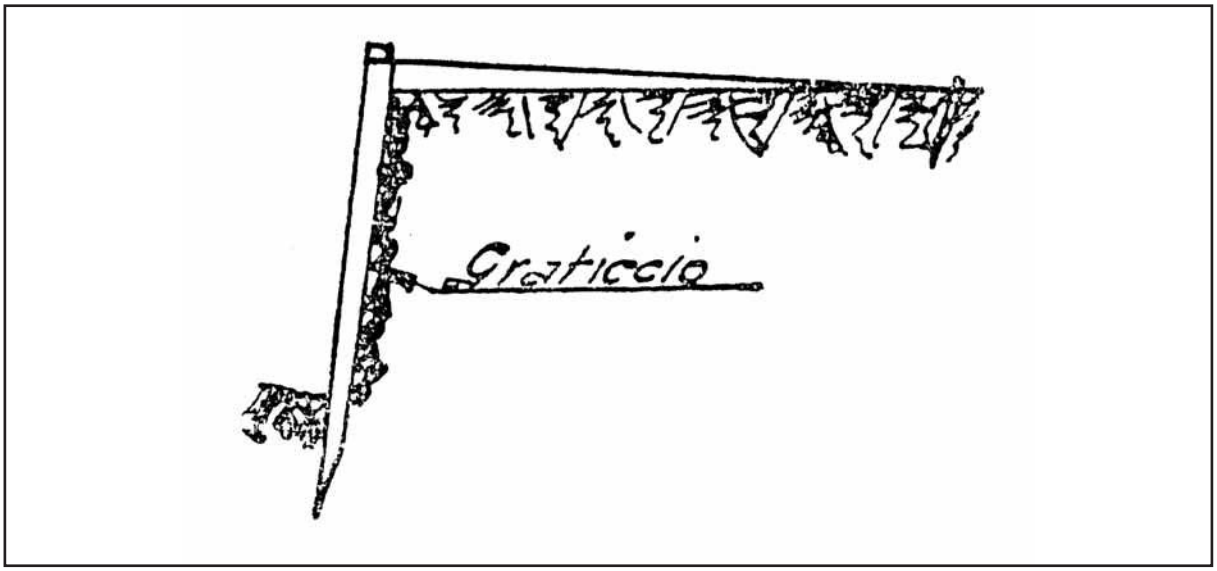


Fig. 7.2.12 - Graticcio con palo frontale (Manuale per gli ufficiali del Genio Vol.1. Lavori del campo di battaglia - Ispettorato dell'Arma del Genio 1941)

Nell'esperienza dei genieri esistono altri tipi di palizzate con materiali vari (fig. 7.2.14).

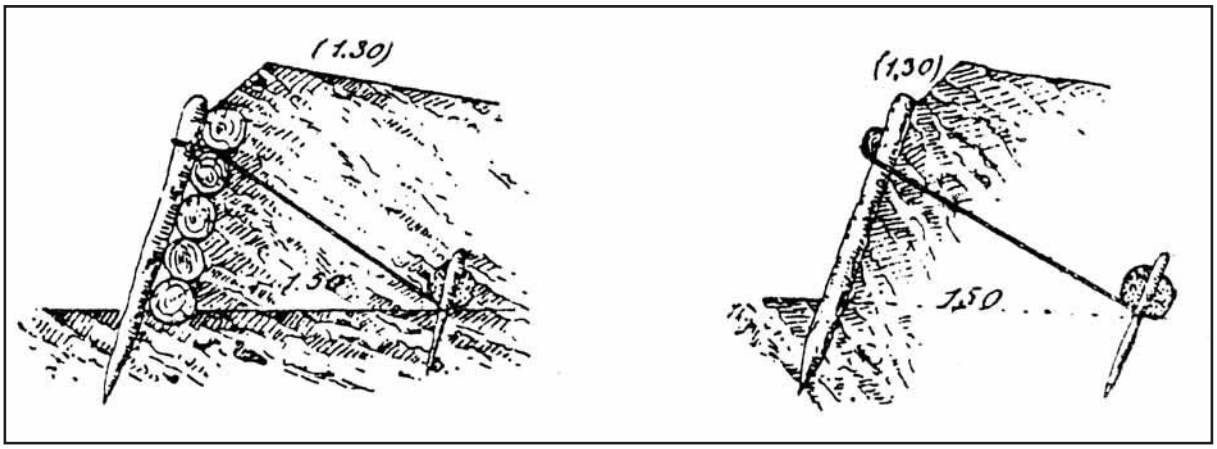


Fig. 7.2.13 - Rivestimenti con materiali occasionali (tronchi, traversine, tavole, etc.) Manuale per l'ufficiale del Genio in guerra - Voghera editore 1898

Le zolle erbose

Le zolle erbose (dimensioni 0,20 x 0,35 cm) si ricavano dal cotico dei prati e servono per rivestire una scarpata (due uomini in un'ora ne preparano circa 100 pezzi) con finalità antierosive e di mimetizzazione.

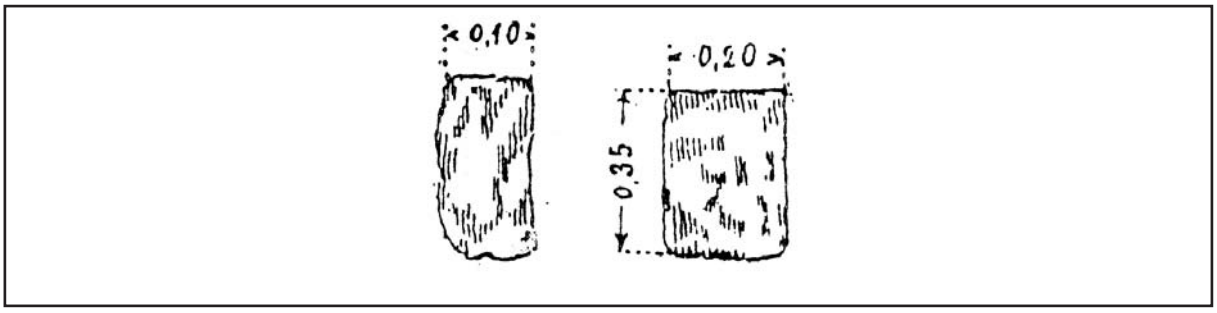


Fig. 7.2.14 - Zolle erbose (Istruzione n. 104 sui lavori da zappatore – Ministero della guerra 1912)

Tra le opere di rivestimento delle trincee e dei rilevati stradali il Manuale per l'ufficiale del Genio in guerra raccomanda l'inerbimento (sono consigliati erba medica, trifoglio, lupinella, ecc.) e la piantagione di arbusti. Per l'immediata protezione delle scarpate sono previsti *l'inzollamento e i graticciati*.

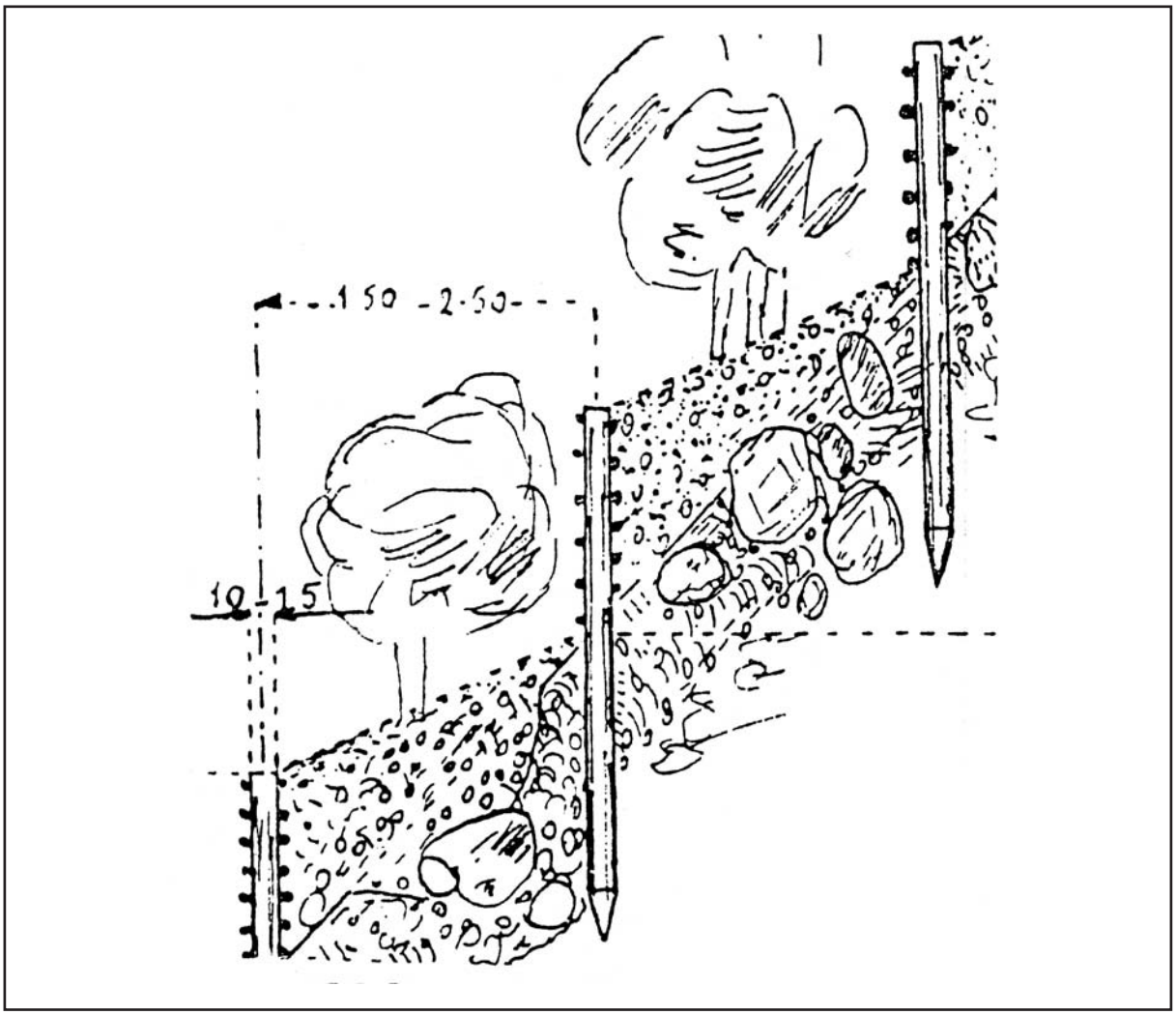


Fig. 7.2.15 - Graticciati di rivestimento di scarpate stradali (dal Manuale per l'ufficiale del Genio in guerra, 1918)

La tabella 7.2.1 fornisce dati sui rivestimenti, relativamente agli strumenti, ai materiali ed ai tempi di realizzazione.

Tab. 7.2.1 - Dati di impiego dei rivestimenti *(Manuale per gli ufficiali del Genio Vol.1. Lavori del campo di battaglia - Ispettorato dell'Arma del Genio 1941)*

DATI DI IMPIEGO DEI RIVESTIMENTI				
Squadre	Uomini	Strumenti	Materiale per 10 m^2 di rivestimento	m^2 approssimativi di rivestimento in 10 ore
Fascioni	3	1 picozzino 1 badile 1 gravina	20 fascioni 75 paletti 40 cm 30 m filo di ferro	30
Gabbioni	3	idem	16 gabbioni 6 fascine 6 picchetti 0,90 cm 20 m filo di ferro	60
Graticci	3	idem	5 graticci 3 fasc. (ancoraggio) 12 paletti 0,80 cm 40 m filo di ferro	50
Sacchi a terra	2	-	200 sacchi	45

Gli attrezzi da zappatore impiegati dai genieri sono analoghi a quelli dei lavori di ingegneria naturalistica.

Gli attrezzi per la costruzione di postazioni per batterie sono riportati in tabella 7.2.2.

*Attrezzi da zappatore e materiali vari dei quali possono disporre le **batterie da 75 M. 906 a cavallo**, oltre quelli indicati nello specchio N. 8*

Attrezzi e materiali	Batteria di combattimento	Carreggio
Piccozzini da 75 mod. 906	48	-
Piccozzini da battria da 75 A	-	4
Piccozze alleggerite	-	4
Gravine da 75 mod. 906	34	-
Gravine alleggerite	8	4
Badili da 75 mod. 906	31	-
Badili (mod. 76, corto)	-	4
Badili (mod. 76, lungo)	12	-
Magli da campagna	2	-
Roncole	2	-
Mannaresi alleggeriti	2	-
Sega da campagna	1	-
Segacci da campagna	-	2
Segacci semplici piccoli	1	-
Segacci semplici mezzani	-	3
Martelli da 75 mod. 906	13	-
Tenaglie da 75 mod. 906	5	-
Tenaglie per chiodi	-	3
Funi da ripieghi (da mm 22 lunghe m 40)	4	-
Funicella del diametro di mm6 di ralinga	kg. 4	-
Spago del diametro di mm 4, straforzinato	kg. 1	-

Tab. 7.2.2
Attrezzi da zappatore per la realizzazione di batterie *(Istruzione n. 104 sui lavori da zappatore - Ministero della guerra 1912)*

7.2.2 Parapetti e profili

Per realizzare i parapetti di protezione delle trincee o i profili per imboscate, vengono usati materiali misti quali terra, pietrame fusti di alberelli e ramaglia.

Anche nelle gradinate per tiratori è previsto l'impiego di fascine; per 5 m di gradinata occorrono 4 zappatori con 12 fascine lunghe 2,5 m, 48 paletti da 35-50 cm, 2 mazzuoli, 4 gravine e 4 badili (dal Manuale per l'ufficiale del Genio in guerra 1898)

Un interessante esempio di palizzata è riportato tra gli ostacoli anticarro (fig. 7.2.19).

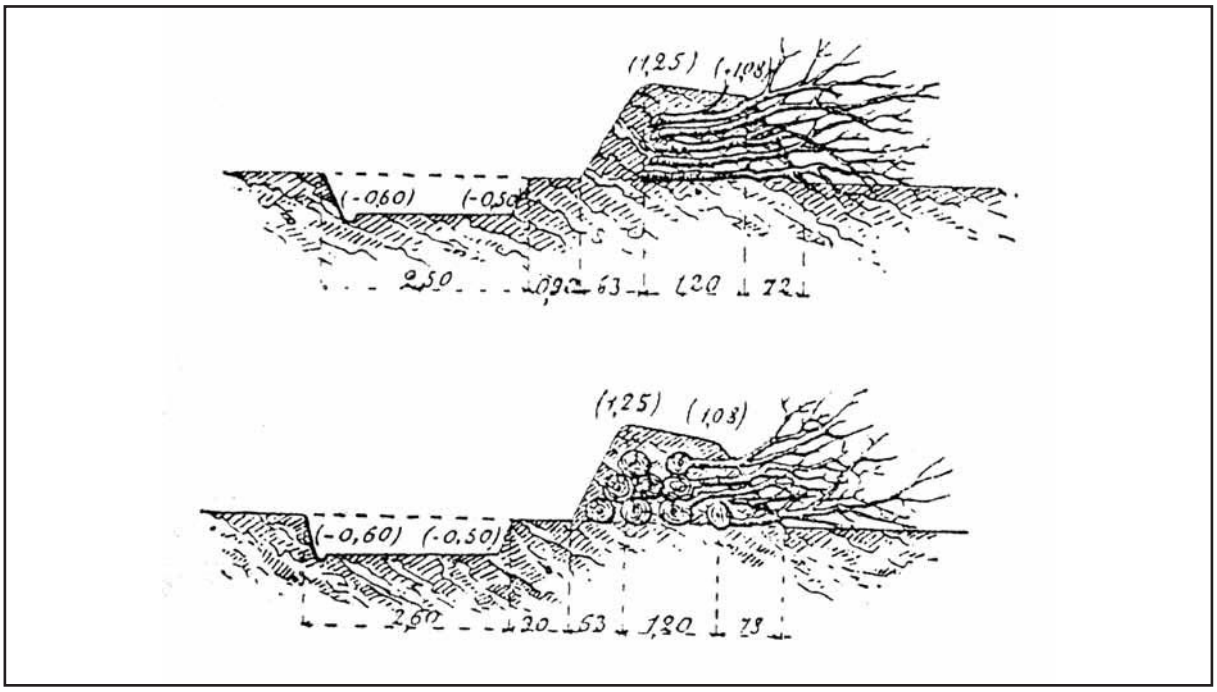


Fig. 7.2.16 - Profili per imboscate con terra, legname e ramaglia (Manuale per l'ufficiale del Genio in guerra Voghera editore 1898)

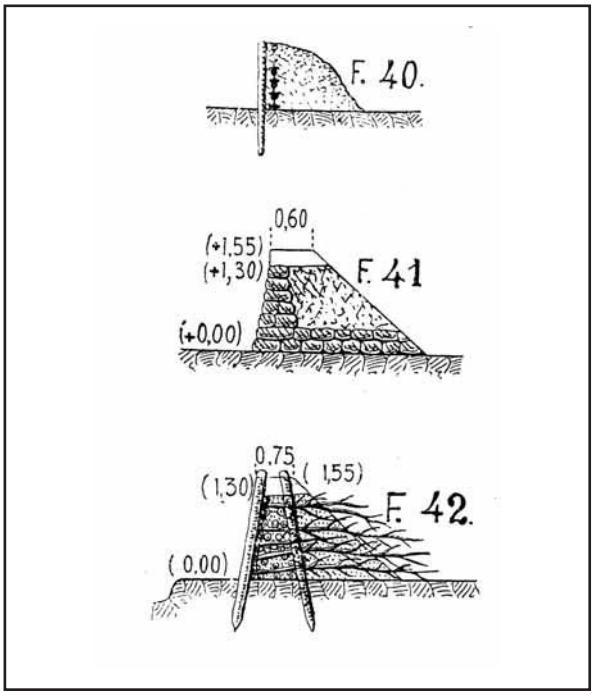


Fig. 7.2.17 - Parapetti con terra pietrame e fusti di alberi (Manuale per gli ufficiali di complemento del Genio- Istituto Pavese Arti Grafiche 1935)

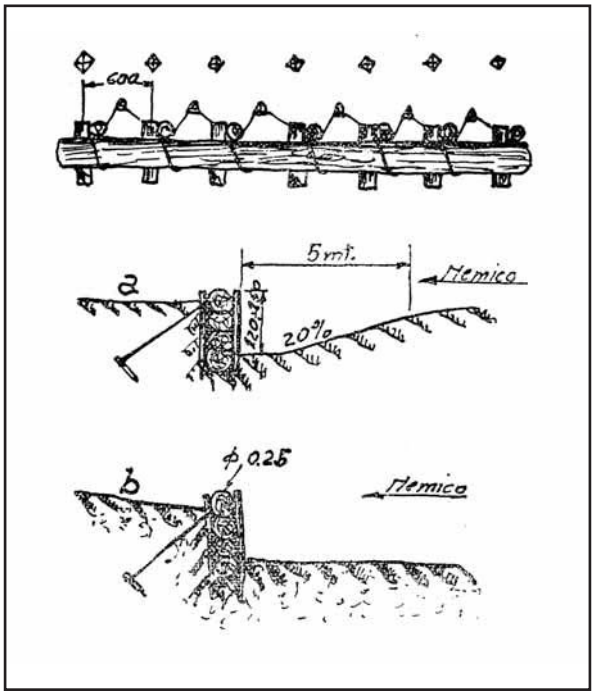


Fig. 7.2.18 - Parapetto con tronchi per ostacolo anticarro (Manuale per gli ufficiali del Genio Vol.1. Lavori del campo di battaglia - Ispettorato dell'Arma del Genio 1941)

7.2.3 Interventi per inondazioni artificiali

Tra gli interventi per provocare inondazioni artificiali speditive al fine di ostacolare il nemico è citato uno sbarramento con fascine e buzzoni (fig. 7.2.20) definito particolarmente idoneo per resistere ai tiri di artiglieria; tale opera è di struttura analoga ai pennelli e repellenti vivi riportati nel Manuale di ingegneria naturalistica applicabile al settore idraulico Regione Lazio.

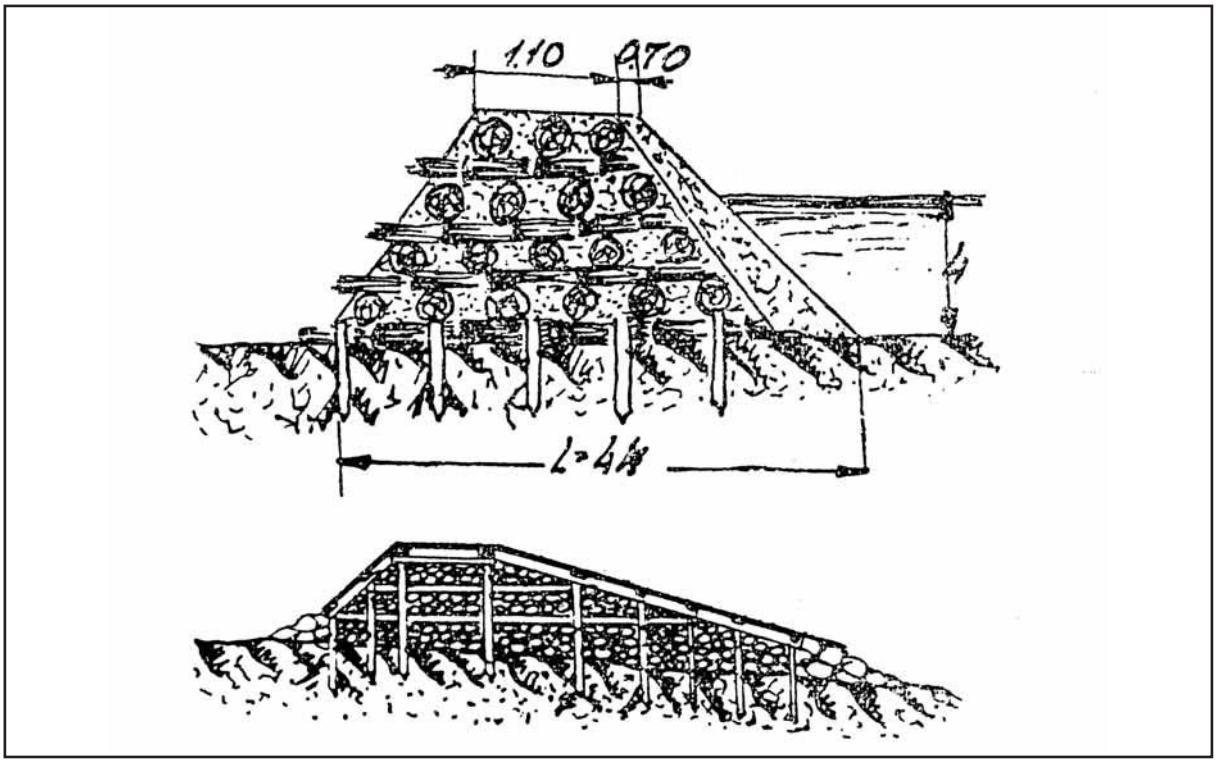


Fig. 7.2.19 - Sbarramento con legname fascine e buzzoni (Manuale per gli ufficiali del Genio Vol.1. Lavori del campo di battaglia - Ispettorato dell'Arma del Genio 1941)

F. Preti, E. Bresci

7.3 Dalle sistemazioni idraulico-forestali all'ingegneria naturalistica

7.3.1 Sistemazioni Idraulico-Forestali e Ingegneria Naturalistica

Le **Sistemazioni Idraulico-Forestali** "concernono le regole di dimensionamento e costruzione ed il modo di impiego delle opere, per eliminare le cause o contrastare gli effetti dei fenomeni alluvionali, dei processi erosivi e franosi, delle colate detritiche e fangose, del distacco di massi e delle cadute di valanghe, che avvengono nei bacini torrentizi (collinari e montani), creando, con opere intensive ed estensive, le condizioni per il ritorno della vegetazione, chiudendo il ciclo ricostruttivo degli equilibri naturali distrutti o alterati" (Puglisi, 2003).

Il termine Sistemazioni Idraulico-Forestali, relativo ad un insieme organicamente strutturato di basi scientifiche e applicazioni tecniche, è contenuto in testi normativi, tecnici e scientifici, e non è surrogabile con quelli relativi ad altre discipline. Nei riferimenti bibliografici del presente lavoro sono citati i testi classici e più recenti relativi a questa materia.

L'**Ingegneria Naturalistica** "è una disciplina tecnico-scientifica che studia le modalità di utilizzo, come "materiale da costruzione", di piante viventi, o di parti di esse, o addirittura di intere biocenosi vegetali, spesso in unione con materiali non viventi come pietrame, terra, legname e acciaio" reperibili in loco, in genere per la realizzazione di sistemazioni a difesa del territorio, con obiettivi tecnici, ecologici, paesaggistici ed economici, come ben noto (Schiechtl, 1987, ad es. in Regione Toscana, 2000 e nella principale manualistica relativa all'Ingegneria Naturalistica, disponibile in Italia a partire dagli anni '90 e citata nei riferimenti bibliografici).

Gli obiettivi, gli ambiti e gli strumenti di Sistemazioni Idraulico-Forestali e Ingegneria Naturalistica sono determinati da valutazioni di potenzialità di successo, limiti operativi, contesto locale e dal loro sviluppo storico.

Naturalmente i campi e le metodologie di applicazione di Sistemazioni Idraulico-Forestali e Ingegneria Naturalistica sono strettamente legati, se non altro dalla seguente regola fondamentale: *La vegetazione induce stabilità e la stabilità produce vegetazione*.

Infatti, la vegetazione viene interessata dalle opere di difesa del suolo (o meglio, del territorio) come "materiale da costruzione" (specificatamente nelle opere di Ingegneria Naturalistica), ma risente al contempo della realizzazione di Sistemazioni Idraulico-Forestali che creano tipicamente le condizioni favorevoli al suo sviluppo (Tabella 7.3.1).

L'efficacia della sistemazione, nelle situazioni meno impegnative, può essere garantita esclusivamente e immediatamente dagli organismi viventi, mentre negli altri casi è indispensabile l'azione integrata tra componenti vive e inerti. La funzione di questi ultimi è quella di garantire la funzionalità dell'opera per un periodo sufficiente alla completa affermazione della vegetazione messa a dimora, dopodiché l'importanza degli elementi strutturali si riduce (U.S.D.A., 1992 in Regione Toscana, 2000; cfr. Cap. 9).

In particolare, i materiali inerti assicurano la stabilità del pendio o della sponda nel periodo critico della germinazione o germogliazione e dello sviluppo radicale.

Nell'Ingegneria Naturalistica propriamente detta, è l'elemento vegetale che deve stabilizzare e consolidare il suolo e non limitarsi a rappresentare un elemento cosmetico o di mascheramento per le strutture inerti (Lachat e Paltrinieri, 1999 in Regione Toscana, 2000).

Gli interventi per il controllo dei dissesti (frane di superficie e scoscendimenti, erosioni diffuse, a rivoli o incanalate, colate detritiche, modifiche plano-altimetriche del tracciato di alvei dovute a scavi, sovralluvionamenti, instabilità delle sponde, etc.) dovrebbero essere attuati con opere sia sui versanti sia in alveo, di tipo estensivo o intensivo .

Tale distinzione è stata introdotta già dal D.M. del 20 agosto 1912 con il quale furono approvate le "Norme per la preparazione dei progetti dei lavori di sistemazione idraulico-forestale nei bacini montani". Gli Artt. 2 e 3 distinguevano le opere montane in due ordini di lavori: "Un primo ordine riguarda le opere idrauliche di carattere intensivo per ottenere la stabile correzione dei torrenti difendendone le sponde e modificandone il profilo. Un secondo ordine di lavori riguarda le opere di carattere estensivo, cioè quelle forestali, i rimboschimenti veri e propri, con tutti i mezzi preparatori per ottenerli, e che hanno lo scopo di consolidare e tutelare il terreno, prevenendone le corrosioni, le frane, gli smottamenti."

Le opere di tipo estensivo, attualmente, non comprendono soltanto i rimboschimenti, ma tutti gli interventi che hanno l'obiettivo di garantire una ricostruzione della copertura vegetale del territorio e di assicurare la stabilità dei versanti attraverso la presenza di specie arboree e/o arbustive, ricadendo quindi nel settore dell'Ingegneria Naturalistica. Anche gli interventi idraulico-forestali e viari minori, sono, in genere, realizzati proprio con tecniche di Ingegneria Naturalistica (Maione, 1998).

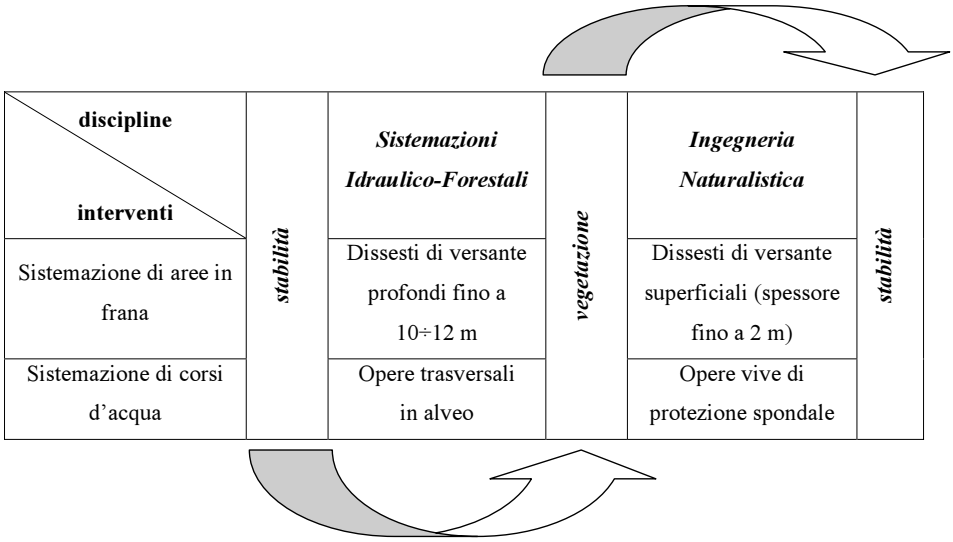
Sistemazioni Idraulico-Forestali e Ingegneria Naturalistica si sovrappongono, a scale di campo differenti, quando oggetto dell'intervento sono i dissesti idrogeologici superficiali o poco profondi nelle fasce altitudinali medio basse dei versanti, caratterizzati da processi a energia minore (Puglisi, 2003).

Nelle zone montane, dove solitamente i problemi di difesa del suolo si manifestano con maggiore intensità, i lavori di stabilizzazione dei versanti prevedono tipicamente l'uso di interventi di Sistemazione Idraulico-Forestale estensivi e/o di Ingegneria Naturalistica di tipo "biologico". Gli interventi ingegneristici classici delle Sistemazioni Idraulico-Forestali sono infatti riservati prevalentemente alle opere sui corsi d'acqua. È comunque opinione comune che gli strumenti biologici (estensivi) e quelli ingegneristici (intensivi) debbano integrarsi nella sistemazione del bacino montano (Merendi, 1936; Benini, 1990 in Regione Toscana, 2000). Infatti, ad esempio, come l'Ingegneria Naturalistica ha poche possibilità di intervento su frane di crollo e scivolamento profondo oppure su colate detritiche, così l'ingegneria civile convenzionale non può essere utilizzata per ridurre fenomeni estensivi di erosione a carico dei versanti (Maione, 1998).

Si riporta in Tabella 7.3.1 1 uno schema esemplificativo per evidenziare alcuni rapporti Sistemazioni Idraulico-Forestali e Ingegneria Naturalistica:

- Le Sistemazioni Idraulico-Forestali sono adatte per la sistemazione di frane con spessori inferiori a 10÷12 m (Benini, 1990) o alla realizzazione di opere sui corsi d'acqua quali briglie di trattenuta oppure rampe, soglie o briglie di consolidamento; queste ultime, anche se realizzate in legname e pietrame, possono essere vegetate solo sulle ali; nel caso di interventi estensivi si farà ricorso soprattutto a quelli "biologici", mentre nel caso di dissesti più gravosi si rende necessario il ricorso anche agli interventi di ingegneria civile o geotecnica; cfr. Cap. 11);
- L'Ingegneria Naturalistica si presta per gli interventi su versanti con un'instabilità profonda 10÷20 cm (rivestimento e stabilizzazione) o profonda 20÷200 cm (consolidamento e stabilizzazione) o per la protezione delle sponde dei corsi d'acqua con velocità della corrente e con trasporto solido non eccessivi (cfr. Cap. 10; Florineth e Molon, 2005; Regione Lazio, 2000);
- le Sistemazioni Idraulico-Forestali permettono lo sviluppo di vegetazione su sponde e versanti stabilizzati, mentre nel caso dell'Ingegneria Naturalistica la vegetazione viene direttamente utilizzata per ottenere la stabilità grazie alle proprietà biotecniche delle piante: è naturalmente preferibile che le due azioni possano essere combinate fra loro.

Tab. 7.3.1: Sistemazioni Idraulico-Forestali e Ingegneria Naturalistica



L'Ingegneria Naturalistica comprende, pertanto, alcune delle possibili tecniche idonee alla realizzazione di opere per le Sistemazioni Idraulico-Forestali, vale a dire interventi basati sulle interrelazioni fra dissesto idrogeologico, azione e controllo delle acque, relazioni con la vegetazione.Tali interrelazioni devono essere analizzate a scala di bacino idrografico al fine di consentire sia il controllo e la prevenzione del rischio idrogeologico, sia il ripristino a seguito di eventi eccezionali.

Naturalmente, come si vedrà, è preferibile, laddove possibile, favorire il "presidio" e la "manutenzione" periodica del territorio e delle opere, piuttosto che la "ricostruzione" con urgenza in condizioni di emergenza, in seguito ad eventi eccezionali o catastrofici.

Gli interventi di difesa del suolo, pianificati e realizzati a scala di bacino idrografico, consentono innanzi tutto la regimazione delle acque responsabili dei processi di disgregazione e trasporto solido sulla superficie terrestre. L'erosione "naturale" o "normale" non costituisce necessariamente un problema, anzi consente un ripascimento dei tratti fluviali vallivi e delle coste, ma può diventare un pericolo quando risul-

ta essere "accelerata", originando frane, scalzamenti e sovralluvionamenti.

Questo "equilibrio" deve essere mantenuto o ripristinato quando si vogliano salvaguardare i sistemi ambientali esistenti nel bacino o specificatamente le infrastrutture e gli insediamenti antropici.

La valutazione della necessità e dell'entità delle opere di sistemazione dovrà essere associata al rischio idrogeologico (quindi alla pericolosità di occorrenza, alla vulnerabilià e al danno associato), in corrispondenza di eventi probabili (precipitazioni eccezionali, portate di piena, frane, etc.) in un arco temporale "tecnico" (relazionabile alla durata delle opere o dei beni che potrebbero essere danneggiati), senza naturalmente poter considerare altri tipi di processi disastrosi (terremoti) o evolutivi (tettonica).

L'assetto del territorio deve quindi consentire una "stabilità" corrispondente ad un "equilibrio dinamico" dei sistemi ecologici presenti.

L'Ingegneria Naturalistica può fornire alcune soluzioni appropriate per controllare, attenuare o risolvere i problemi di dissesto del suolo o di riqualificazione ambientale, anche se questo non corrisponde sempre ad una vera e propria "rinaturalizzazione" (intesa come aggiunta di caratteristiche di naturalità all'ecosistema su cui si va ad intervenire).

Ad esempio, il generico ricorso all'Ingegneria Naturalistica (senza un'appropriata scelta delle specie autoctone), pur garantendo un ridotto impatto ambientale e buoni risultati "estetici", potrebbe non assicurare un livello di "naturalità" accettabile (basti pensare agli interventi nelle aree protette).

D'altra parte il solo abbandono di pratiche agrosivo-pastorali non porta necessariamente ad una condizione più "naturale" (Cavazza, 1991 in Regione Toscana, 2000).

L'Ingegneria Naturalistica, nata in campo forestale, ha ampliato successivamente i propri ambiti d'intervento dalla difesa del suolo in montagna, al recupero ambientale di cave, discariche, aree degradate in genere e all'inserimento delle infrastrutture nel paesaggio (Neugebauer & Scozzafava, 1993, in Regione Toscana, 2000).

Gli interventi di Sistemazione Idraulico-Forestale, usati comunemente in passato, trovano oggi ampio spazio di descrizione anche nei manuali di Ingegneria Naturalistica (cfr. riferimenti bibliografici). Resta da chiedersi se non si tratti piuttosto di una rivisitazione di antiche tecniche, attualizzate con nuove conoscenze e l'introduzione di nuovi soluzioni.

La scelta delle tipologie di intervento più adatte ai fini del controllo del dissesto idrogeologico sul territorio italiano deve scaturire da un'attenta ricerca e osservazione degli interventi che in passato si era soliti utilizzare, valutandone attentamente lo sviluppo storico.

7.3.2 Sviluppo storico

Tecniche operative facenti uso di materiali vivi per la sistemazione di dissesti su versante e su corsi d'acqua hanno un'origine remota ed hanno rivestito un'importanza sensibile per le antiche civiltà rurali, soprattutto in montagna (Luchetta, 1994, in Regione Toscana, 2000; Regione Lazio, 2002 e 2003), in virtù dell'efficacia empiricamente dimostrata dalle piante nel soddisfacimento di questi problemi e dell'abbondanza dei materiali necessari (piante, legname e pietrame) nell'ambiente rurale.

Si può affermare che "*Dacché le acque discendono dai monti alle valli*" (da Paul Lehman in Wang, 1903), cioè da sempre, l'uomo ha dovuto preoccuparsi della difesa idraulica del territorio. Una testimonianza della lotta dei popoli antichi contro i torrenti è offerta dalla loro raffigurazione come tori, probabilmente per esprimere la lotta dell'umana intelligenza contro la cieca forza della natura. Già Platone, nelle "Leggi", accennava alla costruzione di sbarramenti e canalizzazioni "*… affinché le acque che vengono da Giove, precipitandosi dalle alture nei profondi burroni, non nocciano alla campagna, ma anzi le giovino*." (in Wang, 1903). Orazio, in una sua ode, paragonava l'oscurità che avvolge l'avvenire con le onde dei torrenti: "*Tutto il resto scorre uguale ad un torrente che ora trasporta tranquillamente nel consueto letto i suoi flutti verso il mare etrusco, ora porta sassi tronchi di albero sbarbicati, anneriti e abituri umani, non senza il fragore dei monti e delle vicine selve*..." (in Wang, 1903). Secondo notizie autentiche, terribili piene fecero morire uomini e bestie nel Tirolo a partire dal IV secolo d.C., in Italia sin dal 585, nella Carinzia dal 792, nella Stiria dal 1194, in Germania dal 1281. Dalla cronaca delle inondazioni compilata dal geografo Sonklar (in Wang, 1903), emerge che anche nel Medio Evo erano frequenti danni provocati dalle alluvioni. Una testimonianza dell'uso di traverse in Toscana risale al 1518 in una lettera dell'idraulico Fra' Girolamo da Prato, indirizzata al Granduca Cosimo I dei Medici, nella quale ne consiglia la costruzione (Piccioli, 1905).

Leonardo da Vinci annota: "*Le radici dei salici non permettono alle scarpate di spaccarsi e i rami di salici che si trovino disposti lungo le scarpate, vengono di seguito potati in modo che diventino ogni anno più robusti. E così diventi tu una sponda vivente fatta di un unico pezzo/compatta*." (Leonardo da Vinci 1452-1519 in Florineth & Molon, 2005) e, ancora, "*E se'l fiume fussi stretto, appoggia il tuo trave dall'una riva all'altra, e fermalo bene, e su poggia li predetti rami fermati colli lor uncini naturali, e qui il trave non fa altro ofitio che tenere le teste de' legnami che non calino in basso, e li rami, che contro al corso del fiume stanno carichi di pietre, non lasciano spingere né piegare la dirittura del travedetto, perché tenuta da loro uncini naturali, e rami lor sotterrati non lasciano*

andare nell'abbarbicare li predetti uncini." (Leonardo da Vinci 1452- 1519 in Bresci & Sorbetti Guerri, 2000).

Verso la fine del 1600, Viviani (in Pareto, 1866) affermava: "*Venendo oramai ad esporre le operazioni, che, dall'Italia in giù io intenderei potersi porre ad effetto, per troncare il progresso di tanto riempimento del letto d'Arno, dico essere mio parere che…facendosi dalle valli laterali più prossime all'Arno, nelle quali di necessità si riducono tutte le acque, che lo vanno ingrossando, in quelle solo dirupate, e sciolte, che avessero bisogno d'essere sostenute…si andassero dal piè dei loro fondi, su su verso i loro principi disponendo, e fabbricando, in aggiustate distanze fra loro, più serre, o chiuse, o leghe, o traverse che dir si vogliono, di buon muro a calcina, traforate da spesse ferritoie,... Con tali serre verrebbe moderata la gran pendenza delle valli, ed in conseguenza frenata giù per esse la soverchia caduta delle acque, e fermata perciò la corrosione dentro il suolo delle medesime valli...*". Nel 1697, Guglielmini (in Pareto, 1866) proponeva la teoria sul meccanismo fluviale: "*Se il fondo del fiume sarà di materia così tenace e dura, che la forza dell'acqua tenti sì, ma non vaglia a corroderla, come se fosse composto di sasso o di muro, in tal caso quella declività che gli sarà stata data dalla natura o dall'arte, si manterrà sempre, se non quanto la continuazione del corso dell'acqua potrà qualche poco in lunghezza di tempo consumarlo*."

Nel XVIII secolo, si trovano importanti scritti in Francia e in Austria. Nel 1797, Fabre rilevava la necessità di rendere innocui i torrenti attraverso il rimboschimento e riconoscendo l'intimo collegamento fra le condizioni del bacino di raccolta e quelle del suo corso montano. Successivamente, l'ingegnere tirolese Duile sosteneva che il mezzo principale per combattere i torrenti fosse l'esecuzione di misure forestali: "*In tutti i luoghi dove sono stati tagliati i boschi, si deve ripiantare il bosco. Bisogna guardarsi dal disboscare i fianchi dei monti che declinano verso valli percorse da torrenti o se non altro bisogna eseguire i tagli con la massima precauzione*." (in Wang, 1903).

Surell, nei suoi "Studi sui torrenti" pubblicato nel 1842, affermava: "*In fin de' conti, un sistema di difesa, qualunque esso sia, il quale non impedirà prima di tutto gli sterri nella montagna, rimarrà sempre incompleto, e ciò per una ragione semplice e senza replica; egli è che i detriti, una volta che sono in movimento, devono necessariamente deporsi in qualche sito, a meno che non si suppongano solubili nell'acqua o capaci di svaporarsi. Il campo della difesa deve dunque essere portato nel bacino di ricevimento…*" (in Pareto, 1866). Proponeva, inoltre, il ruolo fondamentale giocato dal rimboschimento del suolo "*...che arresta o modera lo scavamento delle acque, sia ritenendo le terre coll'intrecciarsi delle radici degli alberi, sia dividendo e moderando il corso dei fili d'acqua, e prevenendo la loro riunione*." (in Pareto, 1866). Tale ruolo è invece criticato dal "… Sig. Rozet … *Ingannasi a partito chi attribuisce al rimboschimento un gran potere sulle inondazioni … Rimboscate se lo potete, a ciò non m'oppongo, ne risulterà sempre un gran bene … Di più, non giungerassi mai a rimboschire le nude roccie e le falde marnose delle montagne; sulle prime né piante, né seminagioni troverebbero modo di vivere; sulle seconde sarebbero presto portate dall'infiltrazione delle acque che facilmente le distrugge*." (in Pareto, 1866). Surell ha comunque contribuito allo sviluppo della teoria della correzione dei torrenti, preparando il terreno per altri autori tra i quali ricordiamo: Scipion Gras, Costa de Bastelica e De Montzey, il quale può essere ritenuto il fondatore delle Sistemazioni Idraulico-Forestali dei bacini montani. De Montzey nel 1878 pubblicava un trattato nel quale proponeva, come metodo di correzione, la diminuzione della pendenza e l'allargamento del fondo del letto per mezzo di un sistema di traverse e la costruzione di graticci vivi a gradinate, ed infine il prosciugamento dei fianchi paludosi sui monti. Successivamente, studiosi di vari paesi, francesi, italiani, svizzeri, austriaci, tedeschi e spagnoli hanno contribuito ad ampliare le sue teorie.

L'attività sistematoria codificata nasce dunque nei paesi alpini intorno alla metà del XIX secolo, sviluppandosi intensamente nei decenni successivi. Ad eccezione di interventi in epoche più antiche, è a partire dalla fine '800 e inizi '900, che anche in Italia prende avvio una significativa attività di sistemazione dei bacini montani prevalentemente volta alla conservazione e estensione del bosco a cui si attribuivano effetti determinanti per la conservazione del suolo e la regimazione delle acque (Grazi, 1985). In Toscana, nel 1869 nacque l'Istituto Forestale di Vallombrosa che ha rivestito un ruolo determinante per lo sviluppo e la diffusione delle discipline forestali ed ingegneristiche che nel tempo si fusero per dare vita ad uno specifico corso di Sistemazioni Idraulico-Forestali tenuto dal prof. De Horatiis, il quale ha introdotto il termine "Idronomia Montana" (De Horatiis, 1930) per trattare con rigore scientifico gli aspetti teorici della sistemazione dei bacini montani.

Da allora ad oggi, la disciplina Sistemazioni Idraulico-Forestali (denominata anche *Idronomia Montana o Correzione dei torrenti*) è passata attraverso un'evoluzione che ne ha riguardato le finalità e la tecnica. Tale sviluppo ne ha arricchito i contenuti adeguandola alle varie esigenze del territorio e ai cambiamenti della società (Puglisi, 2003).

Sono state proprio le esperienze condotte, nell'ambito della bonifica montana, dalle amministrazioni forestali dell'area alpina di lingua tedesca, a partire dall'inizio di questo secolo, a consolidare l'uso delle tecniche di Ingegneria Naturalistica. Infatti, già nel

corso del XIX secolo, alcuni metodi di Ingegneria Naturalistica vengono descritti in documenti e manuali tecnici.

Il termine Sistemazioni Idraulico-Forestali compare per prima volta nella legislazione italiana nel Regolamento 26 marzo 1905 di applicazione della legge 31 marzo 1904 n. 140 e, successivamente, sia nella legge n. 774 del 1911 sia nel R.D. 21 marzo 1912 n. 442 (*Testo unico per la sistemazione idraulico-forestale dei bacini montani*).

Già nel D.M. 20 agosto 1912 (*Approvazione delle norme per la preparazione dei progetti di sistemazione idraulico-forestale nei bacini montani*), si introducono raccomandazioni alla base dell'Ingegneria Naturalistica, prevedendo l'utilizzo nelle opere di piante e di materiali naturali reperiti localmente:

- Intervenire con "*… economia, modestia e semplicità e … evitare dispendiosi lavori di muratura*".
- "*… impiegare i materiali rustici del sito, pietre, legnami, chiedendo alla forza di vegetazione i materiali viventi per il consolidamento dei terreni, ricorrendo anche a opere miste di legname e sasso. Nelle frane, sono da evitare le costruzioni murali, adottando invece piccole palizzate, graticciate o fascinate basse, inerbamenti e semine o piantagioni di alberi di pronto accrescimento*".

Da notare anche che le raccomandazioni normative di un secolo fa relative all'uso di opere "rustiche", ma non sempre estensive ("opere d'arte", anziché rimboschimenti), erano anche legate alle esigenze di contenimento dei costi e di mantenimento delle attività agricole e pastorali in montagne (Agnoletti, 2002; Puglisi, 2003).

Oggi, invece, la manualistica tecnica disponibile e le sollecitazioni normative propongono l'uso di interventi di Ingegneria Naturalistica, ritenendoli sempre preferibili almeno da un punto di vista socio-ambientale nel caso in cui le esigenze di sicurezza e le reali possibilità ne permettano l'uso.

Attualmente il termine Ingegneria Naturalistica è divenuto di uso comune tanto che si trova in atti normativi sia a livello nazionale che regionale. Il D.P.R. 21-12-1999 (Pubblicato nella Gazz. Uff. 28 aprile 2000, n. 98, S.O.), all'art. 15 così recita: "... *Il documento preliminare, con approfondimenti tecnici e amministrativi graduati in rapporto all'entità, alla tipologia e categoria dell'intervento da realizzare, riporta fra l'altro l'indicazione: a) della situazione iniziale e della possibilità di far ricorso alle tecniche di ingegneria naturalistica; ...*".

A livello regionale, ad esempio in Toscana, sono state approvate, da parte della Giunta Regionale, delle "Direttive sui criteri progettuali per l'attuazione degli interventi in materia di difesa idrogeologica" (D.C.R. n. 155 del 20 maggio 1997) nelle quali "... *si raccomanda quindi, ogni qualvolta risulti possibile compatibilmente con le esigenze di sicurezza, l'utilizzo di tecniche di Ingegneria Naturalistica*" e dall'apertura nel 1995 di cantieri finalizzati alla realizzazione di opere di Ingegneria Naturalistica, sia a scopo sperimentale sia operativo (Regione Toscana, 2000).

Ci si limita a ricordare, infine, come la legge 183/89 sulla *difesa del suolo* (iniziata a concepire dopo l'alluvione del 1966) ed il decreto legge 180/98 (emanato successivamente agli eventi disastrosi verificatisi nel comprensorio di Sarno (SA) e poi convertito con modificazioni in legge), recepiscono l'importanza di considerare il bacino idrografico come l'unità su cui programmare in maniera unitaria gli interventi di difesa del suolo. Il concetto di integralità del bacino è comunque già presente nel R.D.L. 3267/23 (testo unico in materia di boschi e terreni montani, tutt'ora vigente), nel titolo che disciplina le Sistemazioni Idraulico-Forestali dei bacini montani.

7.3.3 Opere di ieri e di oggi

Analizzando lo sviluppo storico delle Sistemazioni Idraulico-Forestali (come sopra e, ad es., in Puglisi, 2003), si può meglio comprendere come l'applicazione dell'Ingegneria Naturalistica costituisca spesso una riscoperta ed una reinterpretazione in chiave attuale di metodi tradizionali.

Recenti analisi comparate fra Sistemazioni Idraulico-Forestali ed interventi di Ingegneria Naturalistica si sono basate sul reperimento e la successiva consultazione di testi classici di Sistemazioni Idraulico-Forestali, a partire dal 1800, per individuare gli interventi assimilabili a quelli reperibili in testi attuali di Ingegneria Naturalistica (Bresci e Preti, 2001 a, b, c).

Risulta che alcune delle attuali tecniche classificate fra quelle di "Ingegneria Naturalistica" sono certamente mutuate (magari "attualizzate" sulla base delle conoscenze attuali e dei materiali oggi disponibili) da quelle classiche delle Sistemazioni Idraulico-Forestali, che vantano una lunga tradizione in Italia.

È dunque possibile sostenere che l'Ingegneria Naturalistica, a volte ritenuta una disciplina di recente introduzione, rappresenta oggi semmai il recupero e l'affinamento di concetti e tecniche costruttive in uso fin da tempi remoti in particolari realtà ambientali, dove gli unici materiali da costruzione, disponibili e praticamente utilizzabili, erano legname, pietrame e piante del luogo.

Si è proposto quindi di distinguere fra interventi:

- tradizionali: tipologie e tecniche tipiche esistenti già nel passato utilizzando materiali reperibili in loco, anche vivi;
- convenzionali: opere di ingegneria civile realizzate con materiali inerti e/o non reperibili in loco;

- convenzionali a ridotto impatto ambientale: per es. i gabbioni rinverditi;
- di Ingegneria Naturalistica: con utilizzo di materiali reperibili in loco e piante vive come materiale da costruzione.

Si presentano alcuni risultati derivati da un'attività di ricerca in corso (Bresci e Preti, 2001 a, b, c) basata sul confronto tra le descrizioni, reperite in letteratura, di interventi comunemente proposti in passato e oggi ancora utilizzabili per le sistemazioni su versante e in alveo. L'indagine ha richiesto la consultazione di testi pubblicati a partire dalla fine dell'800 e la selezione di tipologie di intervento di cui si trovasse descrizione anche negli attuali manuali di Ingegneria Naturalistica. Sono stati selezionati, quindi, alcuni interventi "Idraulico-Forestali", noti già nei secoli scorsi, e che oggi sono riutilizzati e classificati come opere di "Ingegneria Naturalistica", cercando di seguirne l'evoluzione temporale come emerge dalla descrizione che si è trovata sui testi presi in esame e di caratterizzarne le origini e le trasformazioni subite nel corso degli anni. I testi considerati, pubblicati a partire dalla fine dell'800 e reperiti in versione originale presso le Facoltà di Agraria e Ingegneria dell'Università di Firenze, sono riportati in Tabella 7.3.2 insieme ai relativi anni di pubblicazione.

Tab. 7.3.2 - Testi su Sistemazioni Idraulico-Forestali e Ingegneria Naturalistica

Anno	Autore
1826	Duile*
1850	Pareto
1880	De Montzey* °
1895	Tornani et al.
1903	Wang
1905	Piccioli
1912	Valentini
1913	Calabresi & Ciota
1915	Viappiani
1918	De Preux
1930	De Horatis
1936	Hofmann
1936	Merendi
1939	Di Tella & Bay
1957	Romiti & Romiti
1976	Fao
1990	Benini
1991	Schiechtl
1996	Gray & Sotir
2001	Regione Toscana

** in Schiechtl, 1991;*
° in Di Tella & Bay, 1939

Per quelle opere che hanno ereditato la metodologia di esecuzione dalla tradizione ultracentenaria delle Sistemazioni Idraulico-Forestali, si è cercato di confrontare ed evidenziare le differenze e le similitudini dei criteri di dimensionamento con la descrizione delle stesse opere riportate nel testo dello Schiechtl, 1991, preso a riferimento per le opere oggi classificate come tecniche di Ingegneria Naturalistica: come si vedrà, analizzando in dettaglio le disposizioni tecniche che venivano proposte in passato e qui presentate in sequenza cronologica, i raffronti che si possono fare, in modo quantitativo, non sono numerosi.

7.3.4 Interventi esaminati

Interventi su versante e per la stabilità di sponda o di pendii in frana per scavo al piede.

L'analisi dei testi reperiti ha, innanzi tutto, permesso di selezionare alcune tipologie di intervento e di raccogliere le citazioni dei diversi Autori riguardanti le descrizioni sulle modalità di esecuzione e, dove possibile, i riferimenti ai dimensionamenti delle opere. La Tabella 7.3.3 riporta in ordine cronologico la presenza o l'assenza di descrizione nei testi consultati per ciascun intervento preso in esame.

Tab. 7.3.3 - Interventi trattati nei testi

Autore e anno		Intervento									
		Viminata ograticciata	Fascinata su pendio	Cordonata o cespugliamento	Consolidamento con ramaglia	Semina diretta	Semina protetta	Impiotamento	Rivestimento vegetale	Pennelli	Briglie in legname e pietrame
Duile*	1826	x					x				
Pareto	1850	x									
De Montzey *°	1880										
Tornanti et al.	1895	x				x		x			
Wang	1903	x	x	x	x	x	x	x		x	
Piccioli	1905	x	x	x							
Valentini	1912	x	x								
Viappiani	1915							x		x	x
De Horatiis	1930										x
Hofmann	1936	x	x	x	x	x	x	x		x	x
Merendi	1936	x									
Di Tella & Bay	1939	x		x			x				x
FAO	1976							x			
Benini	1990	x	x	x			x	x		x	
Schiechtl	1991	x	x	x	x	x	x				x
Regione Toscana	2001	x	x	x	x		x	x			x

** in Schiechtl, 1991; ° in Di Tella & Bay, 1939*

Riferimenti alla viminata o graticciata sono stati trovati in quasi tutti i testi considerati, mentre per il consolidamento con ramaglia si trovano soltanto quattro citazioni a testimoniare che forse tale tipologia di intervento era meno diffusa nel passato. A partire dai primi del '900 si trovano testi (Hofmann, 1936; Wang, 1903) in cui sono raccolte descrizioni delle tipologie affrontate così come nei testi più recenti (Regione Toscana, 2001; Schiechtl, 1991). Pare opportuno osservare che nessuno degli Autori fornisce indicazioni di dimensionamento basate sulla riduzione di pendenza del versante, della lunghezza libera del versante e sulle sollecitazioni (spinta delle terre, drenata o no, ecc.) come auspicato e proposto, ad esempio, nel manuale della Regione Toscana (Regione Toscana, 2001).

Per quanto riguarda i riferimenti alla scelta delle specie vegetali da utilizzare, in testi meno recenti si trovano indicazioni di specie adatte a particolari contesti morfo-pedo-climatici (es. tamerici), non esaltando l'importanza di ricorrere a specie autoctone (es. robinia), come invece è fortemente auspicato dall'Ingegneria Naturalistica.

Per quanto riguarda le fascinate, si può affermare che, probabilmente, la tendenza attuale di preferirle alle viminate, nonostante la maggior quantità di materiali vegetali utilizzati, è dovuta, oltre che alla loro capacità di conservare l'umidità e trattenere le particelle di terreno minute rendendole vantaggiose per i terreni drenati e fini, anche per il minor dispendio di mano d'opera (più costosa di un tempo) richiesto per la loro realizzazione.

L'importanza del ruolo della vegetazione nella sistemazione e consolidamento delle frane è esaltata, fin dai primi del '900, per la prerogativa di incrementare l'efficienza degli interventi con il passare del tempo grazie allo sviluppo degli apparati radicali.

Ciò significa che l'utilizzazione di viminate deve essere sempre affiancata dalla semina di altre specie, data la durata limitata di tali opere. Anche la semina e l'impiotamento trovano citazione in testi a partire dall'800, in particolare, per la loro capacità di offrire una protezione del terreno e quindi favorire il controllo dell'erosione superficiale.

Per le due tipologie di intervento viminata (o graticciata) e cordonata si raccolgono in rispettive tabelle le dimensioni così come ottenute dalla consultazione dei testi.

Per le altre tipologie, le indicazioni numeriche erano piuttosto scarse e quindi difficile il loro confronto.

Nel seguito si tratteranno anche gli interventi per la stabilità di sponda o di pendii in frana per scavo al piede (quali rivestimento vegetale di sponda, pennelli, briglie in legname e pietrame): anche se trattasi di opere da realizzarsi in alveo, sono strettamente collegate alle precedenti e vice-versa (come si noterà nella descrizione delle viminate da parte di Valentini, 1912).

7.3.4.1 Viminata

In accordo con Benini, 1990 e Puglisi, 2000 e per permettere il confronto fra le opere, si intenderanno per viminate le opere in cui la ramaglia è intrecciata ai paletti di fissaggio, considerandole sinonimo sia di "graticciate" (senza la distinzione di Schiechtl, 1991 che ne prevede la disposizione a camera), sia di "graticci" (non si trattano, in questa sede, i graticci secondo la denominazione classica di Di Tella & Bay, 1939, in cui sono descritti come brigliette di legname costituite da segmenti di palizzate rinforzate da un rinterro a monte).

Sicuramente la viminata era già nota nell'antichità, come è dimostrato da Puglisi (2000), il quale riporta stampe risalenti al XV secolo in cui sono raffigurate. Una prima descrizione tecnica è stata proposta da Duile nel 1826 (in Schiechtl, 1991) come nuovo metodo per sistemare le lave torrentizie e utilizzato dall'ingegnere distrettuale dell'Oberinntal, Von Besser, per la sistemazione della Kleine Lawine presso Finstermünz: la realizzazione delle viminate prevedeva la loro costruzione "*trasversalmente lungo il lato della montagna franata o ferita … a gradoni, dal basso verso l'alto; da allora, nonostante i violenti acquazzoni caduti, la strada non è stata più danneggiata*." Tale sistemazione è stata considerata in passato come "l'arma prodigio" e utilizzata ampiamente per circa un secolo, soprattutto con la messa in opera di ramaglia morta piuttosto che viva (in Schiechtl, 1991).

Successivamente, Pareto nel 1866 scriveva: "*Quando i burroni sono formati, bisogna pure ricorrere agli stessi fossi con dolce pendenza, ma sarebbero essi insufficienti se non vi si aggiungessero traverse o serre ben intese, collocate nel burrone. Tali serre possonsi benissimo fare con palicciuoli conficcati in terra e riuniti con ramoscelli pieghevoli intrecciati a guisa di cesta, formando così una parete verticale(). Riempiesi quindi il di dietro, verso l'a monte, di terra battuta e zolle erbose, in modo che si ottenga una dolce pendenza di 3 a 4 di base, per 1 di altezza; e vi si pratica sopra un selciato.(1) P. Antonio Lecchi le chiama viminate, sebben fatte con ogni sorta di rami pieghevoli, di salice, di quercia, ecc. piuttosto che con vimini*."

Tornani et al., 1895, mostravano le viminate (Fig. 7.3.1), descrivendo quelle realizzate in Carinzia per rivestire le falde franose laterali ai torrenti e fornendo accurate indicazioni costruttive: "*Regolarizzata la scarpa della falda nuda del monte, che ha talora fino al 70% di inclinazione, si formano prima piccole banchine orizzontali di m. 0,50 di larghezza e poi si piantano su queste i paletti verdi di salice lunghi da 1 a 2 m., distanti m. 0,35 l'uno dall'altro e per modo che sporgano di m. 0,20 a 0,25. Fra queste parti fuori terra s'intreccia della ramaglia, possibilmente di salice, atta a vegetare e la si rincalza a monte con detriti grossi in aderenza all'intreccio e con materia minuta in seguito. Queste viminate si sviluppano secondo curve orizzon-*

tali alla distanza media di m. 3 l'una dall'altra e si lasciano vegetare per un anno tanto da ottenere colle foglie cadute e colla roccia sempre più disgregata una specie di humus che possa fornire alimento alle future piante da bosco. L'anno seguente in primavera si procede al piantamento del bosco, che si forma con piccole verghe di salice (salix alba), che si piantano a 0,20 le une dalle altre presso le viminate e nell'intervallo loro per modo da avere le linee dei salici a m. 1,50 l'una dall'altra. Tra queste si piantano file di ontani (alnus incana) e gli spazi fra le diverse piante vengono seminati con graminacee o piantali con ginestre (spartium junceum)."

Wang (1903) trattava l'uso di tali interventi (Fig.

Fig. 7.3.1 Viminata (da Tornani et al., 1895)

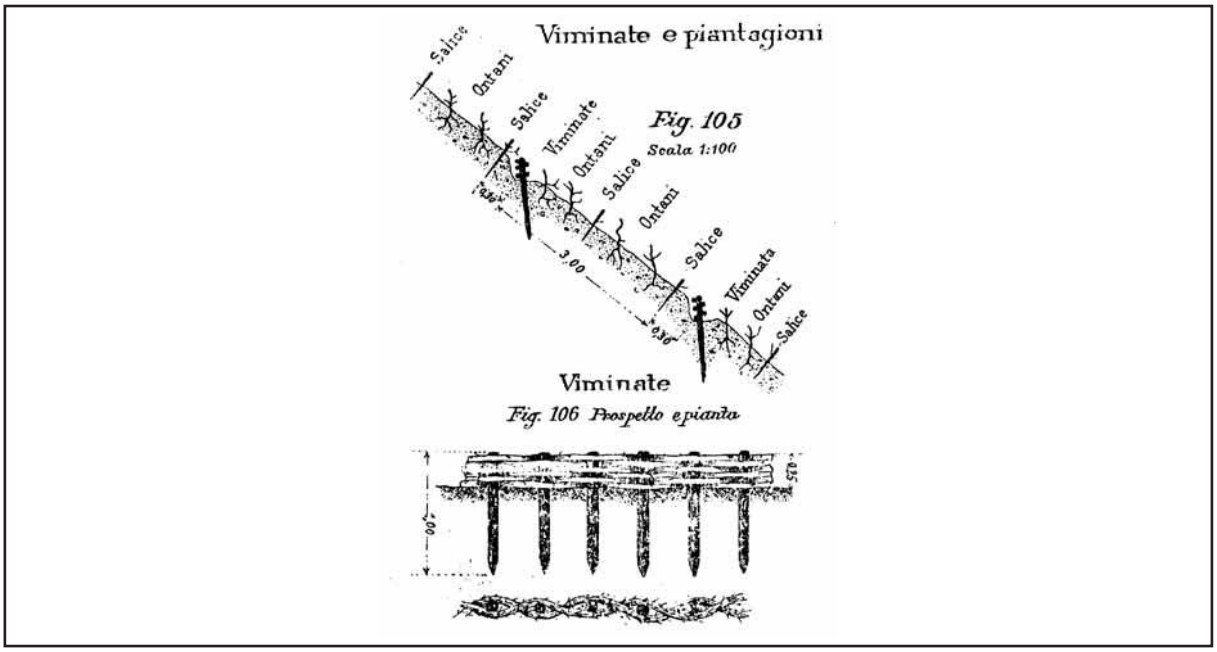
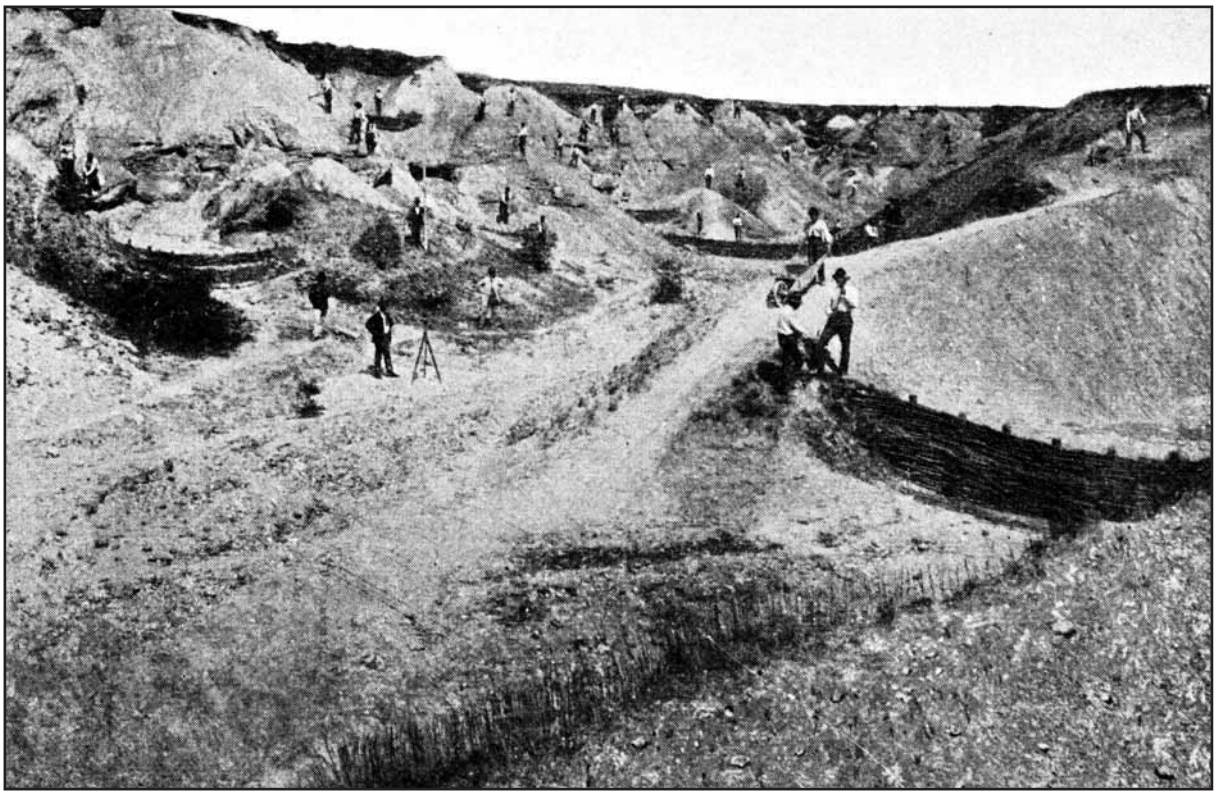


Fig .7.3.2 Uso delle viminate (da Wang, 1903)



7.3.2) e, secondo la traduzione manoscritta di Enrico Hagemann, conservata nella Biblioteca dell'Istituto di Idronomia Montana dell'Università di Firenze, classificava i graticci come opere di consolidamento superficiale del terreno *"composte di picchetti infissi nel terreno e intrecciati con rami di latifoglie, in caso di necessità anche di conifere. La profondità fino alla quale s'infiggono i picchetti grossi da 8 a 10 cm, come pure la distanza fra due picchetti va regolata secondo la forza di resistenza richiesta. La profondità può variare fra 0,6 a 1 m, la distanza fra 0,5 a 1 m. L'altezza del graticcio non dovrebbe superare 1 o 2 dm, perché c'è da temere che il danneggiamento da parte delle pietre che rotolano giù, e il pericolo del soggrottamento nel caso di un deflusso abbondante di acque meteoriche."* La loro funzione consiste nel trattenimento di detriti e terra che altrimenti tenderebbero a scoscendere: *"Siccome il materiale che si adopera per i graticci si compone ordinariamente di rami capaci di vegetare, si può in molti casi ottenere che i rami si abbarbicano nel terreno."* Si riporta anche che *"dato il loro alto costo, suggerisce di evitare la loro realizzazione, quando non si tratti di aumentare considerevolmente il reddito (sic), o quando non sia richiesta da particolari esigenze tecniche. La distanza fra i graticci dipende dall'inclinazione del pendio e dall'altezza dei graticci. Essa varia fra 1 e 2 m."*.

Piccioli (1905) consigliava l'uso di graticci come opera di consolidamento precedente al rimboschimento, come già proposto dal Tornani. Così recitava: *"Stabilita la zona di rimboschimento rimane a fissare il modo con cui effettuarlo per rendere più sicura la riuscita. Intorno a questo non v'ha che osservare le cure e le industrie che usa la natura per vestire i monti. Il primo lavoro che essa fa è quello di arrestare il terreno ripido e fuggente formando alla superficie una specie di graticcio o reticolato vegetante, che impedisca alle piogge ed alle nevi di corroderlo e di travolgerlo nelle parti più basse. Per formare questo reticolato esso adopera dapprima le piante più esili, quelle striscianti e copiose di radici che vivono nei terreni già spolpati ed ingrati che non hanno bisogno di coltura, né di alcuna attenzione; a queste seguono gli arbusti, poscia i faggi e le conifere, che a poco a poco aduggiano le altre piante e prendono il predominio. Spesse volte il lasciar operare da sé la natura, l'astenersi dai danni basterebbe a rimettere le selve nei luoghi più ripidi; ma si ristabiliranno più prontamente quando verrà in suo aiuto l'arte."*

Già dalla fine dell'800, appare quindi evidente che la viminata è considerata come un intervento da eseguire preliminarmente alla semina di specie vegetali che garantiscono una maggiore efficacia sia a livello di protezione superficiale che di consolidamento.

Valentini (1912) suggeriva, per la realizzazione di piccole briglie, l'uso delle viminate e delle fascinate, esaltando il loro vantaggio rappresentato dall'essere più economiche delle strutture in pietrame e muratura e di poter utilizzare gli spazi che non occorrono al deflusso delle acque regolarizzate coprendoli con vegetazione: *"Le viminate in taluni paesi si chiamano anche palizzate, o graticci o stecconate. Tanto le viminate quanto le fascinate possono essere di due classi: a) Viminate. Le viminate si dicono di 1° classe quando raggiungono e sorpassano l'altezza di m. 1.50. Esse però raramente superano i m. 2.00. Si dicono poi viminate di 2° classe quando sono di altezza inferiore ai m. 1.50, avvertendo che in generale queste si fanno alte solamente da m. 0.50 a m. 0.60. Le viminate sono costituite da piantoncini conficcati verticalmente nel terreno su una linea perpendicolare al torrente, tra i quali si intrecciano vimini di salice fresco. Per le viminate di 1° classe i piantoncini sono di due ordini, cioè più grossi, per lo più di larice o di altra essenza forte destinata a formare l'ossatura e lontani l'uno dall'altro circa 1 metro; gli altri più sottili per lo più di salice fresco disposti alla distanza di 22 cm. e destinati a germogliare. … per il legname destinato alla vegetazione, quando non si ha a disposizione il salice si può ricorrere al nocciuolo, all'abete e all'ontano; il pino e il larice sono meno indicati per questo scopo, perché troppo fragili. … Le viminate di 2° classe … si costruiscono coi soli picchetti di salice, disposti alla distanza di circa 30-35 centimetri l'uno dall'altro e …."* Valentini vedeva nelle viminate un *"sistema assai ingegnoso, perché, … impiega per rinsaldire la montagna le forze stesse che tendono a rovinarla e distruggerla. E quantunque esso richieda una sorveglianza e una manutenzione continua ed anche esiga l'uso di un abbondante quantità di legname, ha il grande vantaggio di essere di esito sicuro ogni qualvolta si abbia la cura di seguire con diligente attenzione tutte le fasi dell'operazione fino al suo termine, …"*.

Successivamente, Calabresi & Ciota (1913) proponevano l'uso di graticciate o palizzate viventi, per la correzione di piccoli valloni in montagna, opere che, considerando sia il loro costo sia la facilità di costruzione, avevano fornito ottimi risultati pratici: *"La graticciata ha nel piccolo vallone la stessa funzione che la briglia in muratura può avere nel torrente, tendendo a diminuire la pendenza dell'alveo, aumentando in pari tempo l'altezza o in altri termini alzandone il profilo longitudinale in modo che la forza erosiva delle acque, viene ad essere diminuita. È da notare anche che le graticciate viventi possono non solo servire alla correzione dei valloni, ma esse si possono utilmente applicare come base ai lavori di risaldamento di pendici franose ... La costruzione delle graticciate è semplicissima: esse sono costituite da pali di quercia o di castagno di 8 a 10 cm di diametro che si piantano allineati in senso normale all'andamento della corrente attraverso il letto del corso d'acqua: questi pali si infiggo-*

*no nel terreno per circa 75 cm e si lasciano sporgere per altrettanti. Attorno a tali sostegni si intrecciano dei polloni lunghi, flessibili di castagno, ontano, o meglio ancora di pioppo o salice e, per terreni argillosi, anche di tamarici. Questi polloni venendo, come si dirà poi, ricoperti di terra, emetteranno radici trasformando il manufatto in un massa vivente. A monte della graticciata si ammassa la terra proveniente dagli scoronamenti delle ripide sponde, alle quali si viene in tal modo a dare una più razionale scarpata. Per meglio assicurarsi la riuscita delle graticciate si infiggono sul piano di questi manufatti delle piccole talee di salice, o di pioppo, od altre di facile attecchimento e contemporaneamente, con opportune piantate di essenze a rapido sviluppo, come la robinia, si provvede al rinsalda*mento delle scarpate delle sponde."

Si osservi in questa citazione, l'applicazione alla "correzione" di impluvi minori e il ricorso a specie adatte agli ambienti mediterranei quali le tamerici.

Viappiani (1915) trattava le viminate, disposte a rombi, come metodo di difesa per le sponde che, oltre a fornire una protezione contro l'erosione superficiale, servivano *"… anche a rinsaldare colle loro radici il terreno ed a promuovere la deposizione delle torbide lungo le sponde offese, senza provocare la riflessione della corrente contro la riva opposta."* Nonostante che non si tratti propriamente di una sistemazione di versante, riportiamo comunque i parametri per il loro dimensionamento: *" … si costruiscono con paletti da 4 a 10 cm. di diametro e da 0.60 a m. 2 di lunghezza. I paletti si conficcano per 6/10 nel suolo … Per i vimini si adoperano ramoscelli di alberi resinosi, salici o vetriche, i quali mettendo radici e fronde rendono molto resistenti le scarpate."*

Hofmann, 1936 consigliava l'uso delle graticciate vive per la sistemazione di frane *"… terrose, umide ancora facilmente smottabili alla superficie. Consistono in paletti di 0,80-1,20 m di lunghezza e di 7-9 cm di grossezza, distanti circa 0,8-1,30 m l'uno dall'altro, battuti a metà nel terreno e collegati ed intrecciati con due o più ramate di salice, che a contatto col terreno umido crescono rapidamente. Anche i pali possono essere di salice o pioppo e capaci di rinverdire. Di solito si prenderanno però paletti di specie legnose resistenti all'umido, di castagno, ontano, maggiociondolo, ecc. I pali verranno battuti con lieve inclinazione a valle. Meglio di semplici linee, saranno incroci di graticciate. Per conseguire un rapido energico inverdimento, sarà opportuno di tenere la graticciata possibilmente bassa."*

Merendi, 1936 definiva i graticci come: *"… un intreccio di polloni di specie legnose adatte aventi fuori terra un'altezza di cm. 40 al massimo, sostenuto e solidamente fissato al terreno a mezzo di robusti paletti. … Per costruire un graticcio lungo una linea* orizzontale precedentemente stabilita, occorre innanzitutto procedere alla formazione di un piccolo ripiano della larghezza di m. 0,40 circa il quale deve costituire un saldo punto d'appoggio per l'intera opera. Dopo che siasi a ciò provveduto, si infiggono stabilmente nel terreno, ad una distanza di m. 0,60-0,80 l'uno dall'altro, dei robusti paletti di castagno, di robinia, di quercia, di maggiociondolo, di larice, ecc. preventivamen*te scortecciati aventi un diametro medio di cm. 6-8 ed una lunghezza di cm. 70-80."* Sulla base di esperienze del passato, proponeva la necessità di integrare la loro costruzione con il successivo impianto di piantagioni o inerbimenti da realizzarsi nelle parti di terreno interposte fra un graticcio e l'altro. Forniva, inoltre, notizie dettagliate sulle particolarità costruttive dei graticci, quali la necessità che il loro decorso fosse orizzontale per controllare le acque di erosione superficiale, di arrestare il graticcio in corrispondenza delle linee di displuvio e di riprenderlo quando la convessità fosse superata. Una volta che lo "scheletro" fosse ultimato, suggeriva di procedere con *"… il collocamento fra un paletto e l'altro del materiale da intreccio a disposizione. Servono ottimamente allo scopo polloni di castagno, di pioppo, di salice, ecc. della maggiore lunghezza possibile e di diametro non inferiore ai cm. 2 né superiore ai cm. 4. Nella formazione del graticcio gli operai dovranno fare attenzione acché l'intreccio risulti ben serrato e uniforme."*

Da notare in questo testo, il riferimento alle dimensioni del materiale da utilizzare per l'intreccio ed il ricorso, per i paletti di infissione, alla robinia, specie particolarmente resistente ma non autoctona.

Di Tella & Bay (1939) citavano le graticciate tra i provvedimenti costruttivi, che in genere precedevano quelli colturali ed erano formate da paletti di 8*10 cm, infissi nel terreno a distanza di 0,5*1 m l'uno dall'altro, intrecciati con vimini, salici, eventualmente ramaglia di conifere. Fornivano, inoltre, un'attenta descrizione della modalità di infissione, affermando: *"Lungo le falde ripide i paletti non vanno infissi né verticalmente né normalmente alla falda, ma sommariamente secondo una direzione intermedia; se infissi normalmente si presenta il pericolo, in terreni sciolti, che essi vengano risospinti verso l'alto; se verticali, tendono facilmente ad essere scalzati verso valle in caso di forti precipitazioni; un'infissione verticale può essere accettata soltanto lungo pendii dolci o terrazzati. L'infissione loro deve essere tanto più profonda, quanto più sciolto è il terreno e più ripida la falda, in genere da 3/4 a 2/3 della parte emergente; l altezza delle viminate è limitata da 10 a 20 cm per evitare danni che possono derivare dal rotolamento di massi o da scalzamenti conseguenti a forti precipitazioni …La distanza fra le file successive dipende dall'inclinazione della falda e dalla natura del terreno, e deve essere tanto minore (fino 1-2 m) quanto più il terreno è mobile e quanto più la falda è ripida."*

I Romiti (1957) esaltavano l'uso delle graticciate viventi per il consolidamento delle frane: *"L'opera di sistemazione e consolidamento delle frane, conta però principalmente sulle difese viventi che, al contrario delle altre, hanno la preziosa caratteristica di incrementare la loro efficienza col passare del tempo. Tali opere consistono nella creazione di una coltre vegetale, prima erbacea, poi arbustiva e talvolta anche arborea, sul terreno provvisoriamente fermato con i muretti di cui abbiamo dianzi parlato, e con le graticciate viventi. Queste ultime consistono in un intreccio di polloni di appropriate specie legnose, sostenute da paletti infissi stabilmente nel terreno. I polloni possono essere di pioppo, di salice, di castagno, ed anche di altre essenze, ed hanno di solito un paio di centimetri di diametro. I paletti, generalmente, di castagno, robinia, citiso, larice, hanno un diametro medio di cm. 8 ed una lunghezza di m. 1 circa. L'altezza epigea dell'intreccio non dovrà superare i cm. 30. … La funzione delle graticciate è temporanea e, nel breve volgere di qualche anno, deve venire integrata dall'inerbimento negli interspazi e dalle piantagioni che, insieme, costituiranno un manto verde che assicurerà in modo permanente la stabilità del terreno."*

Alcuni decenni più tardi, la FAO (1976) in un testo dedicato alla conservazione dei suoli, riporta esempi di applicazioni della viminata in contesti extra-europei con dimensionamenti analoghi ai precedenti.

Più recentemente, indicazioni costruttive sono fornite dal Benini (1990) il quale consigliava l'uso di "graticciate o viminate vive" in zone terrose e umide: *"Constano di paletti di 0,80÷1,20 m di lunghezza e 5*8 cm di diametro, distanti 0,40*0,80 m l'uno dall'altro, infissi per metà nel terreno, in posizione intermedia fra la verticale e la normale al terreno stesso, collegati ed intrecciati con più ramate di salice che, a contatto col terreno, attecchiscono rapidamente. È necessario che il ramo più basso e le superfici di taglio dei rami superiori siano a contatto col terreno affinché possano radicare. Talvolta perciò si preferisce incassare tutte le ramate nel terreno, per avere garanzie di migliore attecchimento. In quest'ultimo modo non si attua subito il terrazzamento, ma la vegetazione fitta che si sviluppa lo realizza in un secondo tempo. Anche i paletti possono essere di salice, pioppo, robinia, ecc. capaci perciò di rinverdire, ma spesso sono di altro legname, che non rinverdisce, ma più resistente. Altezza delle viminate 10*25 cm. …* [Per quanto riguarda le graticciate o viminate secche (o morte)] *i paletti sono intrecciati con ramate di specie che non rinverdiscono."*

Schiechtl (1991) descriveva accuratamente la realizzazione della viminata: *"Vengono infissi nel terreno dei paletti di legno di diametro da 3 a 10 cm, della lunghezza di 100 cm, oppure corrispondenti aste di acciaio, ad intervalli di 100 cm. Fra questi paletti o aste vanno infissi, ad intervalli di circa 30 cm dei paletti o delle aste più corte o delle talee vive."* Viene proposto, per la prima volta, l'uso di aste di acciaio ed il suggerimento di aggiungere talee intermedie fra i paletti. Proponeva, inoltre, una variante alla costruzione delle viminate suggerendo che venissero "interrate" completamente, piuttosto che "aperte" perché fornivano risultati migliori, in quanto le verghe che giacciono al di sopra del terreno potrebbero disseccarsi, non assicurando quindi un effetto duraturo all'intervento. Per quanto riguarda l'azione di consolidamento, quelle interrate sono in grado di esercitare un effetto consolidante per gli strati superficiali di terreno, mentre l'effetto in profondità risulta, in entrambi i casi, spesso insufficiente.

In Tabella 7.3.4, si riportano i diametri dei paletti di infissione, la lunghezza dei pali, la sporgenza dal terreno, la profondità di infissione, la distanza tra i pali, e la

Tab. 7.3.4 Confronto tra le dimensioni delle viminate (Bresci & Preti, 2001 c)

Autore e anno		Distretto dei pali (cm)	Lunghezza dei pali (m)	Sporgenza (m)	Profondità di infissione (m)	Distanza tra i pali (m)	Distanza tra le file (m)	Numero di vimini e/o diametro (Ø) (cm)
Tornani et al.	1895		1 ÷ 2	0.20 ÷ 0.25		0.35	3	
Wang	1903	8 ÷ 10	0.7 ÷ 1.2	0.10 ÷ 0.20	0.6 ≤ 1	0.5 ÷ 1	1 ÷ 2	
Valentini	1912			1.5 ÷ 2.0 0.30 ÷ 0.35*		1 0.33*		
Calabresi & Ciota	1913	8 ÷ 10	1.5 ÷ 2		0.75			
Viappiani	1915	4 ÷ 10	0.6 ÷ 2	0.24 ÷ 0.8	0.36 ÷ 1.2	0.6 ÷ 1		
Hofmann	1936	7 ÷ 9	0.8 ÷ 1.2			0.8 ÷ 1.3		
Merendi	1936	6 ÷ 8	0.7 ÷ 0.8	0.4 max		0.6 ÷ 0.8		
Di Tella & Bay	1939	8 ÷ 10		0.1 ÷ 0.2	3/4 ÷ 2/3	0.5 ÷ 1	1 ÷ 2	2 ≤ Ø ≤ 4
Romiti et al.	1957	8	1	0.3				
Schiechtl	1991	3 ÷ 10	1			1 0.3*		3 ÷ 7
Regione Toscana	2001	3 ÷ 10	0.8 ÷ 1 0.8 ÷ 1	0.15 ÷ 0.30		1 ÷ 3 0.30*	1.2 ÷ 2	7 ÷ 8

*sono le dimensioni relative a talee o paletti intermedi

distanza tra le file e il numero di "vimini" da intrecciare così come ricavati dai testi consultati.

Dalla Tabella 7.3.4 si può osservare che non emergono forti differenze tra le dimensioni dei materiali usati in passato e quelle che si trovano nei testi attuali. Nei testi storici, invece, si trovano frequenti riferimenti alle modalità di realizzazione e abbondanti suggerimenti utili per una corretta posa in opera. In particolare, nei testi più recenti, si suggerisce la possibilità di interporre tra i paletti di infissione, picchetti di materiale inerte o talee aventi capacità vegetativa. Solo nello Schiechtl, 1991 e, successivamente, nel testo della Regione Toscana, 2001, si stabilisce il numero minimo di rami di salice lunghi e flessibili da intrecciare. In questo ultimo testo, sono riportati anche i campi di applicazione e i limiti di applicabilità.

Il dimensionamento delle viminate che esercitino un'azione efficace sul versante può essere ancora definito con criteri quantitativi (Preti & Barneschi, 2004). È auspicabile, a tale proposito, il finanziamento di progetti volti al monitoraggio delle numerose opere realizzate per raccogliere dati di campo utili per il confronto delle diverse esperienze.

7.3.4.2 Fascinata su pendio

Schiechtl (1991) sosteneva la disposizione di fascine su pendio fosse una tecnica molto antica: sembra che già i Romani la conoscessero nell'ambito delle costruzioni idrauliche.

Wang (1903) non consigliava l'uso di fascine al posto di graticci a causa della loro pesantezza. Inoltre, aggiungeva che il diametro non dovrebbe superare i 15÷20 cm, le fascinate si abbarbicano meno bene dei graticci e le fascine sono difficili da trasportarsi sui pendii ripidi.

Piccioli (1905) sosteneva che in luogo dei graticci si potevano adoperare anche le fascine disposte orizzontalmente per una lunghezza da 6 a 10 metri.

Valentini (1912) suggeriva l'uso delle fascinate per la realizzazione di "piccole briglie": *"Le fascinate sono assai consimili alle viminate o palizzate con la differenza che la loro struttura anziché di un graticcio di vimini, consta di parecchie fascine sovrapposte. D'ordinario queste fascine sono di salice verde, hanno la circonferenza di circa 1m, ovverosia il diametro di 0.m30÷0.m35. … Le fascine vengono inoltre assicurate con picchetti di legno duro impiantati alla opportuna distanza che varia secondo l'altezza e l'importanza delle fascinate da 1.m a 0.m30 come nelle viminate, e i detti picchetti possono venire impiantati tanto in mezzo alle fascine, quanto a valle, in modo che in quest'ultimo caso le fascine si appoggiano soltanto ai picchetti stessi."*

Si osservi in tale descrizione l'uso di più fascine sovrapposte al fine di ottenere una struttura di maggiore altezza.

Nel 1936, Hofmann e Kraebel (in Schiechtl, 1991) proponevano separatamente l'uso di fascine come tecnica di sistemazione stabilizzante: il primo per le sistemazioni montane, il secondo per il consolidamento dei versanti nelle costruzioni stradali in California. Hofmann (1936) evidenziava il vantaggio delle fascinate formate da fascine di 25÷50 cm di diametro, costituite da rami sottili di varie specie, preferibilmente salice, pioppo o altre di facile riproduzione per talea, fissate al terreno attraverso paletti. Il loro grande vantaggio era rappresentato dalla capacità di rinverdire e se ne sosteneva l'utilizzazione anche in terreni drenati, specialmente in collegamento con canaletti e piccole trincee, grazie alla loro capacità di conservare a lungo l'umidità.

La FAO (1976) indicava il diametro delle fascine in 20÷25 cm.

Benini (1990) citava l'uso di fascinate come procedimento per il consolidamento di frane superficiali o di terreni degradati, consigliando l'uso di rami di salice o pioppo o altra specie che facilmente rinverdisce e, inoltre, l'interramento della fascina per ottenere un migliore attecchimento. Suggeriva il loro uso al posto delle viminate per la possibilità di ottenere ripiani di maggiore altezza e, in accordo con Hofmann, per la loro capacità di mantenersi umide.

Schiechtl (1991) forniva dettagli costruttivi, in particolare sul fissaggio delle fascine attraverso l'uso di picchetti di legno, vivi o morti, o attraverso aste di acciaio infisse verticalmente fino al bordo superiore della fascina. Aggiungeva, anche, che in passato si era soliti posizionare i paletti a valle della fascina, mentre oggi si preferisce batterli attraverso le fascine per evitare il bloccaggio attraverso il filo di ferro e per rendere più veloci i lavori.

Attualmente si opta, al fine di ottenere la stabilizzazione di strati di terreno instabile, profondi da 10 a 20 cm, per la costruzione di fascine vive diagonali (adatte per condizioni umide se drenano o, vice-versa, per trattenere al loro interno l'umidità necessaria allo sviluppo delle piante) o di cordonate vive orizzontali (da usare in versanti xerici o meso-xerici), da preferire alle viminate tradizionali che avrebbero una minore durabilità (Florineth e Molon, 2005).

7.3.4.3 Cordonata (o cespugliamento)

Il primo riferimento alla cordonata trovato è nell'opera del De Montzey e Seckendorff nel 1880 secondo il metodo ideato dall'ispettore Couturier: *"Si scava prima una specie di sentiero orizzontale, la cosiddetta banquette. Quanto più ripidi sono i versanti, tanto più piccola sarà la larghezza della banchina. Per contro la distanza delle singole banchine dipende in primo luogo dalla natura del terreno, in particolar modo*

dalla sua tendenza allo scivolamento. … l'operaio addetto alla piantagione colloca la sua piantina sulla superficie della banchina in modo tale che essa sia perfettamente verticale. Il nodo delle radici di ogni pianta viene di conseguenza a giacere circa 10 cm verso l'interno. Un secondo operaio scava la seconda banchina … Invece di gettare la terra di riporto ottenuta nel burrone, la si lascia scivolare lentamente fino alla prima banchina. … Le specie più idonee per la piantagione di siepe viva sono le seguenti: l'acacia, l'olmo, l'acero, il nocciolo ed il biancospino. Vengono impiegate piantine di due anni, per lo più non trapiantate. Per conferire al terreno una maggiore consistenza si piantano, sotto la piantagione a cordonata, una serie di stanghe di salice più grosse. Il salcio rosso ed il salice da ripa, che non hanno esigenze troppo elevate in fatto di umidità del terreno rispetto alle citate specie legnose, forniscono un materiale molto prezioso ed ottimo per la piantagione delle cordonate. Essi trovano impiego come talee che si possono procacciare facilmente ed a buon prezzo ovunque. Le stesse vengono tagliate di una lunghezza che superi di 10 cm la larghezza della banchina e vengono poste ad una distanza di 2-3 cm una dall'altra, dimodochè si ottengono già dal primo anno delle cordonate veramente verdi di traverso ai pendii più nudi." (in Schiechtl, 1991). Sempre Couturier suggeriva una contro-pendenza dello scavo del 20-30% e la necessità che la parete dello scavo fosse verticale.

Wang (1903) sosteneva: *"È ovvio il risparmio che si ottiene con questo procedimento. Si risparmiano non soltanto molti lavori di terrazzamento, ma anche i graticci che dovrebbero sostenere le scarpe."*

Anche Piccioli (1905) consigliava tale sistema per l'apertura delle banchine per la messa a dimora delle piantine.

Hofmann (1936) sosteneva che il cespugliamento avesse il grande vantaggio di essere *"... meno esposto a danneggiamenti, aggrava molto meno il terreno di poca stabilità ed è attuabile in condizioni di terreno e di clima, dove l'alto fusto si svilupperebbe, se mai, stentato e rado. Già diverse opere estensionali per consolidare il terreno franoso, come la graticciata a vivo, le fascinate, la garnissage, le gettate con vimini, ecc. preludono al cespugliamento o lo promuovono in via diretta. Il numero delle specie che possono venir impiegate è grandissimo; la scelta dipende anzitutto dalla regione climatica ed altimetrica e dalla natura del terreno. L'indice più sicuro è la presenza delle specie nella zona di lavoro, sebbene non vi sia ragione di escludere specie non allignanti sul posto e nemmeno esotiche, che denotino particolari adattamenti alla stazione. Basta ricordare, per es., la robinia per vagliare la giustezza di questa tesi." Sosteneva ancora che: "… le cordonate hanno di per sé soli nessun effetto di consolidare la frana, hanno invece la massima importanza come mezzo ausiliario nell'esecuzione dei rimboschimenti delle frane. … La distanza delle cordonate dovrà essere minore in frane ripide, dove la piantagione sarà soltanto possibile in esse stesse. … In pendenze non troppo accentuate il piano orizzontale, che potrà anzi essere un poco contro-inclinato, raggiungerà la larghezza di un metro e più; esso segnerà la fascia di più sicuro attecchimento delle piante."*

Nel testo di Di Tella & Bay (1939) è riportata una foto di una *"sistemazione di falda in isfacelo con viminate e cespugliamenti. Torrente Valanidi, Vallone Galica, con la frana omonima consolidata."*

In tempi più moderni, Praxl (in Schiechtl, 1991), in caso di pericolo di franamento, suggeriva di irrigidire la banchina, secondo Couturier, attraverso la disposizione di una struttura con stangame longitudinale di materiale morto posto al di sotto di un letto di ramaglia, costituita da rami di abete bianco e abete rosso. Questo letto veniva ricoperto di terra per uno spessore di circa 10 cm, sul quale si disponevano le talee di salice ad una distanza di 2*3 cm l'una dall'altra ed infine ricoperte. Le cordonate erano realizzate in file orizzontali, con un intervallo di circa 3 m l'una dall'altra.

Benini (1990) affermava che il cespugliamento fosse una tecnica efficace ed economica; sicura dove la piovosità estiva fosse sufficiente e da utilizzare nel caso di consolidamento di forme erosive superficiali, fornendo indicazioni di dimensionamento, quali, ad esempio, la profondità dei tagli ad L di circa 50*75 cm posti lungo le linee di livello e la distanza pari a circa 2 metri.

Come appare dalla Tabella 7.3.5 non si sono trovate indicazioni sul dimensionamento delle cordonate viventi in testi antichi. A tale proposito, si segnala che Florineth (in Puglisi, 2000) propone una relazione lineare tra il coefficiente di stabilità di una scarpata sistemata con cordonate e il rapporto di sistemazione definito come il rapporto tra la profondità dei gradoni (ds) e la lunghezza della scarpata da sistemare (L). Inoltre Gray & Sotir (1996) forniscono valori numerici per l'interasse dei gradoni distinguendo se essi sono realizzati lungo le linee di livello oppure inclinati rispetto ad esse, se il terreno è umido o asciutto e in funzione dell'angolo di inclinazione del pendio suddiviso in tre intervalli (Bresci & Preti, 2001 b). La massima inclinazione del pendio per interventi di sistemazione attraverso cordonate è 34°, valore equivalente a quello proposto da Puglisi (2000) pari a 35°.

7.3.4.4 Consolidamento di solchi con ramaglia viva

Wang (1903) sosteneva che: *"Per accelerare il rivestimento di pendici percorse da solchi si usa in Francia un nuovo metodo chiamato "garnissage". Il letto dei solchi viene rivestito di uno strato continuo*

Tab.7.3. 5 Confronto tra le dimensioni delle cordonate (Bresci & Preti, 2001 b)

Autore e anno		Profondità del gradone ds (cm)		*a* interassa tra i gradoni (m)		
Hofmann	1936	150				
Benini	1990	50 ÷ 75		2		
Schiechtl	1991	50 ÷ 150		3		
Gray e Sotir	1996		Inclinate Terreni umidi Linee di livello Terreni asciutti	α angolo di inclinazione 14° ÷ 18°	18° ÷ 22°	22° ÷ 34°
				1,5 ÷ 1,8	1,2 ÷ 1,5	0,9 ÷ 1,2
				2,1 ÷ 3	1,8 ÷ 2,4	1,2 ÷ 1,8
				α < 20°		25° ÷ 30°
Regione Toscana	2001	50 ÷ 150		2 ÷ 3		1 ÷ 3,5

alto 1 m di rami. Cominciando all'estremità inferiore s'infiggono i rami con la parte più grossa nel molo, si piegano verso il suolo (a monte) e collocandovi sopra trasversalmente legna assicurate con picchetto o pietra, questo materiale di rivestimento viene ritenuto."

Successivamente Hofmann (1936) proponeva il *garnissage* delle infossature: *"Questo verrà fatto con materiale tagliato nelle vicinanze, deposto in ramate lunghe in senso longitudinale. La parte grossa verrà collocata a valle, la ramata giacerà a monte e verrà gravata con pietrame. Se del caso i fusti vengono legati, assicurati con traverse; le gronde del ghiaione così empite e consolidate diventano il centro di partenza della vegetazione, specie se si avrà cura di empire i canali con fasciname di latifoglie di facile riproduzione agamica e con zolle ben radicate."*

Schiechtl (1991) forniva alcuni dettagli per la loro costruzione, suggerendo di collocare i rami in modo da avere la loro estremità rivolta verso l'alto. Le parti grosse dovevano giacere sul fondo del fosso ed essere conficcate per qualche centimetro nel terreno naturale.

Il manuale della Regione Toscana (2001) ne propone la limitazione dell'uso al caso di solchi di erosione in terreni a granulometria grossolana.

7.3.4.5 Inerbimento (semina diretta)

Tornani et al. (1895) prevedevano tra i lavori preparatori per il rimboschimento *"… l'inerbamento unito all'assoluta proibizione del pascolo"*, sostenendo che *"L'inerbamento può essere naturale od artificiale, ed in questo secondo caso si usano piante erbacee di temperamento robusto e di vegetazione rapida e vigorosa."*

Di Tella & Bay (1939) riportavano l'esperienza del De Montzey: *"De Montzey mostrò che l'inerbimento, inteso nel senso di creare una cotica erbosa su terreni nudi e molto degradati capace di dare al suolo una efficace e durevole resistenza all'erosione meteorica, può consentire qualche risultato positivo solo su terreni della zona alpina e subalpina purché non soverchiamente inclinati. L'inerbimento non può essere consigliato altrove, che solo come temporanea associazione di piante essenzialmente colonizzatrici."*

Wang (1903) dedicava un intero capitolo alla formazione dei manti erbosi, fornendo raccomandazioni per la scelta dei miscugli delle sementi proponendo delle specie che a quel tempo non si potevano procacciare in nessun luogo: questo indica che erano indicazioni più teoriche che pratiche (in Schiechtl, 1991).

Piccioli (1905) proponeva la semina di piante erbacee o graminacee a radici profonde o la semina di specie arboree di facile presa, come ontani, salici, citisi, come lavoro complementare sui pendii, dove il terreno non fosse troppo arido o roccioso e le condizioni di clima e pendenza lo permettessero.

Hofmann (1936) esaltava i vantaggi della semina e consigliava la scelta delle specie in funzione del clima, delle condizioni del terreno, e dell'opportuna mescolanza. In tale modo, infatti, le radici hanno la possibilità di intrecciarsi e realizzare, quindi, una struttura simile ad un feltro impenetrabile. Riportava anche le specie più adatte in funzione della tipologia di terreno.

Merendi (1936) consigliava di far permanere il seme nel terreno il minor tempo possibile, risultato che poteva essere conseguito seminando a primavera o verso la fine dell'estate.

Schiechtl (1991) sosteneva che negli ultimi venti anni il metodo della semina di manti erbosi avesse subito un forte progresso soprattutto grazie all'ausilio delle semine di copertura che agiscono rapidamente

sulla superficie. Inoltre, oggi è possibile seminare contemporaneamente il manto erboso e le specie legnose, procedimenti che in passato erano completamente separati.

7.3.4.6 Semina protetta

Tornani (1895) riporta la soluzione adottata in Francia di sostituire il rimboschimento con l'inerbimento *"… quando le esigenze locali rendono indispensabile conservare al pascolo della superficie di terreno montuoso."* In particolare, si esaltava la possibilità di offrire all'erba nascente *"… la protezione e l'ingrasso sufficienti per prosperare …"* grazie alla presenza di gruppi di piantine di larice e cembri.

Wang (1903) dedicava un intero capitolo alla formazione dei manti erbosi, fornendo raccomandazioni sulla scelta dei miscugli delle sementi in funzione del tipo di suolo e di clima. Aggiungeva, inoltre, che: *"I pendii sabbiosi e quelli esposti ai venti e al sole devono, dopo la semina, essere coperti di rami di conifere, i quali vanno fissati con picchetti. Se il terreno non è molto magro, il successo della copertura è sorprendente. In tutti i casi è necessario proteggere i terreni inerbiti dal pascolo e dal passaggio del bestiame, bisogna quindi assieparli."*

Hofmann (1936) dedicava ampio spazio all'inerbimento, ponendo particolare attenzione al problema della scelta delle migliori specie erbacee in funzione della zona climatica dell'intervento, della loro percentuale nei miscugli e del loro reperimento. Inoltre, aggiungeva, che *"… potrà essere utile una leggera copertura"*, facendo quindi chiaro riferimento alla semina protetta.

Schiechtl (1991) testimoniava la conoscenza dell'utilizzo della protezione già dal tempo dei Romani al fine di impedire il disseccamento e contrastare le specie infestanti. L'attualizzazione della copertura del terreno è rappresentata dalle tecniche oggi note come nero-verde e bianco-verde, proposte da Schiechtl nel 1962.

Tale tecnica consiste nel distendere sulla scarpata un letto di paglia, tenuto ferma attraverso paletti infissi nel terreno e collegati da fili di ferro, si procede poi alla semina di un miscuglio di semi di leguminose e graminacee e alla fertilizzazione con concime chimico.

Sopra la paglia, viene steso un sottile strato di emulsione bituminosa attraverso spruzzatori. Una variante al precedente sistema è rappresentata dal bianco-verde: si elimina il letto di paglia, si spruzzano le sementi, il concime e gli additivi insieme a resine sintetiche che hanno il compito di fissaggio. Sempre i materiali oggi disponibili sul mercato permettono di proteggere il terreno appena seminato attraverso teli di juta a maglia larga o in fibra di cocco. Talvolta si pone, sotto la rete, paglia o fieno che contribuisce alla germinazione delle sementi.

7.3.4.7 Impiotamento

Già Duile (in Schiechtl, 1991) suggeriva l'uso di piote (o dette anche zolle) erbose per la costruzione di muri di zolle ma non fa riferimento ad un loro uso per superfici più ampie.

Successivamente, Wang (1903) proponeva il loro uso disponendole sul pendio a strisce orizzontali o a scacchiera, ma ne raccomandava l'uso laddove esistesse materiale a sufficienza, che potesse essere trasportato facilmente.

Piccioli (1905) affermava: *"L'impiotamento si fa con zolle erbose della maggior grandezza possibile, fino ad un terzo di metro quadrato, con uno spessore da 12 a 15 cm che si pongono a conveniente distanza le une dalle altre. Ciascuna piota si fissa con un piolo lungo che si fa penetrare nel terreno quanto più è possibile. Fra una piota e l'altra si piantano delle talee di salici, quando non si abbiano specie migliori e si spandano dei semi di piante erbacee."* Diceva, inoltre, che era possibile intervenire con l'impiotamento soltanto su superfici di area limitata, dal momento che raramente le piote si trovavano in quantità sufficiente o non era conveniente scoticare eccessivamente il terreno.

Hofmann (1936) sosteneva che *"… nei terreni particolarmente degradati l'inerbimento con la zolla ha il vantaggio di un più sicuro e rapido successo, perché con la zolla si apporta la terra vegetale che manca. Questo vantaggio dovrà compensare le maggiori spese del ricavo, del trasporto e delle messa in opera delle zolle."*

Per quanto riguarda le dimensioni, suggeriva l'uso di zolle di forma quadrata di 30 o 40 cm di lato e di uno spessore variabile secondo lo sviluppo radicale da 6 a 10 cm.

Di Tella & Bay (1939) consigliavano l'uso di zolle erbose per la sistemazione di frane superficiali, suggerendone il reperimento in prati naturali delle località pianeggianti posti nelle vicinanze dell'area da sistemare, o la loro formazione artificiale spargendo i miscugli delle sementi in terreni adatti.

Il loro spessore era di circa 10÷15 cm e la larghezza di 50÷60 cm per favorire l'attecchimento e venivano fissate al terreno attraverso pioli o picchetti di legno.

Benini (1990) affermava che in caso di notevole pendenza, le zolle devono essere fissate con chiodi di legno al terreno oppure con una rete di filo di ferro o materiale plastico.

Tale tecnica si adatta particolarmente a terreni sabbiosi facilmente movibili.

Si possono usare anche strisce di cotico erboso, rendendo possibile l'impiego di miscugli di seme appropriati alla stazione di intervento. Esistono, inoltre, in commercio strisce di tappeto erboso su substrato artificiale.

7.3.4.8 Rivestimento vegetale di sponda

Tornani (1895) citava come difesa di sponda utilizzata in Svizzera quella di materiale misto, pietrame e legname.

Wang (1903) sosteneva che fosse *"Spesso desiderabile rivestire le sponde di vegetazione, per cui si fa volentieri uso di materiali vegetanti, dove lo permettono le condizioni, cioè la pendenza debole del letto, la scarsa portata di detriti e le condizioni della stazione."*

Fra i diversi sistemi utilizzati, Wang (1903) citava i "cilindri a cedimento" descritti da Guinppenberg: *"… essi consistevano in cilindri di fascine vegetanti riempite di ghiaia. Lo spessore totale di un cilindro era di un metro, lo spessore del cilindro di ghiaia è di 60 cm. ... A seconda del bisogno si collocano uno, due o magari tre sopra una sponda. Palafitte infisse nella sponda prima della collocazione dei cilindri indicano la linea di sponda e proteggono i cilindri contro lo spostamento. Per dare ai cilindri una certa mobilità, le palafitte distano circa 30 cm dai cilindri. Questi si confezionano con materiali vegetanti, o vi si infiggono rami vegetanti. … Come vantaggi dei cilindri a cedimento si possono indicare i seguenti: i cilindri, cedendo mercé la loro pesantezza, riempiono le buche che l'acqua scava; essi servono a creare sponde rivestite di vegetazione; essi dispensano dalla costruzione di soglie, rendendo così meno costoso il lavoro della correzione."*

Piccioli (1905) proponeva che in assenza di pietrame resistente le sponde potessero essere difese con tronchi di alberi sovrapposti, paralleli alla direzione della corrente e *"… tenuti insieme da grossi paloni piantati verticalmente contro il paramento esterno. Tale sistema però non potrebbe essere usato che per qualche piccolo tratto di sponda, quando il legname fosse assai abbondante ed avesse poco valore, nel qual caso si preferisce più sovente la costruzione di graticci e di fascine …, inerbando o piantando le sponde di talee di specie di facile presa. Questi graticci e queste fascinate sono però più efficaci nelle parti superiori del bacino; in quelle più basse, e quando il torrente minaccia facilmente di inondare i terreni circostanti, si costruiscono veri argini, adoperando pietre, ciottoli, ghiaia e terra, …".*

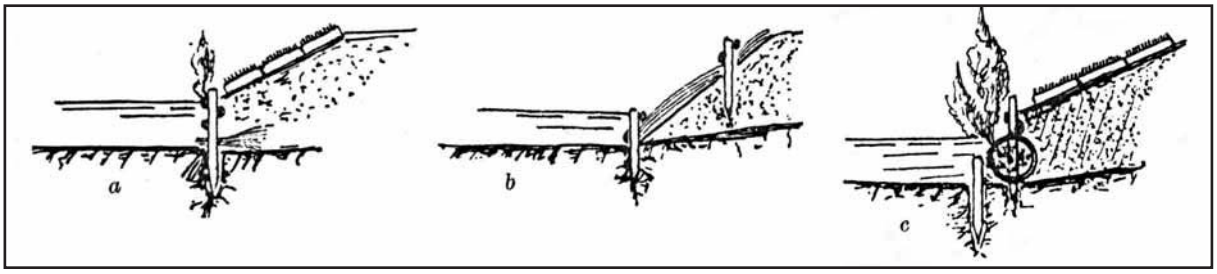
Tale intervento è definito da Benini (1990) come staccionata e per la sua realizzazione si usa tondame appoggiato a paletti infissi nel terreno. La durata dell'opera è però limitata.

Viappiani (1915) proponeva di utilizzare su sponde spoglie delle mantellature verdi con piante giovani facendone penetrare le radici sul fondo e connettendo bene il resto alla scarpa su cui devono adagiarsi.

Hofmann (1936) suggeriva per le opere longitudinali *"… in condizioni poco allarmanti semplici scarpate rivestite con zolle erbate, con fasciname. Alcuni tipi costruttivi di mantellate di sponda sono riportati …"* in Figura 7.3.3.

Il manuale della FAO (1976) suggeriva l'uso di tale intervento anche per il controllo dell'erosione superficiale su versanti. Schiechtl (1991) proponeva una descrizione particolareggiata delle diverse fasi di esecuzione del lavoro. Suggeriva di disporre sulla superficie rimodellata uno strato di rami vivi e/o di verghe in modo da formare una completa copertura del terreno. È essenziale che i rami e le verghe siano collocati in modo tale da poter emettere radici e da non poter essere più scoperti. Il rivestimento viene poi fissato al terreno attraverso l'uso di filo di ferro o di verghe poste trasversalmente. Per facilitare l'attecchimento del rivestimento con astoni, la ramaglia deve appoggiare bene al suolo e l'intero strato di rivestimento va ricoperto leggermente con terra. Il manuale della Regione Toscana (2001) propone una descrizione dell'intervento nel caso di una sua applicazione come sistemazione di sponda su un affluente dell'Arno. Si riportano anche valori numerici per la resistenza al trascinamento, che si aggira intorno a 200 N/m^2, già subito dopo l'impianto, e a 300 N/m^2 dopo 1÷2 anni. Tra gli svantaggi si ricordano la grande quantità di materiale vivo necessario e una forte richiesta di mano d'opera nella fase di realizzazione dell'intervento e, successivamente, per la manutenzione al fine di evitare l'insediamento di monocolture a salice.

Fig. 7.3.3 Mantellate di sponda (da Hofmann, 1936)

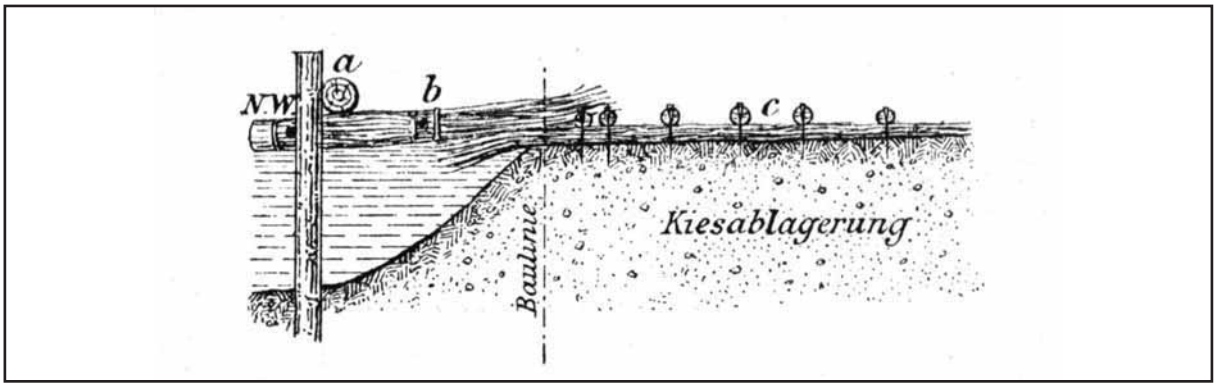


7.3.4.9 Pennelli

Wang (1903) riportava un sistema per la costruzione di pennelli proposto da Wolf (1888) per la sistema-

zione dell'Isar (Baviera): *"Pali che hanno un diametro di 20-25 cm vengono piantati nel letto del fiume alla distanza di 3 m dalla futura linea della sponda in direzione parallela del tracciato della sistemazione. A questi pali che distano 2,5 m l'uno dall'altro e che entrano fino alla profondità di 3-5 m nel letto, si attaccano fascine per mezzo di una pertica di legno e fili di ferro. Le fascine vengono ordinariamente tenute al livello della magra. ... Le fascine sono con la loro estremità più grossa rivolte verso il fiume. La disposizione predetta della fila di pali si basa sull'esperienza che dietro le opere si forma un interrimento con una scarpa naturale tale che essa alla distanza di 4 m dalla palizzata raggiunge il livello della magra, così avvenuta la formazione della scarpa essa consolida definitivamente mediante il cedimento e l'incrostazione dell'opera."*

Fig.7.3.4 Sezione di un pennello (da Wang, 1903)



(Figura7.3.4).

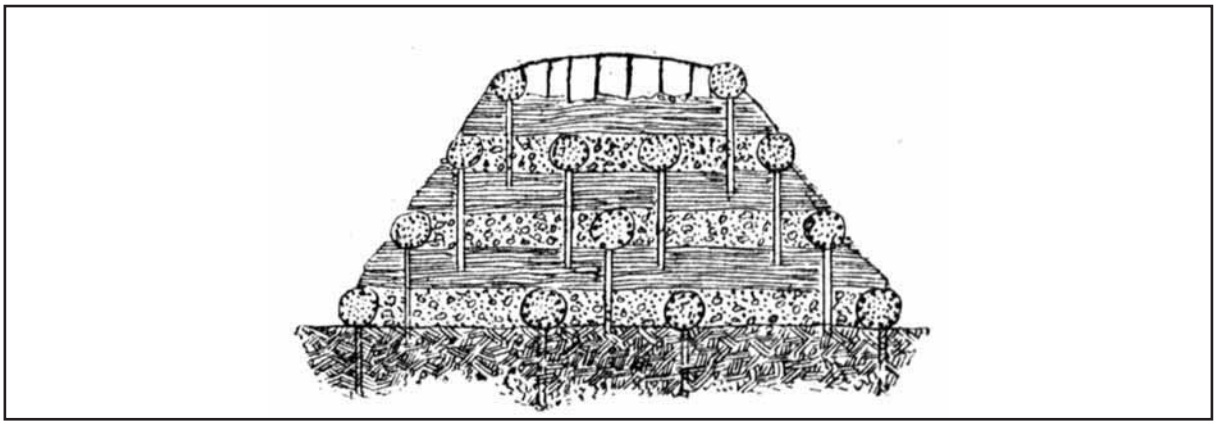
Wang descriveva poi gli effetti sui torrenti in funzione dell'uso di pennelli disposti in direzione perpendicolare o obliqua rispetto alla direzione di scorrimento.

Viappiani (1915) in riferimento alla distanza che deve intercorrere tra due pennelli, sosteneva che dipendesse " … dalla larghezza dell'alveo, dall'intensità e direzione della corrente, dalla lunghezza del tronco da sistemare, dalla forma dell'alveo e dalla sporgenza della sponda … sia sufficiente fissare la distanza stessa a 5/7 della larghezza normale del corso d'acqua nei tratti rettilinei e alla metà in quelli concavi".

Hofmann (1936) suggeriva l'uso dei pennelli per la correzione dei corsi vallivi a debole pendenza e portata pressoché regolare. Tra i materiali vedeva: "*… semplice costruzione in legno, con o senza palizzata, dall'argine in terra rivestito con graticciate fino alle costruzioni più solide in muratura, …che devono venir applicati secondo il caso*."

Benini (1990) sosteneva che la distanza a valle fino alla quale l'opera fa sentire il suo effetto di protezione è all'incirca pari a 5 volte la sua sporgenza in alveo valutata in direzione ortogonale alla sponda. Schiechtl (1991) dedicava una sezione alle "opere in vivo per eliminare erosioni di sponda". Andrich & D'Agostino (2000) propongono l'uso di pennelli realizzati impiegando accatastamenti ordinati di massi, rinforzati da una incastellatura in legname saldamente ancorata al fondo.

Fig. 7.3.5 Sezione di pennelli (da Piccioli, 1905)



Successivamente Piccioli (1905) suggeriva di realizzare i pennelli o repellenti "*… di pietre od in struttura mista di pietre e legname …, nel qual caso si adoperano tanto i tronchi di legname ed i pali, quanto il fasciname ed il materiale da graticci …*", (Figura 7.3.5).

Oggi, si propone l'uso di pennelli in pietrame e talee dove si richieda di diversificare l'ambiente flu-

viale ricreando un habitat naturale. Non presentano mai lunghezze superiori di un terzo della larghezza del corso d'acqua ed un'elevazione dal profilo della corrente di morbida variabile dai 50 ai 100 cm. Queste tipologie di intervento possono essere costruite con diversi materiali litoidi (massi ciclopici legati o meno, pietrame, etc.) o vegetali (pali di larice o castagno, piante o parti di esse con capacità vegetativa, ramaglia viva o morta, etc.) o una combinazione di entrambi secondo le esigenze, delle caratteristiche fluviali e del valore naturalistico che l'opera deve garantire.

La distanza fra un pennello e l'altro deve esser pari all'incirca alla larghezza del corso d'acqua oppure a 1,5÷2,5 volte la lunghezza del repellente stesso. Per restringere l'alveo, si posizionano i repellenti direttamente contrapposti sulle due sponde, mentre per avviare un andamento meandreggiante occorre sistemarli sfalsati (la cadenza naturale del meandraggio è 8÷12 volte la larghezza dell'alveo) (Regione Toscana, 2001).

7.3.4.10 Briglie in legname e pietrame

Si farà riferimento in questa sede solo alle briglie in pietrame e legname che nei manuali di Ingegneria Naturalistica sono sempre citate (pur non trattandosi di opere "vive") e che sono fra le opere più antiche e di maggior tradizione. Nonostante ciò, mentre per le grandi opere di trattenuta i criteri di dimensionamento e le verifiche di progetto sono indicati chiaramente fin dai primi del '900, per quelle di consolidamento le indicazioni sono più scarse. Precisando che alcuni degli Autori accomunano le briglie in legname e pietrame a quelle che, sebbene con la stessa funzione, sono di materiali diversi (pietrame a secco e/o con malta, muratura, etc.), si riportano in Tabella 7.3.6 i dati raccolti per questo tipo di opera, con i seguenti simboli:

- h = altezza della vena stramazzante
- c = scarpa del paramento di monte
- s = spessore del corpo della briglia
- H = altezza del corpo briglia
- B= larghezza alla base del corpo della briglia
  B= s + cH

Da notare che nessun Autore evidenzia quali possano essere i limiti di portata liquida e solida o l'area massima del bacino a monte del corso d'acqua in cui si vogliano eseguire le briglie. Ovviamente un limite è dato dall'altezza massima del corpo briglia H. Nel passato si ipotizzavano strutture alte fino a 10 m (Viappiani, 1915; Di Tella, Bay, 1939: anche se, presumendo un rapporto B/H=1, è molto difficile che si potessero raggiungere tali altezze), ma attualmente si consiglia di non superare i 3 m per l'altezza della gaveta.

Si osserva come il rapporto spessore di base/altezza (B/H) si mantiene prossimo all'unità. Nella progettazione di briglie in legno e pietra è consuetudine affidarsi a regole di dimensionamento che provengono

Tabella 7.3.6 Dimensioni delle briglie in legname e pietrame

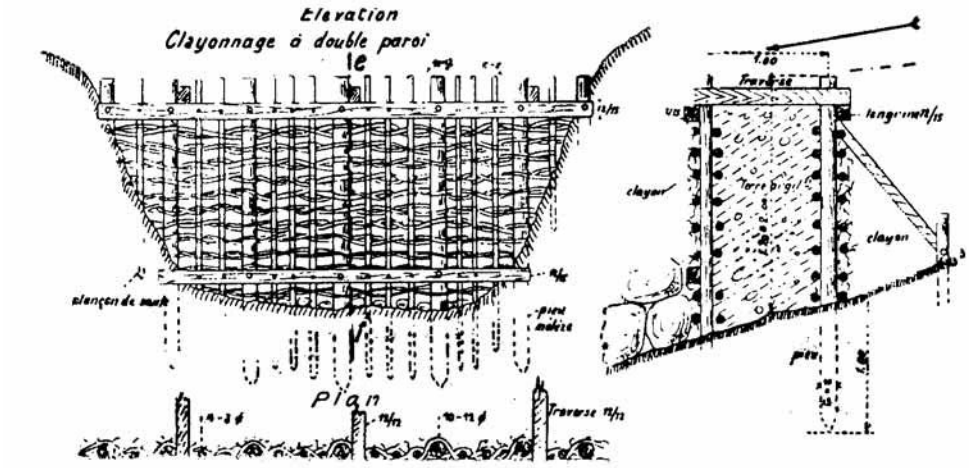
Autore e anno			Altezza massima (*H*) (m)	Spessore in sommità (*s*) (m)	Durata massima (anni)	Diametro dei pali (cm)	Misura della scarpa di valle (c)
Viappiani	*1915*	≈1	10				
De Horatiis	*1930*	1		$s = B - 0.5\ h^{0.5}$ in ogni caso $s > 0.6\ h$			$c = 0.5\ h^{05}$
Hofmann	*1936*	1*	2-4		30**		
Di Tella e Bay	*1939*	≈1	10	$s = B - 0.53\ h^{0.5}$ in ogni caso $s > 0.6\ h$	30***		c = 1/4 per H ≤ 4.5 c = 1/5 per H > 4.5
Schiechtl	*1991*	0,5 ÷ 1	5			15 ÷ 20	
Regione Toscana	*2001*		gaveta: 2.5 ÷ 3		elevata: castagno larice	20 ÷ 40	

* *calcolata dai disegni proposti dal testo*
** *larice, pino, castagno; 10 - 15: abete; minima: faggio; notevole: ontano, rovere*
*** *larice, pino nero, castagno; 12-15: abete; minima: faggio*

direttamente dall'esperienza. Nel tempo si è affermata la regola che, per raggiungere una sufficiente stabilità al ribaltamento ed allo slittamento delle briglie "a cassone", bastasse assegnare una lunghezza di base pari a metà dell'altezza (Figura 7.3.6, l'altezza risulta determinata una volta stabilita la pendenza di correzione del fondo e il numero delle briglie).Tuttavia, come evidenzia la Tabella 7.3.6, in tutti i testi pubblicati dal 1915 al 1939 gli Autori erano più propensi ad assegnare una spessore di base circa uguale all'altezza (Figura 7.3.7).

Studi recenti, in particolare (Pugi F., 1999; Andrich A., D'Agostino V., 2000) hanno dimostrato come, nel caso di briglie drenanti, la scelta di un rapporto spessore di base/altezza (B/H) pari a 1 sia sempre a favore di

Fig. 7.3.6 Briglia in legname con rapporto spessore di base/altezza (B/H) pari a 2/3 (De Preux 1918, in Cantini, 2001)



sicurezza, mentre non sempre si verificano condizioni di stabilità per B=H/2. Infatti, considerando briglie riempite di materiale grossolano, con altezza 3 m e piano di fondazione orizzontale (a=0), i risultati ottenuti confermano che il rapporto B/H=1 garantisce fattori di sicurezza al ribaltamento ed allo slittamento superiori ad 1.5 per ogni condizione del terreno di immorsamento, come riportato in Tabella 7.3.7.

Quindi il criterio di dimensionamento che suggerisce B/H=1 può produrre, in certi casi, un sovra-dimensionamento dell'opera, ma fornisce garanzie di stabilità ben maggiori, a scapito dei costi delle opere. L'alternativa all'utilizzo di tale criterio, e quindi un probabile risparmio sui costi di costruzione, può essere lo svolgimento di calcoli di dimensionamento appropriati.

7.3.5 Trasferibilità e sostenibilità dell'ingegneria naturalistica

Le questioni relative all'applicabilità delle tecniche di Ingegneria Naturalistica ai contesti geo-morfo-pedo-climatici diversi da quelli del Centro-Europa e del Nord-Italia sono di estremo interesse, in particolare per le regioni mediterranee (ad es. Parco Nazionale del Vesuvio, 2001; Regione Toscana, 2000 e 2001).

Fig.7.3.7 Briglia in legname e pietrame con rapporto spessore di base/altezza B/H pari a 1 (Hofmann., 1936)

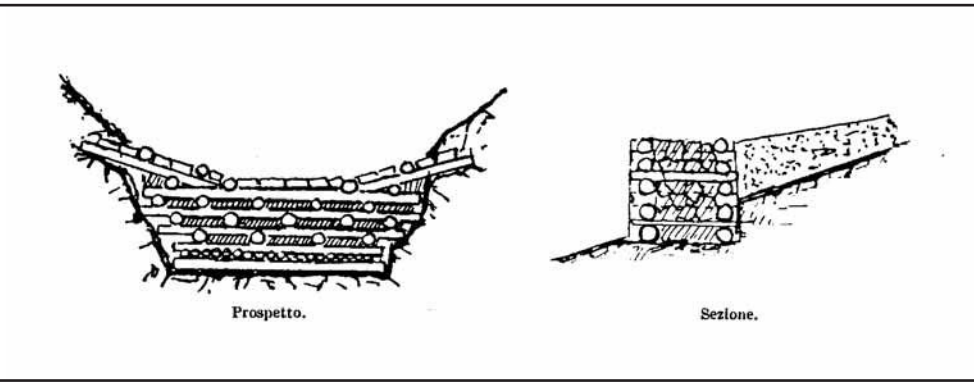


Tabella 7.3.7 Analisi di stabilità sulle briglie in legname e in pietrame (da Pugi, 1999)

	Rapporto spessore di base/altezza minimo richiesto per la stabilità globale (*B*/*H*)	
Condizioni del terreno di immorsamento	con $\alpha = 0$ e δ^* a favore di stabilità	con $\alpha = 0$ e δ^* non a favore di stabilità
Terreno asciutto	0.28	0.46
Terreno asciutto, opera parzialmente sommersa	0.36	0.61
Terreno parzialmente saturo livello di falda a metà altezza dell'opera	0.43	0.70
Terreno quasi totalmente saturo	0.60	0.75
Terreno saturo	0.83	0.93

* δ *è l'angolo di attrito terreno-fondazione*

L'impiego delle tecniche di I.N. è legato al soddisfacimento di alcune condizioni (Regione Lazio, 2002 e 2003):

- individuazione e riproduzione di specie autoctone, soprattutto erbacee ed arbustive, con caratteristiche di radicazione adatte ai fini antierosivi e di consolidamento; in particolare di specie con possibilità di riproduzione vegetativa diretta nell'ambiente naturale e non in serra o vivaio;
- disponibilità di materiali locali quali pietrame e legname;
- disponibilità di materiali commerciali quali geosintetici, stuoie, gabbioni, reti metalliche, etc.;
- disponibilità di mano d'opera specializzata;
- disponibilità di macchine movimento terra, perforazione, taglio, etc.

Vanno evitati alcuni errori già verificatisi quali:

- prevalente impiego di materiali inerti e uso del verde non funzionale ma a scopo di mascheramento;
- impiego di specie esotiche, con problemi di contaminazione genetica e di infestazione;
- errate applicazioni iniziali con fallimento funzionale, e/o mancato sviluppo delle piante;
- sopravvalutazione e superamento dei limiti delle possibilità biotecniche dell'I.N.;
- adozione di tecnologie molto costose legate alla commercializzazione di singoli materiali e non giustificate sul piano tecnico-biologico.

Le esperienze metodologiche, tecnologiche e biologiche già maturate in Italia possono garantire una rapida e vasta espansione delle tecniche di Ingegneria Naturalistica nei vari settori di impiego.

Ancora poco affrontato e innovativo è il tema della trasferibilità nei cosiddetti Paesi "in via di sviluppo" (Petrone e Preti, 2003, 2004; Florineth, 2002 a, b, c, d; Rauch et al., 2004), dove all'evidente necessità di scelta di materiali e specie vegetali idonei, si associa l'importanza della sostenibilità: l'Ingegneria Naturalistica risulta, a tutti gli effetti, una "tecnologia appropriata" (uso di mezzi e manodopera locali).

7.3.6 Dissesto del territorio: difesa, manutenzione e presidio

Gli scopi principali delle Sistemazioni Idraulico-Forestali sono:

- mitigazione e prevenzione del rischio
- manutenzione del territorio e restauro ambientale
- rinaturalizzazione e riqualificazione.

Dello scopo primario di mitigazione e prevenzione del rischio si è trattato, mentre è opportuno sottolineare l'importanza degli altri, in cui un ruolo fondamentale può essere giocato proprio dall'Ingegneria Naturalistica.

La manutenzione del territorio è una "scelta obbligata che discende da un lato dalla sparizione dei presidi storici montani delle popolazioni dedite alle attività agro-silvo-pastorali e, l'altro, dalla crisi e dispersione dei presidi istituzionali in pianura" (documento gruppo 183 in WWF, 2003). Infatti, proprio già a partire dalla seconda metà del XX secolo, si affermava l'importanza di garantire almeno la manutenzione del territorio del quale le Sistemazioni Idraulico-Forestali sono strumento fondamentale (Zoli, 1959 in Puglisi, 1987 e 2003).

Risulta utile riportare qui la definizione di manutenzione dell'Ente Nazionale Italiano di Unificazione (UNI): "Per manutenzione si intende la combinazione di tutte le azioni tecniche ed amministrative, incluse le

azioni di supervisione, volte a mantenere o a riportare un'entità in uno stato in cui possa eseguire le funzioni richieste (UNI 9910,10147).

L'attività di manutenzione comporta:

1) il ripristino: recupero da parte dell'entità della propria attitudine ad eseguire una funzione richiesta (UNI 9910);
2) la riparazione: intervento, rinnovo o sostituzione di uno o più componenti danneggiati mirato a riportare un'entità alle condizioni stabilite (UNI 10147);
3) il miglioramento: insieme di azioni di miglioramento o di piccola modifica che non incrementano il valore patrimoniale dell'entità (UNI 10147).

Quando compare per la prima volta il termine Sistemazioni Idraulico-Forestali nella legislazione italiana, già si definiscono i concetti di "scala di bacino" e "manutenzione degli interventi", come da citazione dalle norme di cui agli art. 27 e 29 del Regolamento 26 marzo 1905 di applicazione della legge 31 marzo 1904 n. 140:

- "I lavori sono eseguiti in ciascun bacino tributario gradualmente, senza interruzione, fino al loro completamento".
- È disposta la "Costituzione dei Consorzi di manutenzione delle opere".

L'attività di manutenzione del territorio è oggi, a 90 anni di distanza, sancita dalla Legge 31 gennaio 1994 n. 97 che, all'articolo 17, indica in maniera specifica il ruolo dell'azienda di montagna nella manutenzione del territorio con la possibilità di incarico diretto da parte degli enti pubblici locali. Grazie agli strumenti normativi disponibili (Decreto Legislativo 18 maggio 2001, n. 228 Orientamento e modernizzazione del settore agricolo, a norma dell'art. 7 della Legge 5 marzo 2001, n. 57) è stato, ad esempio, immediatamente possibile rendere operative associazioni di agricoltori dotati di capacità tecnica di intervento per il recupero e la valorizzazione dei beni naturali e paesaggistici attraverso interventi di miglioramento ambientale e di diversificazione dell'attività imprenditoriale agricola, denominati Presidi Agricoli.

Gli articoli 14 e 15 del Decreto Legislativo 18 maggio 2001, n. 228 Orientamento e modernizzazione del settore agricolo, a norma dell'art. 7 della Legge 5 marzo 2001, n. 57, prevedono, infatti, la possibilità che l'Ente pubblico e le singole Imprese, o anche le loro Associazioni di rappresentanza, possano concludere contratti di collaborazione e convenzione.

Questi due articoli inoltre stabiliscono che la Pubblica Amministrazione, in deroga a quelle che sono le normative vigenti, possa assegnare direttamente attraverso cottimo fiduciario lavori di ripristino, di manutenzione, e di miglioramento del paesaggio rurale: strade, fossi, boschi, alberi, muri e via dicendo per quanto all'interno di certi limiti. La Legge parla infatti di lavori fino ad un massimo di £ 50.000.000, per una impresa agricola singola, fino ad un massimo di £ 300.000.000 ad una impresa associata.

Un'applicazione di tale possibilità è stata attuata dalla Comunità Montana Agno-Chiampo nella provincia di Vicenza attraverso un progetto pilota finanziato con fondi europei Leader II (Fontana, 2004).

In Toscana, il Consorzio Valdera ha infatti reso operativo l'articolo 15 del decreto legge 228 affidando direttamente agli Agricoltori il mantenimento dell'assetto idrogeologico dei corsi d'acqua che attraversano i propri terreni (in Preti, 2004).

È stato così possibile affrontare velocemente manutenzioni di somma urgenza e dare, al tributo di bonifica stesso, una ricaduta positiva sull'economia agricola.

Sulla base del Regolamento approvato dall'Ente e del conseguente Contratto tipo a ogni singolo imprenditore potranno essere affidati incarichi fino a 10mila euro per un massimo di 25mila 822 euro l'anno.

Ad ogni forma associativa, invece, possono essere dati incarichi fino a 15mila euro per un limite annuo di 75mila euro.

CAPITOLO 8

Settori di analisi ambientale di supporto alla progettazione degli interventi antierosivi, stabilizzanti e di consolidamento dei versanti

M. Amodio, G. Bovina

8.1 Geologia del Lazio

8.1.1 Introduzione

La geologia del territorio della Regione Lazio risulta di indubbio interesse soprattutto per la innegabile e notevole variabilità, litologica e cronostratigrafica delle Formazioni presenti in affioramento: spostandosi da sud a nord o da ovest ad est è possibile passare dagli aspri rilievi montuosi costituiti da calcari bianco-avana compatti e a giacitura massiva alle dolci acclività degli complessi vulcanici costituite da alternanze di prodotti piroclastici e colate laviche; oppure, lasciati alle spalle i sedimenti delle pianure alluvionali costiere, attraversare imponenti edifici vulcanici per addentrarsi nel cuore dell'Appennino, caratterizzato da alternanze di calcari e marne, sottilmente stratificati, e profondamente incisi - quasi sempre al loro contatto - da profonde valli fluviali.

Come è naturale, partendo da un "prodotto grezzo" così differenziato, le forze esogene - che provvedono al rimodellamento ed all'evoluzione della superficie terrestre - hanno potuto contribuire a produrre forme e morfostrutture altrettanto varie ed affascinanti, tali da definire veri e propri "paesaggi geologici e geomorfologici": dagli altipiani carsici ai laghi vulcanici; dalle profonde valli fluviali intraappenniniche alla ampia valle del Tevere; dalle dolci ondulazioni delle dune costiere (antiche ed attuali) all'improvviso torreggiare di coni di scorie all'interno o nella periferia degli apparati vulcanici.

Tutto ciò spesso accompagnato dalla presenza diffusa e multiforme dell'elemento vitale per eccellenza - l'acqua - visibile, nei grandi bacini naturali di raccolta (i laghi) e nelle sue vie di comunicazione (i fiumi), o nascosta, all'interno degli immensi serbatoi carbonatici.

Una tale eterogeneità geologica, una sorta di ***"geodiversità"***, sicuramente tra le più spinte dell'intera penisola, può essere affrontata in questa sede solo introducendo evidenti e marcate schematizzazioni e semplificazioni.

8.1.2 I caratteri geologici

Ad un primo esame dello schema geologico riportato nella figura 8.1, appare evidente come le formazioni deposte durante l'attività vulcanica costituiscano il dominio geologico relativamente più rappresentato, coprendo circa il 33% del territorio regionale e sviluppandosi lungo l'asse longitudinale della regione, in direzione NW-SE, dai confini con la Toscana sino alle porzioni nordoccidentali della provincia di Latina.

IL VULCANISMO DEL LAZIO, che è parte della più ampia *Provincia vulcanica tosco-laziale,* si sviluppa a partire dalla fine del Pliocene dando luogo dapprima ad una attività dal chimismo da acido ad intermedio; successivamente si sviluppano quattro distretti vulcanici caratterizzati da rocce petrograficamente appartenenti alla serie potassica, o ad alto contenuto in potassio, allineati da NW a SE e seriati dal punto di vista cronologico.

Il vulcanismo acido, è rappresentato, in ordine cronologico, dai complessi vulcanici di Tolfa, Cerite e Manziate, costituiti prevalentemente da unità ignimbritiche seguite da domi lavici a composizione da riolitico a quarzolatitica. Questi complessi si sviluppano tra il margine occidentale del distretto sabatino e le unità alloctone liguridi, in corrispondenza del settore tirrenico settentrionale della provincia di Roma. In parziale contemporaneità del vulcanismo tolfetano-cerite (tra 2 e 1 M.A.) si verifica l'attività delle Isole Ponziane nordoccidentali, Ponza, Palmarola e Zannone: per le prime due evidenze geofisiche indicano una evoluzione della attività da sottomarina a subaerea, mentre per Zannone può essere indicata una attività esclusivamente subaerea. I prodotti più recenti del vulcanismo acido sono rappresentati dai Monti Cimini, la cui attività è compresa tra 1.35 e 0.8 M.A., periodo durante il quale si registrò la risalita lungo strutture tettoniche regionali di magmi viscosi ed acidi che hanno formato in superficie domi e cupole di ristagno.

Il Vulcanismo potassico è rappresentato - a partire dal confine con la Toscana - dal Distretto Vulsino. Attivo a partire da circa 0.8 M.A., esso è caratterizzato dalla presenza in posizione baricentrale di una ampia depressione vulcano-tettonica, attualmente occupata dal Lago di Bolsena. L'attività del distretto vulsino, si sviluppa attraverso quattro centri principali

(denominati Paleobolsena, Bolsena, Montefiscone e Latera), dislocati - probabilmente - lungo i principali sistemi di fratture. Tra questi l'ultimo rappresenta l'edificio centrale più importante, il cui svuotamento della camera magmatica ha prodotto il collasso calderico ben visibile dalla morfologia di superficie attuale. L'attività è mista e porta alla messa in posto di lave, colate piroclastiche e prodotti idromagmatici.

Immediatamente a sud dei Vulsini, si sviluppa l'attività del Distretto Vicano, in un arco temporale compreso tra 800.000 e 90.000 anni dal presente. Dal punto di vista vulcanologico siamo di fronte ad un edificio centrale, morfologicamente tipico (stratovulcano), con la parte terminale dell'edificio troncata dalla caldera. L'attività si manifesta attraverso l'alternanza di quattro fasi di emissione, caratterizzate – nell'ordine dalla più antica alla più recente – da ingenti quantità di piroclastiti da ricaduta, da imponenti colate laviche, da attività esplosiva e grandi colate piroclastiche sino, nell'attività terminale, alla messa in posto di prodotti idromagmatici la cui genesi è fortemente condizionata dalla presenza del bacino lacustre generatosi al centro della cinta calderica.

Spostandosi ulteriormente verso SE, l'ambientazione geologica del Pleistocene medio si arricchisce di un nuovo Distretto vulcanico, quello Sabatino, che interessa una porzione di territorio ben più ampia del Vulcano di Vico, e manifesta la sua attività pressoché in contemporanea (da oltre 600.000 a circa 40.000 anni fa). Il vulcanismo mostra sin dall'inizio forti caratteri esplosivi, e – dopo aver esordito nel settore orientale dell'area (edificio di Morlupo-Castelnuovo di Porto) – si sposta verso ovest edificando l'imponente struttura di Sacrofano, forse la più importante dei Sabatini, per durata dell'attività e volumi di materiali eruttati (le colate piroclastiche sono presenti sino a più di 40 km dal centro di emissione, e le rinveniamo tuttora in affioramento nel settore nord della città di Roma). Placatosi il centro di Sacrofano, l'attività dei Sabatini si riposiziona nel settore orientale, con i tuff-ring di Monte Razzano e Monte Sant'Angelo ed, infine, con il centro di Baccano, la cui attività cessa intorno ai 40.000 anni fa.

Il più meridionale dei distretti vulcanici a struttura centrale presenti nella nostra Regione è rappresentato dal Vulcano Laziale o Complesso vulcanico dei Colli Albani. Questo occupa una posizione particolarmente significativa nell'ambito dell'assetto strutturale della Catena Appenninica: «confina» a nordovest con le Unità Meso-cenozoiche alloctone dei Monti della Tolfa, a sud con i terreni di piattaforma carbonatica dei Monti Lepini, ad est con le successioni Meso-cenozoiche dei Monti Prenestini e Tiburtini, oltre che, sempre verso nord, con l'altro importante sistema vulcanico dei Sabatini. La formazione dell'apparato ha avuto inizio tra i 500.000 e i 600.000 anni fa, mentre i prodotti più recenti sono stati datati a circa 20.000 anni fa; in questo periodo sono state emesse coltri di depositi vulcanici estesi su una superficie di circa 1500 Km2 (da poco a sud della Bassa Valle del Tevere, sino alla Pianura Pontina): all'interno della *«provincia magmatica romana»*, i Colli Albani sono l'apparato vulcanico caratterizzato dalle maggiori dimensioni e - tra i vulcani centrali - dal maggior volume di lava e di prodotti piroclastici eruttati (circa 290 Km3). Come per gli altri vulcani, anche per i Colli Albani si possono individuare varie fasi di attività principali intervallate da periodi di stasi: il vulcano esordisce con la *Fase Del Tuscolano – Artemisio* che occupa quasi metà dell'intera vita del vulcano (da circa 600.000 a circa 300.000 anni fa) e ha dato luogo alla messa in posto di 200 Km3 (circa il 70% del totale) durante quattro cicli che prendono il nome di I, II, III e IV Colata Piroclastica del Tuscolano-Artemisio; l'attività è caratterizzata da eruzioni esplosive parossistiche con messa in posto, principalmente, di ignimbriti, con effusioni laviche e depositi di ricaduta intercalati tra i principali eventi eruttivi. A seguire, tra i 300.000 ed i 200.000 anni fa, l'attività procede col la *Fase Dei Campi Di Annibale (o delle Faete)*: caratterizzata da attività mista all'interno dell'area calderica del Tuscolano-Artemisio, risulta sicuramente meno importante della prima, soprattutto se si considera la quantità totale di materiale eruttato (poco più di 2 Km3). L'attività del complesso vulcanico del Colli Albani si conclude con una fase legata principalmente alle interazioni tra il magma residuo e l'acqua (*Attività Idromagmatica Finale*): esplosioni caratterizzate da energie veramente notevoli, provocano la formazione di tutta una serie di crateri eccentrici, più o meno allineati in direzione nord - sud, i più importanti dei quali (anche sotto il profilo paesaggistico) sono quelli di Ariccia, Nemi ed Albano, ai quali si aggiungono quelli di Prata Porci, Castiglione, Pantano Secco, Valle Marciana e Giuturna. Le ultime datazioni disponibili indicano che i prodotti più recenti di questa ultima fase sono rappresentati dai materiali eruttati dal cratere di Albano, e risalgono a circa 20.000 anni fa.

Passando in visione – attraverso un criterio cronostratigrafico - gli altri domini geologici rappresentati nel territorio del Lazio, va dapprima evidenziata la presenza di un limitato affioramento del "BASAMENTO METAMORFICO" di età Paleozoico superiore – Triassico, in corrispondenza del medio tratto del F. Fiora al confine con la Toscana (Monti Romani). Si tratta di rocce a basso grado di metamorfismo (filladi, quarziti micacee e metaconglomerati) fortemente alterate dall'attività tettonica. Unico altro sito in cui il basamento affiora nel Lazio è l'isola di Zannone, con un piccolo lembo di terreni triassici (quarziti).

LA DORSALE APPENNINICA. Altro grande dominio geografico-geologico che caratterizza il terri-

torio della Regione Lazio è costituito dalla dorsale appenninica, che - nel suo insieme – copre un altro 30% circa della superficie della regione. Tale "macrosistema" è prevalentemente rappresentato da sedimenti carbonatici di età mesozoica deposti in differenti ambienti di sedimentazione. Alla scala del presente lavoro, è sufficiente individuare due grandi domini sedimentari, che hanno dato luogo alla formazione di serie stratigrafiche differenziate ed oggi nettamente individuabili sul terreno: una appartenente *al Dominio di Piattaforma Carbonatica* ed una afferente al *Dominio di Transizione* verso il bacino Pelagico. La prima è nota in letteratura geologica con il nome di Serie Laziale – Abruzzese, ed è geograficamente individuata da due allineamenti montuosi: uno più interno, rappresentato dai Monti Simbruini – Monti Ernici – Monte Cairo, e l'altro prossimo alla linea di costa tirrenica e rappresentato dalla struttura dei Monti Lepini – Monti Ausoni – Monti Aurunci. Le due dorsali, sviluppate in direzione NW-SE, sono separate da una fascia morfologicamente e strutturalmente ribassata costituita dalla Valle Latina dove il basamento calcareo risulta coperto da coltri di varia potenza di depositi terrigeni sintettonici (Formazione di Frosinone), da depositi marini e continentali Plio-Pleistocenici ed, infine, da depositi alluvionali recenti (Olocene – Pleistocene). Dal punto di vista litostratigrafico questa serie di piattaforma persistente è costituita da una potente e monotona pila di sedimenti calcarei e calcareo-dolomitici, che vanno dai più antichi calcari e dolomie del Triassico superiore ("Formazione di Filettino"), attraverso potenti spessori (migliaia di metri) di calcari, calcareniti e calciruditi depostisi lungo tutto il Giurassico e Cretacico sino alla prima Epoca cenozoica (Paleocene) per finire con i calcari organogeni di mare poco profondo del Miocene medio. Dal punto di vista strutturale e tettonico l'azione orogenetica che ha prodotto l'attuale assetto e posizionamento delle due dorsali carbonatiche di piattaforma citate si è svolta prevalentemente nel periodo Neogenico (Tortoniano – Messiniano); come in altre aree dell'Appennino, probabilmente anche in questo settore la tettonica compressiva si è sviluppata in diverse fasi, a partire dal settore lepino-ausono-aurunco per arrivare, nella fase messiniana, a quello ernico-simbruino. In sostanza, l'attuale assetto strutturale si è venuto a determinare per "la migrazione nel tempo del sistema orogenico (catena-avanfossa-avampaese) dai settori occidentali verso quelli orientali[1]".

L'altro grande domino appenninico presente nella nostra regione è costituito dal Dominio di transizione, ossia da quella serie di sedimenti che si sono deposti in una fascia di transizione, dal punto di vista paleogeografico ed ambientale, tra le aree di piattaforma carbonatica (mare sottile) e le aree pelagiche, ossia caratterizzate da mare aperto e profondo. Il carattere "transizionale" di questi depositi sedimentari è determinato dal fatto che il materiale proveniente dalla piattaforma si mescola con il materiale del bacino pelagico in corrispondenza di una scarpata morfologica sottomarina. Ad una scala geologica più ampia, che prenda in considerazione anche porzioni di territorio fuori dalla regione, il Dominio pelagico è rappresentato dalla Serie Umbro-Marchigiana; ciò che affiora all'interno del Lazio è invece la Serie di transizione, ben rappresentata nei Monti Prenestini e nei Monti Sabini. Dal punto di vista litostratigrafico, la "colonna tipo" delle Unità di Transizione risulta meno uniforme e monotona di quella delle Unità di piattaforma cabonatica: al di sopra delle evaporiti triassiche, infatti, troviamo dapprima la formazione del "Calcare massiccio" del Giurassico inferiore, seguito stratigraficamente dalle formazioni giurassiche lacunose dovute agli alti morfostrutturali e costituite da calcari nodulari, marne calcaree e micriti; in facies eteropica rispetto ai precedenti, ma con una età che si estende sino al Cretacico inferiore troviamo i calcari, calcari marnosi, marne e marne argillose – spesso selciferi – contenenti depositi calcareo-clastici provenienti dalla Piattaforma Laziale-Abruzzese; il periodo compreso tra il Cretacico inferiore ed il Miocene inferiore è rappresentato sempre da rocce calcareo-marnose o schiettamente marnose, a luoghi selcifere, conosciute nella letteratura geologica con i nomi di Formazioni del "Bisciaro", della "Scaglia cinerea", della "Scaglia" e delle "Marne a Fucoidi"; la serie di transizione si chiude al tetto con argille marnose ("Marne a Pteropodi" Auct.) e marne calcaree emipelagiche con intercalazioni di calcari risedimentati ("Marne con Cerrogna" e "Formazione di Guadagnolo" Auct.) che arrivano sino al Miocene superiore. Dal punto di vista della strutturazione della Catena Appenninica, anche il Dominio Sabino può essere divise in unità interne ed esterne, in funzione della fase temporale in cui è avvenuta la loro deformazione: mentre il settore dei Monti Prenestini-Monti Tiburtini-Monti Lucretili - Monti Cornicolani ha, infatti, subito le spinte orogenetiche nel Tortoniano, la restante porzione (Monti Ruffi-Monti Sabini orientali-Monti Reatini) ha preso parte alla formazione della Catena Appenninica solo nel Messiniano. Una fase tettonica compressiva successiva a quella messiniana si è avuta, poi, nel Pliocene inferiore interessando queste porzioni di crosta già coinvolte nella catena appenninica; le superfici di sovrascorrimento di questa ultima fase non possono essere inseriti nella dinamica spazio-temporale con cui si sono sviluppati i fronti di accavallamento della catena, e sono pertanto indicati come "sovrascorrimenti fuori sequenza". L'elemento principale di questi è rappresentato dal fronte Olevano – Antrodoco, il più esterno della Falda Sabina, che rappresenta pertanto il lineamento di separazione tra il *Dominio di transizione* ed il *Dominio di Piattaforma*.

[1]D. Cosentino, M. Parotto "La struttura dell'Appennino centrale", in "Guide geologiche regionali: il Lazio".

Successivamente alla fase orogenica durante la quale si è venuto a costruire l'edificio a falde sovrapposte dell'Appennino (due delle quali sono per l'appunto la Serie di Transizione e la Serie Laziale Abruzzese) si è attivata una tettonica distensiva, connessa con lo sviluppo del Bacino Tirrenico, durante la quale all'interno delle falde impilate si sono create fasce ribassate ("Fosse tettoniche" o "Graben") invase dal Mare Tirreno nel Plio-Pleistocene. In tali bassi strutturali si imposta, quindi, una fase di sedimentazione, con complete sequenze trasgressive (argille-sabbie-conglomerati) note in letteratura scientifica come CICLO NEOGENICO (in relazione all'età) o Ciclo Sedimentario Postorogenico (in relazione alla causa che ha prodotto le aree ribassate su cui è ingredito il mare). I sedimenti terrigeni di questo ciclo sono diffusamente presenti nei Bacini intramontani, in particolare nella porzione terminale del Bacino Tiberino (Graben del Tevere), del Bacino reatino-cigolano e nella parte terminale della Valle Latina (limiti SE della Regione).

I sedimenti più recenti in affioramento nella Regione Lazio sono rappresentati dai DEPOSITI QUATERNARI che costituiscono le Pianure Costiere ed i fondi alluvionali delle valli fluviali.

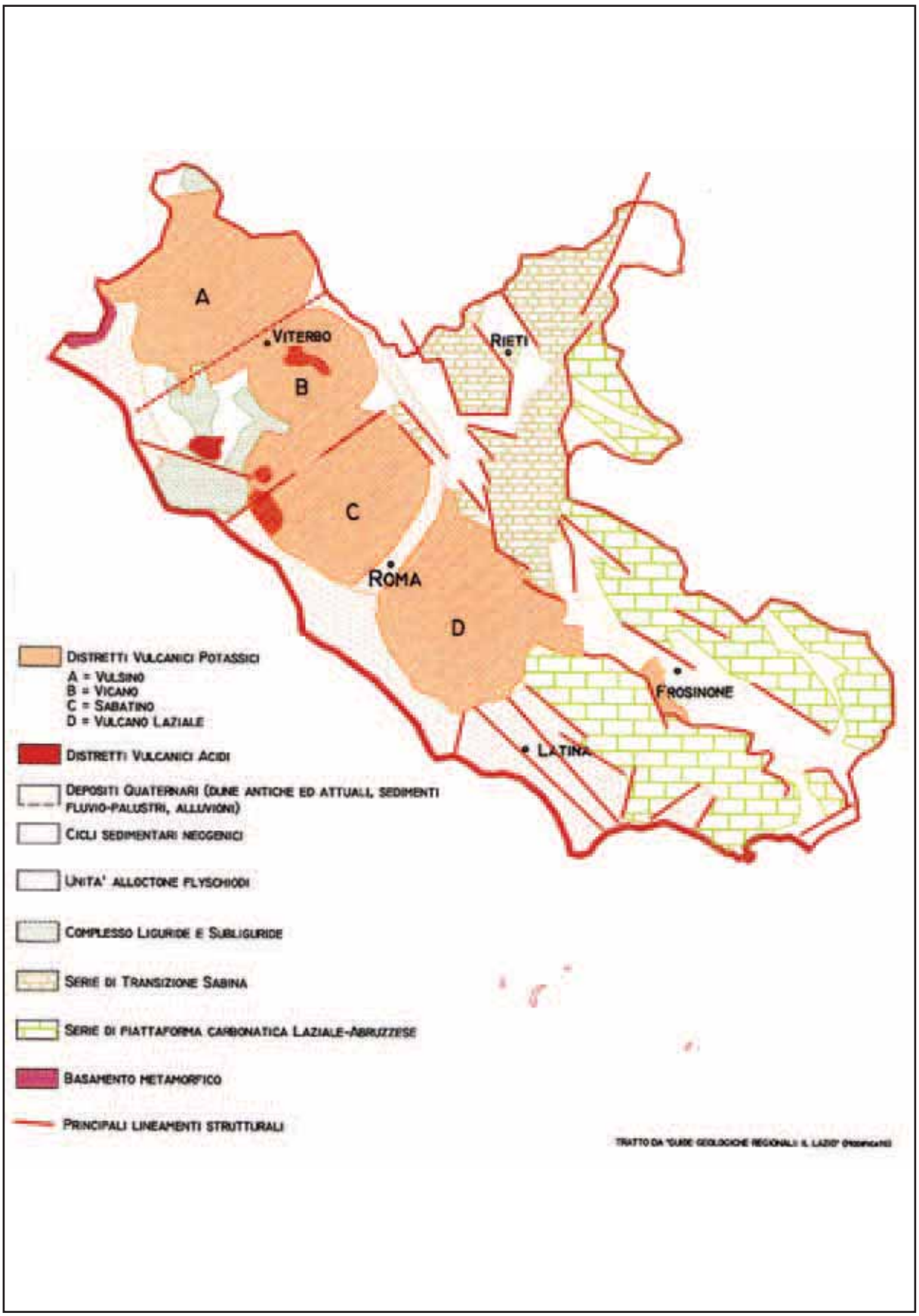
Tra i depositi recenti, maggiore interesse dal punto di vista geologico-geografico rivestono le Pianure costiere, ed in particolare l'Agro Pontino; queste sono costituite in affioramento da una fascia di depositi eolici (sabbie con orizzonti argillificati di paleosuoli) che rappresentano i cordoni dunari antichi e recenti; con una larghezza sino a qualche chilometro, separano dalla costa i depositi più interni, di origine fluvio-palustre e di natura limo-argillosa.

Una collocazione autonoma trovano i terreni flyschiodi a forte alloctonia delle UNITÁ LIGURIDI E SICILIDI.

Le formazioni appartenenti a tali Unità, costituite da marne, argilliti, calcari marnosi ed arenarie, sono di età compresa tra il Cretacico superiore e l'Oligocene, e si tratta di flysch legati alla messa in posto di una precedente e precoce catena al termine della chiusura del bacino ligure-piemontese.

Nel territorio della Regione Lazio queste unità sono significativamente rappresentate in affioramento in tutto il settore dei Monti della Tolfa, in particolare con una successione argillitica con intercalazioni silicee, calcaree, marnose ed arenacee.

Fig. 8.1 Schema geologico della Regione Lazio



8.2 Geomorfologia del Lazio

M. Amodio, G. Bovina

Una breve descrizione del paesaggio fisico del Lazio può partire dalle grandi Unità o Domini geologici sopra descritti: i caratteri geologici comuni all'interno di ciascuno di loro o – al contrario – le differenze reciproche, hanno infatti chiaramente influenzato l'azione degli agenti esogeni, modellatori della superficie terrestre (gli agenti atmosferici, le acque correnti, il mare, i ghiacci). Le grandi strutture geomorfologiche sono, pertanto, praticamente coincidenti con le Unità o Domini geologici individuati: i grandi distretti vulcanici, le pianure costiere, le dorsali appenniniche carbonatiche Lepino-ausono-aurunca e Simbruino-ernica e la relativa valle di separazione (la Valle Latina), le dorsali calcareo-marnose più disarticolate delle precedenti della Sabina, la porzione terminale dalla Valle Tiberina. All'interno di queste grandi strutture geomorfologiche si raggiungono situazioni di uniformità e tipicità tali da poter definire, in alcuni casi, veri e propri ***morfotipi caratteristici***, tra i quali si possono elencare:

I distretti vulcanici acidi: caratterizzati da ampi ripiani ignimbritici dai quali si innalzano con fianchi relativamente ripidi i rilievi lavici cupoliformi (domi).

I distretti vulcanici alcalino-potassici caratterizzati da attività centrale (Vico e Colli Albani): si individuano edifici centrali ben sviluppati, di dimensioni notevoli nei Colli Albani, con la tipica forma conica troncata nella porzione superiore e fianchi a debole pendenza. In corrispondenza delle aree sommitali si individuano le ampie depressioni dovute a collassi calderici.

I distretti vulcanici alcalino-potassici caratterizzati da attività areale (Vulsini e Sabatini): sono morfologicamente più tabulari dei precedenti e caratterizzati dalla presenza di molti centri di emissione sparsi nell'area. Entrambi sono caratterizzati dalla presenza di una depressione vulcano-tettonica occupata da un bacino lacustre, da depressioni calderiche eccentriche (Latera per i Vulsini; Sacrofano e Baccano per i Sabatini) e da numerosi centri di emissione diffusi e morfologicamente ben individuabili (coni di scorie).

Il reticolo idrografico di tutti i distretti vulcanici laziali risulta fortemente caratterizzante, oltre che per il pattern di drenaggio (per lo più centrifugo) soprattutto per le pareti vallive fortemente acclivi (spesso subverticali) e gradonate, per l'alternanza fitta di litologie a diversa competenza (lave e piroclastiti); i fondi vallivi sono spesso appiattiti da fenomeni di sovralluvionamento conseguenti al sollevamento eustatico del livello marino e al ritiro dei ghiacci.

Il carsismo di superficie. Nel Lazio il modellamento legato a fenomeni carsici è molto spinto, e sono diffusi tutti i tipi di strutture di superficie dalla scala macroscopica a quella microscopica. Tra le prime sono molto diffusi i "bacini carsici", ampie depressioni dalle dimensioni dell'ordine del km2 con tipiche forme a conca o allungate, a volte costituiti dalla coalescenza di diversi bacini minori (es.: Bacino di Pastena nei Monti Ausoni). Tra i bacini più importanti – per dimensioni e forma – si ricordano quelli dei Monti Ausoni-Aurunci (Pantano di Lenola, Campo Soriano, Piano delle Saure, Piano del Campo, Conca di Campodimele) e gli Altipiani di Arcinazzo nei Monti Ernici. All'interno di questi bacini si sviluppano tutte le mesoforme carsiche caratteristiche: doline, lapiez, campi carreggiati, etc.

Il carsismo ipogeo. Altrettanto sviluppato e studiato è il carsismo ipogeo della Regione Lazio, con circuiti carsici di inghiottitoi, pozzi e gallerie lunghi anche alcuni chilometri. Si ricordano a tal proposito le cavità presenti nel settore dei Monti Prenestini – Monti Affilani; le Grotte di Pastena negli Ausoni; l'inghiottitoio di Pietrasecca nei Monti Carseolani ed i circuiti della dorsale dei Lepini.

8.2.1 Assetto idrografico

La rete idrografica del territorio laziale è sostanzialmente rappresentata da due sistemi principali: quello del F. Tevere, per l'area settentrionale e quello del F. Liri – Garigliano, per l'area meridionale.

Il **F. Tevere**, con una superficie totale del bacino di circa 17.200 km2 (di cui circa il 60% ricade nel Lazio), rappresenta la principale via d'acqua della regione. In questo ambito territoriale, il tratto iniziale ha un andamento appenninico (NW-SE) lungo il quale, in riva destra, il fiume raccoglie le acque dei versanti orientali degli apparati vulcanici vulsino, cimino, vicano e sabatino. In riva sinistra, attraverso il F. Nera riceve il contributo consistente di alcune importanti strutture carbonatiche appenniniche (Monti Sabini, Monti Reatini, Monti Cicolani). Approssimativamente all'altezza della confluenza con il F. Farfa, il F. Tevere muta direzione ed assume un andamento quasi trasversale al precedente (NNE-SSW); in questo tratto in destra idrografica riceve il drenaggio del reticolo dei versanti meridionali dell'apparato sabatino mentre in riva sinistra è rilevante il contributo del F. Aniene che drena, oltre all'intera struttura simbruina, i versanti settentrionali dei Monti Prenestini e dei Colli Albani. Come risulta anche dallo schema idrogeologico riportato in

Figura 8.2 (per quanto di estrema sintesi), si osserva una profonda differenza dell'assetto idrografico dei territori in riva destra ed in riva sinistra; questa differenza è dovuta alle differenti modalità di scorrimento degli apparati vulcanici, caratterizzati da un fitto reticolo idrografico sviluppato con andamenti centrifughi, rispetto a quelle delle strutture carbonatiche, a loro volta caratterizzate da una densità di drenaggio inferiore e con andamenti direttamente collegati ai lineamenti geologico-strutturali.

Il bacino del **F. Liri – Garigliano** ha una superficie complessiva di circa 4.900 km2 dei quali circa 3.750 km2 interessano il Lazio. Il maggior affluente di sinistra è il F. Sacco che scorre nell'ampia Valle Latina, a prevalente andamento NW-SE; il F. Liri in riva destra riceve dapprima il contributo del F. Melfa e successivamente quello del F. Gari, dopo la cui confluenza muta drasticamente direzione e prende il nome di Garigliano. Nell'insieme il reticolo di questa porzione di territorio ha uno schema di tipo rettangolare, sostanzialmente controllato da lineamenti tettonici ad andamento appenninico (NW-SE) ed antiappenninico (NE-SW).

Anche in termini di deflusso idrico superficiale il F. Tevere ed il F. Liri-Garigliano forniscono alla regione il contributo maggiore, infatti più dell'80% del deflusso totale medio di acque continentali raggiunge le coste del Lazio e si riversa a mare attraverso questi due fiumi.

Il regime di portata del F. Tevere si differenzia nettamente tra la porzione settentrionale del bacino, che può essere considerata schematicamente esterna al territorio regionale, posta a monte della confluenza con il F. Nera, e la porzione meridionale posta a valle della stessa confluenza. Nel porzione settentrionale del bacino prevalgono affioramenti di litologie poco permeabili che determinano un regime fortemente legato al ruscellamento e quindi alla distribuzione ed all'entità delle precipitazioni. Nel settore meridionale, lungo il confine regionale, il regime di portata del fiume muta drasticamente per effetto dei contributi del sistema Nera-Velino che, drenando gli acquiferi delle strutture carbonatiche appenniniche, determina il notevole incremento e la sensibile stabilizzazione della portata. Più a valle la confluenza con il F. Aniene contribuisce ulteriormente all'aumento ed alla stabilizzazione del deflusso.

Nell'ambito del bacino idrografico del F. Liri – Garigliano le caratteristiche di permeabilità e gli andamenti morfo-topografici, prevalentemente rappresentati da depositi di piattaforma carbonatica, determinano un'elevata infiltrazione efficace e conseguentemente lo scarso sviluppo del reticolo idrografico e basso ruscellamento (Fig. 8.2). Il regime di deflusso del F. Liri Garigliano, alimentato da grandi sorgenti degli acquiferi carbonatici risulta quindi particolarmente stabile, ad eccezione del F. Sacco, privo di emergenze particolarmente significative.

I bacini minori del Lazio assommano ad una superficie dell'ordine di 6.300 km2; in termini di deflusso medio verso mare essi non superano il 20% circa del totale con un contributo stimato di circa 75 mc/sec, comprensivo delle perdite verso mare delle sorgenti sottomarine.

Partendo dal limite settentrionale e scendendo lungo costa i corsi d'acqua principali sono: F. Fiora (sup. totale del bacino pari a 826 km2 solo parzialmente compreso nel territorio regionale), F. Marta (1071 km2), F. Mignone (496 km2), F. Badino (708 km2).

Il bacino del **F. Fiora** è impostato su formazioni geologiche mediamente poco permeabili, rappresentate da flysch e da terreni di origine marina argilloso-sabbiosi, presenta un regime idrologico, coerente con la natura litologica degli affioramenti, caratterizzato da ruscellamento elevato nelle stagioni autunnali-invernali con portate 3- 4 volte superiori a quelle estive.

I terreni che costituiscono il bacino imbrifero del **F. Marta** sono essenzialmente di natura vulcanica e solo verso la costa sono rappresentati da depositi argillosi recenti. Essendo l'emissario del lago di Bolsena, il quale drena la gran parte dell'apparato vulcanico vulsino, nel tratto alto del proprio percorso il F. Marta ha un regime di deflusso confrontabile con quello delle grandi sorgenti lineari e puntuali dell'Italia Centrale. Proseguendo verso mare, nell'attraversare terreni a minore permeabilità, la portata del fiume risente in modo apprezzabile del ruscellamento specie nei periodi piovosi.

Nel bacino del **F. Mignone** prevalgono affioramenti poco permeabili rappresentati da flysch e depositi marini argilloso-sabbiosi, mentre i prodotti vulcanici sabatini, maggiormente permeabili, risultano subordinati. Il deflusso idrico è chiaramente influenzato dal ruscellamento che determina un regime fortemente impulsivo con episodi di piena molto rilevanti ed a rapido esaurimento.

Il **F. Badino** costituisce il tratto terminale di un sistema idrografico che comprende il F. Amaseno, il F. Ufente ed il Canale Linea Pio. In particolare per l'Ufente ed il Linea Pio, il deflusso è in massima parte originato dal regime delle grandi sorgenti alimentate dalle strutture carbonatiche dei Monti Lepini, poste al contatto tra i rilevi ed i depositi limoso-argillosi della Pianura Pontina. A queste si aggiunge il contributo

delle emergenze che alimentano il tratto alto del F. Amaseno; queste ultime, a regime nettamente carsico, hanno per questo motivo carattere impulsivo e forniscono un apporto limitato. Alla componente di flusso delle sorgenti puntuali e lineari, poste in prossimità del bordo nord orientale della Pianura Pontina, si sommano i contributi delle acque meteoriche e di drenaggio laterale, raccolte da una fitta rete di canali di bonifica che attraversa terreni limoso-torbosi, topograficamente depressi.

Fig. 8.2 Schema idrogeologico della Regione Lazio

A. Trigila, D. Berti

8.3 Caratteri geologici e geomorfologici della regione Lazio e delle regioni limitrofe

8.3.1 Caratteri geologici e geomorfologici della regione Lazio

Il territorio della Regione Lazio presenta una elevatissima varietà di contesti geologici e geo-ambientali, dai rilievi calcarei del reatino, del frosinate e dell'interno della provincia di Latina, alle estese pianure alluvionali e fluvio-lacustri di Roma e dell'Agro Pontino, agli imponenti apparati vulcanici pleistocenici, attualmente occupati da grandi bacini lacustri, alle zone umide costiere del Circeo, caratterizzate da alta qualità ambientale e notevole biodiversità.

Nel settore appenninico della provincia di Rieti e Frosinone si ergono due dei principali massicci della catena laziale: il monte Terminillo a nord, con i suoi 2213 m s.l.m. e il monte Viglio a sud, alto 2156 m s.l.m.

A tanta varietà di ambienti geologici corrisponde un'eguale articolazione di forme e domini morfostrutturali, diversamente caratterizzati e con evoluzione differenziata. I caratteri geomorfologici del territorio, la tipologia ed evoluzione dei fenomeni di dissesto sono il risultato della sovrapposizione di più fattori, sia di tipo climatico, sia antropico, sia derivanti dall'assetto geologico-strutturale generale.

Inquadramento geologico-strutturale

Per quanto riguarda l'assetto e le caratteristiche litologiche del substrato, nell'area laziale, possono essere distinti tre domini paleogeografici cui attualmente corrispondono altrettante grandi unità strutturali: il *dominio toscano*, con una successione calcareo-marnosa esclusivamente di mare profondo meso-cenozoica e silicoclastica oligocenica, affiorante nel settore nordoccidentale della regione (Monti della Tolfa); il *dominio umbro-sabino*, caratterizzato da una successione calcarea e calcareo-marnosa meso-cenozoica di mare evolvente da poco a molto profondo, affiorante nei rilievi omonimi e nell'alto reatino; il *dominio della piattaforma laziale-abruzzese-campana*, con una successione calcarea di mare basso, attualmente esposta in affioramento nei rilievi al confine Lazio-Abruzzo, nella dorsale dei Simbruini-Ernici e nei rilievi della fascia costiera a sud di Roma (Monti Lepini e Ausoni-Aurunci) (Fig. 8.3.1).

Già ad un primo sguardo generale, la più importante linea tettonica a scala regionale è costituita dalla cosiddetta *linea Olevano-Antrodoco Auctt*., ad andamento ca. N-S, cui corrisponde attualmente un sovrascorrimento delle unità paleogeografiche dei rilievi sabini e del reatino al di sopra delle successioni calcaree della piattaforma laziale-abruzzese. In generale l'asse delle principali strutture deformative compressive (pieghe e sovrascorrimenti) e delle attuali dorsali rilevate, all'interno della successione umbro-sabina, è prevalentemente N-S, mentre nelle unità abruzzesi e nelle catene costiere prevalgono direzioni NO-SE.

L'evoluzione geodinamica dell'Appennino laziale può essere descritta secondo un modello di migrazione spazio-tempo verso est di un sistema orogenico catena-avanfossa, dove sistematicamente depositi terrigeni arenacei hanno riempito una depressione (avanfossa), situata al fronte della catena in sollevamento. Tali depositi attualmente sono presenti in affioramenti di ridotte dimensioni (Fig. 8.3.1) lungo la Valle Latina, in prossimità di Olevano, in un limitato settore della conca di Terni e, più ad est, lungo le valli del Salto-Turano e nell'alto reatino.

Depositi arenacei di età più antica si ritrovano anche nei Monti della Tolfa, appartenenti alla successione Toscana alloctona.

Secondo tale schema la strutturazione dei rilievi laziali nella catena appenninica, iniziata nel tardo Oligocene, procede sino al Tortoniano-Messiniano e Pliocene inferiore. In questo arco di tempo si realizza l'accostamento della falda toscana sul bacino umbro-sabino, la strutturazione delle catene costiere del sistema Lepini-Ausoni-Aurunci, la deformazione del bacino sabino (Tortoniano) ed il suo sovrascorrimento sui carbonati della piattaforma laziale-abruzzese (Pliocene). I più giovani depositi terrigeni di avanfossa affioranti, nell'alta valle del Velino-Conca di Amatrice (Formazione della Laga) sono del Messiniano inferiore.

A partire dalla fine del Miocene, anche il settore laziale dell'appennino viene interessato da un'intensa fase tettonica distensiva, prevalentemente con assi NO-SE, connessa con l'apertura del Tirreno. In questo modo, nel Pliocene, si individuano dapprima nuove fosse tettoniche subsidenti, in mare poco profondo, che vengono via via colmate da depositi argillosi e siltoso-arenacei, attualmente affioranti principalmente nella Bassa Sabina e nella valle del Tevere; successivamente, dal Pleistocene inferiore, tali aree emergono definitivamente, ospitando una sedimentazione clastica più grossolana in ambiente continentale, con la formazione del paleo-corso degli attuali grandi fiumi (Tevere, Farfa, Aniene) e di relative pianure costiere.

Dopo una fase di stasi delle deformazioni, l'attuale assetto morfologico si raggiunge attraverso l'attivazione della ben nota fase di sollevamento e distensione del Pleistocene inferiore, quando il reticolo idrografico viene ridisegnato dall'ulteriore sviluppo delle conche intermontane e pedemontane (Rieti, Leonessa, Sora, Latina) o da fenomeni di ribassamento e/o basculamento che invertono la direzione del precedente drenaggio. Il caso forse più noto viene rappresentato dalla

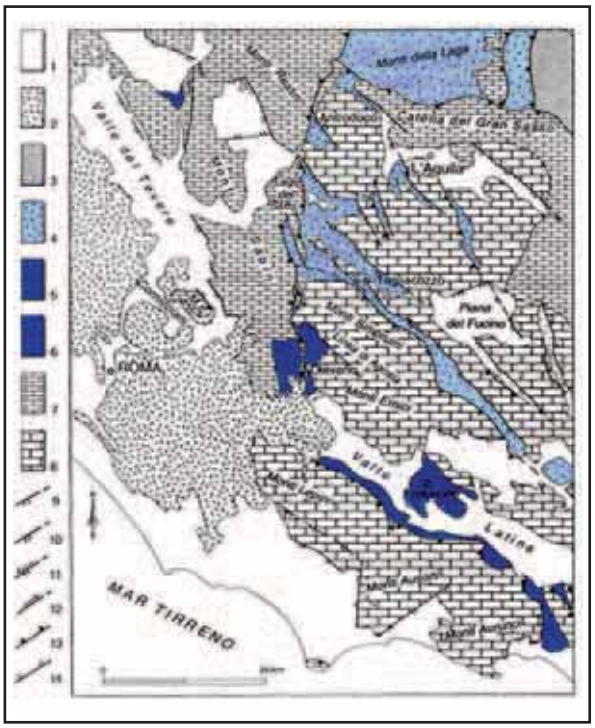


Fig. 8.3.1: Schema geologico-strutturale dell'Italia centrale. 1: depositi marini e continentali plio-pleistocenici e coperture alluvionali recenti, 2: vulcaniti pleistoceniche; 3: depositi terrigeni di avanfossa del Pliocene (Formazione Cellino); 4: depositi terrigeni di avanfossa del Tortoniano sup. - Messiniano (Formazione Argilloso-arenacea; Formazione della Laga); 5: depositi terrigeni di avanfossa del Tortoniano (Formazione di Frosinone); 6: depositi terrigeni di avanfossa del Miocene inf.-medio (Formazione Marnoso-arenacea Umbra); 7: successione carbonatica di transizione del Trias-Miocene inf.; 8: successione carbonatica di piattaforma del Trias-Miocene inf.; 9: faglie dirette; 10: faglie trastensive; 11: faglie complesse; 12: faglia trascorrente; 13: sovrascorrimento; 14: retroscorrimento (da Cipollari e Cosentino 1991-2,1993)

conca di Rieti, dove il drenaggio, in precedenza disposto verso il bacino del Farfa, viene orientato verso il Nera e la conca ternana.

Dalla fine del Pliocene, in connessione con la tettonica distensiva del margine tirrenico, si sviluppa dal confine Lazio-Toscana verso sud, un'intensa attività vulcanica che da origine ai prodotti della *Provincia Magmatica Toscana*. Questo vulcanismo, a chimismo prevalentemente acido e di provenienza crostale, si sviluppa nel tempo in fasi che si susseguono da ovest verso est ed ha dato origine ai distretti vulcanici di Tolfa-Cerite-Manziana, dei Cimini e delle Isole Ponziane.

Le unità deposte sono rappresentate prevalentemente da ignimbriti seguite, in minor misura, da domi. L'attività si estingue tra 1 e 0,8 M.A.

Successivamente, nell'ultimo milione di anni, in concomitanza con una nuova fase tettonica, già attiva dal pleistocene inferiore, inizia una nuova intensa fase di attività vulcanica che da luogo alla cosiddetta *Provincia Magmatica Romana*: si riattivano i grandi sistemi di faglie NO-SE ed altre a queste coniugate, mentre se ne sviluppano altri a decorso N-S, nell'ambito di una tettonica distensiva che porta progressivamente in subsidenza ampi settori della pianura costiera.

Questa attività vulcanica, caratterizzata da magmi di serie alcalino-potassica tipicamente sottosaturi in silice, che provengono da profondità subcrostali rispetto a quelle della Provincia Magmatica Toscana, continua per diverse centinaia di migliaia di anni. Malgrado la loro composizione, i magmi danno eruzioni altamente esplosive, con prodotti piroclastici prevalentemente di flusso ma anche di ricaduta ed idromagmatici. Da NO a SE si individuano i grandi distretti vulcanici Vulsino, Cimino-Vicano, Sabatino, Colli Albani, e più a sud, il distretto vulcanico della media Valle Latina. Nel settore di catena si individuano condotti minori come quello di Cupaello.

Le ultime manifestazioni vulcaniche, riferibili all'attività del Vulcano dei Colli Albani, risalgono a circa 20.000 anni fa.

Sismicità

Il territorio della regione Lazio è caratterizzato da un'attività sismica distribuita lungo zone sismogenetiche omogenee, generalmente allungate in senso NO - SE, con sismicità crescente procedendo dal mare verso la catena appenninica, ad eccezione della zona costiera viterbese e di buona parte della provincia di Latina.

Nelle zone appenniniche, soprattutto per quanto riguarda le conche di Rieti, Sora e Cassino, si generano terremoti non frequenti ma di intensità elevata. Tra i più gravi verificatisi citiamo: il terremoto del 1349 (MCS = X) con due massimi in corrispondenza della Valle del Salto - L'Aquila e della dorsale Mainarde-Meta, probabilmente con il più elevato risentimento storico nella città di Roma (MCS = VIII); il terremoto del 1703 di Norcia - Alto reatino- L'Aquila (MCS = IX-X); il terremoto del 1915 di Avezzano, risentitosi in tutta la regione con intensità maggiore di MCS = VI; il terremoto del 1877 di Frosinone e Sora.

Gli apparati della Provincia Vulcanica Laziale, segnatamente i Colli Albani, sono sede di un'attività sismica che genera terremoti frequenti ma di intensità moderata.

Tra questi ricordiamo, ad esempio, i terremoti del 1806 e del 1927 con MCS = VIII, quello del 1899 con MCS = VII, che ha prodotto i massimi danni su Roma per un sisma di origine locale.

Di recente (2003) per tutto i territorio regionale è stata proposta una nuova classificazione sismica dalla quale risulta che le aree a maggior pericolosità sono l'interno della provincia di Frosinone, l'Alto Reatino e il Salto-Cicolano.

Geomorfologia e assetto idrografico

Il paesaggio fisico della regione Lazio presenta, come accennato in introduzione, una grandissima varietà di strutture morfologiche primarie condizionate, nella loro evoluzione, principalmente dalla natura litologica e dall'assetto strutturale del substrato.

Osservando l'assetto geomorfologico a grande scala si delineano facilmente i principali ambienti morfostrutturali o grandi strutture geomorfologiche del paesaggio. Nel settore settentrionale e costiero spiccano i grandi apparati vulcanici pleistocenici, dove attualmente grandi depressioni tettono-vulcaniche sono occupate da bacini lacustri piuttosto ampi. Nel settore centrale e meridionale si sviluppano l'imponente piana alluvionale costiera del Tevere e, più a sud, la Pianura Pontina, colmata nel Plio-Pleistocene da potenti successioni fluvio-lacustri e palustri. Nel settore orientale e sudorientale si evidenzia la struttura a dorsali calcaree allungate in senso NO-SE dei Lepini-Ausoni-Aurunci e dei Simbruini-Ernici, tra le quali è interposta l'ampia Valle Latina. Nell'area più interna spiccano, invece, i grandi rilievi dell'Alta Sabina e della Duchessa-Cicolano, ai margini dei quali si aprono le conche tettoniche di Rieti e di Borgorose-Avezzano.

Ognuno di questi grandi domini morfostrutturali presenta attività di forme e processi peculiari e rappresentativi. Nelle catene montuose costiere, nella dorsale simbruina ed ernica, dove sono presenti prevalentemente litotipi calcarei, hanno notevole sviluppo i fenomeni e le forme carsiche. Nelle aree della Sabina e del reatino dove affiorano rocce calcareo-marnose della successione pelagica o dei depositi terrigeni, il carsismo è meno evidente e prevalgono fenomeni di modellamento per azione delle acque correnti e/o incanalate. Nei settori di affioramento dei depositi vulcanici si assiste alla presenza di un reticolo superficiale ancora giovane, in rapida evoluzione e notevole approfondimento. Nei settori prossimi alla valle del Tevere, della Sabina o dell'alta pianura romana, con affioramento dei depositi argillo-sabbiosi pliocenici, tendono a manifestarsi prevalentemente fenomeni erosivi superficiali, sia areali che concentrati, che determinano una franosità diffusa. Nella piana alluvionale tiberina, l'evoluzione morfologica è condizionata, oltreché dagli eventi di piena del Tevere, essenzialmente dall'attività antropica; nella pianura pontina, interessata in passato da grandi opere di bonifica, il fenomeno più imponente è invece quello della subsidenza che è collegata ai fenomeni di compattazione recente dei sedimenti a componente organica e al ragguardevole abbattimento della falda per scopi irrigui.

Per quanto riguarda la distribuzione e tipologia dei dissesti franosi, si può notare come siano fortemente connessi sia al contesto morfostrutturale locale, sia alla litologia affiorante. Secondo il catalogo AVI (Aree Vulnerate Italiane), sul territorio regionale la tipologia più diffusa risulta essere quella di crollo (42%), seguita dagli scorrimenti s.l. (30%), dalle frane complesse (15%) e dalle colate (10%). Per quanto riguarda la distribuzione, le frane di crollo sarebbero più frequenti nella provincia di Viterbo, dove sono di gran lunga predominanti depositi vulcanici a comportamento rigido, mentre gli scorrimenti s.l. e le frane complesse sarebbero più frequenti nella provincia di Roma che presenta, per la sua estensione, la maggior articolazione di contesti geologici. La gran parte dei fenomeni gravitativi (87%) si produce a quote collinari, comprese tra 0 m e 600 m s.l.m.

Altri Autori (Prestininzi, 2000) hanno censito sull'intero territorio regionale ca. 900 fenomeni di crollo, 980 frane complesse, 360 colamenti e 250 tra scorrimenti rotazionali e traslativi; le aree interessate da maggior franosità e maggior rischio sono ubicate nella porzione nord - occidentale della provincia di Viterbo, nell'alto reatino e nel frosinate.

I diffusi fenomeni di crollo si originano per fessurazione e alterazione delle vulcaniti disposte in morfologia tabulare, o per scalzamento al piede operato dall'azione delle acque correnti quando sono presenti depositi argillosi alla base.

L'idrografia superficiale è rappresentata principalmente dai due grandi bacini del F. Tevere e del Liri-Garigliano. Il F. Tevere presenta un regime quasi torrentizio nel settore a monte della confluenza con il F. Nera dove scorre in territorio umbro; a valle della suddetta confluenza i contributi idrici del F. Nera e dell'Aniene tendono a stabilizzarne la portata. L'andamento degli affluenti del Tevere in sinistra idrografica viene direttamente regolato dai lineamenti tettonici principali. Per quanto riguarda il reticolo idrografico degli apparati vulcanici, esso è caratterizzato dalla tipica struttura radiale con andamento centrifugo.

Le linee di deflusso nel bacino del fiume Liri sono prevalentemente condizionate dai lineamenti strutturali e tettonici ed il reticolo assume la classica forma a maglia rettangolare. Il regime delle portate viene stabilizzato dalle imponenti sorgenti nei pressi di Cassino, che danno origine al fiume Gari.

Oltre a questi principali bacini idrografici, nel settore costiero dei diversi apparati vulcanici sono presenti corsi d'acqua di minor lunghezza ma di rilevante importanza, con drenaggio direttamente nel Mar Tirreno, quali, da nord a sud, il Fiora (Amiata, Vulsini), il Mignone (Tolfa), il Marta (Vulsini-Cimini-Vicani), l'Arrone (Sabatini), l'Incastro (Colli Albani).

Nel settore centro-meridionale della Pianura Pontina và citato il bacino dell'Amaseno-Ufente, alimentato prevalentemente dalle risorgive pedemontane dei Lepini, in cui il reticolo di drenaggio superficiale, scarsamente efficace, ha in tempi storici favorito l'im-

paludamento di vasti territori.

Il *carsismo* risulta piuttosto sviluppato sia nelle successioni di transizione della Sabina e del Reatino, sia nelle dorsali calcaree della Piattaforma Laziale-Abruzzese, dove però sono più diffuse forme carsiche epigee ed ipogee di maggiori dimensioni e sviluppo. Tra i condotti carsici di maggior rilievo citiamo il bacino di Pastena nei Monti Ausoni e la regione carsica a bacini chiusi dei Carseolani. Tra le conche carsiche si ricordano gli altopiani di Arcinazzo e il bacino di Campodimele.

Alcuni fenomeni di sprofondamento rapido del terreno *(sinkholes)*, studiati negli ultimi anni, sono tuttora oggetto di interesse da parte dei geomorfologi e spesso sono messi in relazione con l'evoluzione complessa di aree di pianura con basamento carsico, o con cavità di varia natura al di sotto di depositi fini recenti. Esempi eclatanti di questa tipologia di dissesto, sono visibili nella piana di San Vittorino (Rieti) e nelle vicinanze di Marcellina (Roma) e di Doganella (Latina) (Foto 8.3.1).

Foto 8.3.1: La voragine da collasso (sinkhole) di Doganella (LT).

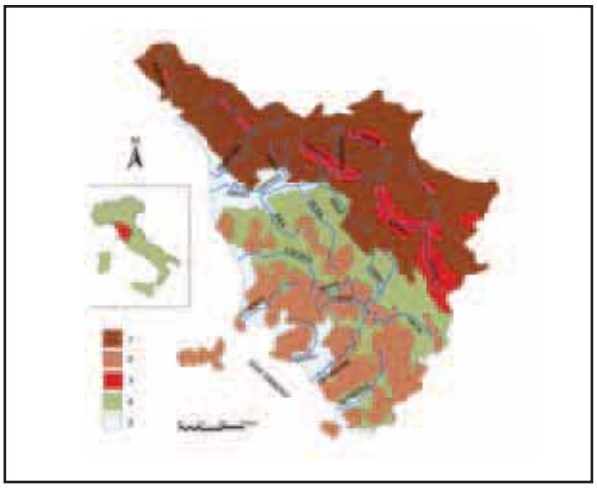
Il fondo della depressione risulta occupato da un bacino idrico per emersione della falda

8.3.2 Lineamenti geologici e geomorfologico della regione Toscana

Dal punto di vista geologico, la Toscana si colloca nel settore dell'Appennino settentrionale di raccordo tra il dominio ligure e quello tosco-umbro-romagnolo ed è caratterizzata da una grande varietà di contesti morfostrutturali, conseguenza della complessa successione di eventi geologici che hanno caratterizzato la storia evolutiva del suo territorio.

La regione, che per estensione si colloca al 5° posto in Italia con ca. 23.000 mq, presenta un paesaggio prevalentemente montuoso e collinare, dove le uniche aree pianeggianti di un certo rilievo sono situate nella fascia costiera e nella medio-bassa valle del fiume Arno (Fig. 8.3.2). I maggiori rilievi sono compresi nell'Appennino tosco-romagnolo, dove diverse cime sfiorano i 2000 m s.l.m., e nel massiccio apuano, che culmina con i 1945 m s.l.m del Monte Pisanino (Fig. 8.3.2). Lungo il margine occidentale della regione sono presenti diversi centri vulcanici inattivi, quali l'isola di Capraia, il centro di Montecatini Val di Cecina, l'apparato di Radicofani e il M. Amiata, nei pressi del confine con il Lazio.

Fig. 8.3.2: Inquadramento fisiografico della regione Toscana: 1): Catena appenninica; 2): Rilievi interni; 3): Bacini intermontani; 4): Aree collinari; 5): Pianure alluvionali e costiere (da Canuti et alii, 2000).



Inquadramento geologico-strutturale

Per fornire un quadro geologico d'insieme, vista la notevole complessità dell'assetto tettonico- stratigrafico e l'articolata storia geologica dell'arco appenninico toscano è necessario operare una notevole semplificazione dei modelli attualmente proposti nella bibliografia scientifica.

Questo settore dell'Appennino settentrionale è costituito da un edificio a pieghe e sovrascorrimenti strutturatosi nel Cenozoico, a partire dall'Eocene superiore-Oligocene inferiore, a seguito della progressiva traslazione da ovest verso est delle unità del *Bacino Ligure-Piemontese sul Dominio Toscano* (o *Falda Toscana* Auctt), a sua volta successivamente sovrapposto *all'Unità Cervarola-Falterona-Trasimeno della Zona Tosco-Umbra* e, infine, più a oriente, al sovrascorrimento di quest'ultima sul *Bacino della Marnoso-arenacea umbro-tosco-romagnola*.

Le *unità liguridi* sono caratterizzate dalla presenza di successioni ofiolitifere seguite verticalmente da sedimenti calcarei, calcareo-marnosi, selciferi, argillitici e arenacei di mare molto profondo, di età compresa tra il Giurassico e l'Eocene.

La *Falda Toscana*, nel suo settore occidentale, è articolata in tre zone (o unità), in funzione della posizione paleogeografica, dei rapporti geometrici e degli attuali affioramenti: *la Zona di Massa,* la *Zona delle*

Apuane, la *Zona Toscana s.s. o Falda Toscana non metamorfica Auctt,* la *Zona Tosco-Umbra*.

La *Zona di Massa* affiorante nel settore sudoccidentale delle Apuane, nei Monti Pisani e nei rilievi della fascia costiera sino all'Argentario è caratterizzata da un basamento paleozoico di quarziti, scisti porfirici e filladi, che è interessato da metamorfismo in facies di scisti verdi, seguito verticalmente da una successione sedimentaria triassica metamorfosata (formazione del Verrucano Auctt) e da una copertura di calcari mesozoici estremamente discontinua e ridotta.

La *Zona delle Apuane*, affiorante nell'omonima finestra tettonica e nel settore orientale dell'Isola d'Elba, è costituita da un basamento avente caratteristiche affini a quello della zona di Massa. A tale basamento seguono una successione carbonatica triassico-liassica con metamorfismo di alta pressione e bassa temperatura (Marmi di Carrara Auctt), e una successione cretacico-oligocenica di calcescisti, scisti sericitici e di meta-areniti della formazione del Macigno.

La *Zona Toscana s.s. o Falda Toscana non metamorfica Auctt*., scollata dal suo basamento di provenienza all'altezza dei depositi evaporatici triassici, affiora ad est delle Apuane ed in tutta la parte centrale ed orientale della regione.

La *Zona Tosco-Umbra* presenta forti analogie con la *Zona Toscana* per quel che riguarda la successione stratigrafica che è costituita da un complesso di base evaporitico del Trias, di cui non si conosce il letto, seguito da coperture calcaree e calcareo-marnose e, al tetto, dai depositi arenacei della formazione del Macigno Auctt.

Come nelle altre regioni dell'Appennino, procedendo da ovest verso est, l'età dei depositi arenacei di avanfossa decresce, cosicché, mentre le coperture terrigene della Zona Toscana e della Zona Tosco-Umbra sono attribuibili all'Oligocene e Miocene inferiore, i depositi della Marnoso-arenacea sono di età langhiano-tortoniana.

L'unità strutturale più elevata, costituita come detto, dalla falda liguride, viene scollata dal substrato di provenienza e traslata nel Bacino del Macigno durante l'Oligocene inferiore; sovrapposta sull'unità Falterona-Cervarola nel Miocene medio-superiore e definitivamente inserita come coltre alloctona nel bacino della Marnoso-Arenacea nel Tortoniano-Messiniano.

Nell'area tosco-romagnola, terreni alloctoni ad affinità liguride, argillitici e con struttura caotica, sono ricoperti da sedimenti argilloso-arenacei autoctoni e costituiscono la ben nota successione della *Colata della Val Marecchia Auctt*.

Per quanto riguarda le successioni del dominio ligure, inoltre, si deve aggiungere che, oltre ai diffusi affioramenti alloctoni presenti nell'alta Garfagnana, nei pressi del confine ligure, o trasportati tettonicamente all'interno delle successioni terrigene della Formazione del Macigno e della Marnoso-arenacea, sono presenti affioramenti autoctoni, in isolati lembi, nell'Isola di Gorgona e nella fascia costiera tra l'Ombrone e l'Argentario.

Fig. 8.3.2: Inquadramento fisiografico della regione Toscana: 1): Catena appenninica; 2): Rilievi interni; 3): Bacini intermontani; 4): Aree collinari; 5): Pianure alluvionali e costiere (da Canuti et alii, 2000).

A partire dal Miocene medio-superiore, mentre il settore orientale della catena, in corrispondenza del confine emiliano-romagnolo, è ancora in compressione, nel settore occidentale ha inizio la fase tettonica distensiva legata all'apertura del Tirreno che, attraverso l'attività di grandi sistemi di faglie dirette, disseca le strutture compressive e porta allo sviluppo di grandi depressioni tettoniche intramontane e costiere. Come per la fase compressiva, le deformazioni iniziano nei settori occidentali e si estendono nel tempo verso est, coinvolgendo segmenti sempre più "giovani" della catena. I primi bacini si individuano nel Tortoniano-messiniano, nell'attuale area tirrenica, e sono quelli di Val di Fine-Val di Cecina e Viareggio-Val di Magra; a questi seguono, verso est, quelli dell'Era e dell'Elsa, nel Pliocene inferiore, della Lunigiana, Garfagnana e Valdarno nel Pliocene superiore e infine quelli di Firenze-Pistoia, Mugello, Casentino, Val di Chiana e alta Val Tiberina, attivi dal Pleistocene inferiore. In alcuni casi, da questi bacini, tutti allungati in senso NO-SE parallelamente alle faglie, si originano valli fluviali (es. Garfagnana, Valdarno, alta Val Tiberina), in altri si vengono a formare più ampie pianure (Pianura di Pistoia, Val di Chiana) che ospitano il corso di importanti fiumi. Tali bacini divengono sede di deposizione di sedimenti sabbiosi e limosi, più raramente ghiaiosi, fluviali e fluvio-lacustri prevalentemente continentali. La geometria e l'evoluzione di tali bacini viene condizionata anche da alcune linee trasversali (linee Piombino-Faenza e Follonica-Val Marecchia), a direzione NE-SO, che ne interrompono la continuità rispetto alla direzione dei lineamenti tet-

tonici principali.

Nelle aree prossime al Mar Tirreno l'attività tettonica distensiva si attenua o cessa prima che nell'Appennino interno, dove è attualmente in corso; mentre in Garfagnana e in Lunigiana, nel corso del Quaternario, si registra una ripresa dell'attività tettonica che determina un ulteriore rimodellamento del paesaggio.

Nel corso del Pliocene la sedimentazione prosegue in ambiente marino, esclusivamente nelle aree situate nei pressi della Val D'Elsa e dell'empolese (Bacino della Val D'Elsa Auctt.) e, più in generale, tra le Province di Siena e Firenze. Depositi argillosi pliocenici di mare poco profondo o di transizione marino-continentale, si ritrovano anche nei bacini di Volterra e Radicofani. La presenza di un substrato con argille e argille-sabbiose è fra gli elementi predisponenti di maggior rilievo dei diffusi fenomeni franosi che riguardano oggi importanti centri abitati come Certaldo, Montespertoli, S.Casciano, Poggibonsi, S.Gimignano, Montepulciano ed altri ancora nel senese e nelle colline fiorentine.

Dal Miocene superiore al Pleistocene, la fascia costiera della Toscana è stata interessata da un magmatismo di età progressivamente più giovane, procedendo dagli apparati occidentali a quelli più orientali: dai 4-8 Ma dell'Isola d'Elba, dell'Isola Giglio e di Campiglia, ai 2-5 Ma del resto della Provincia Magmatica Toscana (Radicofani, Roccastrada, Montecatini Val di Cecina), per finire ai 1,4-0,2 Ma dei due grandi apparati dell'Amiata e dei Vulsini. Per il vulcanismo del territorio toscano, diversamente dagli altri apparati del margine tirrenico laziale e campano, il legame con la tettonica distensiva mio-plio-quaternaria non è così chiaro ed univoco o, in diversi casi, forse addirittura inesistente, e le interpretazioni sulla sua genesi ed evoluzione, ancora oggetto di studio, risultano molto più complesse.

Sismicità

Nella regione Toscana, la sismicità risulta prevalentemente concentrata nei settori di dorsale appenninica (settori tosco-emiliano-romagnolo e tosco umbro), nella Garfagnana e nella Lunigiana, ed è riconducibile a meccanismi attivati da faglie dirette e trastensive, con ipocentri relativamente profondi.Tale sismicità si differenzia sensibilmente da quella della zona ad est dello spartiacque appenninico (area emiliana e romagnola), dove prevale un campo di stress regionale ancora di tipo compressivo, con ipocentri piuttosto superficiali.

In particolare le aree di maggiore criticità risultano essere lo spartiacque Garfagnana-Lunigiana e il Bacino del Mugello. In epoca storica e recente gli eventi di maggior evidenza risultano essere quelli del Mugello 1919, con intensità MCS = IX-X e magnitudo Ms = 6.3, e della Garfagnana 1920, con intensità MCS = X e magnitudo Ms = 6.5.

Lineamenti geomorfologici

Le forme del paesaggio attuali sono il risultato finale di una lunga serie di processi attivatisi nel momento in cui la catena appenninica toscana si è sollevata, durante l'orogenesi, ed è pian piano stata traslata verso est sino a raggiungere l'attuale posizione. La successiva fase distensiva mio-plio-quaternaria, oltre a favorire un ulteriore aumento dei dislivelli e dell'energia del rilievo, ha determinato la formazione di nuovi bacini subsidenti, colmati da sedimenti continentali, sia nella fascia costiera che nelle zone interne. Il controllo dell'assetto strutturale sull'evoluzione delle forme del paesaggio risulta più evidente, rispetto all'influenza della litologia, nei settori dove la tettonica è attualmente ancora attiva, cioè nel massiccio delle Apuane, in Garfagnana, in Lunigiana, nei pressi del crinale appenninico tosco-umbro-emiliano e romagnolo, nel Mugello, nell'area del Casentino e della Val di Chiana. In queste aree il reticolo fluviale assume direzioni NO-SE, parallele ai principali lineamenti tettonici, speso dislocate da elementi trasversali orientati NE-SO, a volte disegnando un andamento complessivo medio risultante in direzione ONO-ESE (ad esempio nello spartiacque appenninico).

Negli altri casi, le forme attive sono in buona parte condizionate dalle caratteristiche litologiche del substrato come ad esempio l'area senese e quella fiorentina occidentale, o da un assetto morfologico ereditato da antichi processi deformativi, come è soprattutto nel settore costiero centrale e meridionale.

Dal punto di vista geomorfologico, in generale, il territorio della Regione Toscana si presenta molto accidentato; basti pensare che le fasce collinari e montane rappresentano il 90 % della superficie complessiva. Il territorio regionale può essere distinto in tre domini morfostrutturali: *la zona appenninica, la Toscana interna e la fascia costiera*.

La *zona appenninica* comprende, oltre alla dorsale appenninica vera e propria, anche il massiccio delle Alpi Apuane e culmina con i 2053 m s.l.m. del Monte Prato (al confine con la provincia di Reggio Emilia). Le forme acuminate e le pareti verticali, legate alla natura metamorfica e carbonatica dei rilievi, che contraddistinguono il massiccio costiero (Foto 8.3.2), lasciano il posto alle forme più arrotondate della dorsale appenninica, prevalentemente costituita da litologie arenacee e argillitico-marnose.

La *Toscana interna* è caratterizzata da forme collinari e rilievi poco acclivi, con i caratteristici paesaggi delle crete senesi e dei calanchi del volterrano. I rilievi, costituiti da depositi pliocenici, presentano generalmente al tetto della successione e in prossimità dei ripiani sommitali dei versanti livelli arenacei e conglomeratici che sono soggetti spesso a fenomeni di crollo e a scivolamenti roto-traslativi.

Sempre nel settore interno, le fasi di attività dei due

grandi vulcani dell'Amiata e dei Vulsini, hanno originato una morfologia da tabulare a conica, caratterizzata da un reticolo idrografico prevalentemente radiale. In queste aree, data la presenza di litologie a comportamento marcatamente rigido, l'evoluzione dei versanti, specialmente in presenza di linee di erosione in approfondimento come ad esempio nell'alto Bacino del Fiora, predispone prevalentemente sia a fenomeni di crollo che di ribaltamento.

La *fascia costiera* è caratterizzata da tratti litoranei sabbiosi di forma arcuata, interrotti non di rado da promontori rocciosi. Nel versiliese, la pianura costiera è ridotta ad una stretta fascia compresa tra il mare ed i rilievi delle Alpi Apuane, mentre è più ampia nel tratto terminale del fiume Arno e dell'Ombrone grossetano. In corrispondenza del promontorio del Monte Argentario, che anticamente costituiva un isola, nel corso del Pleistocene superiore-Olocene si è sviluppato un sistema complesso di cordoni sabbiosi litorali e bacini costieri di collegamento con la terraferma, che ha originato un territorio di grande valenza ambientale ed elevata singolarità geomorfologica.

Più in generale, le tipologie di movimento rilevabili sull'intero territorio regionale sono rappresentate prevalentemente da scorrimenti s.l., da fenomeni complessi e secondariamente da colate e crolli (Progetto AVI). Le litologie maggiormente coinvolte sono costituite dai detriti, derivanti dai complessi fliscioidi (Macigno e Arenarie del Cervarola) e dalle successioni carbonatiche delle Alpi Apuane dove abbondano i materiali di risulta delle cave di marmo, da accumuli di paleofrana, dalle argilliti del Complesso Caotico e dai depositi argillosi e sabbiosi del Pliocene marino. Gli scorrimenti e le colate lente mostrano una maggiore frequenza nelle argille plioceniche.

Il reticolo di drenaggio risulta principalmente controllato dai lineamenti tettonici regionali plio-quaternari, sia lungo faglie attive che, meno frequentemente, in prossimità di quelle inattive, secondo un allineamento prevalente in senso NO-SE, a volte seguito o preceduto da segmenti orientati in senso NE-SO (Fig. 8.3.3). Fanno eccezione a quanto sopra esposto, il corso del fiume Magra, in direzione N-S, ed il corso dell'Arno che da Firenze verso la foce è orientato approssimativamente E-O. In tutta la fascia costiera centromeridionale, le principali aste fluviali, quali quella dell'F. Ombrone, dell'Albegna, del Cornia e del Cecina, mostrano orientamento quasi esclusivamente in senso NE-SO perpendicolare alla costa. La scarsezza di importanti risorgive sul territorio regionale, conferisce anche ai principali corsi d'acqua, quali l'Arno, il Magra, il Serchio, l'Ombrone e, verso il confine laziale, il Fiora, una certa escursione stagionale nelle portate annue.

In diversi settori situati all'interno dei bacini tettonici plio-quaternari, quali il Chiani, la conca di Pistoia, il Bientina nella piana lucchese, la presenza di un reticolo di drenaggio superficiale a bassa efficienza ha in passato favorito l'instaurarsi di ambienti palustri o fluvio-lacustri. L'eredità recente ha indotto alla realizzazione di estesi sistemi di canalizzazione e regimazione delle acque, sia per la bonifica dei settori frequentemente sommersi che per la mitigazione del rischio per le attività antropiche.

8.3.3 Caratteri geologici e geomorfologici della regione Umbria

L'Umbria costituisce la porzione più meridionale dell'Appennino settentrionale, nei pressi del settore d'incontro con il dominio laziale abruzzese, delimitato dallo sviluppo della cosiddetta linea Olevano-Antrodoco Auctt. Per affinità morfo-strutturali e stratigrafiche, esso rappresenta le propaggini occidentali dell'Appennino marchigiano interno (Appennino umbro-marchigiano Auctt).

Il paesaggio presenta una parte più occidentale costituita da rilievi collinari o di bassa montagna in cui si riconoscono dorsali rilevate e depressioni morfologiche attualmente occupate dal corso di alcuni grandi fiumi quali il Tevere e il Paglia, ed una più orientale, prevalentemente montuosa, che costituisce l'ossatura dei rilievi al confine umbro-marchigiano a NE e umbro-laziale a SE. Nel settore di catena si evidenzia l'estesa dorsale dei Monti Sibillini, che raggiunge, con i 2478 m s.l.m. del Monte Vettore, la quarta cima più elevata dell'intero Appennino.

Come per i contigui settori laziali ed abruzzesi, le caratteristiche e l'evoluzione geomorfologica del territorio sono fortemente condizionate da fattori climatici e antropici, dall'assetto geologico-strutturale generale e dai processi connessi alle fasi tettoniche verificatesi dal Miocene superiore all'Olocene. A partire dal Pleistocene medio, il settore sudoccidentale della regione è stato coinvolto dall'attività del complesso vulcanico Vulsino.

Inquadramento geologico-strutturale

Dal punto di vista strutturale, l'Appennino Umbro-Marchigiano può essere convenzionalmente delimitato dalla successione alloctona della Val Marecchia a nord, dalla linea Olevano-Antrodoco o Ancona-Anzio, rappresentata nel settore in oggetto dal sovrascorrimento dei Monti Sibillini sui Monti della Laga a SE, dalla depressione strutturale Val di Chiana- Valle del Paglia ad ovest.

Le rocce affioranti appartengono al Dominio Toscano ed a quello Umbro-Marchigiano e sono costituite da una successione sedimentaria calcareo-marnosa prevalentemente deposta in mare profondo, di età terziaria e paleogenica, ricoperta dai depositi arenaceo-argillosi di avanfossa dell'Oligocene (formazione del Macigno nella Falda Toscana) o del Miocene medio-superiore (forma-

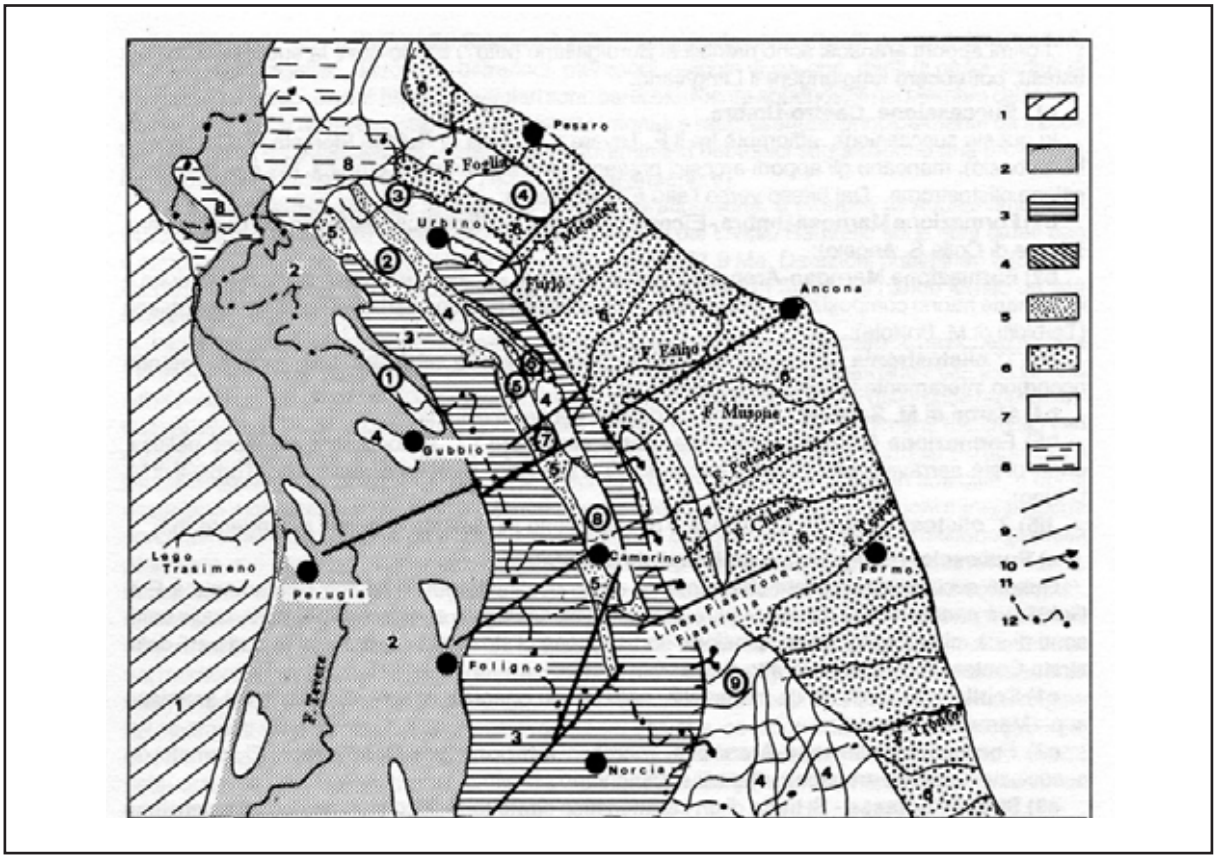
zione Marnoso-arenacea Umbra Auctt). Proprio a partire dal Miocene medio-superiore il settore umbro dell'Appennino viene coinvolto nell'orogenesi, con lo sviluppo di un edificio tettonico a pieghe e sovrascorrimenti a direzione da NO-SE a NNE-SSO e vergenza orientale, complessivamente arcuato con convessità verso est (Fig. 8.3.3). In questa fase il dominio toscano si sovrappone a quello umbro lungo il fronte di sovrascorrimento Falterona-Cervarola-Trasimeno, a direzione da ca. NNO-SSE a N-S, mentre a SE il dominio umbro viene traslato sulle arenarie del Bacino della Laga, di età messiniana, lungo il sovrascorrimento dei Sibillini (segmento della Olevano-Antrodoco-Accumoli), ad andamento anch'esso meridiano e NNE-SSO. Durante le fasi compressive, attive sino al Messiniano superiore-Pliocene inferiore, si strutturano tutte le dorsali rilevate principali, fra le quali la Dorsale Narnese-Amerina, i Monti Martani a sud, la Serra di Burano, M. Catria-M. Cucco, M. Subasio, i Monti Sibillini, solo per citare quelli con maggior evidenza strutturale.

A partire dal Pliocene medio si attiva una fase distensiva, con faglie a cinematica diretta o trastensiva, a direzione prevalente NO-SE, quindi coassiale alle principali strutture compressive nei settori più settentrionali e leggermente trasversale ad essi in quelli più meridionali. Tale fase, che raggiunge il suo acme dal Pleistocene medio ad oggi, è all'origine delle principali depressioni intramontane, secondo due diverse tipologie evolutive e geometriche: la prima è caratterizzata da notevole continuità lineare delle faglie nei settori collinari umbri interni, dove si sviluppano estesi *graben* subsidenti quali quello del Tevere e della Valle Umbra-Spoleto; la seconda presenta un'alternanza di segmenti N-S e NO-SE che originano bacini relativamente ristretti di età recente, quali Colfiorito e Norcia.

Nello stesso arco di tempo (Pliocene-quaternario), il substrato viene ricoperto da notevoli coltri sedimentarie, prima in facies marina (sino al Pleistocene inferiore) e poi continentale nel graben del Tevere, ed esclusivamente continentale nei bacini intramontani minori.

Dal Pleistocene medio in poi nel margine sudoccidentale della regione, segnatamente nell'area di Orvieto e Bagnoregio (VT), le argille plioceniche vengono ricoperte dai depositi piroclastici dell'apparato Vulsino, mentre si sviluppa l'attività localizzata di alcuni centri minori, il più famoso e studiato dei quali è quello di S. Venanzo, ubicato tra Marsciano e Orvieto.

Fig. 8.3.3: Distribuzione delle principali unità morfostrutturali nell'Appennino umbro-marchigiano. 1) Bacino Toscana; 2) Bacino Umbro; 3)Dorsali umbro-marchigiana e marchigiana; 4) dorsali minori; 5)Bacino Marchigiano interno; 6) Bacino Marchigiano esterno; 7) Bacini minori; 8)Colata della Val Marecchia; 9) Principali faglie trasversali; 10) Principali selle trasversali; 11) Direzioni di apporto dei sedimenti torbiditici; 12) limite regionale; (1) Bacino di Monte Vicino; (4) Bacino di Monte Luro; (9) Bacino della Laga. (tratto e modificato da Cantalamessa et alii, in Società Geologica Italiana,1994).



Dal punto di vista litologico è possibile distinguere in affioramento 4 complessi principali: il complesso carbonatico, costituito da calcari, calcari marnosi, più raramente da marne ed argilliti, affiora prevalentemente nel settore orientale e sudorientale della regione o di catena appenninica propriamente detta; i depositi terrigeni marnoso-arenacei affiorano prevalentemente nel settore centrale e nordoccidentale; i depositi plio-pleistocenici, costituiti prevalentemente da argille siltose alla base, passanti a sabbie o sabbie e conglomerati al tetto, nonché i depositi medio-fini di colmamento delle attuali valli o depressioni intramontane, presenti soprattutto nella media valle del Tevere, nella Valle Umbra e nel bacino del Chiani; i depositi vulcanici che, come accennato, affiorano quasi esclusivamente nell'area orvietana.

Sismicità

Come la gran parte del territorio dell'Italia centrale, anche l'Umbria presenta una frequente e diffusa sismicità storica e attuale, sia nelle aree collinari del settore interno pre-Appenninico che in quelle orientali montuose della catena Appenninica vera e propria.

In tempi storici il terremoto di maggiore intensità verificatosi, MCS = X, è stato quello di Norcia-Cittareale, del gennaio-febbraio 1703, che ha interessato anche la conca aquilana causando ca. 5.000 morti. In tempi recenti spiccano l'evento di Norcia del settembre 1979 e quello dell'Umbria-Marche del 1997, di magnitudo Ms = 5.9, cui si è associata un'intensità MCS = IX-X.

La sismicità è connessa a sistemi di faglie prevalentemente distensive a direzione NO-SE nei settori interni, mentre nei settori più esterni e di catena sembra controllata dall'attività sia di elementi distensivi che compressivi e trascorrenti, con la stessa orientazione o anche N-S e E-O. La linea di demarcazione tra questi due settori sembra allineata lungo l'asse Gubbio-Norcia. La relazione tra attività superficiale e strutture profonde è stata oggetto di numerosi e dettagliati studi, ma risulta ancora dibattuta e fonte di discussioni scientifiche.

Lineamenti Geomorfologici

L'attuale assetto geomorfologico della regione si è delineato nel Miocene superiore, con l'emersione della catena orogenica dal livello del mare, ma si è definitivamente realizzato con il sollevamento regionale del pleistocene inferiore, l'individuazione e lo sviluppo delle strutture distensive a *horst e graben* e dei bacini tettonici intermontani del Pleistocene medio-Olocene. L'incremento dell'energia del rilievo determinata dalla fase surrettizia pleistocenica ha fortemente aumentato la capacità erosiva delle acque, ringiovanendo il rilievo, riorganizzando il reticolo idrografico, isolando lembi sospesi della precedente superficie a bassa energia ed originando di fatto il paesaggio che oggi conosciamo. Il sollevamento è stato meno intenso e di più breve durata (si è estinto già nel Pleistocene medio) nei settori occidentali pre-appenninici, mentre presenta valori più marcati e duraturi nel tempo nei settori di catena.

Per quanto riguarda la distribuzione e tipologia dei dissesti franosi, si può notare che mentre nel settore occidentale, in presenza di una energia del rilievo moderata, il controllo sulla loro evoluzione è essenzialmente esercitato dall'assetto litostratigrafico, nelle aree di catena, al bordo delle strutture tettoniche attive ed ai margini delle conche intramontane, diventa molto più forte il controllo esercitato dalla gravità. Nel primo caso tendono a verificarsi fenomeni di dimensioni più ridotte e con tipologie prevalenti per colata o per scivolamento s.l., specialmente in corrispondenza degli orizzonti argillosi o argillitici, dotati di maggior plasticità (ad esempio i settori di Gubbio e Gualdo Tadino) e minor resistenza meccanica; nel secondo caso si assiste alla presenza di movimenti franosi di crollo per le litologie più competenti e massive che riguardano le successioni calcaree (ad esempio si vedano i fenomeni che interessano molti centri abitati della Val Nerina), o per scivolamento (prevalentemente planare) nelle formazioni dove aumenta la componente marnosa.

A questi due domini morfostrutturali va aggiunto il settore collinare interessato dai depositi argillosi e sabbiosi plio-pleistocenici, dove si registra una franosità diffusa con tipologia e dimensioni dei dissesti molto variabili: dalle deformazioni superficiali lente, nei depositi più fini, agli scorrimenti sia superficiali che profondi, nel caso di orizzonti a maggior componente sabbiosa e versanti più acclivi.

Una menzione a parte meritano le aree di Orvieto (Foto 8.3.3) e Civita di Bagnoregio (VT), dove la sovrapposizione di depositi piroclastici dell'apparato vulsino sulle sottostanti argille del Pliocene superiore è all'origine di frane di crollo e rotazionali (più rare), per erosione selettiva e forte scalzamento al piede delle scarpate e, lungo il contatto tra le due litologie, a causa del contrasto di permeabilità e delle differenti proprietà meccaniche.

A scala regionale, il reticolo idrografico principale risulta prevalentemente orientato parallelamente alle principali direttrici tettoniche distensive quaternarie, ad andamento NO-SE, ma localmente sono presenti deviazioni a 90° da tale direzione che, nel complesso, tendono a disegnare un caratteristico reticolo a maglia rettangolare come nel caso della valle del Tevere. Alcune linee di deflusso hanno risentito, anche sino ad epoca storica, di un drenaggio difficoltoso (lago di Assisi), raggiungendo una piena efficienza solo dopo il taglio e l'incisione definitiva delle precedenti soglie di sbarramento, alla fine del Pleistocene o nell'Olocene.

Lo schema di deflusso per linee NO-SE risulta vali-

do per tutti i principali corsi d'acqua della regione (quali il Tevere, Chiani, Paglia e il Chiascio-Topino), tranne che per il fiume Nera, ad andamento NNE-SSO, ed alcuni dei suoi affluenti principali, il cui corso sembra controllato principalmente da lineamenti tettonici riferibili alla fase orogenetica compressiva.

Foto 8.3.3: Vista da ovest della rupe di Orvieto. Il plateau sommitale di tufo, su cui è stato edificato l'abitato, poggia sui sottostanti depositi argillosi pliocenici

Di rilievo, tra i bacini naturali, il lago Trasimeno, la cui massima profondità è di ca. 6 m ed il cui livello risulta fortemente influenzato dall'intensità delle precipitazioni annue. In passato le oscillazioni di tale livello, prima della costruzione di opere per il suo controllo (emissario artificiale), determinavano periodiche inondazioni dei paesi della riviera ed erano fonte di costante preoccupazione per le attività antropiche.

In merito alle caratteristiche idrogeologiche della regione, si segnala che i più potenti acquiferi della regione, caratterizzati da una trasmissività e da una permeabilità generalmente piuttosto elevate, sono presenti in corrispondenza dei rilievi carbonatici della catena appenninica, delle più estese pianure alluvionali del Tevere, della Valle Umbra, di Gubbio e di Terni. La gran parte dell'acqua per fabbisogno idrico regionale viene fornita dagli acquiferi alluvionali. Gli acquiferi che alimentano sorgenti con portata elevata nella zona montuosa, in genere, sono relativi ai complessi litologici più antichi della successione carbonatica (formazioni del calcare Massiccio e della Corniola).

Per quanto riguarda fenomeni carsici, a fronte di uno sviluppato carsismo profondo, l'intero territorio regionale è caratterizzato dalla scarsezza o dalla mancanza di forme carsiche superficiali (carren, doline), quasi esclusivamente concentrate sul massiccio dei monti Sibillini (Piana di Castelluccio) e nella conca di Colfiorito, dove l'evoluzione recente viene controllata dalla combinazione di fattori legati al carsismo e alla tettonica.

Tra le forme carsiche ipogee si ricordano alcuni siti di interesse speleologico, quali il monte Cucco, M. San Pancrazio, Marmore, e altri di interesse archeologico relativi a siti a frequentazione antropica nel Paleolitico e nel Neolitico, quali la Grotta dello Svizzero a Narni, le Grotte di monte Ingino a Gubbio. Relative all'emersione di alcuni importanti circuiti carsici sono alcune importanti sorgenti quali quelle del Nera, del Clitunno e di Stifone.

8.3.4 Caratteri geologici e geomorfologici della regione Abruzzo

La regione Abruzzo, situata nel cuore dell'Italia centrale, costituisce, per caratteristiche stratigrafico-strutturali e assetto geomorfologico, il settore di raccordo tra l'arco appenninico settentrionale e quello meridionale.

Il paesaggio presenta una parte più interna prevalentemente montuosa, seguita, procedendo verso est, da un'estesa fascia pedemontana e collinare che termina con il tratto di costa adriatica compreso tra Tortoreto (TE) e Vasto (CH). Nel settore più interno spiccano, ad eccezione dei Monti Sibillini situati al confine tra Umbria, Marche e Lazio, i quattro principali massicci montuosi dell'intero Appennino: il Gran Sasso, maggiore elevazione della penisola con i 2912 m s.l.m. del Corno Grande; la Maiella, con i 2795 m s.l.m. di Monte Amaro; il Velino, con i 2478 m s.l.m. dell'omonima cima; i Monti della Laga, con i 2455 m s.l.m. di Monte Gorzano. Nella fascia pedemontana o collinare, situata ad oriente della dorsale Laga-Gran Sasso-Maiella, le quote sono generalmente inferiori ai 1000 m s.l.m. e, solo localmente, sono presenti isolati rilievi di maggiore altezza, quali la Montagna di Campli a nord, i monti Frentani a sud.

In tale contesto generale, le caratteristiche e l'evoluzione geomorfologica del territorio sono fortemente condizionate, oltreché da fattori climatici e antropici, dal particolare assetto geologico-strutturale generale e dai processi di sollevamento e tettonica distensiva attivatisi durante tutto il Quaternario.

Inquadramento geologico-strutturale

L'attuale assetto geologico-strutturale si è delineato nel corso del Miocene e del Pliocene, durante le fasi principali di strutturazione dell'orogeno appenninico, seguite, nel Pliocene e nel quaternario da una tettonica distensiva e/o surrettizia.

L'intero territorio regionale ricade in quella che gli Autori definiscono come *Zona di giunzione* tra l'arco appenninico settentrionale e quello meridionale, compresa tra due importanti linee tettoniche di svincolo meccanico complesso quali la *Olevano-Antrodoco* e la *Ortona-Roccamonfina* o *Volturno-Sangro*. Attraverso tale settore si passa da uno stile tettonico a sovrascorrimenti con modeste traslazioni, tipico del nord Appennino, ad uno con maggiori raccorciamenti ed

elevata articolazione strutturale, che caratterizza l'Appennino meridionale.

Ancora più in dettaglio nel territorio regionale possiamo distinguere un settore settentrionale rispetto ad uno meridionale, aventi differenti caratteristiche geologico-strutturali.

Nel settore settentrionale, procedendo da sudovest verso nordest si realizza uno stile tettonico a pieghe e sovrascorrimenti, e le unità paleogeografiche dei calcari della piattaforma laziale-abruzzese (M. Nuria, M. Calvo, M. Gabbia e, più a sud, M.ti Ocre, Velino, Sirente) si accavallano sul dominio di transizione scarpata-bacino del Gran Sasso (Fig. 8.3.6); quest'ultimo viene a sua volta sovrapposto, lungo un piano a sviluppo arcuato, alle successioni pelagiche della dorsale Montagna dei Fiori-Montagnone (e più a sud del M. Morrone) ed alle sue coperture terrigene argilloso-arenacee mioceniche costituite dalla già citata formazione della Laga. In posizione ancora più esterna l'unità Montagna dei Fiori-Montagnone-Laga viene a sua volta sovrapposta alla struttura della Maiella che, unitamente alle sue coperture terrigene prevalentemente argillose plioceniche (Formazione Cellino Auctt.), è interpretata come un segmento della piattaforma apula interna coinvolto nell'orogeno appenninico.

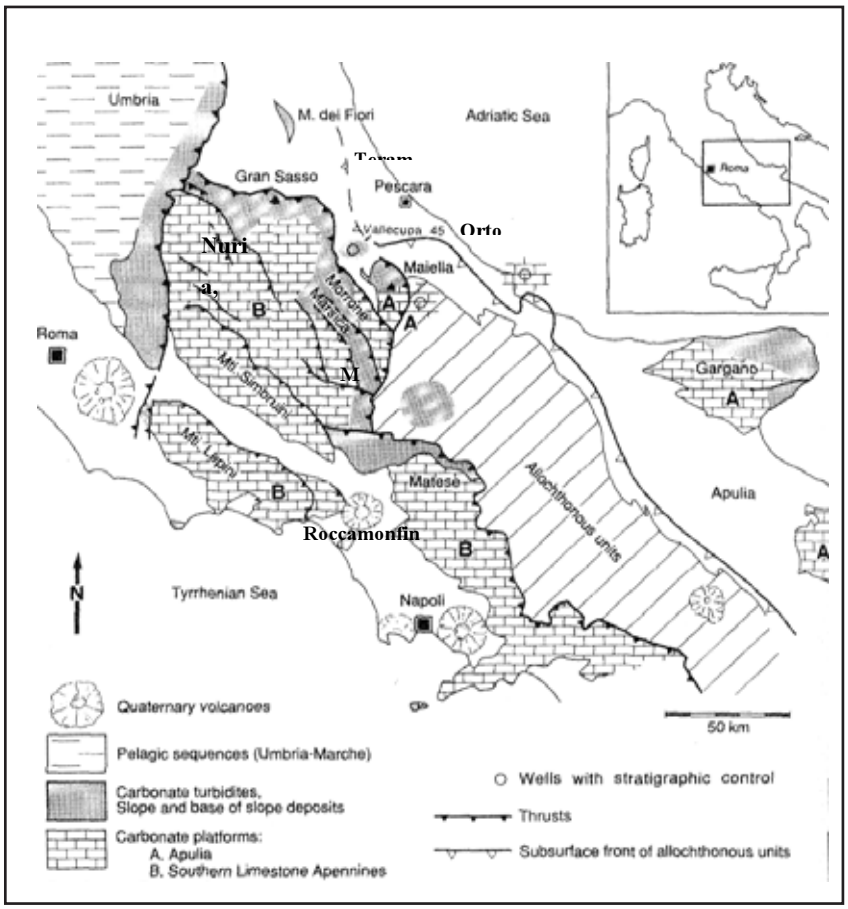


Fig. 8.3.4.: Schema geologico semplificato dell'Appennino centro-meridionale (tratto e modificato da Eberli et alii, 1993)

Nel settore meridionale della regione, le unità della piattaforma carbonatica laziale-abruzzese sono rappresentate dalle dorsali dei M.ti Simbruini-Ernici e, più ad est, dai monti della Marsica e della Montagna Grande (quest'ultima già in facies di soglia), mentre il dominio di transizione del Gran Sasso sembra trovare la sua naturale prosecuzione nel Morrone settentrionale e nella Marsica orientale.

Il letto delle strutture carbonatiche sovrascorse è di sovente rappresentato dai già citati depositi terrigeni del Messiniano inferiore, come nelle valli del Liri, alto Sangro e Giovenco, Vomano.

Le strutture carbonatiche più meridionali (Maiella, Pizzalto, Meta-Mainarde) sono bruscamente troncate, all'altezza dell'allineamento NNE-SSO Ortona-Roccamonfina, dalle unità alloctone del Bacino Molisano-Sannitico o Falde Molisane Auctt., costituite da una successione argillitica oligo-miocenica, seguita al tetto a depositi marnoso-calcarei del Miocene inferiore e medio, passante a depositi marnoso-arenacei di avanfossa nel Miocene superiore e nel Pliocene inferiore.

Poiché le spinte delle fasi compressive migrano nel tempo verso oriente, procedendo dall'area più interna verso l'adriatico, si ritrovano via via depositi torbiditici argilloso-arenacei e/o arenacei di avanfossa di età sempre più recente, dal Messiniano inferiore al Pliocene inferiore: formazione argilloso-arenacea nel settore marsicano (valle del Liri, del Giovenco, alto Sangro, alto Sagittario) e nell'alto Aterno; Formazione della Laga, dall'omonima catena montuosa a Teramo; Formazione del Cellino, nel pescarese interno e nei settori prospicienti la Maiella.

All'incirca dall'allineamento NO-SE Penne (PE)-Atessa (CH) verso oriente, i depositi argillo-sabbiosi dell'avanfossa del Pliocene inferiore sono ricoperti in discordanza angolare dalla successione marina plio-pleistocenica, in assetto monoclinalico a debole immersione verso NE, costituita da argille marnose con sottili e sporadiche intercalazioni siltoso-arenacee passanti superiormente a sabbie e conglomerati di

ambiente deltizio.

Le direttrici tettoniche predominanti, sia compressive che distensive, hanno orientamento appenninico (NO-SE), sia nei settori interni che in quelli esterni della regione; fanno eccezione il sovrascorrimento del Gran Sasso, a sviluppo arcuato da E-O a N-S (Fig.8.3.4), la struttura ad allineamento N-S della Maiella e gli assi deformativi N-S e E-O delle Falde Molisane.

I sistemi di faglie normali, che dislocano a partire dalla fase di sollevamento regionale attiva dal Plio-Pleistocene le strutture della catena precedentemente messe in posto con rigetti anche superiori ai 1000 m nel Quaternario, hanno originato le grandi depressioni tettoniche del Fucino-Liri, di Sulmona, della valle dell'Aterno, di Campo Imperatore e quelle minori dell'Altopiano delle Rocche-Campo Felice; queste ultime sono state condizionate, nella loro evoluzione, anche dal carsismo e dal glacialismo.

Tali conche intramontane, nello stesso periodo, sono state colmate da una potente successione continentale di depositi fluviali, lacustri e fluvio-glaciali (alle quote più elevate), costituiti in prevalenza da sedimenti medi e grossolani, dai limi sabbiosi alle sabbie ai conglomerati.

Sismicità

In Abruzzo l'attività sismica di maggior rilievo si esplica nei settori interni della catena appenninica e segnatamente al bordo delle grandi depressioni tettoniche quaternarie in precedenza citate, mentre risulta molto meno intensa ad est delle dorsali principali del Gran Sasso e della Maiella e da qui sino alla costa adriatica.

Grandi centri abitati presenti in queste aree, quali Avezzano, L'Aquila e Sulmona, sono stati in passato interessati da terremoti di intensità ed effetti tra i più disastrosi dell'intero territorio italiano.

Eventi come quelli del Fucino del 1915 o dell'Aquila nel 1703 e Sulmona/Maiella nel 1706 hanno segnato la storia recente della nostra penisola, producendo ingentissimi danni ed innumerevoli perdite di vite umane.

La più elevata magnitudo mai registrata da strumenti di misura, relativa al terremoto del 1915, è pari a Ms = 7 (Richter) ed è stata associata a un'intensità MCS = XI.

La maggior parte dei terremoti dell'Appennino Abruzzese sono conseguenza dell'attività di faglie quaternarie a cinematica normale o trastensiva, lungo piani a prevalente sviluppo in direzione NO-SE, più raramente N-S e E-O, in molti casi con evidenze di dislocazione co-sismica superficiale durante l'evento (ad esempio nel caso del terremoto di Avezzano si è prodotto un gradino di faglia alto sino ad alcune decine di centimetri.

Lineamenti di geomorfologia

Come già accennato, anche se i processi geomorfologici in Appennino centrale sono iniziati già nel Pliocene inferiore con l'innalzamento della catena orogenica, è solo nel Quaternario che la morfogenesi di versante raggiunge la sua piena attività, in conseguenza della fase di sollevamento regionale e delle sempre più marcate dislocazioni della tettonica distensiva.

Da qui in poi l'evoluzione del reticolo di drenaggio esercita un controllo sempre maggiore sull'evoluzione dei versanti.

L'analisi della distribuzione dei movimenti di massa dimostra come sia la tipologia che le dimensioni siano caratteristici dei diversi domini fisiografici e morfostrutturali in cui è suddivisibile il territorio regionale, quali *la catena appenninica, l'area pedemontana, l'area costiera*.

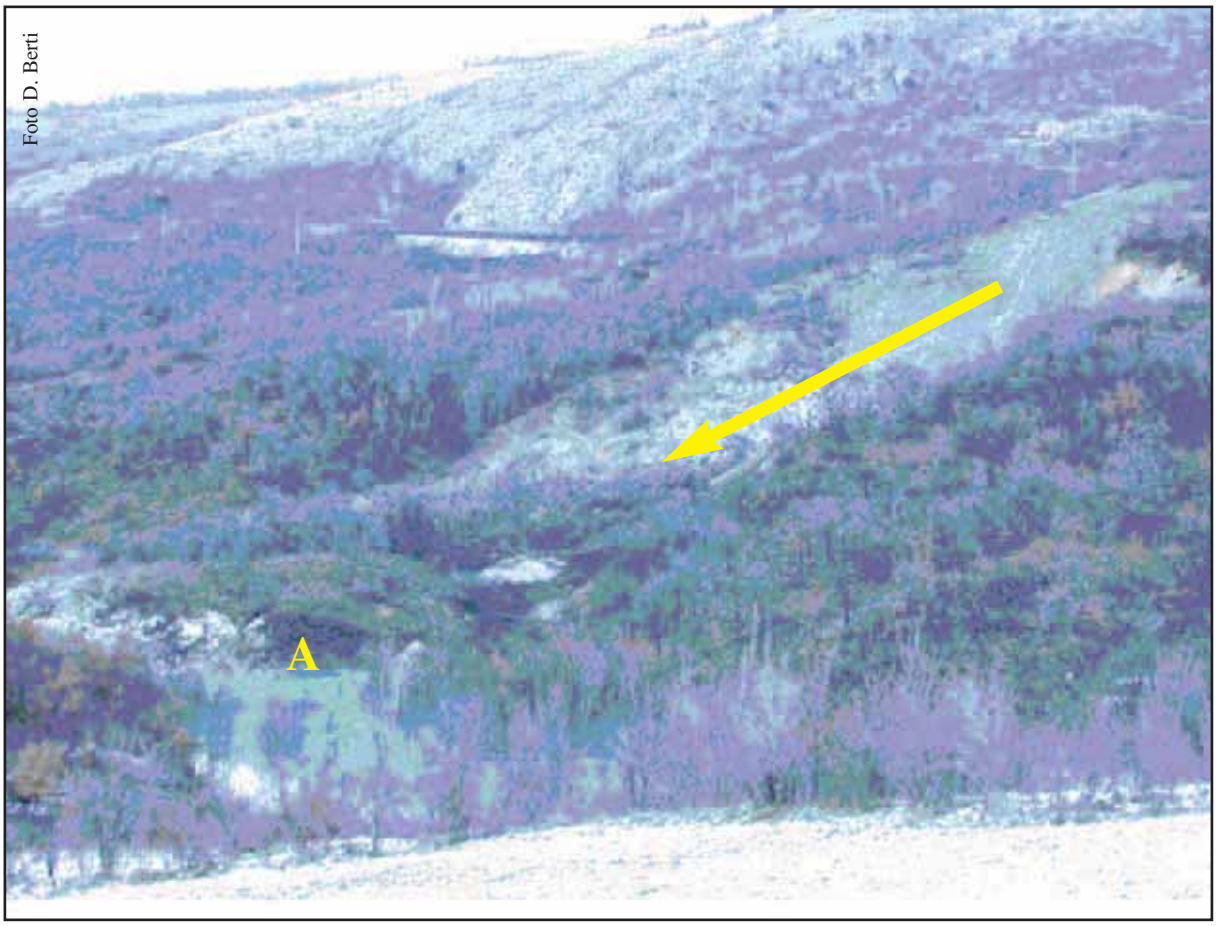
Nella catena appenninica sono riconoscibili diversi sistemi morfostrutturali: il settore settentrionale e occidentale è costituito da un'alternanza di dorsali rilevate separate da sistemi vallivi o da ampie conche intramontane; il limite a N e a E risulta costituito dall'arco complesso Gran Sasso-Morrone-Maiella. Tale sistema è caratterizzato da notevoli energie del rilievo, specialmente al suo bordo orientale, dove si concentrano i maggiori dislivelli di tutta la regione; i fenomeni franosi più rilevanti sono condizionati dall'azione della gravità e connessi all'evoluzione dei versanti di faglia, legati sia a lineamenti compressivi che distensivi.

Dislivelli per erosione selettiva si sviluppano solo al contatto tra litologie carbonatiche e terrigene (fronte esterno Gran Sasso e Maiella o nelle valli intramontane con affioramento di flysch argilloso-arenacei già menzionate). Tra le diverse tipologie di frana non sono infrequenti le deformazioni gravitative profonde o i movimenti roto-traslativi.

Il settore meridionale, all'interno delle Falde Molisane, si distingue invece per la presenza di dorsali carbonatiche isolate, circondate da pendii a debole inclinazione costituiti da litotipi marnosi, in cui il controllo sui processi attivi è essenzialmente esercitato da fattori litologici e lito-strutturali. I principali fenomeni franosi si originano qui in presenza di orizzonti marnosi e di debolezza strutturale, ovvero al contatto tra rocce a differente comportamento meccanico e grado di permeabilità, e sono classificabili tra quelli a carattere complesso.

La morfogenesi di versante è assai rapida e i fenomeni di erosione selettiva e di controllo del reticolo di drenaggio da parte delle litologie sono molto marcati.

Foto 8.3.4: Frana complessa (freccia arancione) attivatasi nel corso dell'evento alluvionale del gennaio 2003 nei pressi di Caramanico Terme (PE). Il corpo di frana (A) ha sbarrato il corso del fiume Orta originando un piccolo bacino lacustre



Nell'area pedemontana l'assetto morfostrutturale è essenzialmente connesso all'evoluzione plio-quaternaria del margine adriatico, con il sollevamento regionale, l'incisione del substrato prevalentemente argilloso, la formazione di terrazzi alluvionali e lacustri o lo sviluppo di imponenti talus detritici ai piedi dei rilievi maggiori. Come risultato si è avuta la formazione di estesi ripiani sub-orizzontali dove il top del rilievo è costituito da depositi grossolani e/o travertinosi rigidi che poggiano su sedimenti nettamente più fini e a comportamento plastico. Il maggior controllo sulle morfostrutture e sull'evoluzione del reticolo di drenaggio è esercitato dalla tettonica e dall'assetto lito-strutturale. I maggiori dissesti si originano per evoluzione delle superfici di sovrapposizione fragile/duttile.

L'area costiera è contraddistinta dalla presenza di una stretta pianura, bordata a tergo da scarpate per lo più inattive o interessate da fenomeni gravitativi di ridotte dimensioni. Fa eccezione il settore compreso tra Pescara e Vasto, dove la superficie sommitale terrazzata del ciclo regressivo marino del Pleistocene inferiore, interessata dalla presenza di sabbie e conglomerati poggianti sulle argille Azzurre Auctt., risulta sollevata di decine di metri rispetto al livello del mare e localmente incisa da falesie attive. L'area costiera, in quest'ultimo settore, presenta una dinamica geomorfologica più spinta e sono frequenti fenomeni franosi anche di notevoli dimensioni per crollo o con cinematica rototraslativa, quali ad esempio le frane storiche e recenti di Vasto e Ortona. Come per la buona parte delle coste italiane anche quella abruzzese è sottoposta di recente a intensi fenomeni erosivi della spiaggia emersa.

Secondo quanto riportato nel catalogo del progetto AVI-Abruzzo (Aree Vulnerate Italiane da frane e inondazioni) nella regione sono stati censiti 1507 fenomeni franosi dei quali, rispettivamente, 881 nella provincia di Chieti, 290 in quella di Pescara, 169 in quella di Teramo e 161 in quella dell'Aquila. Le principali tipologie di fenomeno sarebbero per il 44% colate e per il 21% scivolamenti s.l. I comuni interessati da dissesto sono pari al 48% del totale regionale (124), con punte del 70% sul totale, nella sola provincia di Chieti. Il settore maggiormente colpito da dissesti risulta quello con affioramento delle Falde Molisane, ossia la parte meridionale della provincia di Chieti, dove il maggior elemento predisponente è costituito da litotipi argillitici a struttura caotica e complessa, ascrivibili alla for-

mazione delle Argille Varicolori Auctt. Le aree interessate da calamità idrauliche recenti sarebbero 13 e riguarderebbero i bacini del Foro, Pescara-Aterno, Saline, Sangro-Aventino, Tronto, Tordino e Vomano.

Come più volte accennato, il reticolo idrografico dell'intera regione risulta fortemente condizionato, per tipologia ed orientamento, sia dall'assetto litologico e strutturale, sia dai fenomeni di sollevamento regionale quaternario, che dalla tettonica recente e attiva. La maggior parte dei corsi d'acqua ha andamento SO-NE, in direzione ortogonale alle principali direttrici tettoniche o, più raramente, mostra un primo tratto montano parallelo a tali direttrici, seguito da un tratto ortogonale come ad esempio il fiume Sangro ed il fiume Aterno. Il regime di tutti i principali corsi d'acqua è prevalentemente torrentizio, con marcata riduzione delle portate nel periodo estivo, ad esclusione del fiume Sangro-Aventino e del fiume Aterno-Pescara, almeno in parte alimentati da importanti risorgive connesse ai due principali massicci montuosi della Maiella e del Gran Sasso. Dal settore interno della catena hanno origine alcuni corsi d'acqua, quali il fiume Imele ed il fiume Liri a drenaggio verso il Tirreno, mentre in tutti gli altri casi il deflusso è verso il mare Adriatico. La gran parte dei corsi d'acqua abruzzesi presenta profilo trasversale al deflusso in corso di approfondimento, come conseguenza di una recente fase di incisione, tutt'ora attiva, che in alcuni casi ha già portato all'esumazione dei depositi del substrato presenti sotto il tappeto alluvionale.

L'assetto idrogeologico è fortemente condizionato dalle elevate differenze di permeabilità e dalle caratteristiche lito-strutturali del substrato, in presenza di linee di drenaggio prevalentemente controllate da lineamenti tettonici sia di importanza locale che regionale. Nel settore più interno (zona di catena), dove sono prevalenti rocce carbonatiche ad elevata permeabilità per fratturazione, lo sviluppo di circuiti epigei viene spesso tamponato da depositi argillo-marnoso-sabbiosi al letto dei grandi sovrascorrimenti (sorgenti del Pescara; sorgenti del Vitello D'Oro; sorgenti del Tirino-Capo d'Acqua); in altri casi lo sviluppo di condotti sotterranei è più articolato e coinvolge strutture più complesse (ad esempio la risorgenza del Garigliano nei pressi di Cassino, che sembra in connessione con parte delle dorsali Mainarde-Meta).

Nel settore pedemontano e costiero, data la bassa permeabilità dei litotipi affioranti, il deflusso avviene prevalentemente per linee superficiali.

Per quanto riguarda i fenomeni carsici, vista l'estrema diffusione di litologie carbonatiche, questi sono estremamente sviluppati in tutta la regione, ma in particolar modo nel settore della catena, dove in molti casi si sommano gli effetti della tettonica, del glacialismo e del carsismo (altopiani delle Rocche, Campo Imperatore, Campo Felice). Forme carsiche ipogee ed epigee sono estremamente diffuse nei principali massicci calcarei e costituiscono anche oggetto di studio e di interesse turistico Fra i più spettacolari si ricordano l'inghiottitoio e la Grotta di Stiffe, nell'altopiano delle Rocche, la Grotta del Cavallone sulla Maiella e la Grotta dell'Ovito nei pressi di Pietrasecca.

8.3.5 Lineamenti geologici e geomorfologico della regione Campania

Analogamente a quanto visto per altre regioni dell'Italia centrale, anche la Campania presenta caratteristiche geomorfologiche estremamente differenziate nell'ambito del suo territorio, dove coesistono molteplici domini geologico-strutturali che derivano dalle complesse fasi tettoniche, sia compressive che distensive, che hanno caratterizzato la costruzione dell'edificio appenninico meridionale. A distanza di pochi chilometri troviamo infatti attualmente accostati i domini morfostrutturali della Piana Campana, al centro della quale spicca l'apparato vulcanico del Somma-Vesuvio, i rilievi carbonatici di Sarno e di Avella, la Penisola Sorrentina con la costa alta dei Monti Lattari, i rilievi carbonatici Alburno-Cervati, che si elevano dalle colline terrigene del Cilento, per finire con il massiccio del Matese che con oltre 2000 m s.l.m. si interpone tra la piana alluvionale del Volturno e le conche tettoniche molisane di Boiano e Venafro.

Nonostante la notevole sequenza di eventi disastrosi che ha interessato l'area in epoca storica e recente, quali eruzioni, terremoti, alluvioni, colate di fango, si tratta della regione più densamente popolata d'Italia. In questo caso, quindi, la straordinaria qualità e varietà di risorse naturali che deriva da un territorio tanto dinamico, segnala anche quanto sia ingente il compito di chi si occupa del rischio idrogeologico e della sua mitigazione.

Inquadramento geologico-strutturale

Nella complessa struttura dell'Appennino meridionale, la Campania comprende la zona di giunzione tra l'*Arco Molisano-Sannita* e quello *Campano-Lucano*. L'articolazione del rilievo così come oggi ci appare, secondo un quadro estremamente schematico, passa per due grandi momenti deformativi: il primo compressivo, cui si deve la prima strutturazione e l'emersione delle dorsali montuose deformate, attivo dal Miocene medio-superiore al Pleistocene inferiore; il secondo, realizzatosi a partire dal Tortoniano al Quaternario, in conseguenza all'apertura del Mar Tirreno, è di tipo distensivo e trastensivo, determina il definitivo sollevamento del rilievo, la dislocazione delle strutture compressive secondo faglie a cinematica diretta e la conseguente formazione delle grandi depressioni intrappenniniche e delle piccole conche montane.

Nella fase compressiva viene dapprima deformato l'*Arco Molisano-Sannita*, la cui età di ultimo trasporto è riferibile al Pliocene superiore; in parte coeva, ma con età dell'ultimo trasporto nel Pleistocene inferiore, è la deformazione dell'*Arco Campano-Lucano*.

Nel settore molisano-sannita sono ubicati rilievi calcarei della Campania settentrionale, il monte Maggiore e il Monte Massico, i monti di Caserta, del Matese, sino al limite dei monti di Avella (Fig.8.3.5), coincidenti con parte della Piattaforma Carbonatica Abruzzese-Campana e quella Campano-Lucana Auctt; in posizione più orientale si trovano i rilievi costituiti da depositi prevalentemente argillo-marnosi e argillo-sabbiosi del Sannio e della Daunia.

Nel settore campano-lucano sono presenti la dorsale Sorrentina-Monti Picentini, l'Alburno Cervati nel Cilento, l'unità calcarea e calcareo-marnosa lagonegrese, i depositi argillosi e terrigeni delle unità del Fortore e della Daunia, al confine Campania-Puglia.

I due settori di Appennino vengono in contatto lungo la linea dell'Ofanto (tra le province di Avellino, Potenza e Foggia), dove le strutture allineate ONO-ESE dell'arco campano-lucano dissecano quelle più antiche dell'arco molisano-sannitico ad andamento NNO-SSE.

Oltre alle successioni marnoso-calcaree di mare profondo affioranti nell'unità lagonegrese, depositi ad elevata componente fine, argilloso-marnosa o argilloso-arenacea, riferibili all'avanfossa appenninica, affiorano diffusamente nella porzione orientale delle province di Caserta, Benevento e Avellino.

Il settore meridionale del salernitano, nel parco del Cilento, è interessato invece dalla presenza di unità ad affinità sicilide, costituite da argilliti varicolori, marne con calacareniti ed argille con arenarie, o di tipo liguride, con ofioliti seguite da radiolariti, argilliti policrome e torbiditi argilloso-arenacee e marnoso-calcaree. Tali unità, provenienti dall'area tirrenica, sono sovrascorse sul margine della piattaforma carbonatica campano-lucana e costituiscono l'elemento tettonicamente più elevato della catena appenninica campana.

Analogamente a quanto verificatosi per le fasi compressive, anche la distensione a scala regionale ha

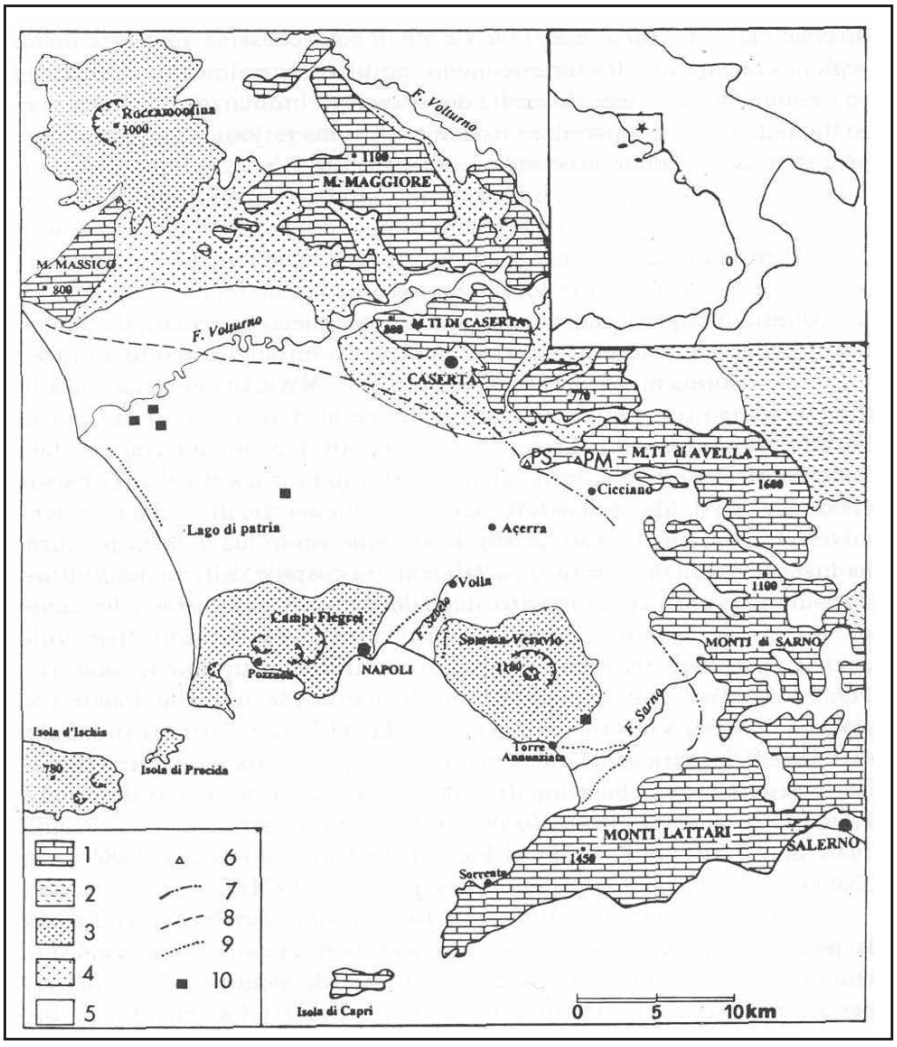


Fig. 8.3.5: Schema geologico e paleo-linee di riva della Piana Campana.
1): Unità carbonatiche del substrato (Meso-Cenozoico);
2): unità terrigene dell'avanfossa del Sannio e della Daunia (Terziario);
3): prodotti dei principali apparati vulcanici (Pleistocene-Olocene);
4): Ignimbrite Campana Auctt. (33 ka);
5): depositi piroclastici da ricaduta e vulcanoclastiti (Olocene);
6): terrazzi marini del Pleistocene medio e superiore;
7): linea di riva Tirreniana (100-120 ka);
8): linea di riva relativa allo stadio isotopico 3 (ca. 40 Ka);
9): linea di riva della massima ingressione post-glaciale (Olocene);
10): sondaggi profondi (Tratta e modificata da Brancaccio et alii, 1995).

inizio nel margine tirrenico e procede nel tempo verso est, coinvolgendo progressivamente settori che erano stati interessati dalla compressione in tempi sempre più recenti. Le strutture orogeniche deformate nel Miocene medio-superiore vengono interessate da distensione già a partire dal Messiniano e risultano attualmente ribassate ben al di sotto del livello del mare, mentre, procedendo verso est, i rilievi coinvolti in tempi più recenti dalla compressione sono in regime distensivo dal Pleistocene inferiore e medio. Proprio a partire dal Pleistocene inferiore, in particolare, si individuano e sviluppano le due grandi morfostrutture costiere di maggior rilievo: la Piana Campana e la Piana di Salerno-Sele, dove le unità carbonatiche risultano ribassate di molte centinaia di metri e ricoperte da potenti coltri di sedimenti alluvionali e lacustri.

Ad iniziare dal Pleistocene medio, al bordo esterno della catena e nella Piana Campana, lungo i punti di complesso incrocio delle faglie attive orientate sia NO-SE che NE-SO, iniziano a manifestarsi fenomeni di attività vulcanica di diversa tipologia ed età. Sul confine Lazio-Campania, nell'apparato di Roccamonfina, situato all'interno della depressione del Garigliano, nel periodo compreso tra 630 e 50 Ka, si è avuto un magmatismo di tipo esplosivo ed effusivo, dapprima di tipo eccentrico e successivamente di tipo prevalentemente centrale, che ha generato, come nel caso del Vesuvio, una morfologia conica da strato-vulcano. A partire da 300.000 anni circa, nella piana campana si originano una serie di coltri ignimbritiche i cui volumi sono i maggiori dell'intero magmatismo dell'area tirrenica. In particolare, il vulcanismo di tipo esplosivo ed effusivo interessa l'isola di Ischia con un'intensa attività vulcano-tettonica che, dislocando i depositi eruttati, produce morfologie piuttosto accidentate. Circa 50.000 anni fa, comincia la sua attività il grande Distretto Vulcanico dei Campi Flegrei, con attività areale prevalentemente di tipo esplosiva, dove i singoli edifici sono stati più volte intensamente rimodellati dall'evoluzione di molteplici depressioni di collasso calderico. Infine partire da circa 20.000 anni fa, nel Somma-Vesuvio la cui attività iniziale è caratterizzata da grandi eruzioni di tipo pliniano, il vulcanismo porta alla costruzione di un tipico stratovulcano, con morfologia a cono, sorto all'interno della caldera la cui ultima configurazione è legata alla famosa eruzione pliniana del 79 A.D.

Sismicità

All'attività di faglie pleistoceniche ed oloceniche, è connessa la formazione di alcune conche e bacini intramontani, quali la valle dell'alto e medio Volturno, quella del Vallo di Diano, il Bacino di Licusati-Camerota, e il Bacino di Acerno. All'azione congiunta della tettonica attiva e del carsismo è invece legata l'evoluzione del Lago Matese, del Bacino di Laceno, del Bacino di S. Gregorio Magno e della Piana del Dragone.

Tali faglie attive generano una sismicità fra le più elevate dell'intera penisola, prevalentemente concentrata, in tempi storici ed attuali, nelle aree del Matese e del confine regionale tra Campania, Molise e Puglia. Tra gli eventi sismici di maggior rilievo si segnalano il disastroso terremoto del 1456 (intensità MCS = X-XI e magnitudo stimata Ms = 7.3-7.5) e il terremoto del 1980 nell'area appenninica interna situata tra le province di Benevento-Avellino-Salerno-Potenza (intensità MCS = X-XI e magnitudo stimata Ms = 6.8).

Lo studio dei meccanismi focali dei principali terremoti evidenzia la grande difficoltà di ricostruire il campo degli sforzi che agisce a scala regionale e di definire un efficace modello cinematico per i terremoti dell'Appennino campano. Secondo diversi autori tale problematica viene correlata alla coesistenza negli stessi settori di linee tettoniche distensive e compressive, in aggiunta all'estrema segmentazione delle strutture sismogenetiche.

Lineamenti geomorfologici

La complessa storia geologica evolutiva che ha interessato il territorio della regione Campania, in sovrapposizione alla notevole variabilità litologica e all'articolazione dell'assetto strutturale descritto, ha determinato la formazione e l'evoluzione di una elevata varietà di contesti geomorfologici. Secondo una schematizzazione che tiene conto dei principali caratteri fondamentali, l'assetto generale può essere efficacemente descritto attraverso la definizione di quattro grandi unità geomorfologiche o domini morfostrutturali: *i rilievi carbonatici appenninici o costieri e le conche intermontane, le colline subappenniniche, le piane costiere e gli apparati vulcanici*.

I *rilievi carbonatici* costituiscono l'ossatura principale della dorsale appenninica , al confine con il Molise, nell'avellinese e nel salernitano, oltreché delle elevazioni costiere del Casertano, della Penisola Sorrentina e delle dorsali isolate del Cilento. In questi settori, l'affioramento di litotipi competenti e molto resistenti all'erosione, determina la presenza di un paesaggio aspro caratterizzato da versanti alquanto acclivi. Il controllo esercitato dalla tettonica su tali pendii si esplica essenzialmente nel loro sviluppo rettilineo, nel tipico assetto del rilievo a gradinata con settori tabulari raccordati da scarpate di faglia, nella creazione di grandi dislivelli lungo i piani delle principali linee di faglia, per rigetto verticale o per erosione selettiva nei confronti di litologie a differenti caratteristiche meccaniche. La base dei versanti con scarpate di maggiore altezza è frequentemente interessata dalla presenza di *talus* detritici di disfacimento meccanico del rilievo, o da conoidi fluvio-torrentizie situate allo sbocco della principali valli trasversali al rilievo come nella

Penisola Sorrentina e nei Monti Picentini.

In molti casi, le dorsali principali dei rilievi carbonatici sono separate da importanti discontinuità morfologiche costituite da depressioni intramontane originatesi per azione della tettonica estensionale Pleistocenica (Valle del Calore, Piana di Montesarchio e Valle del Tanagro). Nelle aree dove l'attività tettonica pleistocenica si è accompagnata esclusivamente a fenomeni di subsidenza e sedimentazione, le ampie depressioni sono diventate sede di estesi bacini lacustri, come nel caso della valle del medio Volturno, nel Pleistocene medio, o del Vallo di Diano, sino ad epoca storica.

Le colline subappenniniche sono ubicate nella zona orientale della catena, nell'Alta Irpinia e nel Beneventano, in prossimità del confine con la Puglia e raramente raggiungono o superano i 7-800 m s.l.m.. La loro struttura è prevalentemente costituita da terreni argillosi a luoghi con tessitura caotica, arenacei e conglomeratici. Pur essendo il paesaggio caratterizzato da forme morbide e modeste acclività, i versanti sono sede di estesi e frequenti movimenti franosi a causa delle scadenti proprietà meccaniche dei litotipi affioranti.

Le piane costiere principali, rappresentate dalla Piana del Garigliano, dalla Piana Campana e dalla Piana del Sele, sono geneticamente legate alla tettonica estensionale quaternaria, e registrano nel tempo l'alternarsi di ambienti fluviali, fluvio-deltizi e marini, principalmente condizionati dalle periodiche variazioni del clima e del livello del mare .

Attualmente sono soggette a significativi fenomeni di subsidenza e sono caratterizzate da coste sabbiose in buona parte in arretramento.

Gli *apparati vulcanici* presentano forme caratteristiche che dipendono dalle diverse tipologie di attività e prodotti. In particolare, per quanto riguarda il Distretto vulcanico dei Campi Flegrei, si osservano una serie di alture ad andamento circolare o ellittico, compenetrate e smembrate per via dell'alternarsi delle diverse fasi evolutive della caldera, mentre il vulcano del Somma-Vesuvio è caratterizzato da morfologie più aspre, con versanti acclivi. Diverse sono inoltre le depressioni crateriche occupate attualmente da laghi come nei casi di Averno e di Astroni.

In merito ai fenomeni di dissesto gravitativo, le principali tipologie e la loro distribuzione nel territorio campano sono connesse alle caratteristiche litologiche e strutturali dei principali domini morfologici. In generale, nelle aree dei rilievi calcarei i fenomeni franosi più diffusi sono rappresentati da crolli e/o ribaltamenti di blocchi. Tali tipologie sono particolarmente frequenti lungo le falesie della Penisola Sorrentina e a Capri.

Quando i rilievi calcarei sono ricoperti dalle coltri piroclastiche, costituite essenzialmente da ceneri, lapilli e pomici (Monti Lattari, Pizzo D'Alvano e i Monti del Partenio), si è verificato frequentemente l'innesco, in concomitanza con eventi meteorici estremi, di colate rapide di fango e detrito (*debris flow*), o di frane del tipo scorrimento traslativo evolvente a colata rapida.

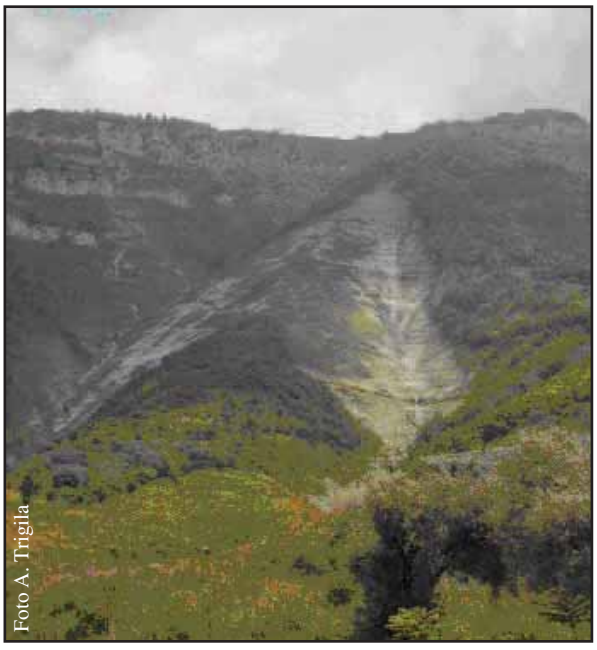
Tra questi si segnalano: 400 fenomeni in Penisola Sorrentina nel gennaio 1997, circa 90 fenomeni lungo i versanti della Dorsale di Pizzo D'Alvano nel maggio 1998 (Foto 9.3.5), circa 20 dissesti a Cervinara e S. Martino Valle Caudina nel dicembre 1999 (Vallario 2001). L'innesco di tali fenomeni gravitativi si origina generalmente su pendii acclivi ed in corrispondenza di cornici rocciose o tagli stradali che rappresentano una zona di discontinuità e quindi di debolezza per la stabilità del pendio. In merito allo spessore delle coperture piroclastiche coinvolte, questo può raggiungere anche i 2 m.

Nelle aree della Campania meridionale ed orientale e nel Cilento, dove affiorano prevalentemente formazioni argillose complesse, prevalgono i fenomeni di franosità diffusa. Le tipologie di movimento più frequenti sono rappresentate da colate, con velocità di spostamento generalmente basse, e da frane complesse del tipo scorrimento rotazionale/traslativo evolvente a colata.

Per quanto riguarda i fattori d'innesco dei movimenti franosi, questi possono essere riconducili, oltre che ad eventi di pioggia particolarmente intensi e prolungati, anche alle sollecitazioni sismiche, come avvenuto ad esempio in occasione del terremoto del 23 novembre 1980, che ha riattivato la grande frana di Calitri (AV).

Sono da segnalare inoltre diversi fenomeni del tipo DGPV che risultano peraltro ancora poco studiati.

Foto 8.3.5: Panoramica di una porzione di versante interessata da fenomeni di colata rapida, durante l'evento disastroso del maggio 1998 a Sarno (NA).



P. Cornelini, P. Petrella

8.4 Lineamenti del fitoclima del Lazio

8.4.1 Introduzione

L'Italia, a causa delle sue caratteristiche geografiche e geomorfologiche presenta una grande varietà di condizioni climatiche, che tuttavia dal punto di vista del rapporto clima-piante possono ricondursi alle due grandi regioni bioclimatiche temperata e mediterranea.

Il bioclima mediterraneo si differenzia essenzialmente da quello temperato per la presenza di un periodo di aridità estivo (evento raro sulla superficie terrestre ove, di norma, in estate, per l'aumento della evaporazione marina, aumentano le precipitazioni) e per temperature medie annuali più elevate, con numerose differenziazioni al suo interno, in funzione della latitudine, altitudine e distanza dal mare.

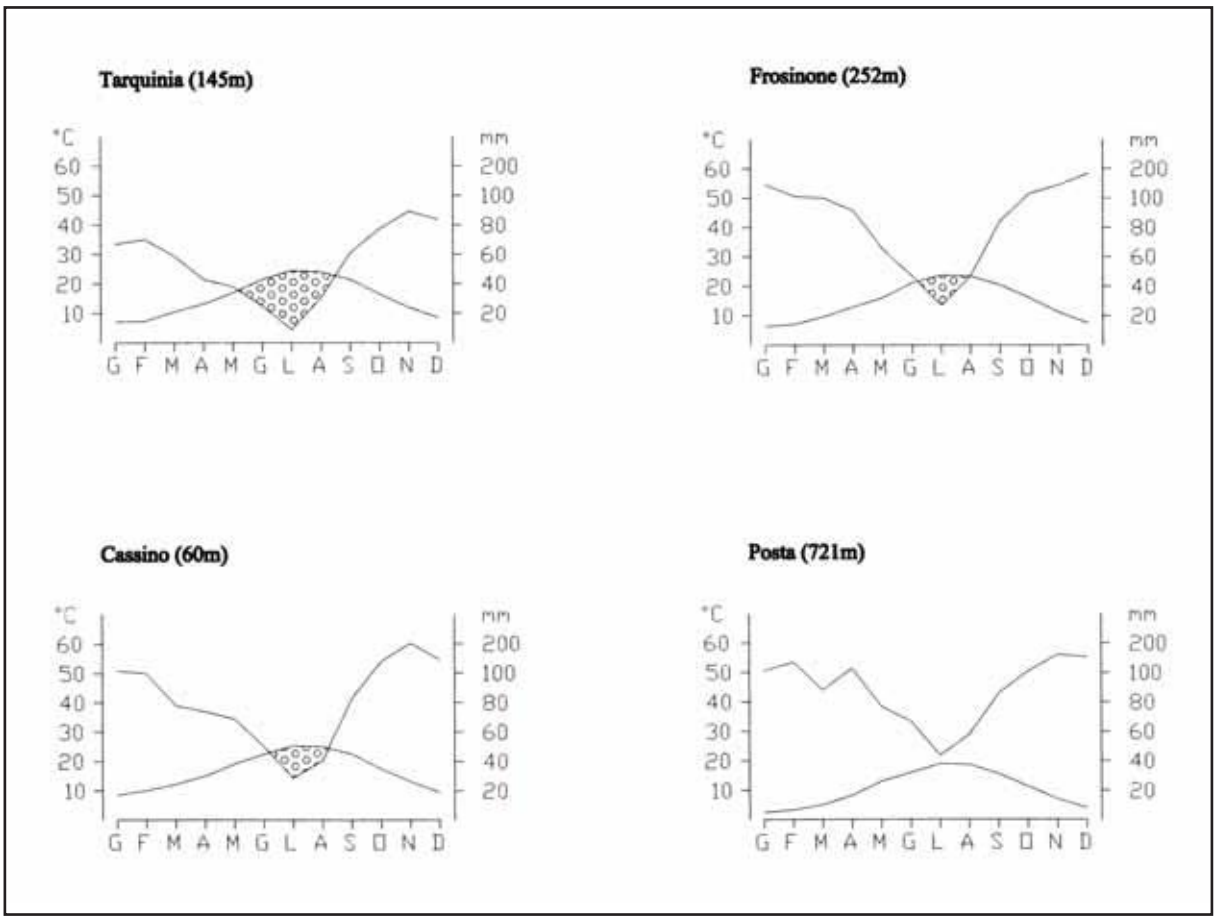
Il confine tra le due regioni veniva individuato (Pignatti, 1979 e 1988) lungo lo spartiacque dell'Appennino Tosco-Emiliano, con la Pianura Padana e l'arco alpino da una parte e la Liguria con la penisola e le isole dall'altra. Recenti studi, che applicano gli indici di Rivas-Martinez ed estendono a livello nazionale le analisi fitoclimatiche del Lazio e della Campania (Blasi, 1996), stabiliscono l'appartenenza di gran parte della catena appenninica alla Regione temperata, spostando verso sud il confine tra le due grandi regioni bioclimatiche.

La correlazione tra le tipologie vegetazionali ed il clima è stata ampiamente dimostrata e gli studi fitoclimatici risultano fondamentali per gli studi fitosociologici e fitogeografici della vegetazione di un territorio.

Uno studio sul fitoclima del Lazio (Blasi, 1994) ha esaminato i rapporti tra il clima e la vegetazione individuando 15 unità fitoclimatiche, appartenenti a quattro regioni bioclimatiche, definite in base ai dati di temperatura e precipitazione (1985-1955), integrati con alcuni indici bioclimatici ed il censimento delle specie legnose. Lo studio descrive inoltre ogni unità fitoclimatica in termini floristici e fitosociologici, individuando delle "macroserie" di vegetazione. Nel rimandare per gli approfondimenti allo studio suddetto, viene presentata una sintesi delle informazioni, sia in termini di tabelle riassuntive che di descrizione.

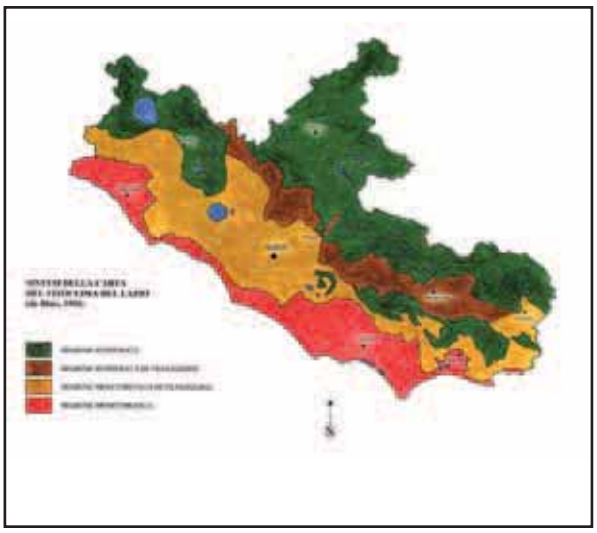
Vengono inoltre riportati alcuni diagrammi ombrotermici di Bagnouls-Gaussen, che forniscono un utile strumento nelle classificazioni climatiche, offrendo una rappresentazione delle variazioni delle temperature e precipitazioni nel corso dell'anno.

Fig. 8.4.1 Diagrammi di Bagnouls-Gaussen rapresentativi delle regioni Fitoclimatiche



Le 15 unità fitoclimatiche sono state accorpate, per una analisi semplificata, nelle quattro grandi Regioni fitoclimatiche (Fig. 8.4.2):

Fig. 8.4.2



8.4.2 Regione mediterranea (Tab.8.4.1)

Comprende la zona litoranea del Lazio ed è caratterizzata da condizioni climatiche caldo - aride; si va dagli aspetti più xerici della macchia mediterranea delle Isole Ponziane caratterizzate da precipitazioni annue di 649 mm. con aridità estiva di 5 mesi e temperatura media delle minime del mese più freddo di 8,3°, ai querceti misti di caducifoglie dell'Agro Pontino, con precipitazioni annue di 1.133 mm., aridità estiva di 4 mesi e temperatura media delle minime del mese più freddo di circa 4°.

Le unità fitoclimatiche di transizione tra questi estremi vanno dalle formazioni sempreverdi di leccio e sughera a quelle dei querceti di caducifoglie a roverella.

Come diagramma di Bagnouls-Gaussen rappresentativo è stato scelto quello di Tarquinia (Fig. 8.4.1).

8.4.3 Regione mediterranea di transizione (Tab. 8.4.2)

La fascia di territorio della Maremma laziale interna, della regione tolfetana e sabatina, della Campagna Romana, dei Colli Albani e dei versanti sud-occidentali dell'Antiappennino meridionale, fino alla piana di Pontecorvo e Cassino è caratterizzata da un clima con precipitazioni annuali comprese tra 810 e 1.519 mm., una l'aridità estiva ridotta a due o tre mesi ed una temperatura media delle minime del mese più freddo intorno ai 2,3° - 4°.

La vegetazione forestale prevalente è rappresentata dalle leccete, dai querceti a Roverella e dalle cerrete. Come diagramma di Bagnouls-Gaussen rappresentativo è riportato quello di Cassino (Fig. 8.4.1).

8.4.4 Regione temperata di transizione (Tab. 8.4.3)

I querceti a roverella e cerro con elementi della flora mediterranea occupano la valle del F. Tevere tra Orte e Monterotondo e la valle del F. Sacco tra Zagarolo ed Aquino.

Le precipitazioni vanno dai 954 ai 1.233 mm e l'aridità estiva è di uno o due mesi; la temperatura media delle minime del mese più freddo è inferiore a 0° e distingue questa regione rispetto alle precedenti. Il diagramma di Bagnouls-Gaussen riportato come rappresentativo è quello di Frosinone (Fig. 8.4.1).

8.4.5 Regione temperata (Tab. 8.4.4)

Tale fitoclima si riscontra nella parte del Lazio a maggior distanza dal mare e sui rilievi montuosi, comprendendo la regione vulsina e vicana, l'Appennino reatino, l'Antiappennino meridionale (Lepini, Ausoni, Aurunci), le vette dei Colli Albani, i M. Simbruini ed i M. Ernici.

Le precipitazioni sono in genere abbondanti, fino a 1.614 mm., l'aridità estiva è assente o poco accentuata, mentre la temperatura media delle minime del mese più freddo è in genere inferiore a 0°. Tali condizioni climatiche favoriscono una vegetazione forestale che, nelle parti più elevate, è dominata dagli arbusteti altomontani e dalla faggeta, mentre nelle zone pedemontane e nelle valli è rappresentata dagli Ostrieti e dai querceti misti di Roverella e Cerro.

l diagramma di Bagnouls-Gaussen di Posta evidenzia l'assenza del periodo di aridità estiva (Fig. 8.4.1).

8.4.6 Considerazioni per l'impiego delle specie vegetali negli interventi di ingegneria naturalistica

Tale distribuzione fitoclimatica per fasce caratteristiche in funzione della distanza dal mare e dell'altitudine, con una regione temperata a precipitazioni abbondanti ed assenza di aridità estiva e con regioni di transizione fino alla regione Mediterranea costiera calda, con aridità estiva fino a 5 mesi, pone problematiche differenti per un impiego con successo delle tecniche di ingegneria naturalistica nel Lazio.

Le maggiori esperienze di utilizzo delle tecniche di ingegneria naturalistica risultano, infatti, in ambiti climatici diversi da quello mediterraneo, con situazioni ecologiche meno sfavorevoli all'attecchimento delle specie vegetali. L'ambiente storico di impiego delle tecniche di I.N. è infatti quello delle regioni dell'arco alpino, caratterizzato da un clima più mesofilo (più fresco, più umido e con estati senza grossi stress idrici) di quello mediterraneo. Tali condizioni sono assimilabili a quelle delle zone dell'interno del Lazio, ove è quindi possibile, con le necessarie trasposizioni alle realtà

locali, un impiego delle specie vegetali con modalità di intervento molto simili a quelle delle zone dell'arco alpino.

- I problemi legati all'utilizzo delle piante vive in ambito mediterraneo sono invece:
- la presenza di un periodo estivo xerico con stress idrico, che ha determinato nelle piante mediterranee una serie di adattamenti biologici (sclerofillia, tomentosità, ecc.);
- la presenza di una stagione vegetativa più lunga di quella delle regioni alpine, con conseguente periodo più breve per l'utilizzo di specie con capacità di riproduzione vegetativa, quali i salici o le tamerici, le cui talee si raccolgono tipicamente nella stagione del riposo vegetativo
- la difficile reperibilità del materiale vivaistico, sia dal punto di vista qualitativo che quantitativo.

Ne deriva la necessità di maggiori accorgimenti per la scelta delle specie vegetali per gli interventi di ingegneria naturalistica, in quanto le specie autoctone di comune impiego e maggiormente reperibili nei vivai non sempre garantiscono l'attecchimento nelle condizioni ecologiche difficili dell'ambiente mediterraneo. Analogamente l'utilizzo massiccio dei salici, se risulta compatibile, dal punto di vista ecologico, con le caratteristiche delle stazioni umide, quali quelle delle sistemazioni idrauliche, va ben valutato nelle altre situazioni ambientali. Emerge quindi la esigenza del reperimento di specie xerofile mediterranee erbacee, arbustive ed arboree, che non sempre il mercato vivaistico pubblico o privato è in grado di soddisfare. Esiste inoltre il problema, soprattutto nelle aree protette, della provenienza del materiale vivaistico anche per le specie autoctone, per il pericolo dell'inquinamento genetico dovuto a razze, varietà o cultivar provenienti da altre regioni o addirittura nazioni.

Tab. 8.4.1

REGIONE MEDITERRANEA							
TERMOTIPO	OMBROTIPO	P. annua (mm)	P.estiva (mm)	Aridità estiva	T. media delle minime del mese più freddo	VEGETAZIONE FORESTALE PREVALENTE	SERIE DELLA VEGETAZIONE
Mesomediterraneo inferiore	Submido superiore	842-966	64-89	Maggio, Giugno, Luglio, Agosto	da 3,6° a 5,5°C	Cerrete, boschi di sughera, querceti misti, boschi meso-igrofili, macchia mediterranea. leccete con alloro e corbezzolo	Cerro: *Tuecrio siculi-Quercion ilicis* Leccio e sughera: *Quercion ilicis* Frassino meridionale: *Alno - Ulmion*
Mesomediterraneo inferiore	Secco superiore/ Submido inferiore	593-811	53-71	Maggio, Giugno, Luglio, Agosto	da 3,7° a 6,8°C	Querceti con roverella, leccio e sughera, cerrete con arnetto, macchia mediterranea	Roverella e cerro: *Lonicero-Quercion pubescentis Ostryo-Carpinion orientalis* Macchia: *Quercion ilicis*
Termomediterraneo superiore	Umido inferiore/ Submido superiore	727-1133	61-83	Maggio, Giugno, Luglio, Agosto	da 6,6° a 7,1°C	Leccete e sugherete, macchia mediterranea. querceti misti con roverella, carpino nero e c. orientale	Leccio: *Quercion ilicis*
Termomediterraneo superiore	Submido inferiore	649	48	Aprile, Maggio, Giugno, Luglio, Agosto	8,3°C	Macchia mediterranea.	Ginepro fenicio e oleastro: *Oleo-Ceratonion*

Tab. 8.4.2

REGIONE TEMPERATA DI TRANSIZIONE							
TERMOTIPO	OMBROTIPO	P. annua (mm)	P.estiva (mm)	Aridità estiva	T. media delle minime del mese più freddo	VEGETAZIONE FORESTALE PREVALENTE	SERIE DELLA VEGETAZIONE
Collinare inferiore/superiore Mesomediterraneo superiore	Submido superiore	842-966	64-89	Maggio, Giugno, Luglio, Agosto	da 3,6° a 5,5°C	Cerrete, querceti misti di roverella e cerro con elementi del bosco di leccio e di sughera	Cerro: *Tuecrio siculi-Quercion cerridis* Roverella e cerro: *Ostryo-Carpinion orientalis* Leccio e sughera: *Quercion ilicis*
Collinare inferiore o Mesomediterraneo medio	Umido inferiore	593-811	53-71	Maggio, Giugno, Luglio, Agosto	da 3,7° a 6,8°C	Querceti a roverella, lecceti e boschi misti	Carpino nero: *Ostryo-Carpinion orientalis* Roverella e cerro: *Ostryo-Carpinion orientalis* Leccio: *Quercion ilicis*
Mesomediterraneo medio	Submido superiore/ Umido inferiore	822-1110	84-127	Non elevata	da 3,4° a 4°C	Cerrete, cerrete con roverella, leccete, castagneti, lembi di boschi mesofili a carpino bianco e nocciolo	Faggio e carpino bianco: *Aquifolio-Fagion* Cerro: *Teucrio siculi - Quercion cerridis* Roverella e cerro: *Ostryo-Carpinion orientalis*

Tab. 8.4.3

REGIONE TEMPERATA DI TRANSIZIONE

TERMOTIPO	OMBROTIPO	P. annua (mm)	P.estiva (mm)	Aridità estiva	T. media delle minime del mese più freddo	VEGETAZIONE FORESTALE PREVALENTE	SERIE DELLA VEGETAZIONE
Collinare inferiore/superiore Mesomediterraneo superiore	Umido inferiore	954-1166	103-163	Luglio, Agosto	< 0° (-0,3°C)	Quer ceti a roverella e cerro con elementi della flora mediterranea. Vegetazione a salici, pioppi e ontani	Cerro: *Tuecrio siculi-Quercion cerridis* Roverella e cerro: *Ostryo-Carpinion orientalis* Ontano nero, Salici e Pioppi: *Alno-Ulmion Salicion albae*
Collinare inferiore o Mesomediterraneo medio	Umido inferiore	1098-1233	107-135	Uno o due mesi	senza dati	Querceti con elementi della flora mediterranea	Roverella e cerro: *Ostryo-Carpinion orientalis* Carpino nero: *Ostryo-Carpinion orientalis* Cerro: *Teucrio siculi - Quercion cerridis* Ontano nero, Salici e Pioppi: *Alno-Ulmion Salicion albae*

Tab. 8.4.4

REGIONE TEMPERATA DI TRANSIZIONE							
TERMOTIPO	OMBROTIPO	P. annua (mm)	P.estiva (mm)	Aridità estiva	T. media delle minime del mese più freddo	VEGETAZIONE FORESTALE PREVALENTE	SERIE DELLA VEGETAZIONE
Subalpino inferiore	Iperumido inferiore	1614	277	-		Faggeti ed arbusteti alto montani	Ginepro alpino: *Juniperion nanae* Faggio: *Fagion sylvaticae*
Montano inferiore	Umido superiore/ iperumido inferiore	1247-1558	160-205	-		Faggeti, ostrieti e boschi misti	Faggio: *Fagion sylvaticae Aquifolio-Fagion* Rovere e castagno: *Aquifolio-Fagion Teucrio siculi Quercion cerridi* Carpino nero: *Laburno-Ostrion*
Collinare superiore (Submontano)	Umido superiore	1161-1432	140-200	-		Ostrieti e boschi misti, querceti a roverella	Carpino nero: *Laburno-Ostrion* Roverella: *Quercion pubescenti-petraeae*
Collinare superiore (Submontano)	Umido superiore/ iperumido inferiore	1431-1606	173-200	-	> 0°C	Faggete, ostrieti, boschi misti e querceti	Faggio: *Aquifolio-Fagion* Carpino nero: *Laburno-Ostryon Ostryo-Carpinon orientalis* Roverella e cerro: *Quercion pubescenti-petraeae Ostryo-Carpinon orienatlis*
Collinare inferiore/superiore	Umido superiore/ iperumido inferiore	1234-1463	123-160	Luglio, Agosto	tra 1,9 e 2,9° C	Faggete, ostrieti, querceti misti e leccete	Faggio: *Aquifolio-Fagion* Carpino nero: *Laburno-Ostryon Ostryo-Carpinon orientalis* Roverella e cerro: *Quercion pubescenti-petraeae Leccio: Quercion ilicis*
Collinare inferiore/superiore	Subumido superiore/ Umido inferiore	775-1214	112-152	Debole (Luglio e Agosto)	tra 1,2 e 2,9° C	Cerrete, querceti misti e castagneti	Carpino bianco e tiglio: *Aquifolio-Fagion* Cerro e rovere: *Teucrio siculi Quercion cerridis* Roverella e cerro: *Leonicero-Quercion pubescentis*

P. Cornelini, P. Petrella

8.5 Lineamenti della flora e vegetazione del Lazio

8.5.1 Introduzione

Il paesaggio vegetale laziale è molto variegato ed i fattori che determinano tale variabilità sono, in particolare, il clima e la geomorfologia.

Il clima è articolato e si rinvengono, a secondo della distanza dalla costa, caratteri di tipo mediterraneo o temperato. Le varie vicissitudini geologiche hanno contribuito alla formazione di diversi tipi litologici. I più diffusi sono rappresentati dalle rocce calcaree della piattaforma carbonatica Laziale-Abruzzese, dalle rocce calcareo-argillose della successione Umbro-Marchigiana-Sabina, dai complessi vulcanici a magmatismo alcalino potassico, dalle arenarie, sabbie, limi e argille.

Le attività antropiche, che si espletano soprattutto, a livello basale e collinare, contribuiscono ad aumentare la variabilità della flora e della vegetazione.

La flora del Lazio (Anzalone, 1984) conta circa 3000 entità, più del 50% della flora italiana (5599, secondo Pignatti, 1982), distribuite in 898 generi e 161 famiglie.

Le famiglie più rappresentate sono *Compositae* (370), *Graminaceae* (283), *Leguminosae* (270), *Cruciferae* (149), *Caryophyllaceae* (130), *Umbelliferae* (128) e *Labiatae* (103). Il genere più numeroso è *Trifolium* con 55 entità.

Le specie rare e rarissime costituiscono il 29% del patrimonio floristico, quelle molto comuni il 30% e quelle comuni il 19,2%. Quindi quasi un terzo della flora è costituita da specie a diffusione limitata, a conferma del notevole valore della flora del Lazio.

Anche la flora officinale, che raggiunge il 26.2%, è ampiamente rappresentata.

8.5.2 Le principali formazioni del paesaggio vegetale laziale

Vegetazione psammofila

A causa della forte pressione antropica a cui sono soggetti i nostri litorali, ormai non è più possibile osservare la successione tipica delle fitocenosi psammofile. In generale manca quasi sempre almeno una componente della serie e queste, spesso, si distribuiscono in strutture a mosaico.

Il corteggio floristico presenta numerose specie caratteristiche di tali habitat. La comparsa di piante di altri ambienti è subordinata alla presenza di attività antropiche. Gli esempi più belli di tale vegetazione si hanno a Castelporziano ed al Circeo.

A partire dalla fascia afitoica, quella più prossima al mare, si sviluppa una associazione pioniera composta prevalentemente di terofite, quali *Cakile maritima, Salsola kali e Xanthium italicum* (*Salsolo-Cakiletum aegyptiaceae*), che costituiscono consorzi effimeri, frammentari ed a scarsa copertura.

A seguire è presente sulla duna embrionale una fascia dominata da *Agropyron junceum* che con i suoi rizomi costituisce il primo tentativo di stabilizzazione della sabbia. Tale cenosi è ascrivibile all'associazione *Sporobolo arenarii-Agropyretum juncei*.

Proseguendo verso l'interno, sulle dune mobili, la vegetazione è dominata da *Ammophila littoralis*, graminacea cespitosa capace di opporsi al seppellimento da parte della sabbia e di favorire l'accumulo della stessa, contribuendo in tal modo a una maggiore stabilità della duna. Le comunità vegetali presenti fanno parte dell'associazione *Echinophoro spinosae-Ammophiletum arenariae*.

Nel versante retrodunale, ove le condizioni ecologiche sono più favorevoli allo sviluppo della vegetazione in quanto la salsedine ed i venti provenienti dal mare trovano una barriera nei cordoni dunali più elevati e consolidati, si sviluppano consorzi caratterizzati da *Crucianella maritima* ascrivibili al *Crucianelletum maritimae*.

Vegetazione rupestre litoranea

Nella parte costiera meridionale della regione (Circeo, Sperlonga, Monte Orlando), sono presenti morfotipi rupestri, ove si rinvengono specie endemiche e/o di limitata distribuzione di particolare interesse tra le quali *Centaurea cineraria* ssp. *circae*, *Helichrysum litoraneum, Chamaerops humilis* (palma nana), *Campanula fragilis, Scabiosa holosericea, Limonium amyncleum e L. circaei*. Le comunità vegetali più significative legate alle falesie marine rientrano nell'associazione *Crithmo-Limonietum*.

Macchia

E' costituita da elementi arbustivi sempreverdi che danno luogo a formazioni per lo più impenetrabili. In generale costituiscono fitocenosi in relazione seriale di degradazione o di recupero con le foreste sempreverdi mediterranee. Le specie che caratterizzano tali comunità sono *Quercus ilex* (leccio) arbustivo, *Pistacia lentiscus* (lentisco), *Myrtus communis* (mirto), *Rhamnus alaternus*, (alaterno), *Daphne gnidium*, *Juniperus* oxycedrus ssp. *macrocarpa*, (ginepro coccolone) *J. phoenicea* (ginepro feniceo), *Calicotome spinosa* (sparzio villoso), *Olea europaea var.oleaster* (oleastro) *Phyllirea angustifolia* (fillirea) *Cistus salvifolius* (cisto femmina), *C. monspeliensis* (cisto di Montpellier) ed *Euphorbia dendroides*. A seconda delle specie dominanti si distingue:

- macchia a ginepro coccolone e ginepro fenicio

(*Juniperetum macrocarpae-phoeniceae*) diffusa a Sabaudia, Torvaianica e Castelporziano;
- macchia a olivastro e lentisco (*Oleo-Lentiscetum*) presente al Circeo, nelle isole Ponziane ed ai piedi dei M. Lepini;
- macchia a mirto e calicotome (*Calicotomo-Myrtetum*) segnalata nel Lazio settentrionale;
- macchia a oleastro ed euforbia arborescente (*Oleo-Euphorbietum dendroides*) confinata sul promontorio del Circeo.

Foresta sempreverde mediterranea

Si tratta di fitocenosi quali la lecceta costiera, la lecceta collinare ad orniello e la sughereta tirrenica, tipiche della fascia mediterranea. Le relazioni seriali di tali comunità, in particolare della lecceta possono essere sintetizzate secondo lo schema:

foresta ⟷ macchia ⟷ gariga

Gli agenti che determinano tale dinamismo sono il fuoco, la ceduazione e il pascolo.

Lecceta costiera (Viburno-Quercetum ilicis)

La foresta di latifoglie sempreverdi climatogena, diffusa soprattutto nell'ambiente costiero (da Civitavecchia ai M. Aurunci) e sul M. Soratte, costituisce l'aspetto più termofilo delle leccete. Lo strato arboreo è formato esclusivamente da *Quercus ilex*, quello arbustivo da specie sempreverdi quali Phyllirea latifolia, *Pistacia lentiscus, Myrtus communis, Ruscus aculeatus, Erica arborea* (erica arborea) e *Arbutus unedo* (corbezzolo).

Nello strato erbaceo, a scarsa copertura, si rinvengono *Cyclamen repandum, Brachypodium sylvaticum e Asplenium onopteris*. Lo strato lianoso è rappresentato da *Rubia peregrina, Clematis flammula e Asparagus acutifolius*.

Lecceta collinare ad orniello (Orno-Quercetum ilicis)

Si rinviene in situazioni climatiche meno termofile della precedente in collina e bassa montagna. Tale fitocenosi costituisce l'interfaccia tra la foresta sempreverde e quella caducifoglia. Gli elementi arborei, in generale di piccola statura e costituenti strutture aperte, sono rappresentati da *Quercus ilex*, che assume sempre un ruolo prevalente, *Fraxinus ornus*, (Orniello), *Ostrya carpinifolia* (Carpino nero) *Quercus pubescens* (Roverella) e, raramente, *Pistacia terebinthus* (Terebinto).

Nello strato arbustivo, a densa copertura, sono presenti *Crataegus monogyna* (Biancospino), *Phyllirea latifolia*, *Arbutus unedo, Juniperus communis*, (Ginepro comune) *Ligustrum vulgare* (ligustro) *Viburnum tinus* (tino) e *Ruscus aculeatus*. Lo strato erbaceo è rappresentato da *Brachypodium sylvaticum, B. rupestre, Cyclamen hederifoium, C. repandum, Aplenium onopetris e Carex distachya*, mentre quello lianoso da *Rubia peregrina, Tamus communis, Smilax aspera, Hedera helix e Clematis vitalba*. Nel Lazio la lecceta collinare ad Orniello è presente nella Tuscia meridionale, sui Colli Albani, sul M. Soratte, lungo il corso del F.Treja e sui M. Lucretili.

Sughereta (Cytiso-Quercetum suberis, Quercetum frainetto-suberis)

In passato molto probabilmente occupava un areale maggiore dell'attuale. Nel Lazio si distribuisce lungo la fascia costiera ed è presente anche presso Roma (Insugherata, Acquatraversa). In tale consorzio, che predilige i substrati acidofili e ambienti più freschi della lecceta, lo strato arboreo, costituito esclusivamente da *Quercus suber* (sughera) è aperto ed è formato da esemplari ceduati di notevoli dimensioni. Lo strato arbustivo, a densa copertura, come l'erbaceo, è caratterizzato dai *Cytisus villosus* (Citiso trifloro), *Crataegus monogyna, Erica arborea, Rubus ulmifolius* (Rovo comune), *Cistus monspeliensis, Phyllirea latifolia, Osyris alba* (Ginestrella comune) e *Myrtus communis*.

Bosco di caducifoglie

Si ascrivono a questo tipo di fitocenosi il querceto misto a cerro e farnetto (*Echinopo siculi-Quercetum frainetto*), il querceto a Rovere (*Hieracio-Quercetum petraee, Coronillo emeri-quercetun cerris*), il querceto a Roverella (*Cytiso-Quercetum pubescentis, Roso sempervirenti-Quercetum pubescentis*), il bosco misto (*Melittio-Ostryetum carpinifoliae*) e la faggeta (*Aquifolio-Fagetum e Polysticho-Fagetum*).

Bosco misto caducifoglio a Cerro e Farnetto (Echinopo siculi-Quercetum frainetto)

Si tratta di fitocenosi caducifoglie relativamente mesofile a dominanza di *Quercus frainetto* (farnetto) e *Quercus cerris* (cerro). Si rinvengono nella fascia collinare e presentano un sottobosco caratterizzato da specie a baricentro balcanico. Costituisce la vegetazione climatogena della Campagna romana, per le aree più interne, e della pianura Pontina. Nel Lazio si rinvengono, tra l'altro, nella Tuscia, nel bacino del F.Treja, sul M.te Soratte ed al Circeo. Gli elementi arbustivi più diffusi sono *Crataegus monogyna, Carpinus orientalis* (Carpino orientale), *Fraxinus ornus, Rubus sp., Sorbus domestica* (Sorbo domestico), *S. torminalis* (Ciavardello) e *Ruscus aculeatus*. Nello strato erbaceo sono presenti *Festuca heterophylla, Viola reichembachiana, Lathyrus venetus e Cyclamen repandum*.

Querceto a rovere (Hieracio-Quercetum petraee)

E' rappresentato da fitocenosi arboree caducifoglie

dominati da rovere e cerro che occupano ambienti pianeggianti o collinari e si rinvengono nella Tuscia spesso in condizioni depauperate su depositi vulcanici. Altre specie che concorrono alla formazione dello strato arboreo sono *Malus sylvestris* (melo selvatico)e *Quercus robur* (farnia).

Lo strato arbustivo si presenta denso e le specie più diffuse sono *Rosa arvensis* (rosa cavallina), *Juniperus communis e Genista tinctoria* (ginestra minore). Lo strato erbaceo risulta molto ricco di specie e presenta una elevata copertura.

Cerrete con rovere e castagno (Coronillo emeri-Quercetum cerris)

Si tratta di fitocenosi con fisionomia di bosco a *Quercus cerris* (cerro) nelle quali entrano spesso *Quercus petraea* (rovere) e *Castanea sativa* (castagno). In molti casi sono state trasformate dall'uomo in castagneti. Sono distribuite su suoli vulcanici fertili e profondi nella fascia collinare e montana. Oltre a *Quercus cerris, Quercus petraea e Castanea sativa* partecipano allo strato arboreo *Prunus avium* (ciliegio), *Sorbus domestica e Sorbus torminalis*. In quello arbustivo sono frequenti Mespilus *germanica* (Nespolo volgare), *Coronilla emerus* (Dondolino) e *Cytisus scoparius* (Ginestra dei carbonai). Nell'erbaceo si rinvengono, tra le altre, *Lathyrus venetus, Lathyrus niger e Potentilla micrantha*.

Querceto a roverella (Cytiso-Quercetum pubescentis, Roso sempervirenti-Quercetum pubescentis)

Nel settore interno dell'Appennino sono presenti querceti a Quercus pubescens (roverella), con strato arboreo piuttosto aperto e sottobosco caratterizzato da *Cytisus sessilifolius*, *Juniperus oxycedrus, Brachypodium pinnatum*.

I querceti a roverella del settore più prossimo alla costa sono riferibili al *Roso-Quercetum pubescentis*. Rispetto ai primi si arricchiscono di specie mediterranee: *Rosa sempervirens* (Rosa di S.Giovanni), *Rubia peregrina, Smilax aspera, Lonicera implexa* (caprifoglio mediterraneo), etc.

Bosco misto (Melittio-Ostryetum carpinifoliae)

Questa formazione si presenta, in genere, con fisionomia di bosco a dominanza di *Ostrya carpinifolia* (Carpino nero) e caratterizza ampi settori dell'Appennino distribuendosi prevalentemente nella fascia collinare e montana. Oltre al Carpino nero partecipa allo strato arboreo *Acer obtusatum* (l'acero d'Ungheria), *Tilia platyphyllos* (Tiglio), *Querecus pubescens e Fraxinus ornus*. Nello strato arbustivo sono frequenti *Laburnum anagyroides* (Maggiociondolo) e *Cytisus sessilifolius*, nell'erbaceo *Melittis melyssophyllum, Melica uniflora e Anemone apennina*.

Faggeta (Aquifolio-Fagetum e Polysticho-Fagetum)

L'associazione *Aquifolio-Fagetum* costituisce la vegetazione climacica della fascia montana sui M. Simbruini, M.Lepini, e M. Ernici, tra 700-1400 m. su pendii e altopiani esposti alle correnti atmosferiche umide. Lo strato arboreo, monospecifico, è costituito da *Fagus sylvatica* (faggio), mentre quello arbustivo è dominato da *Ilex aquifolium* (agrifoglio), specie caratteristica. Lo strato erbaceo, a scarsa copertura, ospita *Viola reichembachiana, Galium odoratum, Cyclamen hederifolium, Sanicula europaea, Lamium flexuosum, Geranium versicolor ed Aremonia agrimonoides*.

Nelle aree dove gli aspetti di maggiore continentalità prevalgono su quelli legati alle correnti umide (Terminillo, sistema Ernici-Simbruini) si diffonde la faggeta interna appenninica (*Polysticho-Fagetum*).

Le formazioni erbacee

Rappresentano fitocenosi molto diffuse nel territorio laziale e, per la maggior parte, strettamente correlate alle attività antropiche.

Nella fascia strettamente mediterranea le varie associazioni afferiscono alla classe *Thero-Brachypodietea*. In generale si presentano con copertura per lo più discontinua, di aspetto steppico e ricche di camefite e terofite. Occupano vaste superfici della regione e sono caratterizzate da numerose specie termoxerofile ad areale tipicamente mediterraneo.

Al di sopra della fascia mediterranea sono diffuse praterie ascrivibili alla classe *Festuco-Brometea*. Si tratta di pascoli steppici, perenni, meso-eutrofici e poco compatti che si rinvengono sui rilievi montuosi.

Su suoli alluvionali, lungo i corsi d'acqua e nelle piane irrigate si sviluppano aggruppamenti mesofili che presentano un'elevata copertura riferibili alla classe *Molinio-Arrhenetheretea*.

Infine nella praterie d'altitudine, che si sviluppano al di sopra del limite del bosco di faggio a contatto con i cespuglieti a *Juniperus nana* (ginepro nano) Arctostaphylos uva-ursi (uva ursina) e *Vaccinium myrtillus* (mirtillo), si rinvengono specie di seslerieto quali *Sesleria tenuifolia, Carex kitaibeliana e Plantago atrata*. Tali fitocenosi sono limitate ai sistemi montuosi più elevati del Lazio (Monte Terminillo e Monti della Laga).

La vegetazione igrofila

La distribuzione della vegetazione igrofila è strettamente correlata alle caratteristiche ecologiche, idrauliche e geomorfologiche del corso d'acqua.

Lungo il fiume la velocità della corrente è maggiore nel corso superiore montano, a causa della maggiore pendenza dell'alveo e diviene, unitamente al trasporto solido, un fattore limitante per l'insediamento della vegetazione igrofila nell'alveo, a causa delle sollecitazioni meccaniche indotte.

Al variare dell'energia della corrente fluviale si vengono a determinare variazioni nel trasporto solido e nella sedimentazione che portano alla costituzione di alvei con materiali grossolani o con sedimenti fini, nella tipica seriazione longitudinale o trasversale, che influenzano la distribuzione delle comunità vegetali.

Anche l'elevata profondità del pelo libero costituisce un ostacolo per lo sviluppo della vegetazione radicante, che manca negli alvei principali dei fiumi. L'elevata profondità si accompagna poi, in genere, ad una scarsa trasparenza delle acque e la torbidità limita la possibilità di sviluppo delle piante. Quando la portata idraulica assume valori elevati durante le piene, la vegetazione viene sommersa e la durata del periodo di sommersione diventa un ulteriore fattore limitante lo sviluppo delle fitocenosi igrofile.

Anche il regime idraulico, che dipende in modo particolare dalla distribuzione delle precipitazioni, influisce sullo sviluppo della vegetazione. Regimi fluviali caratterizzati da portate poco variabili durante l'anno, garantiscono alla vegetazione un'habitat igrofilo, mentre regimi molto variabili creano condizioni di stress idrico che ne limitano lo sviluppo.

La vegetazione igrofila si sviluppa in accordo con i parametri sopra delineati.

La vegetazione delle acque correnti

Quando la corrente è molto veloce l'insediamento delle macrofite è impedito, mentre, invece, in presenza di un flusso abbastanza veloce, ma compatibile con la deposizione di sedimenti fini, l'insediamento delle comunità vegetali erbacee avviene con la costituzione di isole più o meno sommerse. In generale le specie che vegetano nella zona sopracorrente, nelle parti esterne della fitocenosi, presentano apparati fogliari nastriformi sommersi, in modo da porre minor resistenza al flusso dell'acqua.

Nella parte sottocorrente, verso il centro dell'isola vegetale, più riparata, si sviluppano invece specie con apparati fogliari di diverso tipo che raggiungono la superficie. In generale la struttura della vegetazione si adatta alle caratteriste idriche del corso d'acqua ed evolve con esso.

Le fitocenosi acquatiche delle correnti rapide si riferiscono all'alleanza *Ranunculion fluitans* e sono caratterizzate dalla presenza di specie del genere *Ranunculus*, sottogenere *Batrachium*, che comprende i ranuncoli d'acqua a fiori bianchi. Altre specie diffuse sono *Veronica anagallis-aquatica, Berula erecta, V. beccabunga e Apium nodiflorum* .

In presenza di correnti più lente, come nei corsi d'acqua minori o nei canali d'irrigazione, la vegetazione raggiunge il pelo libero ed assume un copertura densa. Nella classe *Potametea pectinati* si raggruppano le comunità vegetali a rizofite (radicate sul fondo) e pleustofite del tipo idrocaridi (che galleggiano liberamente sulla superficie dell'acqua e con foglie galleggianti specializzate). Le specie più frequenti sono *Hydrocharis morsus-ranae, Zannichellia palustris* e varie specie del genere *Potamogeton*.

La vegetazione ripariale legnosa

La vegetazione ripariale legnosa è condizionata da particolari condizioni ecologiche legate al rapporto con la falda che ne determina un carattere di azonalità rispetto alle fitocenosi terrestri della serie climacica con le quali entra in contatto.

La sua distribuzione sul territorio avviene con differenti e caratteristiche associazioni secondo una zonazione longitudinale lungo il corso d'acqua ed una trasversale allo stesso.

Dalle sorgenti alla foce il fiume incontra situazioni climatiche, ecologiche e geomorfologiche differenti legate all'altitudine, alla portata ed al regime idraulico, alla velocità dell'acqua, alla granulometria dell'alveo, alle caratteristiche chimico-fisiche delle acque, etc., che determinano situazioni diverse nel corso superiore, in quello medio e nell'inferiore. Mentre nel corso superiore montano la pendenza elevata, che determina una notevole capacità erosiva e di trasporto solido, può arrivare ad essere incompatibile con la presenza di associazioni vegetali in alveo o, nelle situazioni di minore energia cinetica al massimo con saliceti arbustivi, nelle parti inferiori del bacino trovano spazio ecologico le formazioni ripariali arboree di salici, pioppi e ontani.

Per quanto riguarda la zonazione trasversale dei fiumi italiani, che dipende principalmente dai vari livelli di piena e dalle caratteristiche geometriche, morfologiche e granulometriche dell'alveo, possiamo far riferimento ad uno schema, peraltro analogo a quello dei fiumi europei, che vede a partire dalle sponde le formazioni a legno tenero di salici e pioppi che entrano in contatto sul terrazzo fluviale con le formazioni di legno duro a querce, frassini e olmi.

Vengono di seguito descritte le fitocenosi ripariali legnose dei corsi d'acqua laziali secondo lo schema di Pedrotti e Gafta, che rientrano negli ordini sintassonomici *Salicetalia purpureae e Populetalia albae*.

Salicetalia purpureae

Comprende le associazioni pioniere arbustive ed arboree delle rive soggette a frequenti e prolungate piene e si distinguono in:

Arbusteti pionieri su alluvioni grossolane caratterizzati da salici arbustivi (Salicion eleagni)

Costituiscono cespuglieti e boscaglie, ad elevati valori di copertura, dominati da *Salix purpurea* (salice rosso), *Salix eleagnos* (salice ripaiolo) e *Populus nigra* (pioppo nero) sui greti sassosi dei torrenti appenninici

nel corso superiore, potendo giungere a colonizzare i depositi alluvionali delle isole fluviali. Lo strato erbaceo comprende numerose specie caratteristiche sia dei greti sia degli ambienti circostanti quali *Saponaria officinalis, Equisetum arvense, Rumex conglomeratus, Ranunculus repens, Urtica dioica, etc*.

Dal punto di vista fitosociologico questi consorzi sono inquadrati nell'associazione *Saponario-Salicetum purpureae*,che nel Lazio è stata segnalata ad Atina (Fr) e sul M.Terminillo.

Boscaglie su alluvioni fini caratterizzate da salici (Salicion albae)

Rappresentano associazioni pioniere sulle sponde prevalentemente sabbiose del corso medio ed inferiore dei fiumi, con suoli non evoluti a basso tenore di humus e frequentemente sommerse dalle piene.

Lo strato arboreo è dominato fisionomicamente da *Salix alba* (salice bianco) con, in subordine, *Populus nigra*, mentre nello strato arbustivo, a copertura rada, compaiono *Sambucus nigra* (sambuco comune), *Populus nigra e Salix alba*; nell'erbaceo, sottoposto a continuo disturbo da parte delle piene si trovano specie ruderali e sinantropiche quali *Artemisia vulgaris, Parietaria diffusa, Urtica dioica, etc*.

Populetalia albae

L'ordine comprende le associazioni che si insediano sui terrazzi fluviali nelle zone meno frequentemente raggiunte dalle piene, su suoli alluvionali evoluti o su suoli zonali con varianti determinate da processi di gleyficazione.

Boschi di pioppi e frassino ossifillo (Populion albae)

Occupano, in genere, le stazioni poste sui terrazzi più elevati dei saliceti, nei corsi medi ed inferiori dei fiumi. Nei pioppeti del *Populetum albae* lo strato arboreo è caratterizzato da *Populus alba* (pioppo bianco), *Populus nigra, Ulmus minor* (olmo comune), *Fraxinus oxycarpa* (frassino ossifillo), mentre nell'arbustivo, ben rappresentato, si trovano *Euonymus europaeus* (berretta da prete), *Crataegus monogyna, Ligustrum vulgare, Cornus sanguinea e Sambucus nigra*. Lo strato erbaceo è caratterizzato da *Carex pendula, Stachys sylvatica, Vinca minor, Lythrum salicaria, Melissa officinalis, etc*.

Nella fascia costiera laziale si trova anche un frassineto a *Fraxinus oxycarpa* riferibile all'associazione *Carici remotae-Fraxinetum oxycarpae con Ulmus minor, Populus alba e Quercus robur* (farnia), con uno strato arbustivo simile a quello del *Populetum albae* ed uno strato erbaceo a *Carex pendula, Carex remota, Ranunculus lanuginosus, Brachypodium sylvaticum, etc*.

Alcuni lembi di foresta della tenuta di Castel Porziano possono ascriversi al *Fraxino oxycarpae–Quercetum roboris*, un querceto dei depositi alluvionali più alti, eccezionalmente raggiunti dalle piene, su substrati misti sabbiosi, ove si formano suoli profondi e ricchi di humus, ma con caratteriche di gleyficazione.

Lo strato arboreo è dominato da *Quercus robur*, accompagnato da *Fraxinus oxycarpa, Ulmus minor, Populus alba, Populus nigra, Acer campestre*, mentre l'arbustivo da *Fraxinus oxycarpa, Ulmus minor, Acer campestre, Crataegus monogyna, Cornus sanguinea, Prunus spinosa*. Nello strato erbaceo, ben rappresentato si trovano *Carex pendula, Carex remota, Carex sylvatica, Brachypodium sylvaticum, Viola reichembachiana, etc*.

Boschi di ontani (Alno-Ulmion)

Tali ontanete sono diffuse lungo la catena appenninica laziale e sono costituite da uno strato arboreo monospecifico ad *Alnus glutinosa* (ontano comune), con un sottobosco a *Rubus caesius* (rovo bluastro), *Arum italicum, Carex pendula Humulus lupulus, Eupatorium cannabinum, Brachypodium sylvaticum, etc*.

La vegetazione delle acque stagnanti

Nelle situazioni di acque stagnanti o debolmente fluenti si sviluppano fitocenosi flottanti o affioranti ascrivibili all'alleanza *Nymphaeion albae*, caratterizzate dalle "*ninfeidi*" (con fusti ancorati al fondo e foglie galleggianti), quali, tra l'altro, *Nuphar luteum, Nymphoides peltata, Myriophyllum verticillatum e Ninphaea alba*.

Nell'ambiente palustre, piuttosto diffuso nel Lazio, la vegetazione è caratterizzata da consorzi a *Phragmites australis, Typha sp. pl. e Schoenoplectus lacustris*, che rientrano nell'alleanza *Phragmition australis*. Queste fitocenosi si sviluppano in ambienti legati a processi di interramento e si distribuiscono secondo una precisa zonazione dove, procedendo verso il corpo idrico, il fragmiteto occupa la prima fascia, seguito dal tifeto e, in acqua, dallo scirpeto che, rappresenta, quindi, l'aspetto pionieristico del canneto.

A ridosso delle comunità dell'alleanza *Phragmition*, in particolare del fragmiteto, verso l'entroterra si sviluppano le fitocenosi a grandi carici appartenenti all'alleanza *Magnocaricion*. Generalmente queste associazioni si trovano a diretto contatto con i boschi ripariali ed i boschi umidi. Le specie più diffuse sono *Carex riparia e C. pseudocyperus*.

Sempre nell'ambito palustre dove l'acqua è poco profonda ed evidenzia una certa mobilità e limpidezza si sviluppa una vegetazione ascrivibile all'alleanza *Sparganio-Glycerion fluituans*. Le specie che più frequentemente ricorrono sono *Apium nodiflorum, Veronica anagallis aquatica, Glyceria fluitans e Nasturtium officinale*.

Le comunità vegetali appartenenti alle classi

Lemnetea minoris prevalgono particolarmente diffuse nei canali dell'Agro Pontino e sono caratterizzate da pleustofite (idrofite sommerse o liberamente natanti in superficie, senza apparato radicante) di piccole dimensioni che costituiscono fitocenosi libere e flottanti sulla superficie dell'acqua. Le specie più diffuse e note appartengono ai generi *Azolla, Lemna, Spirodela, Wollfia e Salvinia*.

Si riportano quattro transetti significativi realizzati in aree interessate da interventi di sistemazioni idrauliche con tecniche di ingegneria naturalistica.

Fig. 8.5.1 - Transetto 1

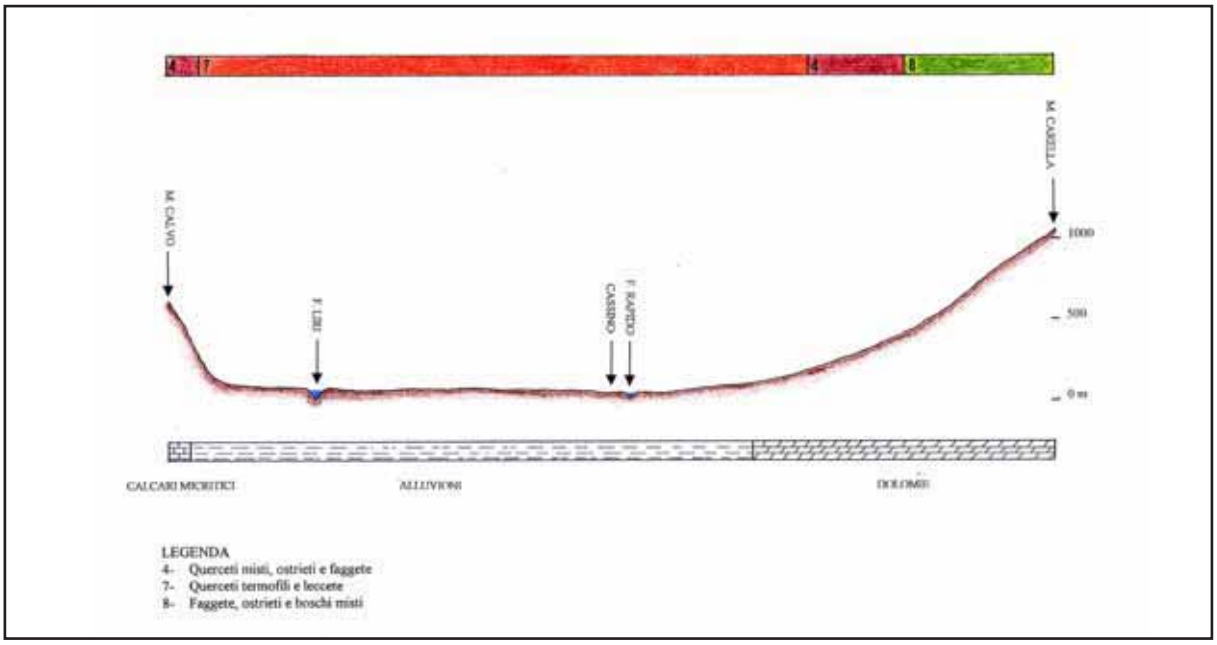


Fig. 8.5.2 - Transetto 2

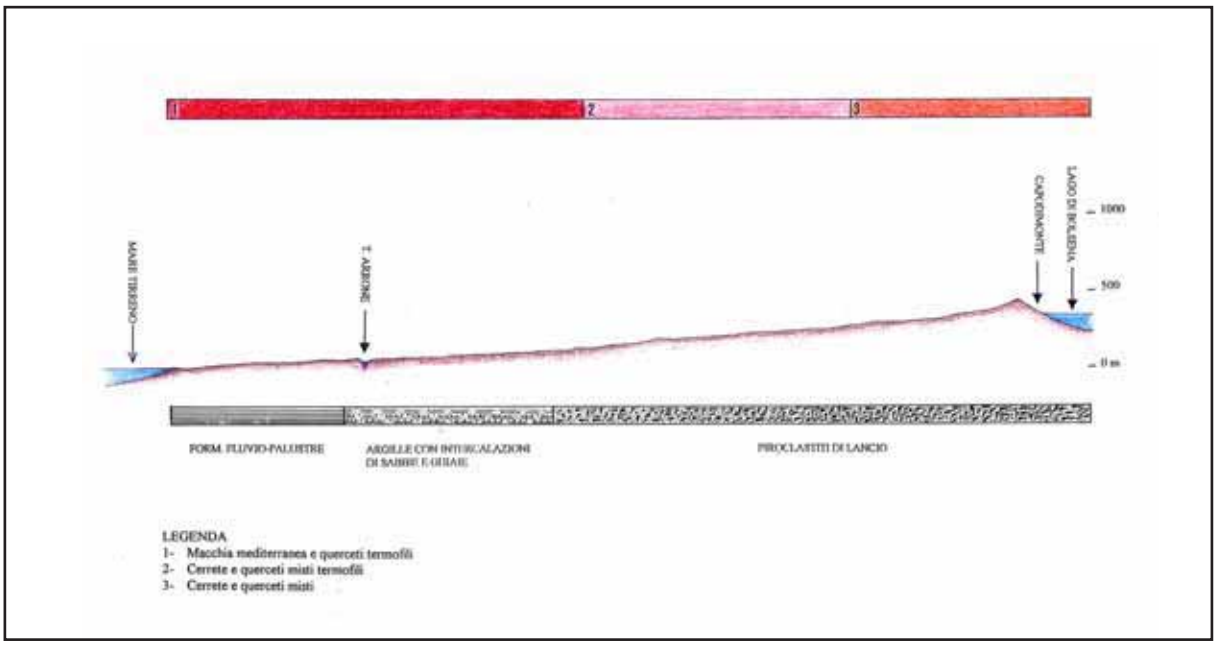


Fig. 8.5.3 - Transetto 3

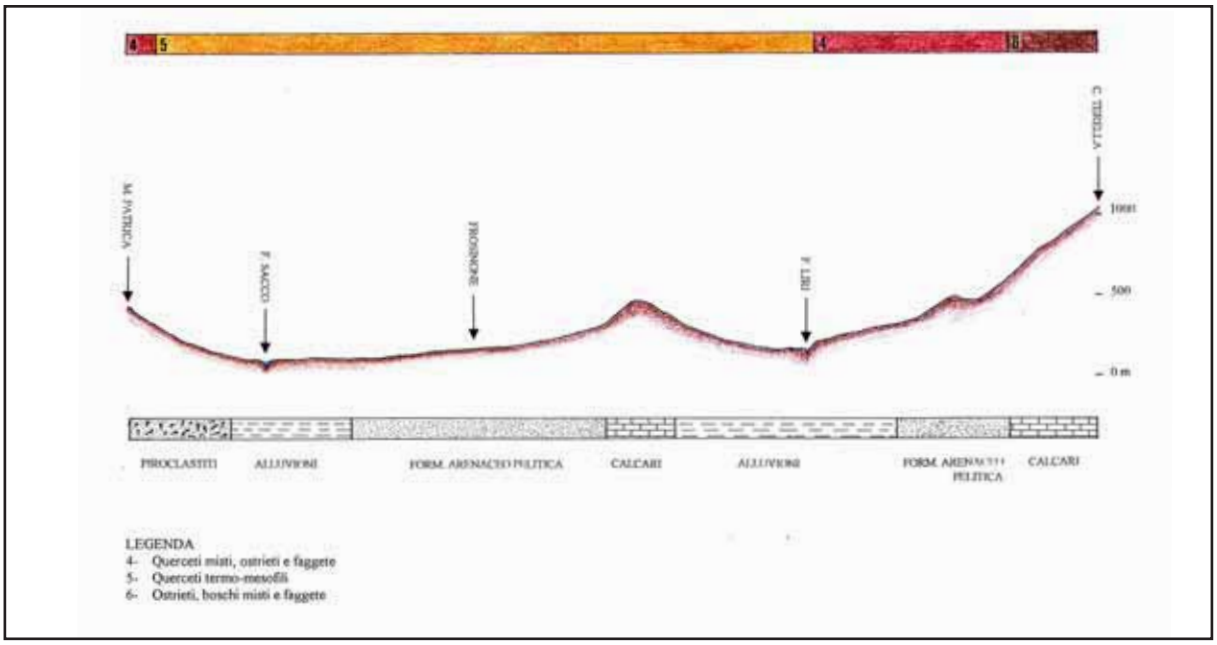
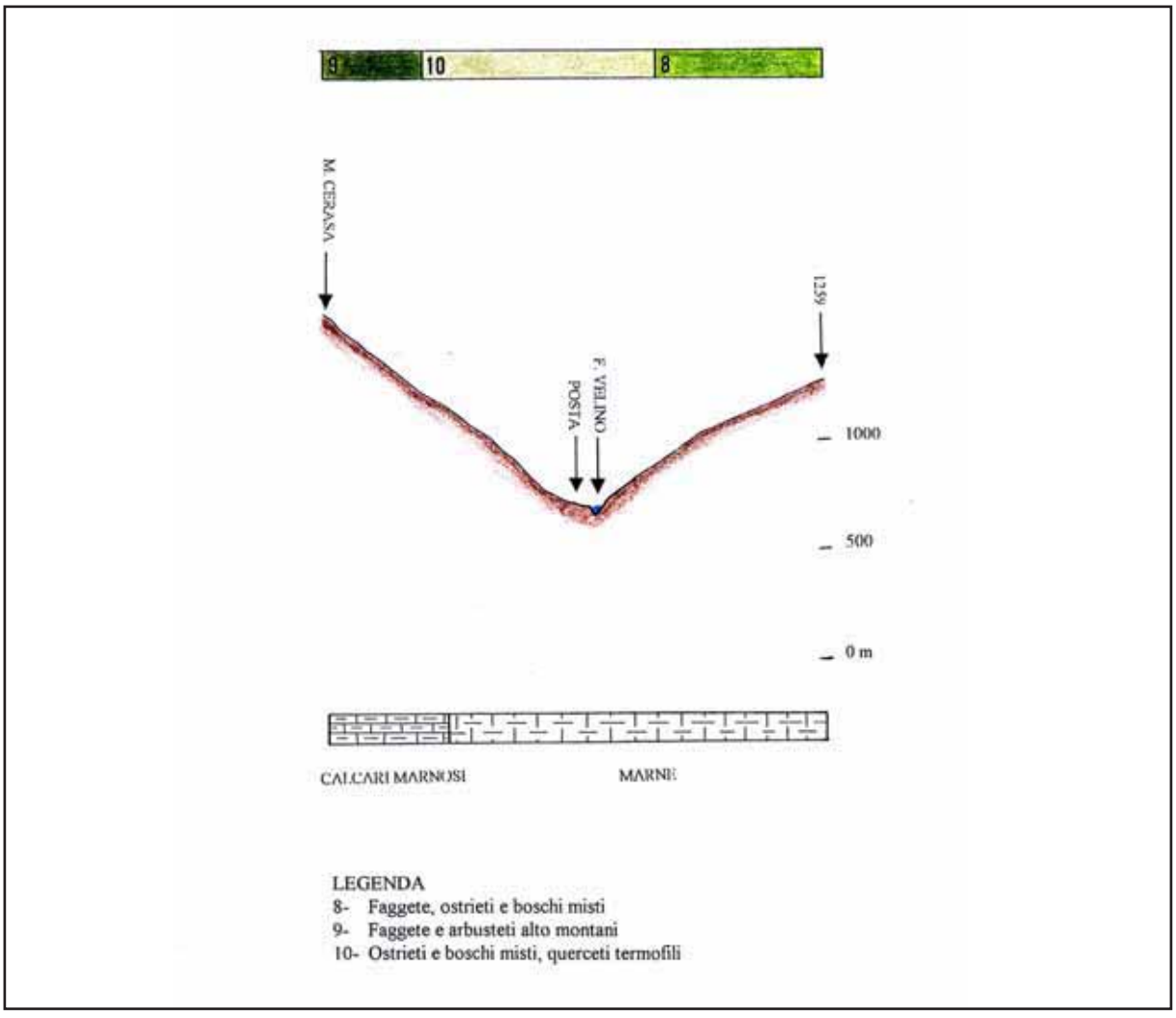


Fig. 8.5.4 - Transetto 48.6



L. Filesi (Università IUAV di Venezia)

8.6 Generalità sulla vegetazione reale e sulle principali serie dinamiche del Lazio e delle regioni limitrofe

8.6.1 Fitosociologia e serie di vegetazione

La fitosociologia è una branca della geobotanica che trova il proprio fondamento scientifico nella distribuzione discreta della vegetazione. La vegetazione può così essere classificata mediante un sistema gerarchico che vede nell'associazione il modello di base.

L'associazione vegetale è "un aggruppamento vegetale più o meno stabile ed in equilibrio con l'ambiente, caratterizzato da una composizione floristica in cui alcune specie vegetali, che si rinvengono quasi esclusivamente in quel tipo di popolamento, rivelano con la loro presenza una ecologia particolare ed autonoma" (Braun – Blanquet, 1928).

Obiettivo centrale della geobotanica e della fitosociologia è studiare la vegetazione per spiegare, in chiave ecologica e corologica, la presenza di una comunità vegetale in un determinato luogo.

La fitosociologia classica, rappresenta il primo livello di analisi cenologica, la fitosociologia integrata (sinfitosociologia) studia invece il complesso delle comunità vegetali che rappresentando i vari stadi successionali, iniziali, intermedi e maturo danno luogo alla serie. Ciò risulta particolarmente utile in territori come il nostro in cui una elevata eterogeneità potenziale (legata all'alta variabilità dell'ambiente fisico) si abbina ad una elevata eterogeneità di uso del suolo. Il disturbo, prevalentemente antropico, interessa anche i settori naturalisticamente più integri. Il paesaggio vegetale è articolato in un complesso mosaico di aggruppamenti vegetali, praterie, cespuglieti, garighe, ecc., a causa di azioni quali il disboscamento, l'incendio, il pascolo, la messa a coltura di terreni. Tali aggruppamenti vegetali sono quindi ben più numerosi delle tipologie che sarebbero presenti in assenza di disturbo (alle nostre latitudini sarebbero quasi esclusivamente formazioni forestali). La serie di vegetazione è l'insieme degli aggruppamenti vegetali che costituiscono i diversi stadi dinamici tendenti ad un solo aggruppamento maturo (vegetazione naturale potenziale), presenti all'interno di un territorio sufficientemente omogeneo dal punto di vista litogeomorfologico e bioclimatico. L'espressione spaziale, quantificata, di tutti questi aggruppamenti è il sigmeto (o sinassociazione), unità di base della sinfitosociologia o fitosociologia dinamica. Conseguentemente vengono definiti "contatti seriali" i rapporti di contiguità tra fitocenosi dinamicamente collegate, ossia riferibili alla stessa serie di vegetazione.

Tale approccio consente quindi una lettura in chiave attuale e potenziale di ciascun lembo di territorio, anche se coltivato o antropizzato, dimostrandosi quindi di grande interesse scientifico, applicativo e pianificatorio. Interventi di rinaturalizzazione, recupero, ripristino, restauro ambientale e, più in generale di ingegneria naturalistica devono necessariamente confrontarsi con la situazione attuale e potenziale del territorio e possono quindi avvalersi in maniera proficua di studi condotti con l'approccio della fitosociologia integrata.

Lo studio della vegetazione in chiave dinamica ha una storia molto recente essendo stato proposto da Tuxen tra il 1974 e il 1980: ha avuto un forte impulso in Francia (GEHU, 1986) ed in particolare in Spagna (Rivas-Martinez, 1987). In Italia tale approccio è seguito da almeno un decennio ma ha conosciuto una eccezionale accelerazione grazie soprattutto alla realizzazione della Carta delle Serie di vegetazione d'Italia (scala 1: 250.000) relativa al programma "Completamento delle Conoscenze Naturalistiche di Base" (Ministero dell'Ambiente – Dipartimento di Biologia Vegetale dell'Università "La Sapienza" di Roma). Solo quando saranno disponibili i dati frutto di quel programma, per il quale gli specialisti di ogni regione stanno mettendo a punto lo stato delle conoscenze sulla base di ricerche bibliografiche, di controlli in campo e di riscontri cartografici potremmo disporre di un organico quadro conoscitivo.

8.6.2 Lineamenti del paesaggio vegetale e principali serie di vegetazione dei settori collinare e montano del Lazio e regioni limitrofe

Nel Nord e nel centro della regione si hanno antichi apparati vulcanici (in parte occupati da laghi) che conferiscono a questo territorio un caratteristico andamento collinare. A Ovest e più generalmente lungo il litorale prevalgono le morfologie pianeggianti. Il settore orientale della regione è formato prevalentemente da montagne calcaree che superano i 2000 metri di altezza anche se le vette più alte appartengono al complesso arenaceo della Laga. Nel settore preappenninico meridionale si hanno rilievi calcarei, ma di altezza modesta che la Valle del Sacco divide dall'Appennino. L'Agro Romano presenta ancora una certa affinità di ambiente fisico con il settore costiero settentrionale mentre l'Agro Pontino, a sud, è caratterizzato dalla presenza di una duna pleistocenica (duna antica) e dall' ampio settore un tempo paludoso ed oggi bonificato e intensamente coltivato che giunge fino al Preappennino.

Tale eterogeneità abbinata ad una notevole articolazione bioclimatica si riflette nella notevole ricchezza floristica della regione. La flora del Lazio è costituita da oltre tremila entità (Anzalone 1994, 1996).

La posizione centrale rispetto alla Penisola favorisce la presenza di contingenti floristici di provenienza

geografica differente: in particolare è da segnalare quello orientale molto ben rappresentato nella vegetazione forestale (Montelucci, 1978).

Per comprendere appieno l'articolazione del paesaggio vegetale del Lazio (e non solo) dobbiamo ricordare inoltre l'azione umana che attraverso i diversi usi del suolo ha spesso eliminato grandi estensioni di vegetazione naturale o ha favorito stadi successionali precoci (pensiamo ad esempio al pascolo) ma ha anche determinato la diffusione di specie forestali, fortemente caratterizzanti alcune fisionomie, un tempo certamente presenti in misura molto meno significativa come ad esempio il castagno.

Il paesaggio vegetale del Lazio presenta numerosi elementi di continuità con le regioni limitrofe. In particolare notiamo una certa continuità di ambiente fisico, tra la pianura costiera del Lazio settentrionale e quella della Toscana (Maremma). La presenza di sughera (*Quercus suber*) e farnetto (*Quercus frainetto*) nei boschi a dominanza di cerro (*Quercus cerris*) conferisce alle formazioni laziali e toscane una sostanziale omogeneità con modeste variazioni floristiche limitate allo strato erbaceo. Al contrario le tipologie vegetazionali dei rilievi collinari (vulcanici e metamorfici) delle due regioni si differenziano in maniera più netta, probabilmente sia per ragioni di chimismo dei substrati (generalmente più acidi in Toscana) sia per ragioni corologiche (nel Lazio, anche se rarefatti, sono ancora presenti molti elementi con distribuzione meridionale che invece in Toscana scompaiono o sono presenti solo eccezionalmente, *Teucrium siculum, Carpinus orientalis, Echinops siculus,* ecc.). La rovere (*Quercus petraea*), diffusamente presente nel Lazio settentrionale giuoca un ruolo ben più importante in Toscana, anche in chiave fisionomica, inoltre la presenza nelle cenosi arbustive di specie quali *Calluna vulgaris e Ulex europaeus* ci collega ad una realtà biogeografica ad impronta più settentrionale.

Relativamente all'Umbria possiamo affermare che, almeno per quanto riguarda la provincia di Terni (che si sviluppa lungo il confine con il Lazio) l'affinità di paesaggio vegetale è piuttosto marcata, sul flysch ritroviamo comunità riferibili alle stesse categorie individuate nel Lazio settentrionale (M. Rufeno), ossia cerrete con rovere (*Quercus petraea*) e roverella (*Quercus pubescens*), la Valle del Tevere mantiene una sua identità in continuità con i settori più meridionali e, sui rilievi carbonatici, in Umbria ritroviamo tipologie affini a quelle che nel Lazio osserviamo sui M.ti Sabini: boschi misti a dominanza di carpino nero (*Ostrya carpinifolia*), leccete miste e boschi di roverella. Le alte montagne del Reatino appaiono sostanzialmente in continuità, per condizioni di ambiente fisico e per aspetti vegetazionali, con la realtà abruzzese che comunque presenta maggiori affinità biogeografiche con l'Italia meridionale. In Campania, al contrario di quanto osservato per la Toscana, possiamo affermare che risulta evidente una continuità del paesaggio vegetale del Lazio lungo il Preappennino calcareo ed anche una notevole affinità di Roccamonfina con gli apparati vulcanici del Lazio. Al contrario, la pianura costiera, almeno per quanto riguarda la vegetazione potenziale (la piana casertana è pressoché totalmente coltivata) presenta una certa discontinuità da attribuire alla maggiore piovosità e soprattutto alla notevole presenza di ceneri vulcaniche (flegree e vesuviane) nei suoli.

Vengono di seguito descritte le fisionomie delle formazioni forestali ritenute più rappresentative del paesaggio vegetale del Lazio e regioni limitrofe, Toscana, Umbria, Abruzzo, Campania. Non sono state prese in considerazione le regioni Molise e Marche che confinano con il Lazio solo per un breve tratto. Non viene inoltre presa in considerazione la vegetazione distribuita esclusivamente o prevalentemente in pianura né quella della fascia altitudinale oltre il limite del bosco. Nella fascia altimetrica considerata la vegetazione naturale potenziale è generalmente di tipo forestale, alcuni riferimenti alla vegetazione erbacea ed arbustiva vengono forniti nel paragrafo 8.6.3 relativo alle sere di vegetazione. Uno schema riassuntivo (Tab.8.6.1) consente poi una lettura speditiva della distribuzione delle diverse tipologie a livello regionale.

Le indicazioni che si possono fornire con un "manuale" sono ovviamente soltanto degli spunti di approfondimento. In chiave applicativa comunque le specie arbustive ed erbacee degli stadi successionali dinamicamente meno maturi costituiscono un utile riferimento per gli interventi di recupero, rinaturazione e, più in generale di ingegneria naturalistica. La bibliografia è stata ridotta al minimo soprattutto per quelle regioni che si possono avvalere di sintesi piuttosto recenti (ricche a loro volta di bibliografie). I riferimenti bibliografici del presente lavoro comprendono sintesi a carattere principalmente forestale (Arrigoni, 1998; per la Toscana), sintesi regionali fondate principalmente su caratteristiche bioclimatiche (Blasi, 1994; per il Lazio), lavori più recenti ed esplicitamente riferiti alle serie di vegetazione (Biondi et al., 2000; per la provincia di Terni) oltre ad una serie di contributi a carattere più o meno locale e ad una sintesi sui boschi dei *Quercetalia pubescenti-petraeae* per la Penisola (Blasi et al., 2004).

È indispensabile che in interventi di ingegneria naturalistica si faccia riferimento a studi che abbiano come oggetto la comunità vegetale e la sua dimensione dinamica. Il fitosociologo è la figura più idonea a fornire le conoscenze adeguate, bibliografiche ma soprattutto di riconoscimento in campagna delle specie, delle comunità e dei loro patterns di distribuzione.

Intervenire sull'ambiente con materiale biologico è cosa assai delicata che va oltre la ricerca del "bello" architettonico e dell' "efficace" ingegneristico ed è per

questo che oggi più che in passato è indispensabile il lavoro in equipe.

BOSCO DI LECCIO E ORNIELLO
(Fraxino orni-Quercetum ilicis)
(Lazio, Toscana, Umbria, Abruzzo, Campania)
Vedi paragrafo 8.6.3

BOSCO DI ROVERELLA TERMOFILO
(Roso sempervirentis-Quercetum pubescentis)
(Lazio, Toscana, Umbria, Abruzzo, Campania)
Vedi paragrafo 8.6.3

BOSCO DI ROVERELLA DELL'ORIZZONTE SUBMONT
(Cytiso sessilifolii-Quercetum pubescentis)
(Lazio, Abruzzo)

Rilievi carbonatici con suoli sottili o ricchi di scheletro. Ambito montano in condizioni climatiche di continentalità.

Fisionomia

Boschi di roverella con copertura rada ricchi di specie arbustive (*Cytisus sessilifolius, Spartium junceum, Juniperus oxycedrus subsp. oxycedrus, Chamaecytisus spinescens, occasionalmente Buxus sempervirens*) ed erbacee (*Bromus erectus, Saturja montana, Koeleria splendens, Phleum ambiguum*). Praticamente assenti le specie tipicamente mediterranee e quelle caratteristiche di faggeta a sottolineare la scarsa oceanicità di questi ambienti.

BOSCO DI CERRO CON ROVERELLA E CARPINO ORIENTALE
(Carpino orientalis-Quercetum cerridis)
(Lazio, Abruzzo, Campania)

Substrati caratterizzati da argille sedimentarie o di derivazione vulcanica in ambito collinare.

Fisionomia

Bosco a dominanza di *Quercus cerris* con *Acer campestre, Quercus pubescens,, Fraxinus ornus*. Caratterizzato dalla presenza di *Carpinus orientalis* (talvolta anche con *Q. frainetto*) Lo strato arbustivo e lianoso mostra una copiosa presenza di specie termofile caducifoglie quali *Ligustrum vulgare, Rubus ulmifolius, Hedera helix, Crataegus monogyna, Cornus sanguinea*, sia dalla flora tipica delle foreste sempreverdi mediterranee come *Rosa sempervirens, Rubia peregrina, Asparagus acutifolius, Ruscus aculeatus e Smilax aspera*. Nello strato erbaceo, predominano specie nemorali tendenzialmente mesofile quali *Melica uniflora, Primula vulgaris, Lychnis coronaria, Brachypodium sylvaticum*.

QUERCETO MISTO DI CERRO CON ROVERE E CASTAGNO
(Coronillo emeri-Quercetum cerridis)
(Lazio, Abruzzo, Campania)

Prevalentemente su substrati vulcanici in ambito collinare/montano.

Fisionomia

L'associazione descrive cerrete con roverella e talora rovere. Nello strato arboreo si ritrovano specie quali *Sorbus domestica, Sorbus torminalis, Pyrus piraster, Acer obtusatum*. In molti casi queste cenosi hanno lasciato spazio a castagneti cedui e da frutto. Nello strato arbustivo compaiono frequentemente *Mespilus germanica, Coronilla emerus, Ligustrum vulgare, Cytisus scoparius*.

Nello strato erbaceo sono molto abbondanti specie quali *Festuca heterophylla, Luzula forsteri* e frequenti specie quali *Allium pendulinum, Platanthera clorantha, Anemone apennina*. Poco rappresentativo il contingente di mediterranee.

QUERCETO MISTO DI CERRO CON ROVERELLA E ROVERE
(Asparago tenuifolii-Quercetum cerridis)
(Lazio, Toscana, Umbria)
Vedi paragrafo 8.6.3

BOSCO ACIDOFILO E TERMOFILO DI CERRO
(Erico arboreae-Quercetum cerridis)
(Lazio, Toscana, Umbria)

Substrati acidi o subacidi in ambito collinare.

Fisionomia

Boschi a dominanza di cerro con roverella e, sporadicamente rovere; caratteristica la presenza e abbondanza, nello strato arbustivo, di numerose specie mediterranee acidofile quali *Arbutus unedo, Erica arborea ed Erica scoparia*. Tra le specie mediterranee anche *Viburnum tinus, Phillyrea latifolia, Smilax aspera e Rubia peregrina*.

BOSCO ACIDOFILO E MESOFILO DI CERRO CON ROVERE
(Cephalanthero longifoliae-Quercetum cerridis)
(Lazio, Toscana, Umbria)

Prevalentemente su substrati arenacei con reazione chiaramente acida in ambito collinare/montano.

Fisionomia

Querceti misti di *Quercus cerris e Quercus petraea*. Frequenti nello strato arbustivo *Juniperus communis, Crataegus laevigata e Rosa arvensis*. Lo strato erbaceo è caratterizzato da specie acidofile a distribuzione prevalentemente centro-settentrinale quali *Cephalanthera longifolia, Lathyrus montanus, Hieracium sylvaticum, Holcus mollis, Anemone nemorosa*. Componente mediterranea quasi del tutto assente. Nei settori più freschi la comunità si arricchisce di elementi tipici delle faggete quali *Corydalis cava, Neottia nidus-avis, Scilla bifolia, Euphorbia amygdaloides, Adoxa moschatellina*.

CERRETA MESOIGROFILA
CENTRO-SETTENTRIONALE
(Melico uniflorae-Quercetum cerridis)
(Toscana, Lazio)

Suoli profondi derivanti da litotipi diversi in ambito collinare/montano.

Fisionomia

Strato arboreo dominato da *Quercus cerris* cui si accompagnano *Carpinus betulus e Quercus petraea*. Frequenti anche specie quali *Sorbus torminalis, Prunus avium, Malus sylvestris, Acer campestre e Ulmus minor*. Strato arbustivo cui partecipano *Juniperus communis, Crataegus laevigata, Corylus avellana, Erica scoparia, Erica arborea, Cytisus scoparius*. Strato erbaceo caratterizzato dalla presenza di *Anemone nemorosa, Agrimonia eupatoria, Viola reichenbachiana, Melica uniflora, Festuca heterophylla, Brachypodium sylvaticum, Arum maculatum, Euphorbia dulcis, Euphorbia amygdaloides*.

CERRETA MESOFILA MISTA SETTENTRIONALE
(Aceri obtusati-Quercetum cerridis)
(Toscana)

Prevalentemente su substrati marnoso arenacei e calcareo marnosi in ambito collinare/montano.

Fisionomia

Bosco misto a dominanza di *Quercus cerris* con presenza, nello strato arboreo, di *Acer obtusatum, Ostrya carpinifolia, Fraxinus ornus,* e, localmente, *Fagus sylvatica, Carpinus betulus, Acer campestre, Castanea sativa*; nello strato arbustivo presenza di *Cornus mas, Coronilla emerus, Crataegus laevigata* e, nello strato erbaceo *Anemone trifolia, Salvia glutinosa, Festuca heterophylla, Hepatica nobilis, Melica uniflora, Primula vulgaris*.

BOSCO ACIDOFILO
MISTO DI ROVERE E CERRO
(Physospermo cornubiense - Quercetum petraeae)
(Toscana)

Si sviluppa su litotipi arenacei o su anageniti, sempre su suolo acido e in condizioni climatiche temperato-umide in ambito collinare/montano.

Fisionomia

Strato arboreo dominato da *Quercus petraea* e *Quercus cerris*, localmente con *Castanea sativa*. Strato arbustivo in cui compaiono *Crataegus monogyna, Erica arborea, Juniperus communis, ecc*. Strato erbaceo caratterizzato dalla presenza di *Physospermum cornubiense, Lathyrus montanus, Erytronium denscanis, Deshampsia flexuosa, Luzula pedemontan, e Teucrium scorodonia*.

BOSCO DI CERRO E FARNETTO TERMOFILO
MERIDIONALE
(Echinopo siculi–Quercetum frainetto)
(Campania)

Diffuso in ambito collinare prevalentemente su substrati silicei.

Fisionomia

Boschi di cerro *(Quercus cerris)* e farnetto *(Quercus frainetto)*. Strato arboreo dominato caratterizzato da *Carpinus orientalis*, nello strato arbustivo compaiono con una certa frequenza *Cytisus villosus, Erica arborea e Rosa sempervirens*. Lo strato erbaceo accoglie specie quali *Lathyrus niger, Echinops siculus, Genista tinctoria, Crepis leontodontoides, Veronica chamaedris, Ptilostemon strictus, Teucrium siculum, Asperula laevigata e, tra le lianose Smilax aspera*.

CERRETA MESOFILA MERIDIONALE
(Physospermo verticillati-Quercetum cerridis)
(Campania)

Ambito collinare/montano preferenzialmente su substrati silicei.

Fisionomia

Bosco a dominanza di cerro *(Quercus cerris)* frequentemente accompagnato da *Castanea sativa, Acer opalus subsp. neapolitanum, Alnus cordata* e, più sporadicamente da *Ostrya carpinifolia e Carpinus betulus*. Nello strato arbustivo si rinvengono frequentemente *Carpinus orientalis, Ilex aquifolium, Pyrus pyraster, Rosa arvensis*. Lo strato erbaceo si caratterizza per la presenza di specie quali *Lathyrus digitatus, Physospermum verticillatum, Vinca major, Lathyrus grandiflorus, Doronicum orientale*.

BOSCO MISTO A DOMINANZA
DI CARPINO NERO
(Scutellario - Ostryetum carpinifoliae
Syn: Melittio - Ostryetum carpinifoliae)
(Lazio, Abruzzo, Campania, Toscana, Umbria)
Vedi paragrafo 8.6.3

BOSCO MISTO MESOFILO MERIDIONALE
(Festuco drymejae-Aceretum neapolitani)
(Campania)

Predilige ambienti di forra o comunque con elevata disponibilità idrica e suoli ricchi di scheletro, ben drenati, diffuso quindi anche su depositi piroclastici. Regione Mediterranea, ambito collinare.

Fisionomia

Strato arboreo fisionomicamente caratterizzato dalla presenza di *Ostrya carpinifolia e Acer opalus subsp. neapolitanum con Fraxinus ornus, Quercus ilex* e, talvolta, *Quercus pubescens*.

Spesso il suo spazio ecologico è occupato da castagneti. Nello strato arbustivo risultano molto frequenti specie quali *Coronilla emerus subsp. emeroides, Cytisus villosus, Cytisus sessilifolius, Colutea arborescens e Viburnum tinus*.

Molto frequenti le lianose mediterranee quali

Rubia peregrina, Smilax aspera, e Clematis flammula. Lo strato erbaceo è caratterizzato principalmente da *Festuca drymeja* a cui si accompagna, tra le altre, *Asplenium onopteris*.

BOSCO DI FAGGIO TERMOFILO DELL'ITALIA CENTRO-SETTENTRIONALE
(Lathyro veneti-Fagetum sylvaticae)
(Toscana, Lazio, Umbria, Abruzzo)

Su suoli maturi sostanzialmente indipendenti dal substrato litoide in ambito montano, in condizioni di elevata piovosità e comunque in presenza di elevata umidità atmosferica.

Fisionomia

Si tratta di faggete relativamente termofile con strato arboreo nel quale prevale nettamente il faggio ma relativamente più miste rispetto a quelle delle quote superiori.

Vi possono partecipare specie quali Acer opalus subsp. obtusatum, *Acer pseudoplatanus, Carpinus betulus, Taxus baccata, Castanea sativa e Quercus cerris*. Nello strato arbustivo compare frequentemente *Ilex aquifolium* accompagnato da *Rosa arvensis, Crataegus laevigata e Daphne laureola*. A livello erbaceo specie frequenti sono *Lathyrus venetus, Anemone apennina, Potentilla micrantha, Mycelis muralis, Melica uniflora, Euphorbia amygdaloides*.

E' vicariante geografica settentrionale dell'*Anemono-Fagetum*.

BOSCO DI FAGGIO TERMOFILO DELL'ITALIA CENTRO-MERIDIONALE
(Anemono apenninae-Fagetum sylvaticae Syn: Aquifolio- Fagetum sylvaticae)
(Abruzzo, Campania)

Su suoli maturi sostanzialmente indipendenti dal substrato litoide in ambito montano, in condizioni di elevata piovosità e comunque in presenza di elevata umidità atmosferica.

Fisionomia

Si tratta di faggete relativamente termofile con uno strato arboreo a dominanza di faggio ma, come quelle del *Lathyro veneti – Fagetum*, relativamente più miste rispetto a quelle delle quote superiori.

Vi partecipano specie quali *Alnus cordata, Acer opalus subsp. obtusatum/neapolitanum, Acer cappadocicum subsp. lobelii, Carpinus betulus, Taxus baccata, Castanea sativa e Quercus cerris*.

Nello strato arbustivo ha in genere un ruolo dominante *Ilex aquifolium* accompagnato da specie quali *Rosa arvensis, Crataegus laevigata e Daphne laureola*. A livello erbaceo specie frequenti sono *Geranium versicolor, Lamium flexuosum, Doronicum orientale, Festuca drymeja, Anemone apennina, Potentilla micrantha, Mycelis muralis, Melica uniflora, Euphorbia amygdaloides*.

BOSCO DI FAGGIO MICROTERMO NEUTROBASIFILO DELL'ITALIA CENTRALE
(Cardamino kitaibelii -Fagetum sylvaticae Syn: Polysticho-Fagetum sylvaticae)
(Toscana, Lazio, Umbria, Abruzzo, Campania)
Vedi paragrafo 8.6.3

FAGGETA MICROTERMA DELL'ITALIA MERIDIONALE
(Campanulo trichocalycinae-Fagetum sylvaticae)
(Campania, Abruzzo)

Ambito altomontano su substrati di vario tipo.

Fisionomia

Si tratta di faggete con strato arboreo nel quale prevale nettamente il faggio *(Fagus sylvatica)*.

Lo strato arbustivo è assente o scarsamente rappresentato.

Nello strato erbaceo si rinvengono alcune specie quali *Campanula trichocalycina, Orthylia secunda, Lamiastrum galeobdolon subsp. montanum, Adenostyles australis*.

BOSCO DI FAGGIO MICROTERMO NEUTROACIDOFILO DELL'ITALIA CENTRALE
(Solidagini-Fagetum sylvaticae Syn: Veronico urticifoliae-Fagetum sylvaticae)
(Toscana, Lazio, Abruzzo)

Ambito altomontano in condizioni di elevata disponibilità idrica, distribuita prevalentemente sui substrati silicei dell'Appennino centrale.

Fisionomia

Strato arboreo chiaramente dominato dal faggio. Frequente la presenza di *Abies alba* e, eccezionalmente, di *Taxus baccata*. Strato arbustivo piuttosto basso e con coperture modeste con specie quali Vaccinium mirtyllus e talvolta *Chamaecytisus triflorus*. Caratterizzano lo strato erbaceo specie quali *Veronica urticifolia, Hieracium sylvaticum, Luzula sylvatica, Orthilia secunda*.

BOSCO DI FAGGIO SU SUBSTRATI EUTROFICI
(Cardamino heptaphyllae-Fagetum sylvaticae)
(Toscana)

Morfologie dolci con suoli profondi, piuttosto indipendente dal substrato litologico. Ambito montano/altomontano.

Fisionomia

Faggete con strato arboreo dominato nettamente da *Fagus sylvatica* cui possono partecipare *Acer pseudoplatanus, Castanea sativa* e, sporadicamente *Abies alba*. Nello strato arbustivo compaiono *Crataegus laevigata e Corylus avellana*, in quello erbaceo sono frequenti *Cardamine bulbifera, Cardamine heptaphylla, Cardamine chelidonia, Mercurialis perennis, Galium odoratum, Anemone nemorosa, Luzula nivea, Geranium nodosum, Geranium robertianum*.

8.6.3 Serie di vegetazione dei settori collinare e montano

A titolo esemplificativo, vengono di seguito riportate alcune tipologie di vegetazione forestale dei settori collinare e montano del Lazio e regioni limitrofe che possiamo considerare tra le principali relativamente alla loro articolazione fisionomica. Vengono trattate in chiave dinamica considerando l'intera serie di vegetazione. Per ogni serie viene descritta la formazione che costituisce la tappa matura e i principali aspetti fisionomici degli altri stadi seriali.

SERIE DEL BOSCO DI LECCIO E ORNIELLO (Fraxino orni - Querceto ilicis sigmetum)

(Lazio, Toscana, Umbria, Abruzzo, Campania)

La serie è diffusa prevalentemente su litologie carbonatiche in ambito collinare.

Fisionomia della tappa matura

In termini fisionomici si tratta di una lecceta con abbondanza di specie arboree decidue termofile: *Fraxinus ornus, Cercis siliquastrum, Acer monspessulanum* e talvolta *Ostrya carpinifolia e Quercus pubescens*. Più frequente nelle regioni meridionali *Carpinus orientalis*.

Lo strato arbustivo è costituito prevalentemente da sempreverdi quali: *Phillyrea latifolia, Rhamnus alaternus, Viburnum tinus, Erica arborea, Arbutus unedo, Rosa sempervirens, Ruscus aculeatus* (erbacea geofita funzionalmente affine ad un arbusto) e, sporadicamente da caducifoglie quali *Pistacia terebinthus, Crataegus monogyna e Ligustrum vulgare*. Caratteristica la presenza di specie lianose: *Smilax aspera, Hedera helix, Clematis flammula, Asparagus acutifolius, Tamus communis*. Allo strato erbaceo partecipano spesso le lianose alle quali si associano *Cyclamen repandum, Carex distachya, Viola alba subsp. dehenardtii* e poche altre.

Gli altri stadi della serie

Macchia alta ad *Arbutus* unedo ed *Erica arborea*.

Macchia a *Phillyrea latifolia, Pistacia lentiscus, Myrtus communis*, talvolta con *Spartium junceum*.

Garighe a *Rosmarinus officinalis, Erica multiflora, Cistus monspeliensis, Cistus creticus subsp. eriocephalus*.

Formazioni a dominanza di *Ampelodesmos mauritanicus* con elementi di gariga quali *Erica multiflora, Cistus creticus subsp. eriocephalus, Fumana sp.pl.* .

Pratelli terofitici a dominanza di *Brachypodium ramosum, Hypochoeris achyrophorus, Scorpiurus muricatus*.

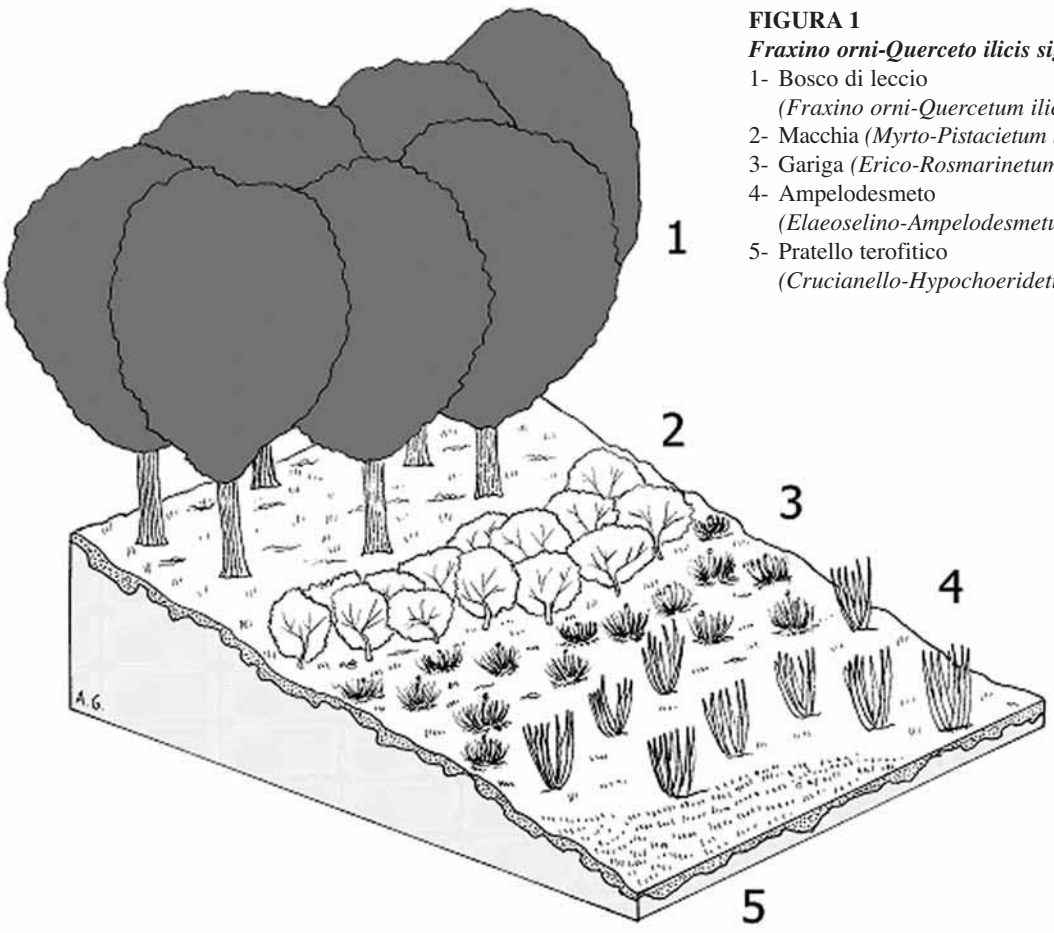


FIGURA 1
Fraxino orni-Querceto ilicis sigmetum
1- Bosco di leccio *(Fraxino orni-Quercetum ilicis)*
2- Macchia *(Myrto-Pistacietum lentisci)*
3- Gariga *(Erico-Rosmarinetum)*
4- Ampelodesmeto *(Elaeoselino-Ampelodesmetum)*
5- Pratello terofitico *(Crucianello-Hypochoeridetum)*

SERIE DEL BOSCO DI ROVERELLA TERMOFILO
(Roso sempervirentis-Querceto pubescentis sigmetum)
(Lazio, Toscana, Umbria, Abruzzo, Campania)

Serie diffusa prevalentemente su substrati argillosi, marnosi, conglomeratici e sulle falde di detrito di rilievi carbonatici in ambito collinare.

Fisionomia della tappa matura

Questa associazione inquadra i boschi di roverella con sottobosco di arbusti mediterranei sempreverdi. Nello strato arboreo possono essere presenti, accanto a *Quercus pubescens*, altre specie termofile (*Quercus ilex, Acer monspessulanum, Cercis siliquastrum, Fraxinus ornus*, talvolta anche *Quercus cerris*). Caratteristiche le specie lianose quali *Rosa sempervirens, Clematis flammula, Smilax aspera*. Nello strato arbustivo si rinvengono *Lonicera etrusca, Crataegus monogyna, Spartium junceum, Carpinus orientalis, Coronilla emerus*. Nello strato erbaceo sono frequenti *Brachypodium rupestre, Carex flacca, Viola alba subsp. dehnhardtii, Buglossoides purpurocoerulea*.

Gli altri stadi della serie

Boscaglia a dominanza di *Carpinus orientalis* con *Acer monspessulanum*.

Macchia a *Phillirea latifolia, Pistacia lentiscus, Myrtus communis*, talvolta con *Spartium junceum*.

Cespuglieti a *Rubus ulmifolius e Rosa sempervirens* con lianose mediterranee quali *Smilax aspera e Clematis flammula*.

Cespuglieti a *Pistacia terebinthus e Paliurus spina-christi*. Formazioni a dominanza di *Ampelodesmos mauritanicus* con elementi di gariga quali *Erica multiflora, Cistus creticus subsp. eriocephalus, Fumana sp.pl.*. Pratelli terofitici a dominanza di *Brachypodium ramosum, Hypochoeris achyrophorus, Scorpiurus muricatus, Galium lucidum*.

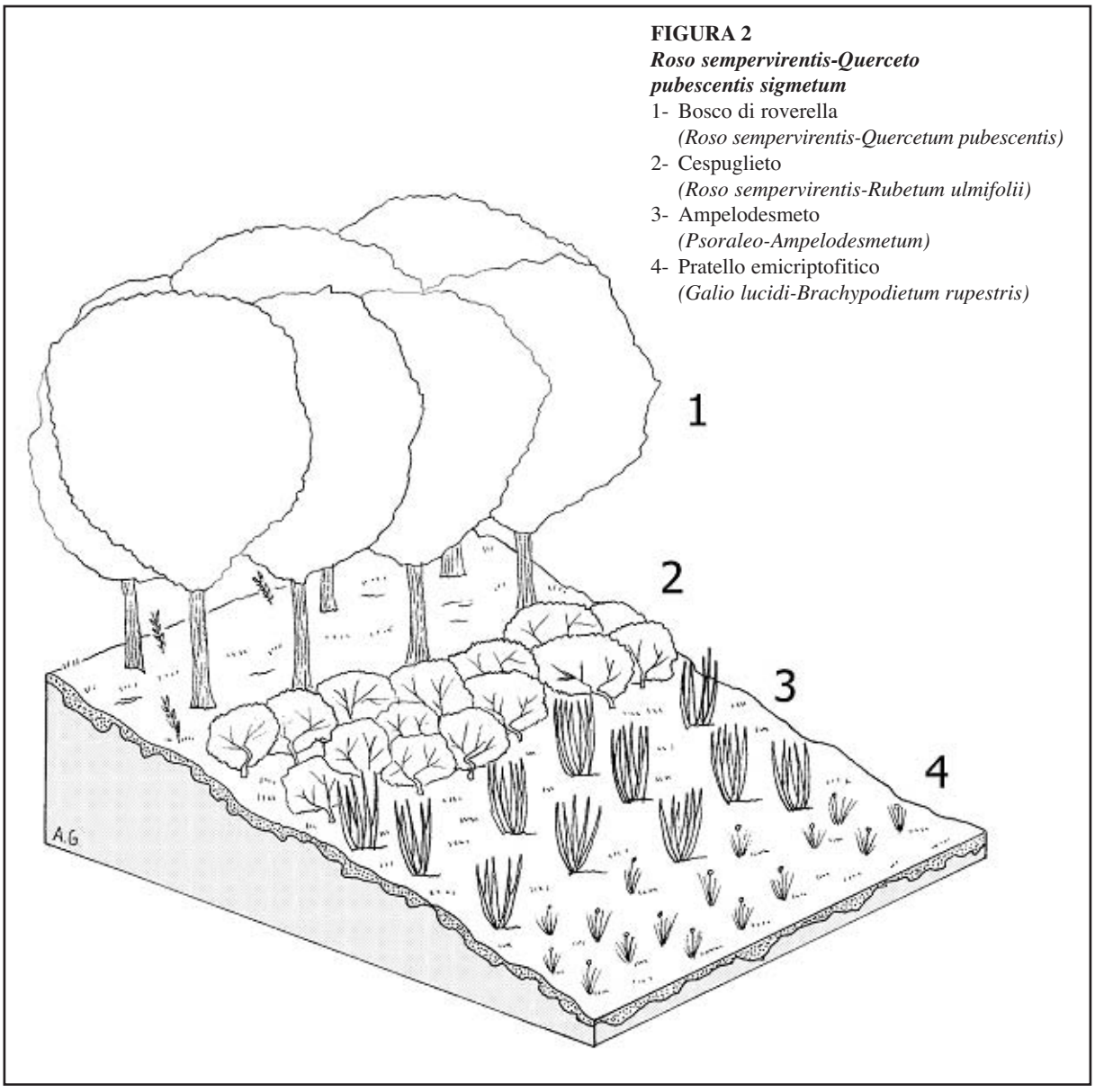


FIGURA 2
Roso sempervirentis-Querceto pubescentis sigmetum
1- Bosco di roverella
(Roso sempervirentis-Quercetum pubescentis)
2- Cespuglieto
(Roso sempervirentis-Rubetum ulmifolii)
3- Ampelodesmeto
(Psoraleo-Ampelodesmetum)
4- Pratello emicriptofitico
(Galio lucidi-Brachypodietum rupestris)

SERIE DEL QUERCETO MISTO DI CERRO CON ROVERELLA E ROVERE

(Asparago tenuifolii-Querceto cerridis sigmetum)

(Lazio, Toscana, Umbria)

La serie è diffusa prevalentemente su substrati argillosi in ambito collinare.

Fisionomia della tappa matura

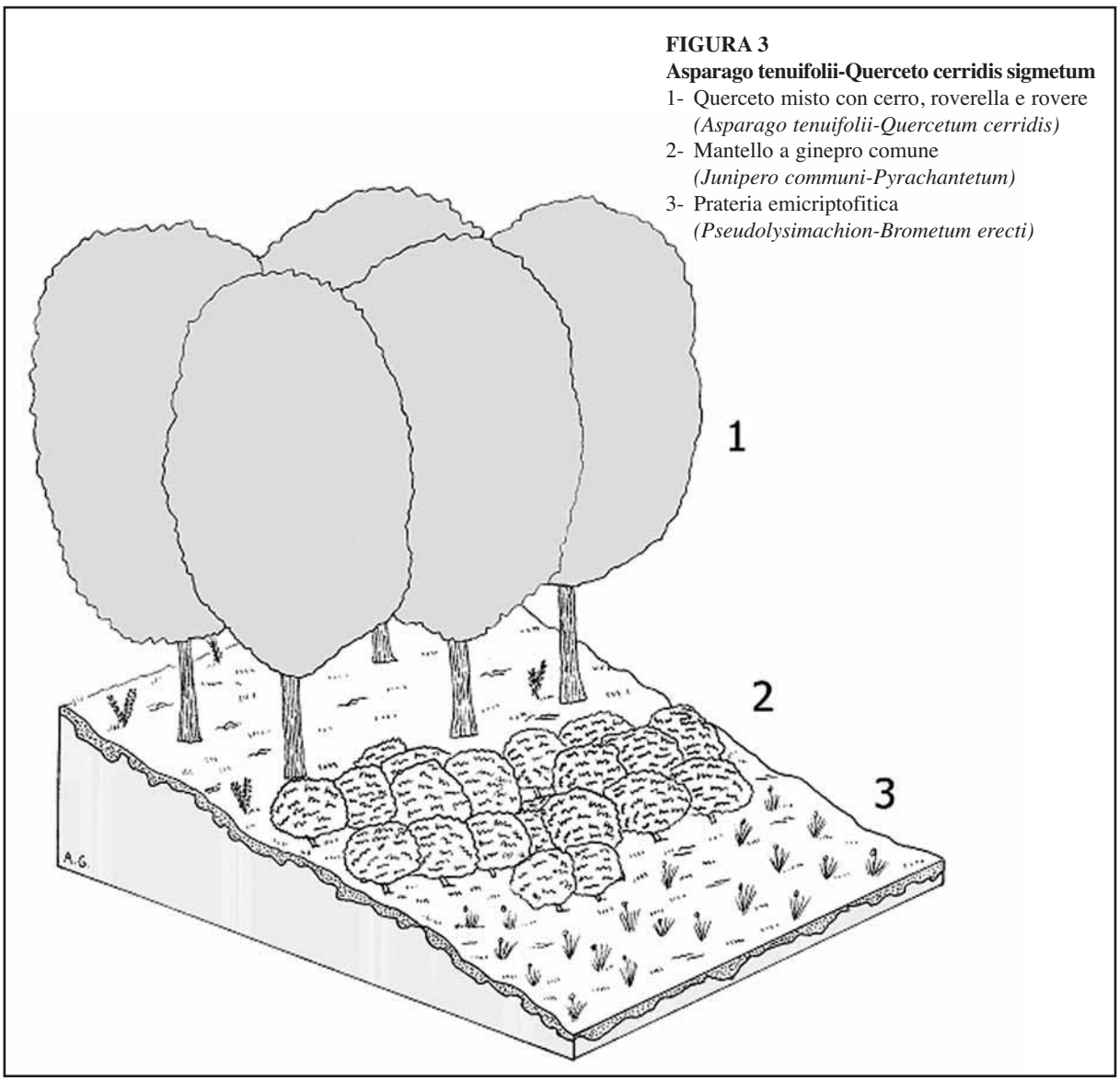
Si tratta di cerrete contenenti alcuni elementi mediterranei ma complessivamente aventi carattere mesofilo. La fisionomia è dominata da *Quercus cerris* accompagnato da *Quercus pubescens, Quercus petraea* con *Fraxinus ornus, Acer monspessulanum e Acer campestre*. Frequente anche la presenza di *Quercus ilex*. Fra gli arbusti va evidenziata la presenza, talvolta massiccia di *Phillyrea latifolia* e quella sporadica di *Malus florentina* insieme a specie tipiche dei querceti decidui, quali ad es. *Sorbus domestica, Cornus mas, Pyrus pyraster*. Nel sottobosco sono molto frequenti *Ruscus aculeatus, Rosa sempervirens, Rosa arvensis, Rubia peregrina*; fra le erbacee sono comuni *Buglossoides purpuocoerulea, Luzula forsteri, Melica uniflora, Melittis melyssophyllum, Stachys officinalis*, cui si aggiungono *Tamus communis* e talora *Asparagus tenuifolius*.

Gli altri stadi della serie

Mantelli fisionomicamente caratterizzati da *Pyracantha coccinea, Juniperus communis, Cytisus sessilifolius*. I cespuglieti più termofili sono caratterizzati dalla presenza di specie mediterranee quali *Pyrus amygdaliformis, Spartium junceum, Phillyrea latifolia*.

Le formazioni erbacee sono caratterizzate dalla presenza di *Bromus erectus* accompagnato da specie tipiche dei substrati argillosi quali *Pseudolysimachion barrelieri e Asterolinon linum stellatum*. Le formazioni erbacee più termofile ospitano, tra le altre, *Hedysarum coronarium e Asphodelus microcarpus*.

FIGURA 3
Asparago tenuifolii-Querceto cerridis sigmetum
1- Querceto misto con cerro, roverella e rovere *(Asparago tenuifolii-Quercetum cerridis)*
2- Mantello a ginepro comune *(Junipero communi-Pyrachantetum)*
3- Prateria emicriptofitica *(Pseudolysimachion-Brometum erecti)*



SERIE DEL BOSCO MISTO A DOMINANZA DI CARPINO NERO

(Scutellario- Ostryeto carpinifoliae sigmetum)

(Syn: Melittio- Ostryeto carpinifoliae sigmetum)

(Lazio, Abruzzo, Campania, Toscana, Umbria)

Substrati calcarei o calcareo-marnosi mediamente acclivi in ambito collinare/montano

Fisionomia della tappa matura

Boschi misti a dominanza di *Ostrya carpinifolia* con *Acer obtusatum, Fraxinus ornus, Tilia plathyphyllos*. Negli aspetti più mesofili, a carattere submontano, si rinvengono *Laburnum anagyroides, Carpinus betulus, Sorbus aria*. Negli aspetti più termofili divengono più frequenti *Quercus pubescens e Carpinus orientalis*, e sporadicamente *Cercis siliquastrum e Acer monspessulanum*.

Lo strato arbustivo ospita specie quali *Cornus mas, Prunus mahaleb, Coronilla emerus subsp. emeroides, Euonimus europaeus*. Nello strato erbaceo è spesso dominante *Sesleria autumnalis* accompagnata da specie quali *Melittis melissophyllum, Viola alba subsp. dehnhardtii, Anemone apennina*.

Gli altri stadi della serie

I mantelli possono essere piuttosto diversificati con cenosi dominate da *Cytisus sessilifolius e Spartium junceum*, altre in cui prevalgono i ginepri (*Juniperus communis, J. oxycedrus*) ed altre ancora a carattere più chiaramente montano con specie quali *Amelanchier ovalis, Prunus mahaleb, Rhamnus saxatilis e Rosa pimpinellifolia*.

Le praterie sono in genere caratterizzate da emicriptofite quali *Bromus erectus, Phleum ambiguum Sesleria nitida, Asperula purpurea* ma possono ospitare camefite come *Salvia officinalis, Globularia meridionalis e Satureja montana*.

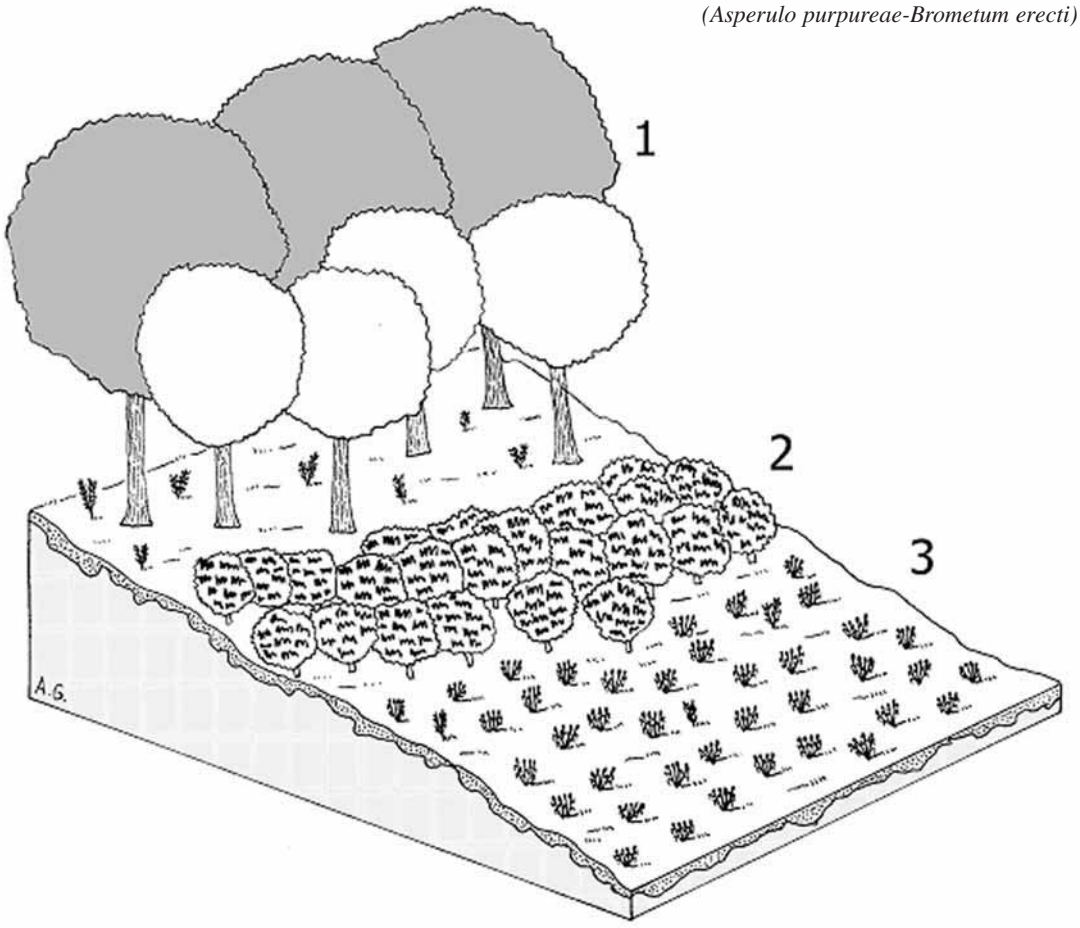
FIGURA 4

Scutellario- Ostryeto carpinifoliae sigmetum

1- Bosco misto con carpino nero
(Scutellario-Ostryetum carpinifoliae)

2- Cespuglieto a ginestra
(Spartio-Cytisetum sessilifolii)

3- Prateria emicriptofitica
(Asperulo purpureae-Brometum erecti)



SERIE DEL BOSCO DI FAGGIO MICROTERMA NEUTROBASIFILA DELL'ITALIA CENTRALE
(Cardamino kitaibelii -Fageto sylvaticae sigmetum)
(Syn: Polysticho-Fageto sylvaticae sigmetum)
(Toscana, Lazio, Umbria, Abruzzo, Campania)

Distribuita prevalentemente sui rilievi calcarei dell'Appennino centrale in condizioni di elevata disponibilità idrica. Ambito alto-montano.

Fisionomia della tappa matura

Strato arboreo chiaramente dominato dal faggio. Presenze in genere limitate al margine esterno di *Acer pseudoplatanus e Sorbus aucuparia*. Locali presenze di *Abies alba*. Strato arbustivo con coperture in genere piuttosto basse caratterizzato dalle presenze di specie quali *Rubus idaeus, Rhamnus alpina, Daphne mezereum*.

Strato erbaceo caratterizzato dalla presenza di *Cardamine kitaibelii, Cardamine enneaphyllos, Polystichum aculeatum, Polystichum setifetum, Polystichum lonchitis, Dryopteris filix-mas, Galium odoratum*.

Gli altri stadi della serie

I mantelli e gli arbusteti in contatto seriale con la faggeta sono caratterizzati dalla presenza di *Juniperus alpina, Ribes una-crispa, Amelanchier ovalis, Cotoneaster integerrimus, Rubus idaeus, Lonicera alpigena, Rhamnus alpinus*.

La vegetazione erbacea della serie è rappresentata da pascoli caratterizzati dalla presenza di *Bromus erectus, Koeleria splendens, Sesleria nitida e Brachypodium genuense*.

FIGURA 5
Cardamino kitaibelii -Fageto sylvaticae sigmetum
1- Faggeta microterma
(Cardamino kitaibelii-Fagetum sylvaticae)
2- Cespuglieti a ginepro nano
(Helianthemo grandiflori-Juniperetum alpinae)
3- Prateria emicriptofitica
(Seslerio nitidae-Brometum erecti)

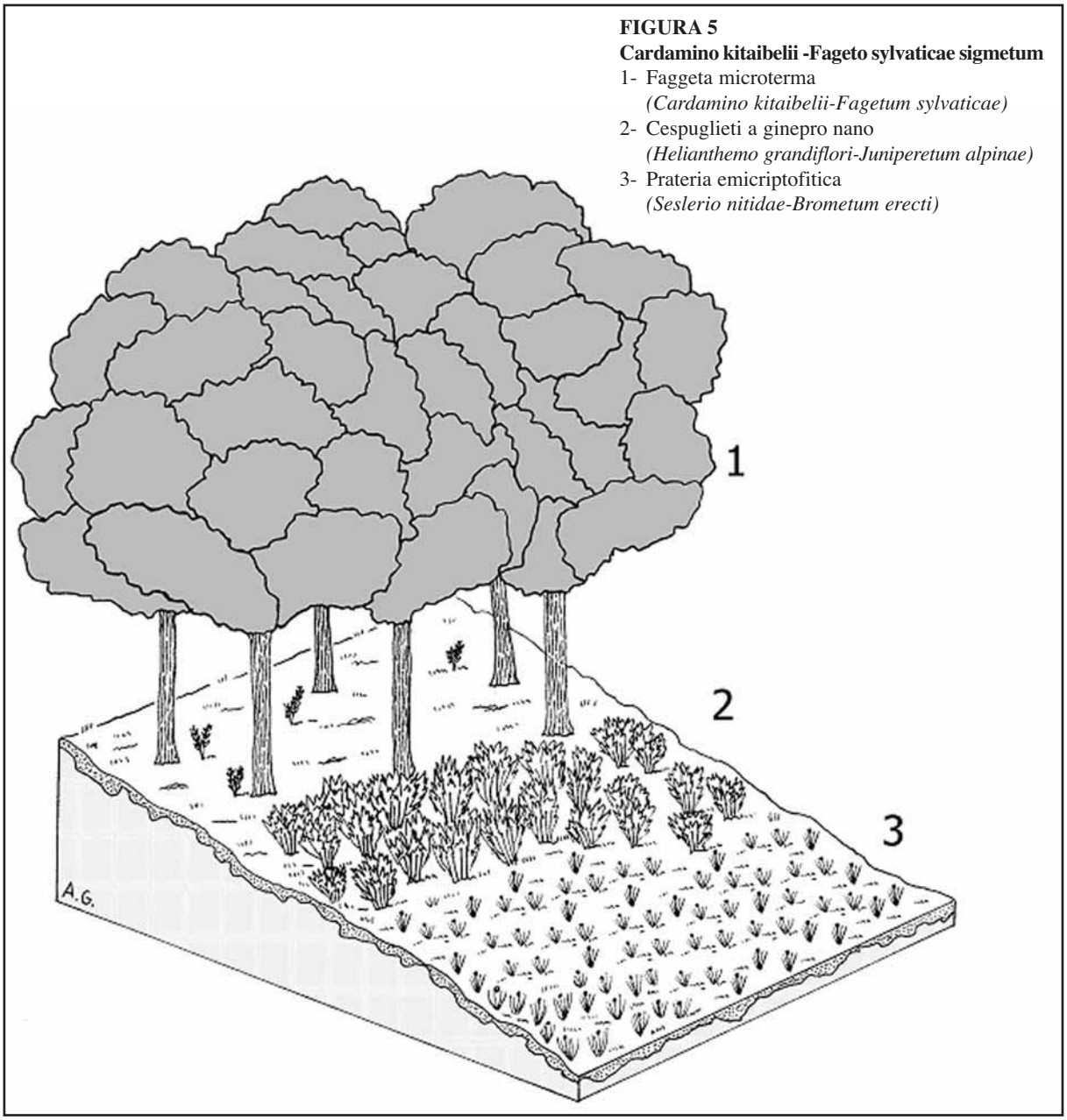


TABELLA 8.6.1 - Tabella riassuntiva delle principali formazioni forestali del Lazio e regioni limitrofe

-

	LAZIO	ABRUZZO	TOSCANA	UMBRIA	CAMPANIA
Fraxino orni – Quercetum ilicis	X	X	X	X	X
Roso sempervirentis – Quercetum pubescentis	X	X	X	X	X
Cytiso sessilifolii – Quercetum pubescentis	X	X	.	.	.
Carpino orientalis – Quercetum cerridis	X	X	.	.	X
Coronillo emeri – Quercetum cerridis	X	.	.	.	X
Asparago tenufolii – Quercetum cerridis	X	.	X	X	.
Erico arboreae – Quercetum cerridis	X	.	X	X	.
Cephalanthero longifoliae – Quercetum cerridis	X	.	X	X	.
Melico uniflorae – Quercetum cerridis	X	.	X	.	.
Aceri obtusati – Quercetum cerridis	.	.	X	.	.
Physospermo cornubiense – Quercetum petraeae	.	.	X	.	.
Echinopo siculi – Quercetum frainetto	.	.	.	.	X
Physospermo verticillati- Quercetum cerridis	.	X	.	.	X
Scutellario – Ostryetum carpinifoliae	X	X	X	X	X
Festuco drymejae- Aceretum neapolitani	.	.	.	.	X
Lathyro veneti – Fagetum sylvaticae	X	X	X	X	.
Anemono apenninae – Fagetum sylvaticae	.	X	.	.	X
Cardamino kitaibelii – Fagetum sylvaticae	X	X	X	X	X
Campanulo trychocalicinae – Fagetum sylvaticae	.	X	.	.	X
Solidagini – Fagetum sylvaticae	X	X	X	.	.
Cardamino heptaphilli – Fagetum sylvaticae	.	.	X	.	.

CAPITOLO 9

Geotecnica applicata all'ingegneria naturalistica*

Federico Preti e Paolo Cornelini (con la collaborazione di Maurizio Barneschi)

9.1 Aspetti generali, criteri di dimensionamento e verifiche di stabilità

Premessa

Il presente capitolo ha lo scopo di fornire, a chi non ha affrontato discipline come la scienza delle costruzioni o la geotecnica nel proprio curriculum formativo, alcuni elementi di base per meglio comprendere le problematiche relative alla progettazione di alcune tra le più impegnative opere di I.N., quelle combinate di consolidamento.

Si possono distinguere, in questo ambito, fra opere *a gravità (es. palificata viva)*, opere *con elementi infissi nel terreno (es. palizzata)* o opere di *"rinforzo" (es. terre armate)*.

Le indicazioni fornite si limiteranno ad aspetti generali ma, per quanto possibile, quantitativi, non volendo banalizzare il valore delle discipline interessate all'argomento, così impegnative e complesse (per le quali valgono, naturalmente le competenze dei relativi ordini professionali).

Si consideri il caso di una palificata viva: all'inizio, a causa di fattori stazionali limitanti quali, ad esempio, la pendenza troppo elevata, le piante (che devono, crescendo, adempiere alla funzione tecnica di consolidare il terreno) potrebbero non riuscire a raggiungere lo scopo.

È necessario, quindi, realizzare una struttura di materiali morti quali i tronchi, per consentirne l'attecchimento.

Questo tipo di struttura, essendo un alternativa ad un'opera a gravità di tipo tradizionale, rende necessarie una serie di verifiche statiche che ne confermino la stabilità nel periodo transitorio, durante il quale non si può fare affidamento sul contributo delle piante medesime.

Inoltre, le verifiche classiche potrebbero essere condotte, come si vedrà nel seguito, considerando le loro evoluzioni temporali (Preti e Cantini, 2002),. Anche nel caso di un pendio vegetato si dovrà considerare l'effetto delle piante sulle condizioni di equilibrio (Preti e Barneschi, 2002).

Trattandosi di condizioni riconducibili a problemi di equilibrio di forze, sono indispensabili innanzi tutto, alcuni richiami sulle unità di misura e sulla statica.

Sistemi e unità di misura

Dal 31 dicembre 1979 il *sistema pratico* di unità di misura basato, nella meccanica, sulle grandezze:

Grandezze	Unità di misura	Simbolo
Forza	*Kilogrammo forza*	Kgf
Lunghezza	*metro*	m
Tempo	*secondo*	s

è stato sostituito nei paesi della Unione Europea dal *sistema internazionale*, che ha per unità fondamentali:

Grandezze	Unità di misura	Simbolo
Massa	*Kilogrammo massa*	Kg
Lunghezza	*metro*	m
Tempo	*secondo*	s
Temperatura	*grado Kelvin*	*K*
Corrente elettrica	*ampere*	*A*
Intensità luminosa	*candela*	*Cd*
Quantità di sostanza	*mole*	*Mol*

Segue che, nel sistema internazionale, la forza è un'unità derivata e si definisce il *newton* N come la forza che imprime ad un corpo avente una massa pari ad 1 kg un'accelerazione di 1 m s^{-2}.

$$1\ N = 1\ kg \times 1\ m/s^2$$

Per il secondo principio della dinamica:

$$\vec{P} = m\vec{g}$$

dove:
g (accelerazione di gravità) = 9,81 m s^{-2}
si ha:

$$1\ kgf = 1\ kg \times 9{,}8\ m/s^2 = 9{,}8\ N$$

** revisione a cura di Federico Preti del Cap. 10 del Vol. 2 del Manuale di I.N. della Regione Lazio (con la collaborazione di Maurizio Barneschi)*

da cui deriva che 1 N corrisponde a 1/9,8 kgf, cioè a circa 1 etto (hgf).

Equazioni fondamentali della Statica

Affinché si verifichi l'equilibrio di un sistema di forze complanari (piano x, y) è necessario che siano soddisfatte le equazioni:

$$\Sigma F_X=0 \qquad \Sigma F_y=0 \qquad \Sigma M_Z=0$$

ove F_X e F_Y sono le componenti delle forze lungo gli assi x e y e M sono i momenti delle forze rispetto all'asse z (calcolato rispetto ad un punto qualsiasi del piano).

10.2 Elementi di geotecnica

Il terreno è un materiale eterogeneo e multifase: fase solida e vuoti. I pori del terreno possono essere occupati dall'aria o dall'acqua. La presenza dell'acqua nei pori influenza profondamente le risposte meccaniche del terreno alle sollecitazioni e tale risposta è correlata alle caratteristiche granulometriche del terreno.

Giacché materiale eterogeneo, per descriverne compiutamente le proprietà e i rapporti quantitativi tra le diverse fasi, è necessario introdurre numerosi parametri tra i quali si ricordano i più importanti:

1. Il *volume totale V* é somma dei volumi delle singole fasi.
2. La *porosità n* data dal rapporto tra il volume dei vuoti V_v e il volume totale.
3. L' *indice dei vuoti* e, definito come rapporto tra il volume dei vuoti e il volume della fase solida.
   Dalle definizioni di cui sopra è facile ricavare le relazioni tra indice dei vuoti e porosità.
4. Il *grado di saturazione S* è pari al rapporto tra il volume occupato dall'acqua V_w e il volume dei vuoti V_v. Dunque si ha che:

S = 100% corrisponde a un terreno saturo
S = 0% corrisponde a un terreno asciutto

5. Il *contenuto d'acqua W* è definito come rapporto tra il peso dell'acqua e quello delle particelle.
6. La portanza K_t definita come la compressione ammissibile per il terreno.

Si definiscono inoltre:

- peso dell'unità di volume totale (γ o γ_t)
- peso dell'unità di volume della parte solida (γ_s)
- peso dell'unità di volume dell'acqua (γ_w)
- peso dell'unità di volume del terreno secco (γ_d)
- peso dell'unità di volume del terreno alleggerito ($\gamma' = \gamma-\gamma_w$)
- peso specifico totale
- peso specifico dei grani

La denominazione del terreno che compare nella tabella 1 seguente deriva dalla composizione granulometrica ricavata mediante vagli (d > 0.074 mm) e per le particelle più piccole mediante i tempi di sedimentazione (legge di Stokes).

Una prima semplice ma significativa classificazione dei terreni è la seguente:

1. a grana grossa
2. a grana fine

Questa distinzione implica proprietà meccaniche, quindi risposte alle sollecitazioni, diverse. Per es. nei terreni a grana grossa la permeabilità, capillarità ed angolo di resistenza al taglio sono collegate alla granulometria mentre il comportamento di quelli a grana fine dipende dalla storia tensionale e dal tipo di minerale ed è correlato al contenuto di acqua (limiti di Atterberg).

Terreno	**n [%]**	**e [-]**	**W [%]**	**γ_d [kN/m³]**	**γ o γ_t [kN/m³]**	**K_t [kg_r/cm^2]**
Ghiaia	25÷40	0.3÷0.67	-	14÷21	18÷23	5÷7
Sabbia	25÷40	0.3÷1.00	-	13÷18	16÷21	2÷5
Limo	35÷50	0.5÷1.00	-	13÷19	16÷21	
Argilla tenera	40÷70	0.7÷2.3	40÷100	7÷13	14÷18	<1
Argilla compatta	30÷50	0.4÷1.0	20÷40	14÷18	18÷21	1,5÷3
Torba	75÷95	3÷19	200÷600	1÷5	10÷13	

Tabella 9.1: Valori orientativi di alcune delle grandezze sopra definite per alcuni terreni

È stato detto in precedenza come il terreno sia un materiale multifase il cui comportamento meccanico è determinato dall'interazione delle differenti fasi. In assenza di acqua le particelle si distribuiscono le sollecitazioni (di compressione e di taglio) esterne tramite le reciproche superfici di contatto. Con i pori saturati d'acqua in quiete, la risposta meccanica del terreno cambia a seconda del tipo di sollecitazione ed in particolare:

1. la resistenza del terreno a compressione aumenta in quanto l'acqua è un fluido incomprimibile per cui parte della pressione esercitata si scarica sul liquido.
2. la resistenza a taglio rimane invariata in quanto il liquido ne è privo e quella del terreno dipende solo dall'interazione delle particelle solide.

Le deformazioni del terreno infatti, sono solo in minima parte dovute alla compressione e distorsione delle singole particelle ma derivano per lo più dallo spostamento reciproco delle stesse da cui la correlazione tra proprietà meccaniche e indice dei vuoti.

La quantificazione di questo fenomeno deriva dal principio delle pressioni efficaci (Terzaghi, 1923) secondo cui lo sforzo normale totale agente sul terreno è dato da due componenti: lo sforzo assorbito dal liquido (pressione dei pori o neutra) u e quella agente sullo scheletro solido (pressione efficace) s'. In condizioni di *equilibrio idrostatico* si ha:

$$(1)\quad \sigma'_{vo} = \sigma_{vo} - u$$

dove:
σ_{vo} = tensioni verticali totali
u = pressioni neutre
σ'_{vo} = tensioni verticali efficaci

Si consideri un piano generico posto a profondità z o h (Fig. 10.1.1):

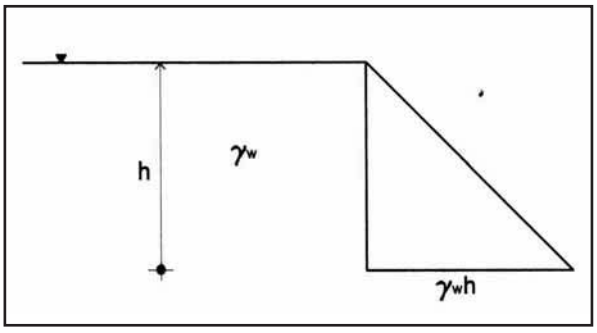


Fig. 9.1.1: Diagramma della spinta idrostatica

La pressione verticale totale agente vale:

$$(2)\quad \sigma_{vo} = (1-n)\,\gamma_s z + n\gamma_w z$$

con il significato dei simboli visto sopra.
La pressione idrostatica vale:

$$(3)\quad u = \gamma_w z$$

e per quanto detto sopra la tensione efficace vale:

$$(4)\quad \sigma'_{vo} = (1-n)\gamma_s z + n\gamma_w z - \gamma_w z = (1-n)(\gamma_s - \gamma_w) z$$

Poiché il prodotto delle quantità tra parentesi indica il peso di volume unitario del terreno, alleggerito dalla spinta di Archimede, si può scrivere:

$$(5)\quad \sigma'_{vo} = \gamma' - i\gamma_w$$

con g' = peso di volume immerso
e quindi la (4) diventa:

$$(6)\quad \sigma'_{vo} = \gamma' z$$

Bishop (1960) ha dato una formulazione della (6) valida anche in condizioni di terreno *non saturo* per la quale si rimanda ad un manuale di geotecnica (Colombo, 1984; Lancellotta, 2001).

Si è già trattato come l'acqua influenzi il comportamento meccanico dei terreni e come questa influenza sia legata alla granulometria dello stesso. Riguardo alle proprietà idrauliche del terreno bisogna ricordare la permeabilità o conducibilità idraulica K che rappresenta l'attitudine del terreno a consentire il passaggio del flusso idrico. Il coefficiente K è legato alla granulometria e alla struttura del terreno e il suo valore è molto importante anche ai fini del comportamento meccanico.

L'applicazione di un carico determina un aumento delle tensioni totali le quali, per la (1) si dividono in componenti neutre ed efficaci. Se un terreno ha una conducibilità elevata, l'incremento delle pressioni neutre, per effetto del carico, determina un flusso d'acqua istantaneo lontano dal punto di applicazione mentre, con conducibilità basse, si generano delle sovrappressioni interstiziali che si dissipano in tempi lenti mediante dei *moti transitori*. La prima condizione viene indicata come *condizione drenata* e la seconda *non drenata*. Le due condizioni a livello teorico possono essere entrambe trattate con la (1), ma a livello pratico nella seconda si hanno grandi problemi a determinare il valore di *u* per cui le analisi di stabilità vengono effettuate considerando parametri di resistenza globali determinati al lordo delle pressioni neutre.

Il moto laminare di un liquido in un ammasso permeabile, in generale, e dell'acqua nel terreno in particolare, è governato dalla legge di Darcy:

$$(7)\quad v = KI$$

dove:
v, (*vu*) = velocità del moto
K = permeabilità
I = gradiente idraulico (abbassamento della linea piezometrica / distanza a cui riferito l'abbassamento)

Considerando che la sezione dei condotti nel terreno è variabile così come lo sviluppo (che non è rettilineo), la V di Darcy è da considerarsi una *velocità media apparente* in quanto la velocità del flusso è riferita a tutta la sezione e non a quella dei vuoti (all'interno della quale una parte è occupata d'acqua ferma). La

velocità reale attraverso i pori è uguale a:

$$(8)\quad v_p = \frac{v}{n}$$

Sperimentalmente è stata dimostrata la validità della (7) per tutti i tipi di terreni (da sabbiosi ad argillosi).

Durante il moto di filtrazione attraverso il materiale poroso l'acqua esercita una certa forza. Nel caso in cui il moto avvenga dal basso verso l'alto (dal punto A verso B) per effetto di una differenza di gradiente (situazione illustrata nella Fig. 9.1.2) si dimostra che la tensione verticale efficace vale:

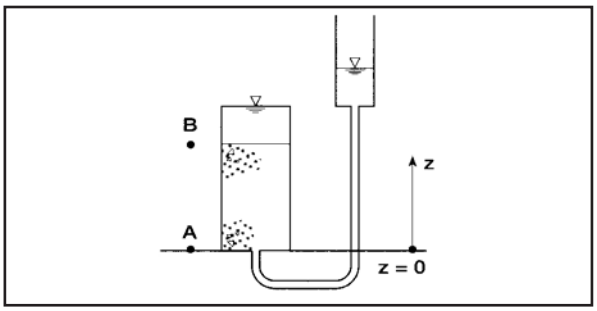


Fig. 9.1.2: Moto di filtrazione contro gravità.

$$(9)\quad \sigma'_{vo} = (\gamma' - i\gamma_w)z$$

e tale tensione si annulla quando:

$$(10)\quad i = i_c = \frac{\gamma'}{\gamma_w}$$

dove i_c è detto *gradiente idraulico critico*. La (10) esplicita le condizioni che determinano l'annullamento del peso del terreno che si manifesta come ribollimento e che, essendo fenomeno progressivo, porta la struttura al collasso. Tale fenomeno prende il nome di *sifonamento*.

Tale problema va affrontato ogni qualvolta si prevede un flusso contro gravità e la sua entità si esprime tramite un *coefficiente di sicurezza al sifonamento* (Fs)

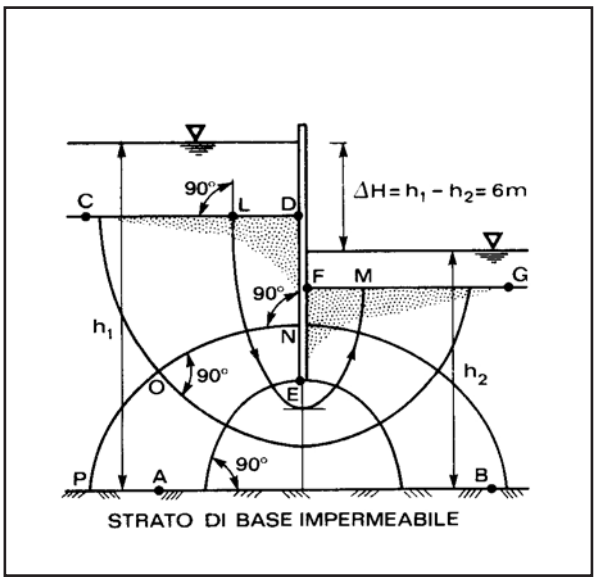


Fig. 9. 1.3: Linee di flusso (LM, DEF) e linee equipotenziali (PON). (da Lancellotta, R. 2001).

pari a:

$$(11)\quad Fs = \frac{i_c}{i_e}$$

Il fattore *Fs* va nella pratica considerato alto (4÷5) per ovviare alla non eventuale omogeneità e all'anisotropia del terreno nonché ad eventuali difetti costruttivi.

Nella pratica delle sistemazioni idraulico-forestali il sifonamento rientra nelle problematiche di progettazione di briglie, muri di sponda, dighe in terra, etc.

Le verifiche si effettuano appoggiandosi ad abachi e diagrammi appositamente costruiti oppure costruendo per la situazione in analisi le linee di flusso e quelle equipotenziali del tipo esemplificato in Fig. 9.1.3. Tali linee di flusso derivano dalla risoluzione dell'equazione di Laplace.

Spinta delle terre

Nel considerare l'equilibrio di un ammasso terroso dobbiamo necessariamente fare riferimento ai tre fondamentali parametri geotecnici: *angolo d'attrito interno* (φ), *coesione* (C) e *contenuto idrico o pressioni neutre* (u).

Tutti abbiamo osservato che un cumulo di sabbia è formato da granuli indipendenti che, nel reciproco contatto, sono influenzati, oltre che dalla gravità, solamente dalla forza di attrito φ : l'inclinazione naturale del cumulo è infatti strettamente connessa con *l'angolo di attrito interno*, fino ad identificarvisi. Diverso è il caso di materiali come le argille le quali, oltre che dall'attrito sono unite da forze intermolecolari, alle quali si dà il nome di *coesione*. Tali forze permettono la formazione di ammassi, i cui elementi costituenti non sono indipendenti tra loro ma più o meno intimamente legati. Questa caratteristica fa sì che la pendenza di un cumulo in argilla non coincida con l'angolo di attrito ma dipenda anche dalla coesione. È noto, inoltre, che, per lavorare un terreno con minor fatica, è necessario bagnarlo, in quanto il *contenuto d'acqua* influenza anch'esso il comportamento geotecnico del materiale.

Se consideriamo un ammasso di terra limitato da un piano orizzontale e scaviamo una trincea, ad esempio per realizzare una strada, si può constatare che, in presenza di terreni incoerenti, il fronte di scavo, per pendenze superiori a φ, crolla, mentre, in terreni coesivi, se l'altezza non supera un certo valore h_c, lo scavo si sostiene da sé, altrimenti crolla. Per impedire il crollo del fronte si deve realizzare un'opera di sostegno che contrasti la spinta della terra.

Si distinguono due diversi tipi di spinta: si parla di *spinta attiva* quando è la terra che spinge sul muro ed è il classico caso delle opere di sostegno; quando, invece, è un'opera che spinge sulla terra, come nel caso di una spalla di un ponte ad arco che si scarica sul terrapieno o di una pala infissa per spostare il terreno, siamo in presenza di *spinta passiva*. Le due spinte non sono uguali, anzi quella passiva assume valori notevolmente superiori.

Dunque, se la spinta è *attiva*, un elemento di terreno sarebbe sottoposto a *trazione* orizzontale, altrimenti, se è *passiva*, un elemento di terreno sarebbe sottoposto a *compressione* orizzontale.

I problemi riguardanti la meccanica dei terreni vengono in genere suddivisi in due tipologie.

- di stabilità;
- di deformazione.

I primi trattano delle condizioni di equilibrio limite mentre i secondi della situazione di esercizio. Entrambi si basano su ipotesi semplificative del reale comportamento del terreno (es. modello di mezzo *rigido–perfettamente plastico*) per i primi e modello *elastico–lineare–isotropo* per i secondi.

Riguardo alle analisi di stabilità, uno dei metodi più usati è quello dell'*equilibrio limite globale*.

In questo metodo il terreno viene considerato come corpo rigido e, dopo aver assunto lungo una possibile superficie di scorrimento la distribuzione delle tensioni, se ne ricerca la posizione per successivi tentativi. Benché il metodo dell'equilibrio limite globale non sia esauriente rispetto alla descrizione del comportamento fisico-meccanico del terreno, esso trova applicazione nel calcolo delle spinte della terra su opere di sostegno poiché i risultati ricavabili mediante questo ultimo sono stati confermati dall'esperienza.

Le opere di sostegno si suddividono in due categorie:

- rigide
- elastiche

Nelle prime la stabilità è legata al peso proprio dell'opera più eventualmente quello del terreno che vi poggia mentre nelle seconde la stabilità è ottenuta mobilizzando la resistenza passiva del terreno sulla parte infissa e quella di eventuali altri vincoli (es. ancoraggi).

Tra le strutture rigide si ricordano: muri a gravità, muri a semigravità, muri a mensola e una sua variante detta a contrafforti, muri cellulari (Figg. 9.1.4 e 9.1.5).

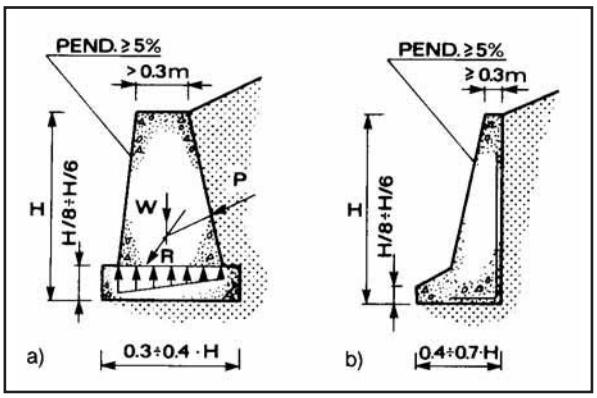


Fig. 9.1.4: Muri a gravità (a), a semi-gravità (b), (da Lancellotta, R. 2001).

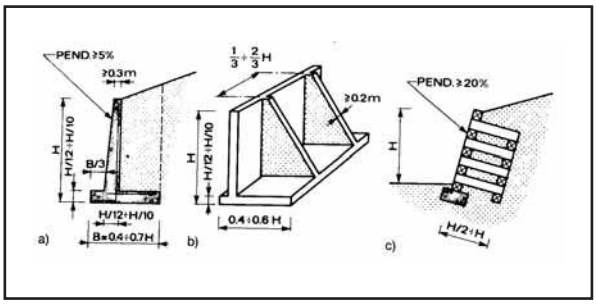


Fig. 9.1.5: Muri a mensola (a), a contrafforti (b), cellulari (c) assimilabili alla struttura in legname delle palificate a doppia parete (da Lancellotta, R. 2001).

Come detto sopra il metodo dell'equilibrio limite ricerca le condizioni limite dell'equilibrio plastico, ossia associa un criterio di rottura alle forze in gioco.

Un elemento di terreno indisturbato posto ad una precisa profondità è sottoposto a 2 sollecitazioni principali: una verticale, avente l'espressione vista in precedenza ed una orizzontale, legata a quella verticale da un coefficiente K_o detto di spinta a riposo la cui entità dipende dalla natura del terreno e dalla storia tensionale del deposito.

Il criterio di rottura *Coulomb – Terzaghi* dice che:

$$(12)\ \tau = \sigma'_v \tan \ddot{o}'$$

dove:

τ = resistenza del terreno allo sforzo di taglio

σ' = tensioni verticali efficaci

Il calcolo della spinta può essere effettuato con il metodo di Coulomb che ricerca una superficie limite piana delimitante il cuneo di spinta. Il calcolo va reiterato fino a trovare la posizione della retta delimitante il cuneo di terreno che rende massima la spinta. Le forze da considerare sono (Fig. 9.1.6):

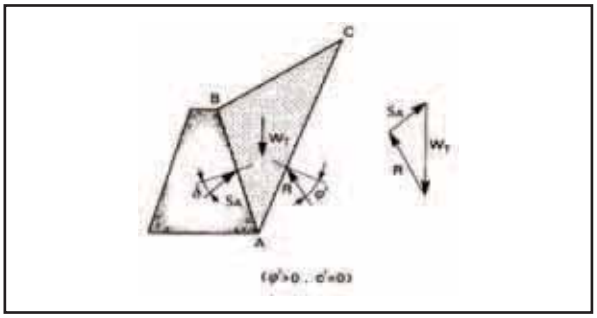


Fig. 9.1.6: Forze in gioco e relative rette d'azione

1) il peso del terreno (W_t)
2) la spinta attiva S_a
3) la reazione del terreno sulla superficie di rottura R

le forze 2) e 3) sono note soltanto riguardo alla retta d'azione ed in particolare la 2) risulta inclinata dell'angolo δ rispetto alla normale alla parete di monte (intradosso) del muro e la 3) agisce su di una retta formante un angolo σ rispetto alla normale al piano di rottura.

L'angolo d'attrito è funzione dello spostamento relativo terreno – muro. Per es. il muro può sprofondare più del terrapieno e quindi si genera un attrito negativo.

Applicando questi due concetti è possibile legare la pressione orizzontale limite attiva σ'_A (che rappresenta la sollecitazione unitaria della spinta totale) a quella verticale mediante un coefficiente K_A detto di *spinta attiva*.

Analogamente è possibile ricercare le condizioni limite per la pressione passiva, cioè $\sigma?_p$ che risulta legata alla pressione verticale da un coefficiente K_P detto di *resistenza passiva* e correlato a K_A dalla seguente relazione:

$$(13)\quad K_A K_p = 1$$

Per cui risulta:

$$(14)\quad \sigma'_A = \sigma'_{vo}\ K_A$$

$$(15)\quad \sigma'_P = \sigma'_{vo}\ K_P$$

I valori dei coefficienti K_A e K_P sono ricavabili mediante le seguenti:

$$(16)\quad K_A = \frac{\cos^2(\varphi'-\beta)}{\cos^2\beta\cdot\cos(\beta+\delta)\cdot\left[1+\sqrt{\frac{\sin(\delta+\varphi')\cdot\sin(\varphi'-i)}{\cos(\beta+\delta)\cdot\cos(\beta-i)}}\right]^2}$$

$$(17)\quad K_P = \frac{\cos^2(\varphi'+\beta)}{\cos^2\beta\cdot\cos(\beta-\delta)\cdot\left[1-\sqrt{\frac{\sin(\delta+\varphi')\cdot\sin(\varphi'+i)}{\cos(\beta-\delta)\cdot\cos(\beta-i)}}\right]^2}$$

Qualora si considerino nulli l'angolo d'attrito terra – muro, l'inclinazione del versante e il paramento a monte verticale, si ottiene un'espressione semplificata dei due coefficienti detta di Rankine e antecedente alle (16) e (17). Una raccomandazione riguarda il calcolo dei due coefficienti. L'ipotesi di Coulomb di superficie piana è accettabile per il calcolo di K_A mentre è foriera di errori per quello di K_P. Per il calcolo di K_P sono quindi disponibili diagrammi ricavati per superfici di rottura non piane ma a spirale logaritmica, condizione questa più attinente alla realtà fisica del fenomeno.

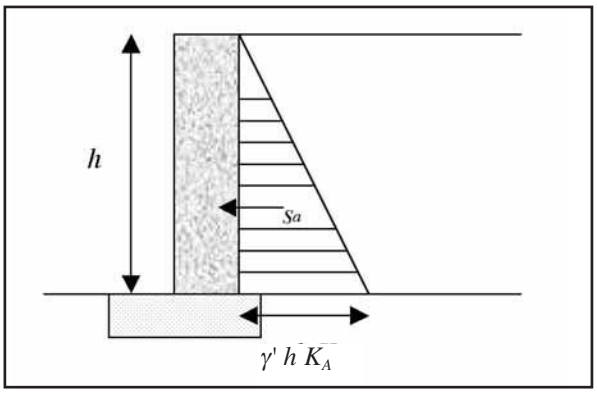


Fig. 9.1.7: Diagramma di spinta in assenza di attrito muro-terreno, con parete verticale e terreno orizzontale.

Essendo il diagramma delle pressioni lineare, l'intensità della risultante è pari all'area del diagramma delle pressioni ed è applicata nel baricentro di tale diagramma.

Rispetto al caso della Fig. 9.1.7 si nota che nella Fig. 9.1.8 la spinta attiva è inclinata rispetto alla normale all'intradosso dell'angolo δ.

Per quanto detto la S_a è quindi calcolabile con la seguente:

$$(18)\quad S_a = \frac{1}{2}\gamma' l^2 K_A$$

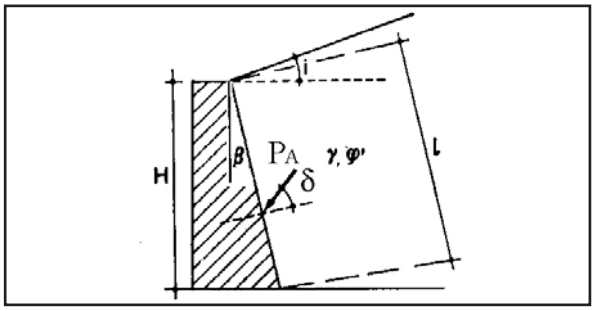


Fig. 9.1.8: Condizione generale e simbologia della (18)

In mancanza di dati sperimentali ci si può riferire a tabelle tipo la seguente:

Terreno		Calcestruzzo		Acciaio	
		liscio	ruvido	liscio	ruvido
sabbie	asciutte	38÷39	42÷44	24	34
	sature	33÷35	-	25	23
Limi o sabbie limose		13÷19	13÷20	7÷10	10÷18
Argille		9÷16	-	6÷9	6÷10

Tabella 9.2: Valori sperimentali orientativi dell'angolo δ_{max} (in gradi),(Manuale di Ingegneria Civile -Volume 3-, 1993).

oppure si può assumere:

$$19\quad \delta = \left(\frac{1}{2}\div\frac{2}{3}\right)\varphi'$$

Spinta attiva per terre incoerenti (C = 0, φ > 0)

Come detto sopra la pressione esercitata dall'ammasso su un granulo di terra, a contatto con l'opera di sostegno è pari alla (18) con $l = h$ in quanto parete verticale.

Il coefficiente di spinta attiva, nel caso di superficie superiore in piano (Fig. 9.2), vale:

$$K_a = tg^2\left(45 - \frac{\varphi}{2}\right)$$

Secondo la teoria di Coulomb, che è quella concettualmente più semplice, tale valore si ricava dal considerare l'equilibrio dell'ammasso terroso incoerente a

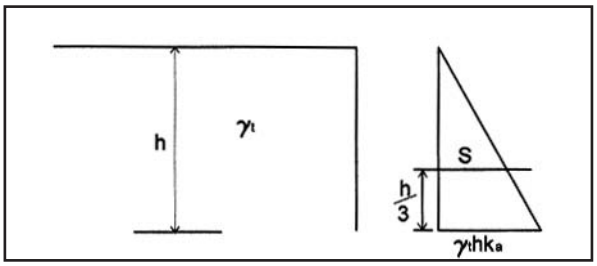


Fig. 9.2: Diagramma della spinta di terre incoerenti

tergo di un muro, sotto l'azione del peso proprio, dell'attrito e della spinta del muro, ipotizzando delle superfici piane; il problema si riduce ad individuare il prisma di massima spinta quello cioè che, tra le infinite possibili superfici di scorrimento, determina la massima spinta e quindi la situazione più sfavorevole.

Si dimostra che tale piano di rottura corrisponde alla bisettrice di 90°- φ, formante cioè un angolo di 45 - φ/2 con la verticale (Fig. 9.3).

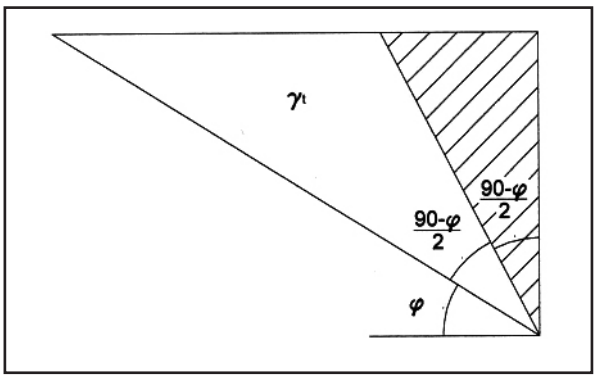


Fig. 9.3: Prisma di massima spinta secondo la teoria di Coulomb

Il diagramma della spinta sulla parete è triangolare e il valore è pari all'area del diagramma medesimo, applicato nel baricentro del triangolo, ad un terzo dalla base (Fig. 9.2); avendo utilizzato la schematizzazione di Coulomb la spinta risulta solo orizzontale.

$$S_a = \frac{1}{2}\gamma_t h^2 \mathrm{tg}^2\left(45 - \frac{\varphi}{2}\right)$$

Si riportano, a titolo di esempio, i valori di ka in funzione di dell'angolo di attrito j:

φ	**20°**	**25°**	**30°**	**35°**
K_A	0,49	0,41	0,33	0,27

Nel caso più generale di presenza di una scarpata con pendenza *i* a monte dell'opera di sostegno (Fig. 9.4) e con β e δ con valore nullo:

$$K_A = \frac{\cos^2\varphi}{\left[1+\sqrt{\frac{\mathrm{sen}\varphi \cdot \mathrm{sen}(\varphi - i)}{\cos i}}\right]^2}$$

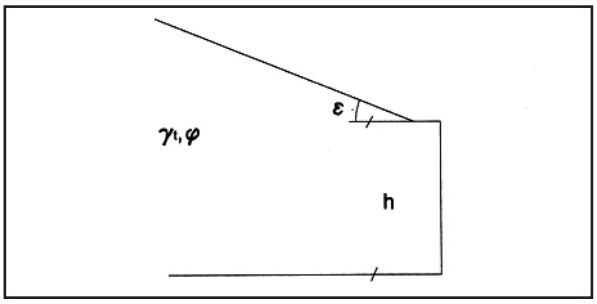


Fig. 9.4: Scarpata inclinata a monte

Esercizio

Si calcoli la spinta *S* esercitata da un terrapieno con superficie superiore orizzontale, alto 2 m, con φ = 30° e γ_t = 1600 kg m^{-3} su una palificata viva di lunghezza unitaria e la si confronti con l'analoga spinta idraulica.

$S_a = 1/2\ \gamma_t\ h^2\ tg^2(45- \varphi/2) = 1/2\ 1600\ 4\ 0{,}33 = 1056$ kg m^{-1}

$W_t = 1/2\ \gamma\ h^2 = 1/2\ 1000\ 4 = 2000$ kg m^{-1}

applicata in entrambi i casi ad 1/3 dell'altezza, cioè a 0,66 m da terra.

Nel caso di una scarpata a monte con inclinazione *i* =26°

$K_A = \cos^2\varphi / (1+(\mathrm{sen}\varphi\ \mathrm{sen}(\varphi - i)/\cos i)^{0.5})^2 = 0{,}75/+(0{,}5\ 0{,}07/0{,}9)^{0.5})^2 = 0{,}52$

$S_a = 1/2\ \gamma\ h^2\ k_A = 1/2\ 1600\ 4\ 0{,}52 = 1664$ kg m^{-1}

Valore superiore a quello in assenza di inclinazione a monte.

In ogni caso il contributo dell'acqua è maggiore di quello della terra, da cui emerge l'importanza delle opere di drenaggio o dell' utilizzo di strutture permeabili, quali le tipologie di I.N.

Nella Figura 9.5 si possono considerare due versioni dello schema statico (la prima più semplificata) nel caso di presenza di un sovraccarico distribuito p (kg/m^2) sul terrapieno, generato per esempio da un fabbricato.

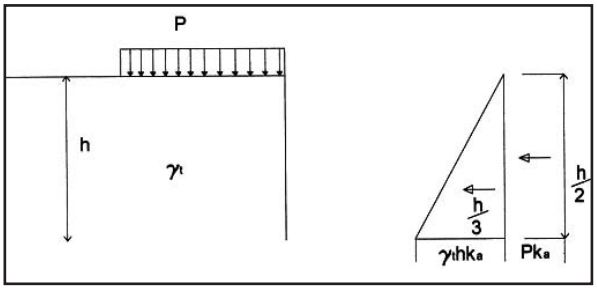


Fig. 9.5: Diagramma di spinta in presenza di sovraccarico

La pressione sul granulo a profondità h è data da:

$$\sigma = \frac{1}{2}\tilde{a}h + pK_A$$

la spinta totale sarà :

$$S_a = K_A\left[\frac{1}{2}\tilde{a}h^2 + ph\right]$$

cioè sommando gli effetti di un diagramma di spinta

triangolare con uno rettangolare con risultante ad *h/2* e ottenendo quindi un diagramma trapezoidale.

Spinta attiva per terre coesive (c > 0, φ>0)

In presenza di terre dotate di attrito e di coesione, come ad esempio le argille, la pressione sul granulo posto a profondità *h* è pari a

$$\sigma = \tilde{a}hK_A - 2C\sqrt{K_A}$$

ove γ, *h*, K_A hanno il significato visto in precedenza e C (kg m^{-2}) la coesione ed il diagramma è a doppio triangolo con valore, per *h* = 0, pari a $-2C\sqrt{K_A}$ (Fig. 9.6).

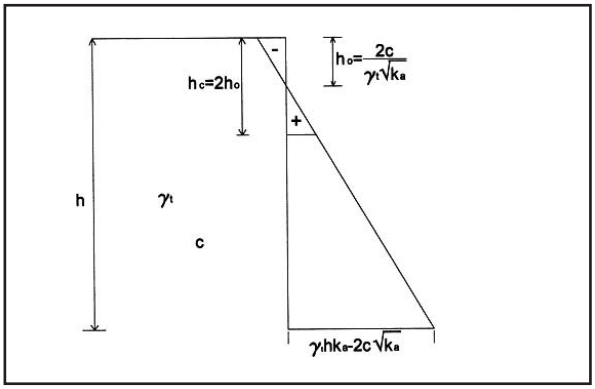


Fig. 9.6: Diagramma di spinta in terre coesive

La profondità in cui $\sigma = 0$ si ricava dalla precedente uguagliando i due termini:

$$\tilde{a}hK_A = 2C\sqrt{K_A}$$

$$h_0 = \frac{2C\sqrt{K_A}}{\tilde{a}K_A}$$

e, semplificando,

$$h_0 = \frac{2C}{\tilde{a}\sqrt{K_A}}$$

In presenza di coesione quindi la spinta delle terre è inferiore al caso delle terre incoerenti e il fronte di scavo può restare verticale fino ad un altezza critica h_c senza scoscendere e questo contribuisce a spiegare l'esistenza di basse scarpate subverticali rinverdite; tale h_c corrisponde, in modo semplificato, all'altezza per la quale il triangolo positivo uguaglia quello negativo ed è quindi uguale a 2 h_0 (Fig. 9.6).

Naturalmente, in presenza di discontinuità o di acqua nel terreno, l'effetto stabilizzante della coesione tende a diminuire fino ad annullarsi, per cui, con tali incertezze, si preferisce, a favore della stabilità, ridurre il valore di hc della metà o annullarlo del tutto.

Spinta in presenza di falda

La presenza dell'acqua nel terreno aumenta la spinta sull'opera di sostegno, a meno della realizzazione di idonee strutture di drenaggio e di smaltimento; un'opera d'ingegneria naturalistica, essendo costituita da terra, pietre, legno e piante vive (tra cui spesso le talee di salice che assorbono notevoli quantità di acqua), è, nel complesso, una struttura drenante e quindi sottoposta a spinte inferiori rispetto ad una struttura tradizionale; ciò vale soprattutto per le gabbionate vive, ma anche per le palificate vive e le terre rinforzate. In caso di incertezze, comunque, deve considerarsi, oltre alla spinta della terra, anche quella dell'acqua;

La spinta totale è dovuta alla sovrapposizione degli effetti della spinta idrostatica e della terra immersa in acqua, a cui corrisponde un peso specifico di volume immerso γ_i .

Nel caso di un terreno completamente sotto falda la spinta per metro di fuga vale (Fig. 9.7):

$$S = K_A \frac{1}{2}(\tilde{a} - \tilde{a}_w)h^2 + \frac{1}{2}\tilde{a}h^2$$

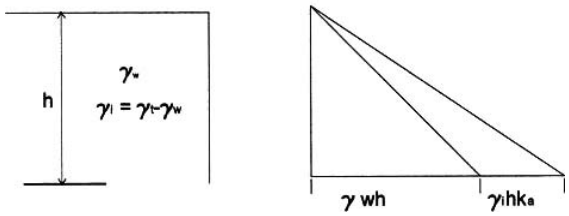


Fig. 9.7: Diagramma di spinta in terre incoerenti sotto falda

Nel caso di terreno parzialmente sotto falda, la spinta totale risulta dalla sovrapposizione dei tre diagrammi di Fig. 9.8.

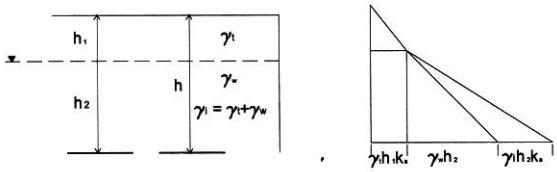


Fig. 9.8: Diagramma di spinta in terre incoerenti parzialmente sotto falda

Spinta in presenza di sisma

L'effetto di un sisma, evento piuttosto comune in Italia, si esprime con un incremento dinamico del peso del cuneo di terra tramite due coefficienti, uno orizzontale ed uno verticale.

Si riporta nel paragrafo seguente, per completezza, una sintesi di quanto esposto anche nel Cap. 11.

9.3. Interventi su pendio

Al fine di progettare il più efficace intervento di IN che preveda l'impiego della vegetazione per la sistemazione di un pendio instabile, è indispensabile conoscere il tipo di fenomeno da contrastare cioè individuare se trattasi di un fenomeno di erosione del suolo o di

un movimento di massa superficiale o profondo.

In genere per la stabilizzazione dei pendii naturali o delle scarpate artificiali non è possibile demandare alla vegetazione l'intero compito stabilizzante e pertanto risulta necessario fare ricorso all'utilizzo di elementi strutturali integrativi.

In termini del tutto generali gli interventi di sistemazione di un pendio possono essere distinti in:

- interventi strutturali con i quali si ottiene un incremento dell'attuale margine di sicurezza del pendio riducendo le forze squilibranti e/o aumentando le forze resistenti;
- interventi non strutturali con i quali si limita l'utilizzazione del pendio in base all'esistente margine di sicurezza;
- interventi di emergenza con i quali il pendio viene posto sotto osservazione (monitorato) e la sua utilizzazione viene regolata in base al suo comportamento nel tempo.
- genere gli interventi strutturali di consolidamento e stabilizzazione dei pendii sono caratterizzati dai seguenti aspetti:
- realizzazione di opere di notevole impegno sia tecnico che economico;
- le forze in gioco sono di notevole entità e spesso di difficile e non sicura valutazione;
- il comportamento dell'insieme pendio-intervento risulta alquanto complesso e si evolve nel tempo.

Pertanto occorre verificare con attenzione la necessità dell'intervento strutturale ossia risulta fondamentale delimitare precisamente le finalità dell'intervento per contenerne l'impegno tecnico ed economico (Regione Toscana, 2000).

Fattori che condizionano l'intervento

La scelta della tipologia di intervento strutturale per la stabilizzazione di un pendio è legata sia a fattori inerenti il problema specifico in esame che a fattori di carattere generale.

Tra questi ultimi fattori, possono essere menzionati (Regione Toscana, 2000):

- le condizioni di stabilità attuale del pendio: queste possono influire notevolmente sulla possibilità o meno di poter eseguire certe lavorazioni in modo tale da garantire adeguate condizioni di accessibilità, di mobilità e di sicurezza per gli uomini e per le attrezzature;
- la velocità del movimento "franoso": molteplici classificazioni proposte correlano la velocità del movimento franoso con il danno da esso prodotto e con la possibilità di realizzare interventi di stabilizzazione;
- le dimensioni dell'ammasso di terreno instabile: la geometria ed in particolare lo spessore condizionano sia la possibilità di impiegare opere di sostegno sia la tipologia di opera. L'inclinazione del pendio può condizionare l'impiego di tubi drenanti da infiggere in superficie;
- la natura e le caratteristiche dei terreni instabili;
- l'incremento del margine di sicurezza richiesto;
- la disponibilità e la convenienza economica.

Interventi classici

I criteri utilizzabili per la stabilizzazione di un pendio possono perseguire i due seguenti obiettivi:

- riduzione delle forze squilibranti;
- aumento delle forze resistenti.

A titolo esemplificativo tra gli interventi classici per la riduzione delle forze squilibranti si ricorda lo scavo per l'alleggerimento in sommità del pendio, la riprofilatura (per es. con sistemazione a gradoni), il rinfianco al piede.

La modifica della geometria con movimenti di terra, è la soluzione ideale per i movimenti di scorrimento rotazionale, per i quali l'esecuzione di scavi di alleggerimento nella zona del ciglio di distacco e i riporti nella zona del piede riduce il momento delle forze motrici ed aumenta il momento di quelle resistenti. Per i movimenti di traslazione su superficie piana, l'effetto di stabilizzazione produce risultati se gli scavi ed i riporti riducono l'inclinazione del pendio.

La modifica della geometria del pendio presenta ovvie controindicazioni: per es. gli scavi di alleggerimento in corrispondenza del ciglio possono essere causa di instabilità del versante a monte e i riporti, di regola ubicati al piede, possono modificare le condizioni di deflusso delle acque superficiali.

Tra gli interventi per l'aumento delle forze resistenti si evidenziano quelli che prevedono la realizzazione di vere e proprie opere di sostegno quali palificate, muri di sostegno, paratie, ma anche la sistemazione idraulica superficiale e/o profonda quindi il miglioramento delle caratteristiche meccaniche dei terreni (infissione di pali, addensamento, iniezioni, etc.).

Il classico intervento di stabilizzazione strutturale si realizza in genere per mezzo dell'inserimento di opere di sostegno al piede o all'interno dell'ammasso di terreno instabile. In base alla posizione rispetto al pendio ed alla tipologia strutturale si possono realizzare differenti opere di sostegno quali palificate, gabbionate, muri, pozzi, palificate, setti, paratie. Le strutture continue vengono disposte in genere al piede mentre quelle puntuali possono essere distribuite all'interno del volume di terreno instabile. Queste sono da preferire nei casi in cui la superficie, ed in particolare la lunghezza, sia rilevante, poiché consentono di ottenere un incremento del margine di sicurezza diffuso e quindi effetti più uniformi della stabilizzazione.

La riduzione delle pressioni neutre all'interno dell'ammasso può essere realizzato per mezzo di opportune opere di drenaggio e protezione. Il drenaggio può essere di tipo superficiale con trincee drenanti ed in

profondità mediante pozzi, gallerie, setti drenanti, fori sub-orizzontali. Le opere di drenaggio possono essere posizionate sia all'esterno del corpo in movimento (in genere a monte del ciglio di distacco) che al suo interno secondo disposizioni planimetriche opportune.

Il funzionamento dei sistemi di dreni è diverso a seconda della permeabilità dei terreni interessati: nei terreni permeabili la portata smaltita dai dreni è elevata e, se risulta maggiore di quella di alimentazione della falda idrica si determina un progressivo abbassamento della falda fino al prosciugamento del terreno. Se il terreno ha permeabilità bassa, la portata che affluisce ai dreni è limitata, ma l'effetto stabilizzante che è dovuto alla diminuzione della pressione neutra, risulta comunque sensibile.

Una riduzione indiretta delle pressioni neutre all'interno del corpo instabile può anche ottenersi per mezzo di opere di protezione superficiale o rivestimento. Infatti le stesse consentono di contenere l'azione erosiva superficiale esercitata dalle acque meteoriche ma soprattutto possono limitare la percolazione delle stesse in profondità.

Gli interventi di protezione superficiale possono ottenersi per mezzo dell'impiego di tecniche di I.N. utilizzando materiali naturali ovvero accoppiando materiali naturali con materiali artificiali quali i geosintetici. Nelle rocce fratturate o nei terreni a grana grossa l'aumento delle pressioni effettive può ottenersi per mezzo del placcaggio della scarpata e con tiranti pretesi.

In casi particolari, il miglioramento delle proprietà meccaniche dei terreni può realizzarsi con differenti procedimenti a seconda della natura dei terreni: iniezioni di opportune miscele cementizie nei terreni a grana grossa e nelle rocce fratturate; addensamento mediante vibrazione nei terreni a grana grossa; iniezioni di resine nei terreni a grana media e nelle rocce con microfessurazione; elettrolisi e cottura nelle argille (Regione Toscana, 2000).

L'impiego della vegetazione

La valutazione del contributo resistente offerto dalla vegetazione può risultare molto utile ai fini di una corretta analisi di stabilità e quindi, in ultima analisi, per un efficace dimensionamento dei possibili interventi di stabilizzazione. Nelle opere di sostegno vive, la capacità biotecnica della vegetazione deve essere considerata anche nel dimensionamento, come illustrato nell'esempio seguente relativo ad una palificata viva a parete doppia. Nelle opere con elementi infissi nel terreno (non necessariamente vivi), come una palizzata, si devono creare nel terreno accumulatosi a monte, le condizioni per lo sviluppo di vegetazione spontanea che riduca le sollecitazioni sulla struttura stessa e migliori le condizioni di stabilità generale. La stabilità di un pendio in condizioni di geometria e sollecitazioni particolari, può essere ottenuta anche con terre rinforzate rinverdite.

Gli interventi di rivestimento, mediante l'impiego prevalente di piante erbacee, forniscono soprattutto una protezione del suolo nei confronti dell'erosione superficiale e possono contribuire ad una limitazione della percolazione delle acque meteoriche all'interno del terreno (riduzione di pressioni neutre). In presenza di condizioni difficili di inerbimento si può fare ricorso all'impiego di geosintetici opportuni quali le geostuoie, le georeti e le geocelle, in grado di proteggere il suolo nei confronti dell'azione erosiva degli agenti atmosferici prima che l'inerbimento si sia completato.

Rimandando alla bibliografia per i necessari approfondimenti, si può riportare qui che, in casi generali, è stato dimostrato che il rinforzo prodotto dalle radici nel terreno non dipende molto dal loro orientamento, ma dalla resistenza a trazione e densità che variano con la profondità. Per quanto riguarda l'ipotesi di mobilitazione completa della resistenza a rottura delle radici, sperimentazioni appositamente condotte hanno evidenziato che le radici raggiungono la condizione di rottura in momenti diversi e pertanto è più prudente adottare un valore di resistenza a trazione inferiore a quello limite. Infine, per quanto riguarda l'ipotesi che le radici siano ancorate al terreno e non possano essere estratte dalla zona di taglio, se si assume una distribuzione uniforme delle tensioni all'interfaccia tra terreno e radici, se ne può valutare una lunghezza minima. Osservazioni di campagna supportano il fatto che la lunghezza delle radici generalmente è maggiore del valore minimo ottenuto in base a tale criterio. Risulta di più difficile valutazione la frazione di terreno occupata dalle radici (rapporto fra area delle radici ed area radicata), essendo limitati i dati disponibili in letteratura e considerando inoltre che esso varia anche in funzione della profondità. Le profondità fino a cui il terreno risente dell'effetto di rinforzo dell'apparato radicale variano entro limiti abbastanza ampi in funzione essenzialmente del tipo di pianta.

Nel caso di vegetazione erbacea l'azione di rinforzo risulta molto diffusa ma è limitata ai primi centimetri; nel caso di vegetazione arbustiva lo spessore si estende in genere a qualche decimetro fino al massimo ad una profondità di circa 1,5 m. Gli alberi producono invece effetti fino a strati più profondi e possono migliorare la resistenza del terreno fino ad una profondità di 3 m o più, in funzione della morfologia dell'apparato radicale della specie.

La vegetazione arborea mostra nel complesso effetti positivi (in particolare per aumento di coesione dovuta alle radici) per la stabilizzazione rispetto al suolo nudo ed il massimo effetto stabilizzante si ha in presenza di fronti di saturazione (quindi in condizioni di stabilità ridotta) che interessano i primi 1÷1,5 m del suolo (Preti e Barneschi, 2002).

Riguardo il peso della vegetazione, è necessario studiare come il peso di un singolo albero si scarica nel suolo mentre l'entità dell'effetto stabilizzante della vegetazione è strettamente connessa alla profondità raggiunta dall'apparato radicale (soglia di radicazione).

9.4 Esempi applicativi per le tipologie di I.N.

9.4.1 Verifiche di stabilità di una palificata viva

Per una palificata viva o per una gabbionata rinverdita, il calcolo di dimensionamento è, innanzi tutto, quello di un'opera a gravità.

Nell'esempio seguente, si adotta l'ipotesi semplificativa, comunque a favore della stabilità, di una palificata a paramento verticale e poggiata orizzontalmente sul terreno, mentre in realtà l'opera, come noto, è realizzata con una inclinazione sia sul fronte sia sul fondo. Per una verifica rigorosa si può fare riferimento allo "Schema di calcolo di una palificata viva " (Cornelini, Zoccoli, 1995 in Fig. 9.9).

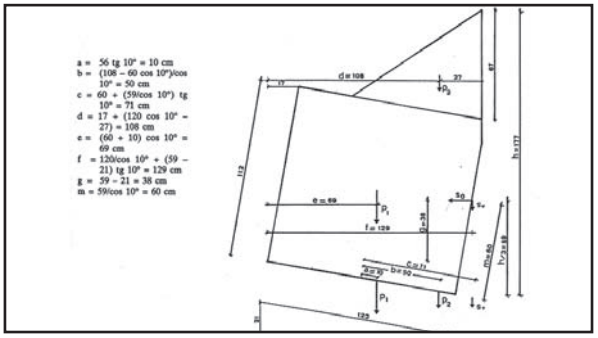


Fig. 9.9: Schema statico

Si effettua, invece, il calcolo di verifica di una palificata viva alta 2 m e con spessore di 1,65 m, funzionante come opera di sostegno al piede di una scarpata.

Si considera una palificata lunga 5 m (Fig. 9.10 a, 9.10 b e 9.10c).

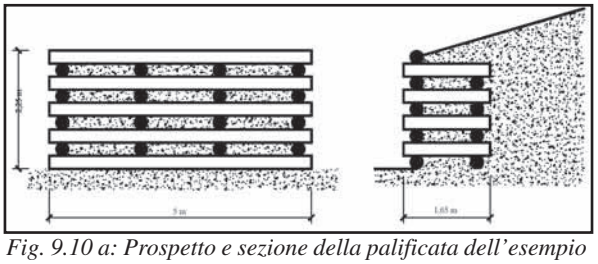


Fig. 9.10 a: Prospetto e sezione della palificata dell'esempio

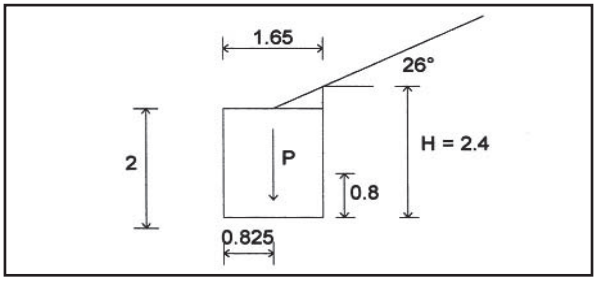


Fig. 9.10 b: Palificata viva: schema statico semplificato

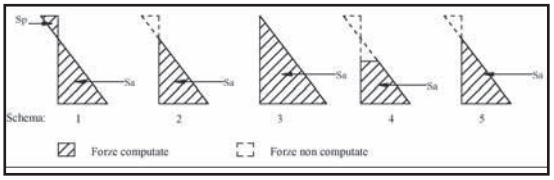


Fig. 9.10 c – esemplificazione (non in scala) degli schemi statici confrontati

Analisi dei carichi

γ	1900 kgf m^{-3}
γ_l (legno)	700 kgf m^{-3}
P_t = peso del terreno	
P_l = peso del legno	

Il numero dei tronchi da 5 m necessari, considerando che la lunghezza dei traversi è in questo caso 1/3 di quella del tronco, è :

$$n = 8 + 1 + 16/3 = 14,3$$

impiegando tronchi del diametro medio di 0,25 m, si ha che il volume totale del legno è:

$$V_{legno} = 3,14 \times 0,125^2 \times 14,3 \times 5 = 3,51 \text{ m}^3$$

e, per 1 metro lineare:

$$3,51 / 5 = 0,7 \text{ m}^3/\text{m}$$

Il peso del legno è:

$$P_{legno} = \gamma_l V_{legno}$$

quindi, per un m lineare di palificata

$$P_{legno} = 700 \times 0,7 = 490 \text{ kg m}^{-1}$$

Il peso del terreno di riempimento, considerando a favore della stabilità la palificata con un paramento verticale, è dato da:

$$P_t = \gamma V_t$$

ove, per 1 m

$$V_t = (2 \times 1,65) - 0,7 = 2,6 \text{ m}^3/\text{m}$$

$$W_t = 1900 \times 2,6 = 4940 \text{ kg m}^{-1}$$

Il peso di 1 m di palificata è quindi:

$$P = P_{legno} + W_t = 490 + 4940 = 5430 \text{ kg m}^{-1}$$

La spinta del terreno, considerando il caso di terre coerenti, con una pendenza della scarpata a monte di 26°, un'altezza del fronte pari a 2,4 m (come se a tergo dell'opera si avesse un diaframma alto 0,4 m più della parete verticale e senza poi tener conto del peso di terreno sopra l'opera stessa) e trascurandone la componente verticale della spinta (in pratica considerando l'opera non inclinata), è data da:

$$S = \frac{1}{2}\gamma_t h^2 K_A - 2Ch\sqrt{K_A}$$

φ	33°
C	300 kg m^{-2}
K_A	0.44

S_{terra} =1/x1900x 5,76 x 0,44–600x2,4x0,66=2408–955=1453kgm^{-1}m
(approssimazione di 1434 kg m^{-1})

applicata ad 1/3 dell'altezza della parte bassa triangolare del diagramma di spinta, cioè a 0,64 m da terra; considerando il terreno non aderente all'opera nella parte alta (triangolo "negativo di altezza pari a h_o) h_o vale 0,47 m per cui il braccio vale (2,4-0,47)/3 = 0,64 m. In Fig. 9.10 b si riporta il braccio pari a 0,8 m che sarebbe quello che si avrebbe con coesione nulla. Si osservi che la situazione è, in realtà, "ibrida" poiché considera tutta la spinta di un terreno coesivo (diagramma a farfalla), ma il braccio come se il terreno non fosse aderente alla parete. In realtà considerando tutta la spinta di un terreno coesivo, cambierebbe il braccio (che non è quello passante per il trapezio rimanente annullando i due triangolini di pari area), ma varrebbe 0.63 m.

Ricapitolando, le situazioni possibili sarebbero le seguenti (Figg. 9.6 e 9.10 b):

1) terreno coesivo e aderente all'opera (braccio della risultante secondo Varignon)
S_{terra}= 1434 kg m^{-1} braccio = 0,63 m M_r=906 kg m^{-1} m

2) terreno coesivo non aderente all'opera (braccio della spinta attiva)
S_{terra}= 1744 kg m^{-1} braccio = 0,64* m M_r=1118 kg m-1 m
* casualmente uguale al valore del quarto caso

3) terreno incoerente
S_{terra}=2384 kg m^{-1} braccio = 0,80 m M_r=1909 kg m^{-1} m

4) *terreno coesivo, considerando erroneamente il braccio della spinta corrispondente al trapezio*
S_{terra}=1434 kg m^{-1} braccio = 0,64* m M_r= 919 kg m$_{-1}$ m
* casualmente quasi uguale al valore del primo caso

5) ibrido (spinta del terreno coesivo, ma braccio come se il terreno fosse incoerente)
S_{terra}=1453** kg m^{-1} braccio = 0,8 m M_r= 1163 kg m^{-1} m
** approssimazione rispetto a 1454 kg m^{-1}

Verifica statica

La verifica viene effettuata secondo le norme tecniche del D.M. 11 marzo 1988 riguardanti le prescrizioni per la progettazione delle opere di sostegno.

Calcolo dei momenti (Fig.9.10):

$M_{stabilizzante}$ = 5430 x 0,825 = 4480 kg m.
$M_{ribaltante}$ = 1453 x 0,64 = 1162 kg m (a favore di sicurezza come nello schema semplificato di Fig. 10, altrimenti risulterebbero solo 906 kg m con un diagramma di spinta "a farfalla": nel seguito si riportano tra parentesi i valori corrispondenti a tale valore di $M_{ribaltante}$).

Si eseguono le seguenti verifiche statiche, per una lunghezza di 1 m di palificata, trascurando la stabilità globale opera - terreno e le verifiche interne della struttura.

Verifica alla traslazione sul piano di posa (Fig.9.11)

Il rapporto fra la somma delle forze resistenti nella direzione dello slittamento, costituite dalle forze di attrito e la somma delle componenti nella stessa direzione delle azioni sull'opera, costituite dalla spinta del terreno, non deve essere, per la sicurezza, inferiore a 1,3.

$$\frac{fP}{S} = \frac{(0.65 * 5430)}{1453} = 2,43 > 1,3 \qquad \text{(o 2.46)}$$

con f = coefficiente di attrito tra la base della palificata e la fondazione.
f = tg φ= 0,65

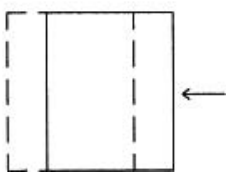


Fig. 9.11: Verifica alla traslazione

Verifica al ribaltamento intorno allo spigolo di base

Il rapporto tra il momento delle forze stabilizzanti e quello delle forze ribaltanti non deve essere, per la sicurezza, inferiore a 1,5.

$$\frac{M_s}{M_r} = \frac{4480}{1162} = 3,85 > 1,5 \qquad \text{(o 4,95>1,5)}$$

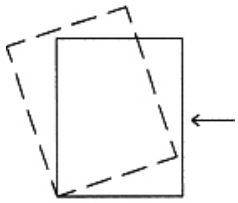


Fig. 9.12: Verifica al ribaltamento

Verifica allo schiacciamento

La risultante del peso e della spinta del terreno non passa per il baricentro della base e siamo, quindi, in presenza di pressione eccentrica; ne risulta un andamento delle pressioni sulla fondazione non costante e quindi con il diagramma non rettangolare, ma trapezoidale o triangolare a seconda della distanza del punto di applicazione della risultante rispetto allo spigolo di valle (esterno).

Suddividendo la base in tre segmenti isometrici e contandoli a partire da monte l'ultimo terzo (quello di valle) è detto terzo medio.

A seconda del punto di applicazione della risultante si distinguono tre situazioni:

- la risultante passa entro il terzo medio della base; il diagramma di spinta è trapezio con valori negativi (compressione su tutta la sezione);
- la risultante cade al limite del terzo medio: il diagramma è triangolare con sollecitazioni di compressione;
- risultante esterna al terzo medio; il diagramma è

intrecciato con tensioni di trazione a monte (di segno positivo).

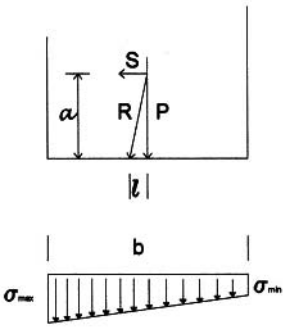


Fig. 9.13: Verifica allo schiacciamento

Si individua per prima cosa il centro di pressione della risultante sulla fondazione, applicando il teorema di Varignon, per cui il momento della risultante rispetto ad un punto, è uguale alla somma algebrica dei momenti delle componenti. Scegliendo come polo il centro di pressione si ha:

$$R*0 = S*a - P*e$$

$$e = \frac{1162}{5430} = 0{,}21\ \text{m} \qquad (\text{o } 0{,}17\ \text{m})$$

che si risolve rispetto ad e, con *e = eccentricità*, distanza tra il baricentro ed il centro di pressione oppure:

$$u = \frac{M_s - M_r}{P}$$

con *u* = distanza dal lembo di valle del punto di applicazione della risultante. Le due distanze sono legate tra loro dalla seguente:

$$e = \frac{b}{2} - u$$

quindi:

$$u = \frac{4480 - 1162}{5430} = 0{,}61\ \text{m (o } 0{,}66\ \text{m)}$$

e = 0,825-0,65 = 0,21 m (o 0,17 m)

ovviamente le due procedure sono equivalenti.

Il valore di eccentricità è entro il terzo medio in quanto 1,65 / 6 = 0,275 > 0,21 (o 0,17) e, in tal caso, vale la formula:

$$\acute{o}^{-}_{max} = \left(\frac{P}{100b}\right)*\left(1+\frac{6e}{b}\right) \text{ in kg cm}^{-2}$$

ove b è la larghezza della palificata pari a 165 cm

σ_{max} = (5430/ (100 165)) x (1+ 6 x 21 / 165) = 0,58 kg/cm^2 (o 0,53 kg/cm^2)

Ipotizzando che il terreno di fondazione abbia una portanza di 1,5 kg cm^{-}?, il rapporto tra questo e il carico agente è:

1,5 / 0,58 = 2,6 (o 2,8) > 2, valore del coefficiente di sicurezza richiesto dal D.M. 11 marzo 1988.

In conclusione, dai calcoli effettuati, una palificata viva risulta, in genere, una struttura che soddisfa ampiamente le condizioni di stabilità, al pari delle tradizionali opere di sostegno, alle quali si pone in alternativa.

La verifica fin qui proposta, necessaria e fondamentale in sede di progetto, analizza le condizioni statiche valide immediatamente dopo la costruzione dell'opera, ma non considera che, essendo essa una struttura composta in parte da materiale vivo, le forze in gioco potranno variare nel tempo con l'accrescimento delle talee messe a dimora. Ad esempio si verifica un incremento di coesione radicale che riduce la spinta del terreno a tergo dell'opera, un aumento di biomassa (ipogea ed epigea) ed una degradazione delle parti morte, che determina lo sviluppo di nuove forze con i relativi bracci e quindi variazioni nelle condizione di equilibrio.

Un'analisi di questa problematica è stata svolta da Preti e Cantini, 2002 che hanno analizzato la variazione del coefficiente di sicurezza. Si sintetizza la metodologia seguita come esempio di analisi di stabilità a lungo termine.

Per calcolare la spinta del terreno a tergo della palificata, considerato non coerente, è stato utilizzato il metodo dello stato di equilibrio limite di Muller - Breslau (1924).

Per valutare il contributo delle piante, in Preti e Cantini, 2002), è stata analizzata la variazione nel tempo del termine A_R/A, rapporto fra l'area occupata dalle radici (A_R) e quella della corrispondente sezione parallela alla superficie di terreno (A), ricavando una relazione praticamente lineare. Anche l'evapotraspirazione e l'effetto drenante dovuti alla presenza delle piante sono stati ipotizzati dipendenti dallo stesso termine (A_R/A). Considerando separatamente: il peso della palificata, dato dalla somma del peso del legno morto che diminuisce nel tempo in funzione della degradazione del legname, oltre al peso del riempimento che rimane costante, l'aumento della biomassa epigea ed ipogea, la spinta dell'acqua (considerando varie altezze di falda a tergo della palificata) e la spinta del terreno a tergo della palificata (senza coesione a favore di sicurezza); è stata valutata la variazione dei coefficienti di sicurezza nell'arco di 30 anni.

Si riporta in appendice seguente, invece, per lo stesso schema di calcolo precedente la situazione che si verificherebbe con altezza dell'opera e carico d'acqua pari a 2,25 m, e valori di coesione aggiuntiva radicale crescenti nel tempo da 0 a 600 kg/m^2 (da Pollen et al., 2004 in Cap.

11). Le altre ipotesi considerate sono: parete verticale e versante inclinato solo a monte a favore di sicurezza.

Per gli aspetti vegetali si è considerato che il materiale vivo utilizzato fosse costituito da talee di lunghezza pari ad 1 m di *Salix purpurea* (salice rosso) in numero di 4 talee per metro lineare (Schiechtl, 1991 in Preti e Cantini, 2002). Per questo tipo di pianta sono state ricavate le curve di crescita in altezza, larghezza della chioma, profondità dell'apparato radicale, volume della parte aerea (biomassa epigea) da uno studio condotto in una stazione detritica povera del Tirolo settentrionale a quota 700 m s.l.m. (Fig. 9.14a), al fine di stimare il valore medio del termine A_R/A e come questo vari in funzione del volume di biomassa ipogea prodotta, secondo la relazione seguente (20):

$$(20)\quad A_R/A = n\ h\ V_R/H_R$$

dove *n* è il numero di talee che hanno effettivamente attecchito, V_R è il volume della parte ipogea di una talea (calcolata in base al rapporto col volume della biomassa epigea che si mantiene pari ad 1.5 per questa specie, cfr. Tab. 9.2), H_R è la profondità raggiunta dall'apparato radicale, h l'altezza della palificata. I risultati ottenuti (Fig. 9.14) evidenziano l'andamento lineare del termine col tempo e sono in accordo con misurazioni sperimentali che indicano variazioni del rapporto di area radicata in un intervallo fra alcuni centesimi ed alcune unità di punto percentuale, con valori più frequenti di qualche decimo di percento (Bischetti, 2000), in accordo con i valori in Gray e Barker, 2004 (Cap. 11) e con le curve di Pollen et al. 2004 di crescita della resistenza radicale.

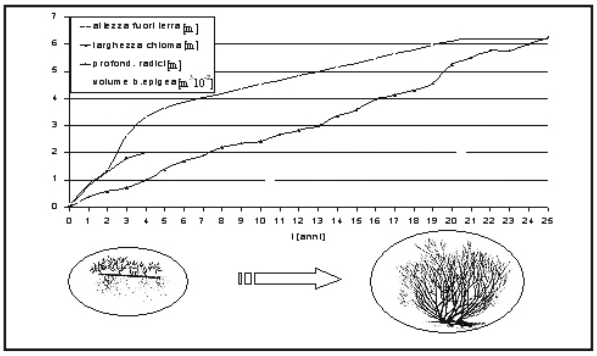


Fig. 9.14 a: Curve di crescita per ***Salix purpurea*** *(Schiechtl, 1991)*

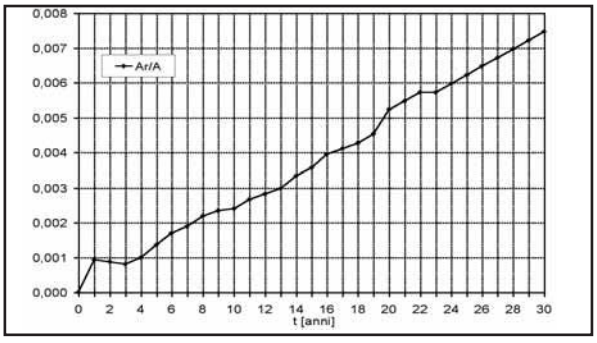


Fig. 9.14 b: Frazione di sezione di terreno occupata dalle radici (root area ratio)

Per la valutazione del peso proprio delle palificate vive, sono stati considerati elementi lignei del diametro più usato (25 cm) e con il più piccolo interasse (1 m) fra gli elementi longitudinali: tali manufatti risultano, a parità di dimensioni, fra i più leggeri, in quanto viene quasi massimizzato il volume del legno rispetto a quello del riempimento.

Si è, inoltre, supposto che il volume del legname (di solito castagno) si riduca di un valore pari all'aumento del volume della biomassa epigea ed ipogea delle talee che si sviluppano all'interno della palificata, il peso specifico di questo legname ha valore medio di 7.0 kN/m^3, valore rappresentativo per legname conservato ad umidità del 12÷15%, mentre per le talee di salice il peso specifico considerato è di 8.8 kN/m^3 (Giordano, 1988 e 1993). Per quanto riguarda il peso specifico del riempimento della palificata abbiamo scelto un riempimento con materiale grossolano (ciottoli di dimensioni tali da non fuoriuscire dalle feritoie della pareti), adottando un peso specifico pari a 15 kN/m^3, relativo a detriti grossolani aventi una porosità del 20% (ciò comporta un peso per unità di volume in condizioni di saturazione di 17 kN/m^3). Per il terreno in cui si trova immorsata la palificata si assume il peso specifico di 20 kN/m^3, che costituisce un valore rappresentativo di un terreno ghiaioso - sabbioso con una porosità del 20% (il peso per unità di volume in condizioni di saturazione è pari a 22 kN/m^3) ed un angolo di attrito interno φ di 30°.

A causa del moto di filtrazione che si instaura attraverso la palificata, mediamente la pressione idrostatica del terreno a tergo diminuisce del 10÷20%, ma con la presenza di talee vive si è ipotizzato che questa riduzione potesse essere maggiore, soprattutto perché "…le popolazioni vegetali drenano il terreno consumando acqua per evapotraspirazione in grandi quantità" (Florineth, 1993; Mantovani, 1996 in Pugi, 1999 in Preti e Cantini, 2002).

Perciò è stato ipotizzato un andamento del coefficiente di riduzione della pressione idrostatica (c_{rt}) inversamente proporzionale alla frazione di sezione di terreno (A_R/A) occupata dalle radici, secondo la relazione (21):

$$(21)\quad c_{rt}(t) = c_{rt}(0)\ (1-(A_R/A))$$

cioè all'aumentare A_R/A diminuisce la spinta dell'acqua presente nel terreno a monte sulla palificata da un valore iniziale assegnato ($c_{rt}(0)$=0.75) a causa della presenza di radici e per l'evapotraspirazione esercitata dalle talee di salice.

Oltre ai valori assunti per i vari pesi specifici appena descritti ed alle grandezze variabili nel tempo schematizzate in Fig. 10.15 sono stati utilizzati i dati riassunti nella tabella seguente (effettuando varie prove variando tutte le grandezze geometriche):

h (altezza palificata)	1 m
b (base palificata)	0.8 m
φ (angolo di attrito interno del terreno)	30°
α (inclinazione del terreno a monte)	25° (11°)
δ (angolo di attrito tra il terreno e la parete a monte della palificata)	27°
K_A (calcolato con eq.(16) o (1) in Preti e Cantini 2002)	0.5 (0,36)
β (inclinazione della parete a monte della palificata rispetto all'orizzontale)	90°
h_w (altezza della falda)	0.55 m

L'apparato radicale, sviluppandosi, reagisce come un blocco unico col corpo della palificata e quindi introduce un fattore stabilizzante nel calcolo dei momenti che risulta funzione della profondità delle radici, mentre la biomassa epigea, sviluppandosi, introduce un fattore destabilizzante per la palificata, che cresce in funzione dell'altezza della parte epigea.

Sollecitazioni

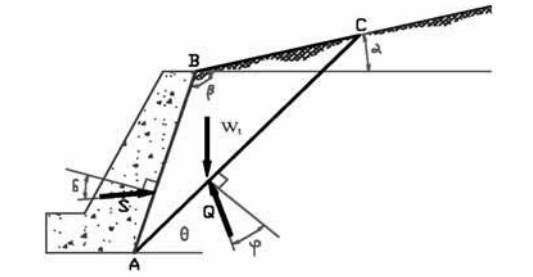


Fig. 9.15: Sollecitazioni sul cuneo rigido di terra a monte di un'opera di sostegno

La spinta delle terre è stata valutata mediante la teoria di Coulomb esplicitata analiticamente da Muller – Breslau (1924).

Prendendo in considerazione la spinta passiva, ovvero il valore massimo che può assumere l'azione laterale applicata al terreno: con riferimento alla Fig. 9.15 si ha che le componenti tangenziali alle superfici di scivolamento delle forze Q e S devono risultare in grado di contrastare il movimento verso l'alto (indotto dall'azione spingente della costruzione) del prisma di terreno, dunque il segno degli angoli φ e δ deve risultare opposto a quello illustrato.

Da quanto sopra, si ha che l'incremento di resistenza al taglio dipende interamente dalla resistenza a trazione media delle radici e dalla superficie occupata dalle stesse.

Per quanto riguarda la resistenza a trazione delle radici, si può fare riferimento a valori riportati in letteratura (tabella seguente e Tab. 11.2 del cap. 11).

Piante arboree e arbustive	Resistenza a trazione (Mpa)	Rapporto fra biomassa epigea e ipogea
Salix purpurea	36.0	1.5

Caratteristiche di *Salix pupurea* (Schiechtl, 1991)

Verifiche di stabilità

Per le verifiche di stabilità, si sono considerate le seguenti condizioni:

- il peso della palificata, dato dalla somma del peso del legno morto che diminuisce nel tempo in funzione della degradazione del legname, più il peso del riempimento che aumenta, anche se molto poco, per l'aumento delle radici;
- l'aumento della biomassa epigea ed ipogea;
- la spinta dell'acqua presente nel terreno;
- la spinta del terreno a tergo della palificata.

Il fattore di sicurezza rispetto alla stabilità allo scorrimento sul piano di fondazione della palificata, è dato dalla

$$(22) \quad F_S = \frac{V \cdot \tan \delta}{H}$$

dove V è la risultante delle forze verticali e quindi stabilizzanti (peso della palificata, dato dalla somma del peso del legno morto che diminuisce nel tempo in funzione della degradazione del legname, più il peso del riempimento che aumenta per l'aumento delle radici, e dal peso della biomassa ipogea ed epigea), mentre H è la risultante delle forze orizzontali (spinta del terreno a tergo della palificata e spinta dell'acqua presente nel terreno che tendono a diminuire nel tempo).

Si è ottenuto per F_S l'andamento riportato in Fig. 9.16. Come si può vedere dal grafico il fattore di sicurezza allo scorrimento è superiore al valore consigliabile di 1,3 nelle condizioni iniziali ed aumenta nel corso degli anni, anche per valori del coefficiente di attrito cautelativi (0,5): in particolare, si può osservare come il fattore di sicurezza arrivi ad incrementarsi rispetto al valore iniziale di circa il 12%.

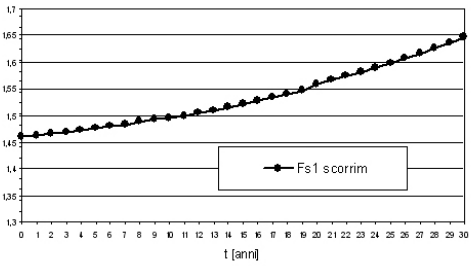


Fig. 9.16a: Andamento nel tempo del fattore di sicurezza allo slittamento per una palificata viva

L'analisi del fattore di sicurezza allo scorrimento è poi stata effettuata in diverse condizioni di manuten-

zione della vegetazione per la stessa palificata:

1. con talee ed interventi, effettuati regolarmente, di potatura quasi totale della parte epigea di vegetazione che si sviluppa (Fs2);
2. con talee ed interventi di diradamento effettuati regolarmente, cioè si elimina una parte (30%) dell'apparato epigeo della vegetazione (*Fs3*).

I risultati sono messi a confronto nel grafico di Fig. 9.16 b dove si evidenzia come la potatura possa influire per una diminuzione del fattore di sicurezza solo fino a circa il 2,5 % rispetto al caso di assenza di manutenzione.

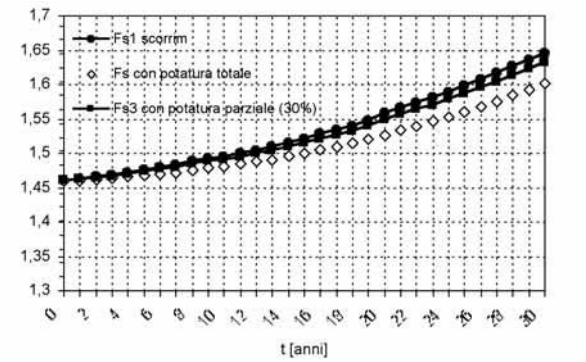


Fig. 9.16 b: Fattore di sicurezza allo slittamento per una palificata viva con manutenzioni

Invece, per quanto riguarda la verifica al ribaltamento, si sono ottenuti gli andamenti per il coefficiente di sicurezza al ribaltamento (Cs), stimato tramite la:

$$(23) \quad Cs = \frac{\sum MomentiStabilizzanti}{\sum MomentiRibaltanti}$$

Il coefficiente di sicurezza (*Cs*) parte nella condizione iniziale (quando le talee non si sono ancora sviluppate) da un valore maggiore di 1,5 (quindi la struttura composta da legname e riempimento è stabile) ma potrebbe anche tendere a non aumentare nel tempo (ad esempio, lo sviluppo della parte epigea crea un momento ribaltante per la palificata dovuto all'aumento del peso e, soprattutto, del braccio cui questo viene applicato, avendo la parte epigea uno sviluppo, in altezza molto maggiore dello sviluppo in profondità dell'apparato radicale).

Si è quindi studiato, anche in questo caso, l'andamento nel tempo del coefficiente di sicurezza al ribaltamento in condizioni diverse di vegetazione per la stessa palificata:

1. senza interventi;
2. con talee ed interventi, effettuati regolarmente, di potatura quasi totale della parte epigea di vegetazione che si sviluppa (*Cs2*);
3. con talee ed interventi di diradamento effettuati regolarmente, cioè si elimina una parte (60%) dell'apparato epigeo della vegetazione (*Cs3*);

L'andamento *Cs2* è evidentemente un caso estremo che, comunque, dimostra come la presenza delle radici riesca realmente ad annullare l'effetto del degradamento della struttura lignea iniziale (solo l'apparato radicale potrebbe sostituirsi alla struttura portante degradata). Osservando le variazioni nel tempo nel caso *Cs3*, si osserva come la manutenzione (diradamenti, potature e recupero delle fallanze), se effettuata regolarmente, mantiene facilmente il coefficiente di sicurezza a ribaltamento sopra il valore consigliabile di 1,5.

Si evidenzia come, senza nessuna manutenzione, il fattore di sicurezza (comunque al di sopra del valore richiesto per le verifiche di stabilità) possa diminuire nel tempo rispetto al valore iniziale di un 10 % e come una potatura parziale possa riequilibrare la situazione, mentre con una potatura totale di riesca addirittura invertire la tendenza fornendo un aumento relativo dello stesso fino a oltre il 16 %.

Ai fini applicativi questo potrebbe essere significativo, in quanto, tuttora, le palificate vive vengono spesso dimensionate o solo con criteri empirici o a gravità nelle condizioni iniziali.

APPENDICE:

In Fig. 9.16 c si riportano i valori del fattore di sicurezza al ribaltamento ed allo slittamento per una palificata viva considerando l'effetto della coesione radicale: si osserva come la riduzione della spinta a tergo dell'opera e la crescita della biomassa epigea comportano un aumento della stabilità allo slittamento (incremento della forza peso verticale), mentre l'aumento dei momenti ribaltanti (incremento sia del peso e sia del braccio della vegetazione) può essere compensato dalla riduzione del momento ribaltante della spinta del terreno, all'aumentare della coesione.

9.4.2 Dimensionamento di una palizzata

Alcune opere I.N. sono realizzate infiggendo nel terreno alcuni pali verticali che sostengono, tramite elementi orizzontali, un terrapieno (es.: palizzata, staccionata, viminata, fascinata) a formare piccoli gradoni o terrazzamenti lungo le curve di livello del pendio (figg. 9.17 e 9.18).

" … Per quanto riguarda le gradonate esistono modelli empirici per il calcolo di stabilità dei versanti" (Florineth, 1994, in Regione Toscana, 2000), ma non è disponibile in letteratura una procedura formalizzata per la valutazione dell'efficacia dell'intervento e sul distanziamento d'ogni singola opera rispetto all'effetto che si vuole ottenere: in genere tali scelte vengono dunque lasciate all'esperienza e alla sensibilità del progettista.

I parametri da analizzare per il dimensionamento riguardano:

a) profondità di infissione e diametro dei pali verticali

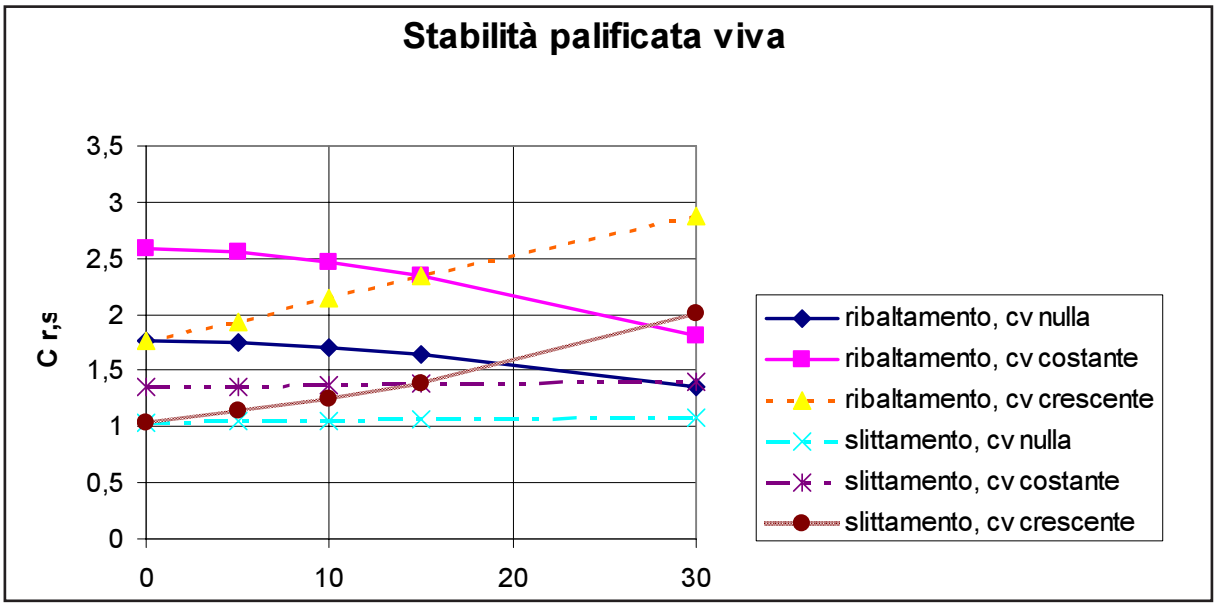


Fig. 9.16 c) - Fattore di sicurezza al ribaltamento (Cr) ed allo slittamento (Cs) per una palificata viva considerando l'effetto della coesione radicale: si considerano valori di coesione, rispettivamente, nulla, costante pari a 300 kg/m2 o crescente linearmente da 0 a 600 kg/m2; altezza dell'opera pari a 2,25 m, terreno saturo, 4 talee/ m2 e volume e sporgenza della biomassa epigea da Fig.9.14 a).

b) inclinazione degli stessi rispetto alla verticale.
c) distanza orizzontale delle singole opere in relazione all'effetto antierosivo cercato

La struttura è soggetta alla spinta attiva esercitata dal terreno sostenuto per la quale tende a ruotare e a comprimere il terreno dal lato opposto dando luogo nella parte al di sopra del centro di rotazione a spinta passiva, mentre al di sotto si ha spinta passiva dal lato del terreno sostenuto e spinta attiva davanti (figg. 9.17 e 9.18).

Il modulo di resistenza richiesto cresce rapidamente con l'altezza di ritenuta e sono possibili flessioni della struttura a profondità variabili.

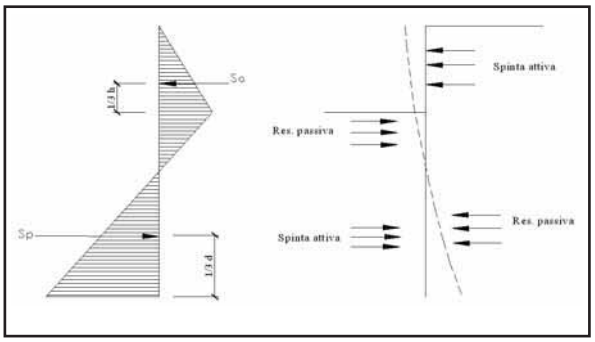


Fig. 9.17: Schema semplificato delle sollecitazioni andamento delle deformazioni nel caso di una palizzata

Una verifica speditiva (schema in Fig. 9.18) può essere condotta considerando l'equilibrio fra i momenti M_p ed M_a rispetto all'estremo inferiore A del palo infisso considerato rigido, che risulta sollecitato da una spinta attiva Sa esercitata dal terrapieno trasmessa dagli elementi orizzontali (di larghezza pari all'interdistanza l, trascurando l'apporto statico laterale) e da una reazione passiva S_p lungo la parte infissa del palo avente larghezza pari a ø.

Si indichino con:

h = altezza dei pali fuori-terra
d = profondità di infissione
l = interdistanza fra i pali verticali
ø = diametro del palo verticale
γ_t = il peso specifico apparente del terreno
φ = angolo d'attrito interno

Considerando S_a e S_p risultanti di distribuzioni triangolari, i bracci da A valgono, rispettivamente, d+1/3h e 1/3d.

Nella tabella seguente si osserva che, in un terreno di caratteristiche normali, pali sporgenti per 0,7 m, infissi per 2/3 della loro lunghezza totale (come di norma, vale a dire d = 2h) e interdistanti fra loro per 1 m, sono verificati per diametri di 15 cm.

Nel caso di sporgenze fuori terra maggiori o diametri inferiori (oppure terreni peggiori), si dovranno avere profondità di infissione maggiori e/o interdistanze inferiori.

La profondità di infissione calcolata viene solitamente incrementata di circa il 20÷40%, il che corrisponde ad un aumento del coefficiente di sicurezza di 1,5÷2 come verificato anche nello schema qui adottato.

L'apporto statico laterale, l'attrito tra palo e terreno, la flessione del palo alterano comunque la distribuzione delle pressioni, di solito in senso favorevole, dando luogo ad un margine di sicurezza extra.

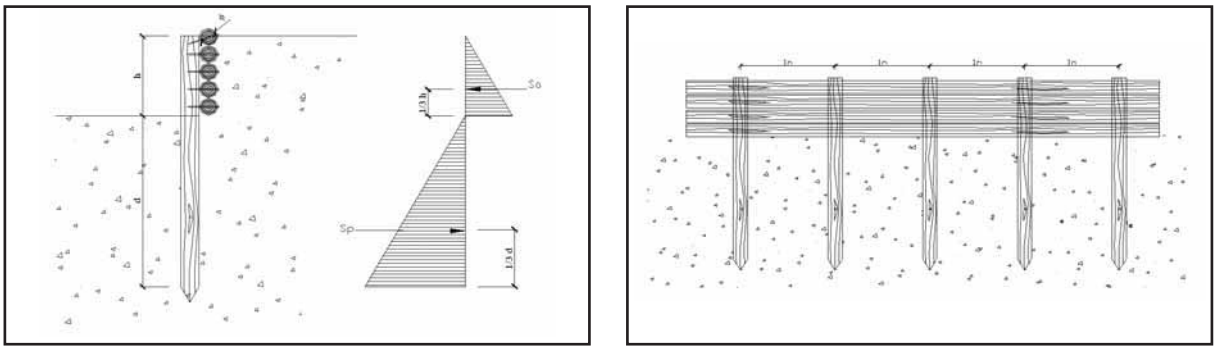


Fig. 9.18: Sezione e prospetto di una palizzata con schema ulteriormente semplificato delle sollecitazioni

In realtà si potrebbero considerare schemi analoghi a quelli delle paratie: a sbalzo (comportamento a mensola) o ancorati (tramite tiranti da verificare a trazione e/o sfilamento), con estremo libero o incastrato e metodi basati sull'analisi in condizioni di equilibrio limite od empirici.

Come risulta dai dimensionamenti con metodi più o meno semplificati (cfr. tabella), le palizzate non possono avere sporgenze fuori terra eccessive, perché queste dovrebbero comportare profondità d'infissione e diametri eccessivi.

Per completare il dimensionamento di cui al punto a) si deve far ricorso ai criteri delle scienze della costruzioni e della tecnologia del legno applicata al dimensionamento di elementi lignei per le costruzioni (Giordano, 1993). In particolare, il modulo di resistenza del palo infisso deve essere stabilito nella sezione dove si verifica il massimo momento flettente ed il taglio si annulla, tenendo conto anche della durabilità del legno in esame.

Per la palizzata può essere adottato lo schema relativo a quello per la palificata ad una parete, che considera ciascun palo verticale sottoposto all'azione della spinta attiva del terreno (o dell'acqua, prudenzialmente) e incastrato nel terreno, per la verifica dell'interasse massimo con la seguente formula.

$$l_p = 0.588 \bullet \left(\frac{\sigma_{amm}}{K_a \gamma_t}\right) \bullet \left(\frac{\phi}{h}\right)^3$$

dove:

l_p : interasse massimo fra i pali verticali

σ_{amm} : tensione ammissibile per il legname messo in opera

Se si effettua il calcolo con σ_{amm}=6.106N/m^2 (Giordano, 1993, considerando anche che i pali sono infissi in terra) si verifica, con i dati del secondo esempio di dimensionamento della tabella precedente, che l'interasse massimo deve essere proprio di circa 2 m (o circa 1 m considerando prudenzialmente la spinta idrostatica).

Con valori maggiori di σ_{amm} e di ø, esso può, naturalmente, aumentare.

La verifica delle congiunzioni con chiodi, graffe, tondini d'acciaio ad aderenza migliorata, bulloni da legno può riguardare congiunzioni fra elementi verticali ed orizzontali, o fra elementi paralleli.

Tra il gambo di una chiodatura ed il legno circostante si sviluppa la cosiddetta resistenza della chiodatura: resistenza all'estrazione se la sollecitazione tende a sfilarla dalla sua sede oppure resistenza del giunto chiodato se essa agisce modificando la posizione relativa dei vari elementi collegati (Giordano, 1993), che dipende da vari fattori (caratteristiche dei chiodi, caratteristiche e stato di umidità del legno, configurazione dei giunti, entità e tipo di carico).

Per altri approfondimenti ed esempi di calcolo: D'Agostino in ARPAV, 2000.

Il punto b) può essere analizzato modificando gli schemi sopra menzionati, per cui il palo verticale potrebbe risultare più inclinato verso valle fino a divenire perpendicolare al piano di campagna.

In tal modo si potrebbe ridurre il rischio di scalzamento per erosione o scavo a valle, ma aggravando la sollecitazione sulla sezione traversale del palo con una componente verticale del peso del prisma di terreno sovrastante la parte fuori-terra del palo stesso.

Un compromesso fra tali due esigenze può giustificare la pratica progettuale di infissione dei pali in posizione intermedia fra la verticale e la perpendicolare al piano inclinato del pendio (in Benini, 1990).

Tali opere lineari vengono realizzate praticamente lungo le curve di livello del pendio e prevedono anche un dimensionamento della distanza orizzontale come proiezione lungo la linea di massima pendenza del pendio (punto c), che si potrebbe basare sull'effetto anti-erosivo che si intende ottenere.

Per una stima almeno "relativa" di tale effetto antierosivo, l'attenzione può essere posta ai parametri L ed S, rispettivamente fattori di lunghezza libera e pendenza del versante, che compaiono nelle equazioni più classiche per la stima della perdita di suolo potenziale.

In questo modo, mantenendo costanti gli altri parametri della formula e ipotizzando modalità di interrimento a monte delle opere, è possibile condurre alcu-

Palizzata: primo esempio di dimensionamento				
γt	1600		tan(45-φ2)	tan(45+φ2)
φ	30		0,58	1,73
h	0,7		K_A	K_P
l	1		0,33	3,00
d	1,5			
ø	0,15			
			S_a	130,67
			S_p	810,00
			M_a	226,49
			M_p	405,00
			M_p/M_a	**1,79**

Palizzata: secondo esempio di dimensionamento				
γt	1600		tan(45-φ2)	tan(45+φ2)
φ	30		0,58	1,73
h	0,7		K_A	K_P
l	1		0,33	3,00
d	1,4			
ø	0,1			
			S_a	130,67
			S_p	470,40
			M_a	213,42
			M_p	219,52
			M_p/M_a	**1,03**

ne considerazioni concernenti la diminuzione dell' erosione e quindi quantificare la distanza delle opere fissando preventivamente l'entità voluta della riduzione di erosione.

Naturalmente, lo scopo delle opere menzionate è quello di limitare l'erosione superficiale del suolo favorendo anche l'ingresso della vegetazione spontanea o l'attecchimento di quella impiantata.

L'effetto della presenza di vegetazione sulla stabilità del pendio viene valutato mediante il metodo del pendio indefinito con le condizioni di equilibrio limite alla traslazione di un prisma di terreno considerato omogeneo e isotropo.

Tale semplice metodo, ampiamente usato in geotecnica, viene utilizzato in una forma che prevede, come parametri significativi della presenza della vegetazione, il peso della stessa e la coesione aggiuntiva stimata offerta dall'apparato radicale (per approfondimenti, Preti e Barneschi, 2002).

9.4.3 Elementi per la progettazione delle terre rinforzate

Per le terre rinforzate rinverdite, vanno effettuate anche le verifiche di stabilità globale del pendio (metodi di Fellenius, Bishop, Jambu, etc.) e quelle interne che consentono di stabilire la lunghezza e l'interasse degli elementi di rinforzo.

Il rinforzo delle terre consiste nella possibilità di migliorare la stabilità dei terreni con strutture di rinforzo (geosintetici, reti metalliche, barre metalliche, etc) che aumentano la resistenza al taglio del terreno (Fig. 9.19), consentendo l'equilibrio di ammassi di terra con fronti fino a circa 70° di inclinazione.

Una applicazione della teoria delle terre rinforzate (corredata da dati sperimentali di sviluppo e resistenza radicali) specificatamente studiata per l'uso di talee è proposta da Schuppener e permette di calcolare il numero delle talee per metro lineare di sistemazione, la profondità di infissione delle stesse, la stabilità globale del pendio.

Vengono illustrate le caratteristiche fondamentali dei metodi di Jewell e di Leschinsky In Regione Toscana, 2000.

I calcoli possono essere semplificati con software presenti in commercio, alcuni dei quali sono riportati in bibliografia.

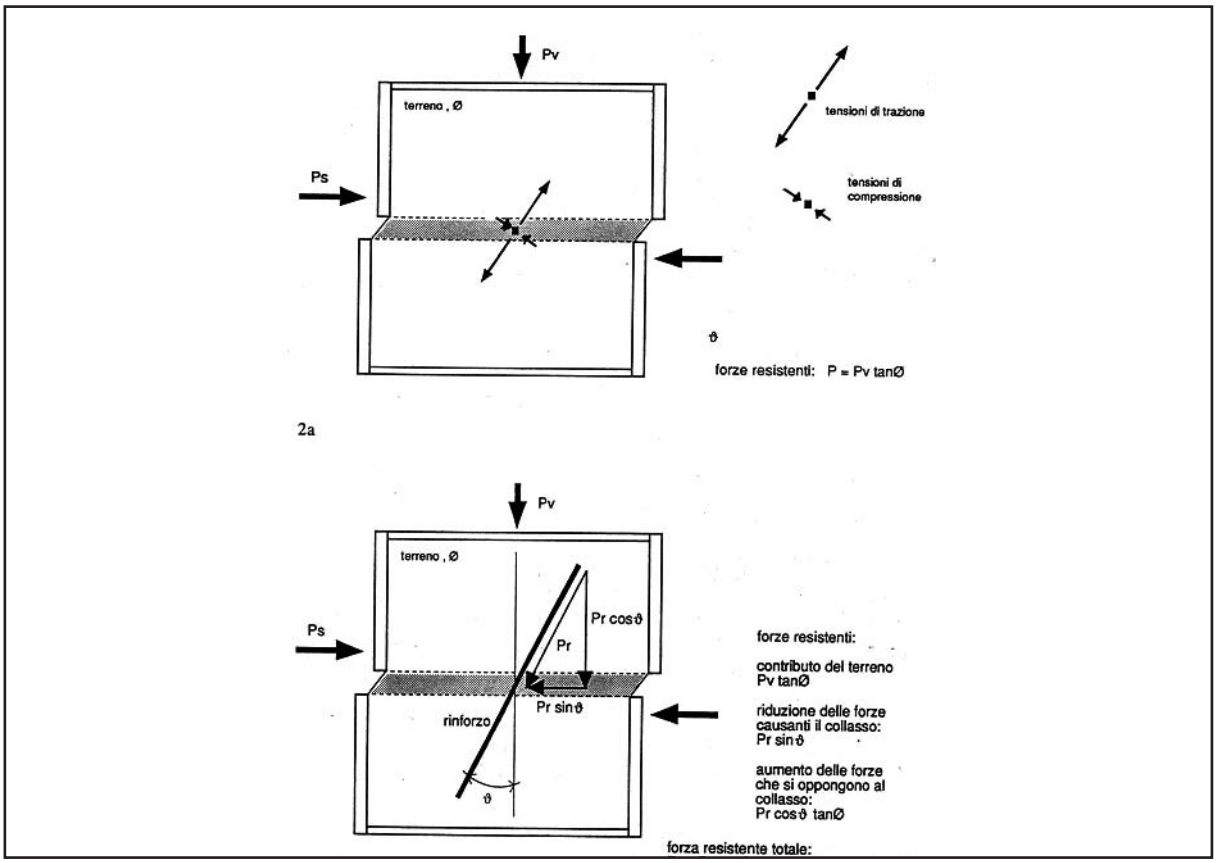


Fig. 9.19: Meccanismo di rinforzo del terreno (da Scotto, 1995 in Comedini, 2000)

CAPITOLO 10

Stabilità dei versanti vegetati

*Federico Preti**

10.1 Instabilità superficiali dei versanti

10.1.1 Produzione di sedimenti

Nel presente ambito, con il termine "instabilità" di versante ci si riferisce sia a processi di erosione che di frana (Regione Piemonte, 2003), in particolare di tipo "superficiale", i quali sono all'origine della produzione naturale di sedimenti e, in certi casi, di dissesti e danni infrastrutturali che possono essere evitati con interventi di Ingegneria Naturalistica (Regione Toscana, 2000).

La produzione di sedimenti a scala di bacino idrografico è definita come la quantità di materiale solido che viene trasferita, in un assegnato intervallo temporale, dalle zone di erosione o frane ("sorgenti" di sedimenti) presenti nel bacino fino alla sua sezione di chiusura (prevedendo eventuali "rideposizioni" al suo interno).

I processi erosivi, nell'accezione più ampia, sono un insieme di processi di distacco e trasporto (disgregazione, mobilitazione e asporto) di sedimenti con conseguente alterazione della superficie terrestre che ha come agente principale (alle nostre latitudini) l'acqua (erosione "idrica"), ma anche il vento (eolica o deflazione) o i ghiacciai (esarazione). All'erosione idrica del suolo (superficiale-laminare, interill-rill, gully) si sommano l'erosione "in alveo" traversale (verticale e laterale) e i dissesti gravitativi sui versanti (frane superficiali e profonde).

Fra i principali fattori che determinano la produzione di sedimenti, si possono citare i seguenti:

- erosività delle precipitazioni e processi idrologico-idraulici (infiltrazione/saturazione);
- erodibilità del suolo e caratteristiche geotecniche dei terreni (coesione e attrito interno);
- pendenza del versante;
- alternanza/giacitura degli strati;
- lunghezza libera del versante;
- uso del suolo (copertura vegetale e lavorazioni dei terreni);
- sistemazioni e pratiche conservative (o meno);
- scavi al piede di pendii e sponde, sovraccarichi, etc.;
- altre cause specifiche per le frane (quali alterazioni del peso specifico, della coesione, dell'attrito interno, come illustrato nel seguito).

I processi di produzione di sedimenti, ad esempio in Italia, corrispondono ad una perdita di spessore di suolo all'anno in genere inferiore a 1 mm in un intervallo fra meno di 0.1 fino a 10 mm (considerando stime da misure di trasporto solido o da interrimento di invasi in vari bacini italiani; Van Rompaey et al., 2005).

La variabilità spazio-temporale può risultare notevole: si hanno casi, ad es., in cui il 90% de materiale trasportato può provenire da superfici pari al 10% del bacino se nettamente più erodibili oppure possono essere principalmente le frane a fornire l'apporto solido. Per quanto riguarda l'evoluzione temporale, si hanno casi in cui la produzione di sedimenti è in pratica raddoppiata passando da una copertura prevalentemente forestale del bacino ad un uso del suolo agricolo, per poi subire una diminuzione passando a pascolo e rimboschimenti e, quindi, giungere alla fase attuale di urbanizzazione tornando fino ai valori di inizio 1800 (conseguentemente il letto del corso d'acqua principale del bacino ha subito prima un innalzamento seguito da una fase di scavo; Bache e Mac Askill, 1984; Richards, 1982, in Paris e Preti, 1992).

La produzione di sedimenti può essere:

- naturale" o "geologica", se fa parte o è causa dei naturali processi di evoluzione della superficie terrestre e quindi non può e non deve essere contrastata (ad es. per consentire il ripascimento di alvei in fase di scavo o spiagge costiere);
- "normale" o "sostenibile", se dipende anche dalle azioni antropiche senza però che siano alterati gli equilibri dinamici di trasporto-sedimentazione almeno a scala di bacino idrografico;
- "accelerata" o "irreversibile", se conseguente ad un'utilizzazione irrazionale del suolo che può condurre ad una progressiva, e talvolta irreversibile, degradazione delle risorse ambientali non rinnovabili di un territorio (anche l'abbandono delle pratiche non conservative non consente sempre una "rinaturalizzazione" o, per lo meno, un ritorno alle condizioni originarie).

* con ringraziamenti a Maurizio Barneschi

10.1.2 Frane

10.1.2.1 Classificazioni e cinematica dei fenomeni franosi

Con il termine *frana* si intende un movimento di una massa di roccia o di terreno che avviene per gravità verso il basso e talvolta verso l'esterno.

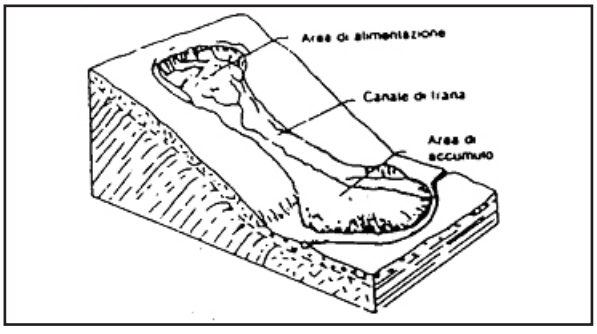
Sulla base di un esame globale della cinematica dell'intero corpo di frana, si può procedere alla classificazione del movimento franoso. A tale riguardo, proprio per l'intrinseca varietà fenomenologica dei movimenti franosi, ogni possibile tentativo di classificazione si presta a critiche di varia natura. D'altra parte risulta assai importante poter fare riferimento ad una classificazione dei tipi di movimenti franosi in grado di aiutare il progettista nel distinguere e riconoscere in modo speditivo i diversi fenomeni, ma anche per scegliere e progettare gli interventi più appropriati per la stabilizzazione degli stessi. Una sintetica distinzione fra frane "superficiali, "profonde" o per "erosione al piede" è, infatti, comunemente adottata nel campo delle Sistemazioni Idraulico-Forestali ed utile per valutare la possibilità dell'utilizzo dell'Ingegneria Naturalistica (in genere applicabile solo a quelle "superficiali" e, a volte, a quelle "per erosione al piede" nei casi in cui si sia possibile il sostegno alla base del pendio o la riduzione dello scavo in alveo).

Di seguito vengono esposti i principali caratteri dei tipi di frana secondo Varnes (Regione Toscana, 2000 da cui le figure modificate e Regione Piemonte, 2003), rimandando ad altri testi per altre classificazioni, ricordando che una delle prime organiche risale al 1910 e si deve al geografo Almagià (Puglisi, 2003).

Colate

Si verificano nelle rocce sciolte e sono movimenti viscosi di volumi di terreno che hanno subito sostanziali modifiche delle caratteristiche fisico-meccaniche, con notevole aumento del contenuto d'acqua e diminuzione della consistenza. Il corpo di frana subisce modifiche di forma e si incanala sui preesistenti impluvi. Spesso ha forma caratteristica in pianta, assimilabile ad una clessidra con le parti estreme più larghe (alimentazione ed accumulo) e la parte centrale più ristretta (canale) (Figura 10.1).

Fig. 10.1: Colata



La velocità può essere anche molto elevata, ma nel corso dell'evento variare notevolmente: in determinati periodi essa arriva a ridursi fin quasi ad annullarsi, con i caratteri di uno scorrimento, poi si può avere una riattivazione con valori elevati. La durata del fenomeno può quindi essere prolungata.

Le *frane con movimento prevalente per colata* sono fenomeni caratterizzati da ridotta velocità di movimento, che interessano formazioni di natura argilloso-marnosa (con minerali ad elevata capacità di rigonfiamento) o corpi rocciosi molto fratturati e pieghettati.

I movimenti non avvengono lungo superfici ben definite e continue, ma attraverso processi concatenati e progressivi di deformazione e rottura di diverse profondità. La velocità di spostamento è variabile nello spazio, risultando maggiore nella zona centrale e superficiale, da cui la caratteristica forma lobata dell'accumulo.

Nelle colate rientrano i distacchi delle coltri di copertura dal substrato lapideo, fenomeni molto diffusi in alcune aree d'Italia (in terreni in genere a grana prevalentemente limo-sabbiosa), che interessano superfici di estensione variabile (relativamente contenuta) per spessori molto modesti, di norma dell'ordine di qualche metro o anche inferiori.

Le *frane da fluidificazione dei terreni della copertura superficiale (soil slip)* si sviluppano in stretta concomitanza con gli eventi piovosi di forte intensità ed avvengono per saturazione ed eccessiva fluidificazione dei terreni incoerenti di superficie che perdono rapidamente la loro consistenza, spesso a valle di zone meno acclivi (terrazzi, pianori, ma anche strade, campi, piazzali, etc.) che hanno favorito la concentrazione e la penetrazione nel terreno di elevate quantità d'acqua. I fenomeni si manifestano con uno scivolamento ed evolvono rapidamente in colate, spesso incanalate in linee di drenaggio o incisioni, che si muovono velocemente e percorrono distanze notevoli, spesso fino al reticolo idrografico con alimentazione del trasporto solido. I fenomeni, innescandosi ed esaurendosi quasi sempre in pochi minuti, hanno un'elevata pericolosità. La nicchia di distacco si forma su versanti con inclinazioni nell'intervallo 16°÷45° (sovente 25°÷35°).

Le *frane da scivolamento rotazionale (passanti a colata)* interessano solitamente formazioni a prevalente componente coesiva (da limosa ad argillosa) ed evidenziano un rapporto di causa ed effetto rispetto ad eventi di pioggia prolungati. Frane di questo tipo, con meccanismi combinati di tipo rotazionale evolventi verso valle in forma di colata più o meno viscosa, interessano sovente pendii di notevole lunghezza e con pendenze uniformi. L'evoluzione di queste instabilità, di solito preceduta da evidenti fenomeni di fessurazione ed abbassamento della zona sommitale, è usualmente rapida nella fase di collasso.

Frane per scorrimento traslativo e rotazionale

Le frane per scorrimento traslativo o rotazionale sono frequenti nelle rocce sciolte sia a grana fina sia a grana grossa e meno frequenti nelle rocce lapidee.

Nel caso di scorrimenti traslativi (Figura 10.2a) il corpo di frana subisce movimenti prevalentemente rigidi su una superficie piana più o meno ondulata, spesso di minore resistenza, corrispondente a discontinuità strutturali quali faglie, giunti di fessurazione o stratificazione, passaggi tra strati di differente composizione litologica, etc. Invece nel caso di scorrimenti rotazionali (Figura 10.2b) la superficie si presenta circolare o composita (scorrimento roto-traslazionale).

Fig. 10.2a Frana per scorrimento traslativo

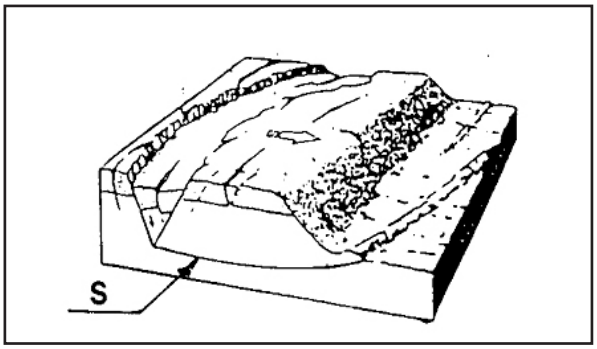
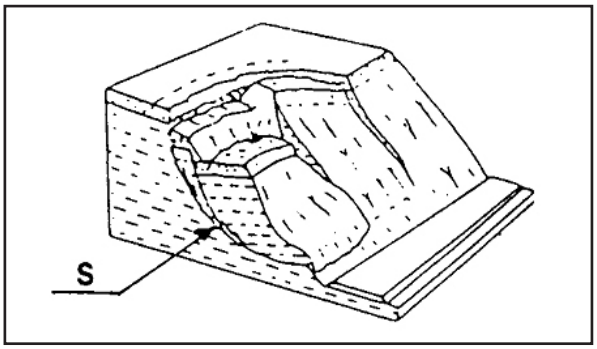


Fig. 10.2b Frana per scorrimento rotazionale



Le *frane da scivolamento planare* avvengono lungo superfici anche poco inclinate, ma ben definite. Gli spostamenti possono verificarsi in tempi variabili in genere fra la decina di minuti e qualche ora e solitamente sono preceduti da modesti ma diffusi fenomeni di instabilità, consistenti in apertura di fessurazioni, rigonfiamenti del terreno, emergenze idriche, inclinazione degli alberi. Possono essere caratterizzati da lunghi periodi di preparazione seguiti da una fase parossistica. Gli scivolamenti possono dunque essere classificati come movimenti gravitativi che si determinano per traslazione di rocce e terreni lungo superfici piane e che coinvolgono prevalentemente versanti di media e modesta inclinazione.

Crolli e ribaltamenti

Interessano le rocce lapidee strutturate e le rocce sciolte con elevata coesione; comportando l'espulsione di blocchi di forma e dimensioni varie, ma generalmente rilevanti.

Nella *frane per crollo* (Figura 10.3a) la massa si muove prevalentemente nell'aria. Il fenomeno è estremamente rapido e comprende la caduta libera, il movimento a salti e rimbalzi, ed il rotolamento di blocchi e frammenti di roccia o di terreno. Nelle *frane per ribaltamento* (*Figura 10.3b*) il movimento è dovuto a forze che causano un momento ribaltante attorno ad un punto di rotazione situato al disotto del baricentro della massa interessata.

Fig. 10.3a Frana per crollo

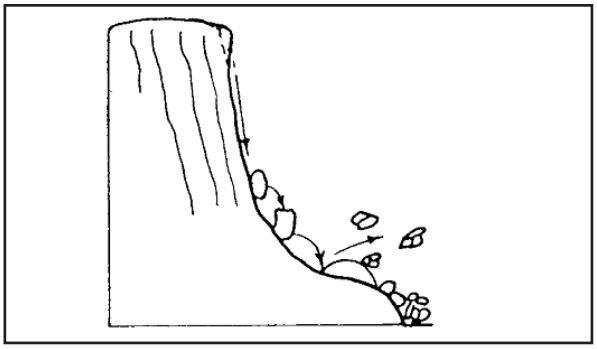
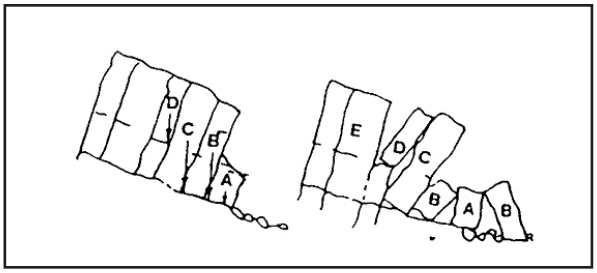


Fig. 10.3b Frana per ribaltamento



Le *frane di crollo* si generano, talora senza indizi premonitori, per distacchi da pareti rocciose o da pendii a elevata inclinazione. Le condizioni di formazione di questi fenomeni di instabilità sono date dallo stato di fratturazione della roccia, dalla disposizione e dai rapporti di intersezione fra fratture che può dar luogo a volumi (cunei, prismi o lastre) potenzialmente instabili. I cinematismi che si innescano possono essere lo scivolamento o il ribaltamento di masse rocciose. Quando i volumi coinvolti sono ingenti si generano "valanghe di roccia" caratterizzate da elevatissima mobilità.

I tempi di sviluppo del fenomeno possono variare da pochi secondi a qualche decina di secondi.

Instabilità plano-altimetrica d'alveo e trasporto di massa

Gli alvei di un corso d'acqua possono subire progressive erosioni verticali (scavo del letto con eventuale instabilizzazione delle sponde) e/o erosioni laterali (sulle superfici spondali), in condizioni di capacità di trasporto superiore all'apporto solido da monte.

Nelle incisioni torrentizie costituenti il reticolo idrografico minore, caratterizzate da elevata pendenza, possono generarsi improvvise e violente pulsazioni di piena con trasporto di massa, in grado di provocare radicali trasformazioni negli alvei ed effetti rilevantissimi sui conoidi allo sbocco delle vallate principali (*debris-flow, mud-flow*).

10.1.2.2 Cause dei movimenti franosi

Le cause che generano una frana sono molteplici e dipendono sia da fattori interni al corpo di frana sia da fattori esterni, dalla combinazione dei quali si determinano le differenti tipologie di frane.

Si possono indicare le seguenti:

- aumento delle tensioni tangenziali;
- modifica della geometria del pendio (erosione al piede, scavi, costruzioni di manufatti, etc.);
- incremento delle pressioni neutre (eventi meteorici con innalzamento della falda, variazioni delle condizioni idrauliche al contorno, azioni sismiche, etc.);
- diminuzione della resistenza al taglio;
- modifica dei parametri di resistenza dei terreni (alterazione, rammollimento, rottura progressiva, etc.).

Le variazioni dello stato sollecitazionale all'interno di un pendio possono essere provocate da:

1. erosione al piede: si tratta in generale di un fenomeno che evolve lentamente nel tempo e provoca un progressivo peggioramento delle condizioni di stabilità del pendio; in questo caso possono verificarsi movimenti franosi in prossimità del piede anche rilevanti e movimenti lenti (creep) nella parte superiore;
2. esecuzione di scavi: vale quanto detto per l'erosione al piede salvo che la causa si sviluppa in un tempo più breve. L'apertura dello scavo può rendere possibili movimenti lungo preesistenti discontinuità;
3. applicazione di carichi sul pendio (ad es. dovuti alla realizzazione di manufatti: il caso più frequente è la costruzione di rilevati stradali);
4. sisma, con l'insorgere di forze di massa in direzione non verticale, con aumento in genere delle pressioni neutre.

La diminuzione della resistenza al taglio può essere provocata da:

- incremento delle pressioni neutre per eventi meteorici o per variazione delle condizioni idrauliche al contorno, con conseguente diminuzione delle pressioni effettive e quindi della resistenza al taglio;
- variazione nel tempo dei parametri della resistenza che può verificarsi sia nei terreni argillosi sia nelle rocce; al riguardo, è da ricordare innanzi tutto l'alterazione chimica che, se pure si sviluppa lentamente, può produrre effetti rilevanti.

In riferimento all'età dei fenomeni ed al ruolo della vegetazione (oggetto del presente capitolo e affrontato nel paragrafo seguente), secondo Puglisi (2003), *"... della vasta e articolata categoria di dissesti (con esclusione delle frane in roccia) vanno tenute presenti due circostanze. La prima è che si tratta quasi sempre di riattivazione di movimenti precedenti. Alla rimobilitazione delle frane quiescenti ci pensano le piogge eccessive e i terremoti. Entrambi, infatti, fanno innalzare i valori delle pressioni interstiziali e diminuire la resistenza al taglio dei terreni interessati. La seconda è che il corpo di frana in movimento, nel caso di scorrimenti planari o rotazionali evolventi a colata, finisce con l'esaurire la propria energia e spesso si autodrena e si ricopre di vegetazione. Allorché la frana "boscata" si rimette in moto, chi non è pratico o è in malafede grida "Abbasso il bosco. È colpa del bosco""*.

10.2 Vegetazione e stabilità

10.2.1 Effetti della vegetazione

Come ampiamente accertato, qualsiasi formazione vegetale rappresenta un efficace mezzo di difesa nei confronti dell'erosione superficiale. Il ruolo di protezione del suolo è ben noto: la vegetazione svolge una benefica azione poiché limita (con l'intercettazione da parte degli organi epigei e con il deposito in superficie di necromassa) l'azione battente dell'acqua piovana e l'erosione superficiale, favorisce infiltrazione, accumulo e deflusso ipodermico in un suolo poroso (oltre che radicato), regima e rallenta i deflussi superficiali, etc.

La vegetazione, eventualmente combinata con elementi strutturali, contribuisce naturalmente al controllo dei processi di instabilità, soprattutto superficiali, dei pendii naturali e delle scarpate artificiali, anche se le azioni svolte dalla stessa nei confronti dei dissesti gravitativi di versante non sempre sono riconosciute (secondo opinioni diffuse anche fra addetti ai lavori), come riportato in Tabella 10.1. Il problema può essere affrontato secondo due direzioni: una mirante a calcolare l'effetto stabilizzante della vegetazione quando è usata nel campo delle sistemazioni idraulico-forestali, l'altra tendente ad analizzare le correlazioni tra manifestazioni di dissesto e tipi d'interventi selvicolturali (tema meno affrontato in letteratura).

I processi con i quali la vegetazione, sia erbacea sia arbustiva ed arborea, influenza la stabilità dei terreni in pendio sono di natura meccanica ed idrologica (Tabella 10.1). I primi sono, principalmente relativi alle possibili interazioni delle radici delle piante con il terreno

(Regione Toscana, 2000; Gray e Barker, 2004). I processi idrologici riguardano gli effetti della vegetazione sul ciclo idrogeologico dell'acqua e consistono nei ben noti processi di intercettazione, infiltrazione ed evapo-traspirazione. Riguardo alle azioni della vegetazione citate in precedenza, Ziemer sosteneva, già negli anni '80, che gli effetti positivi dei punti a) e b) (rinforzo radicale e sottrazione d'acqua) sono molto importanti (basti pensare che può essere sufficiente un incremento di coesione di 3÷6 kPa dovuto alla vegetazione per ottenere la sicurezza di versanti altrimenti instabili, in Preti, 2005 e Florineth, 2005). Rispetto al sovraccarico (punto c), esso può essere stabilizzante, destabilizzante, ininfluente; mentre i punti d), e), f) e g) (permeabilità, vento, scardinamento, concentrazione) possono essere destabilizzanti in misura variabile. Il suolo è generalmente resistente a compressione, ma non a trazione, e viceversa per quanto riguarda le radici fibrose di piante erbacee, arbustive ed arboree. I terreni radicati sono materiali compositi con una resistenza assai maggiore rispetto a quella degli stessi terreni privi di piante, che vari autori hanno quantificato sia in campo sia in laboratorio con prove di taglio o per via indiretta (in Simon e Collison, 2002 o in Gray e Barker, 2004). L'incremento di resistenza al taglio è dovuto a (Florineth e Molon, 2005):

- stabilizzazione meccanica del terreno da parte

Tabella 10.1: Ruolo della vegetazione nel controllo dei dissesti gravitativi superficiali (da Greenwood, 2004; Pollen et al., 2004; Preti, 2005; Scrinzi et al., 2005; Simon e Collison, 2002; Rinaldi, 2003)

	Effetti della vegetazione sulla stabilità dei versanti		
	Stabilizzanti	***Positivi/Negativi***	***Destabilizzanti***
Meccanici	a) Rinforzo radicale: - incremento di coesione offerto dall'apparato radicale; - aumento della resistenza al taglio degli strati di suolo per effetto della presenza dei tessuti radicali - ancoraggio del suolo a substrati sottostanti più stabili o alla roccia (attraverso fessure); - ingabbiamento di orizzonti profondi e a scarsa coesione da parte dello strato superficiale permeato dalle radici; - continuità tra chiodatura (radici fittonanti) e strati superiori (radici laterali) o inferiori; - sostegno del terreno a monte delle cappaie per scarico delle tensioni secondo archi appoggiati su punti saldi.	c) Sovraccarico determinato dal peso della biomassa (in particolare le piante nei popolamenti forestali), con aumento delle forze normali (effetto positivo) e parallele(effetto negativo) al pendio.	e) Vento: trasmissione della chioma dei momenti fledttenti tramite il fusto e le radici al terreno (piante isolate, rigide e di alto fusto). f) Scardinamento dell'apparato radicale che s'incunea nelle fratture ove, accrescendosi, determina grandi pressioni: - fratturazione e perdit di coesione e substrati competenti attraversati dalle radici; - crolli o schianti (fenomeni localizzati o effetto domino).
Idrologici	b) - Intercettazione ed evapotraspirazione (ovviamente con piante in attività vegetativa), che riduce gli afflussi al suolo ed abbassa l'eventuale falda sotterranea; - incremento della coesione del suolo per emungimento radicale di acqua dal suolo ed abbassamento del potenziale idrico.	d) - Incremento della permeabilità edafica che può essere negativo se favorisse una falda sotterranea; - aumento dell'infiltrazione nei substrati interessati dall'azione disgregatrice delle radici; - modificazione della deposizione e della durata della copertura nevosa e delle relative acque di fusione; - aumento della capacità di invaso superficiale da parte della lettiera.	g) Concentrazione di deflusso, ristagni, percorsi preferenziali di infiltrazione (viabilità forestale o ordinaria, cappaie sradicate, etc.) oppure riduzione della velocità di scorrimento delle acque di rscellamento (ostacoli e maggiore scabrezza), positiva per ridurre processi erosivi, ma favorevole a duna maggiore infiltrazione.

delle radici;
- aumento della coesione capillare tramite l'evapotraspirazione dell'acqua;
- creazione di aggregati a causa delle "secrezioni" delle radici e dell'attività dei microrganismi (Boll e Graf, 2001).

Nel paragrafo successivo relativo al rinforzo radicale si tratterà tale tema anche da un punto di vista modellistico (l'effetto di cui al punto a) è tra quelli più importanti e studiati).

L'effetto complessivo è dovuto alla forma e alla densità o massa dell'apparato ipogeo, allo spessore dell'eventuale trapianto, alla resistenza all'estirpamento e al taglio, all'attività della flora e della fauna dell'ambiente, etc. Rimandando a studi specialistici sull'architettura e la natura degli apparati radicali (es. Chiatante, 2005; Stokes, 2002; Kutchera e Lichtenegger, 1960 in Florineth e Molon, 2005 e in Sauli et al., Manuali di Ingegneria Naturalistica della Regione Lazio, 2002 e 2003), ci si limita a ricordare l'importanza delle condizioni limitanti sotterranee e la necessità di una corretta schematizzazione dei problemi di instabilità dei versanti vegetati (in Foto 10.1, la particolarità di taluni situazioni, a titolo puramente esemplificativo).

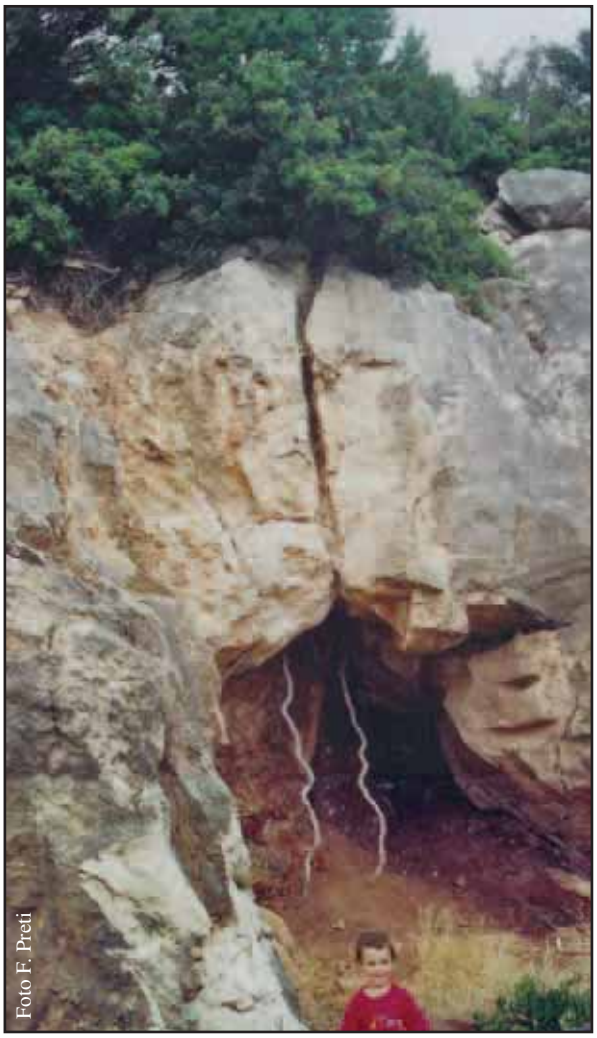


Foto 10.1: Radici: la metà nascosta e talvolta insolita della vegetazione, (Sardegna, costa di Orosei).

Riguardo al punto b), è spesso trascurato rispetto al precedente, anche se è ben documentata la diminuzione del contenuto di acqua in prossimità delle piante. Alcuni autori (Greenwood et al., 2004) riportano che la variazione stagionale del contenuto di umidità su stazioni vegetate e non vegetate è simile, affermando che il contenuto di umidità influenza il valore della coesione in situazioni non drenate (parametro cu, di cui nel seguito) mentre nell'analisi di stabilità si adoperano più spesso le condizioni drenate i cui parametri non sono influenzati dall'umidità del suolo (se questa è inferiore alla saturazione le pressioni neutre sono infatti nulle e inoltre la coesione c' è l'angolo di riposo ?'effettivi non variano con l'umidità, come trattato nei successivi paragrafi). In realtà, altri (Simon e Collison, 2002 e Pollen et al., 2004) sostengono che il "rinforzo idrologico" dovuto all'evapo-traspirazione può essere effettivamente importante, ed è dato dall'intercettazione (epigea) e dalla rimozione di umidità ipogea tramite l'evapo-traspirazione, entrambi a favore della riduzione della pressione interstiziale e dello sviluppo di potenziale matriciale. Anche in Florineth e Molon (2005), si riporta che la resistenza al taglio dipende fortemente dal contenuto d'acqua e che la sottrazione d'acqua in seguito ad evaporazione e traspirazione può aumentare la resistenza al taglio più del rinforzo radicale.

Il potenziale matriciale (tensione negativa) nelle zone insature ha l'effetto di aumentare la coesione apparente del terreno e quindi la resistenza del terreno (la coesione apparente tiene conto sia dei legami elettrochimici nella matrice di terreno sia la coesione dovuta alla tensione superficiale all'interfaccia acqua-aria nei suoli insaturi). Secondo Pollen et al. (2004) giovani alberi possono rimuovere abbastanza acqua dal primo metro di suolo da ridurre significativamente le pressioni "*pore-water*" (interstiziali), fornendo al terreno un incremento di coesione radicale fra 1 e 3 kPa, che durante i periodi piovosi può essere sufficiente a rendere stabile la pendice e l'effetto non può che aumentare con la crescita delle piante.

Riguardo all'effetto dell'intercettazione e dell'evapotraspirazione, si può evidenziare che esse non hanno il maggior effetto nei periodi di riposo vegetativo e piovosi prolungati e più critici per i dissesti gravitativi.

In sostanza, l'effetto della vegetazione di riduzione dell'acqua nel suolo, pur trascurato può essere significativo (Simon e Collison, 2002), e l'utilità della stessa sarebbe quella di ridurre la finestra temporale di rischio per il quale il suolo si può trovare in condizioni di saturazione a seguito di singoli eventi notevoli o periodi di intense precipitazioni (Greenwood et al., 2004).

Con riferimento ai punti d) e g) (infiltrazione e

accumulo d'acqua), risultano effetti che, da positivi, possono passare a negativi per la stabilità dei versanti.

L'intercettazione e lo stemflow tendono a concentrare l'afflusso meteorico attorno al fusto, creando un aumento delle pressioni interstiziali, mentre lo sviluppo delle radici e le connesse attività biologiche creano macropori che aumentano la capacità di infiltrazione. Tali effetti sono più pronunciati durante e immediatamente a seguito di quegli eventi meteorici già critici per l'instabilità dei versanti.

Allo stato attuale della ricerca non sembra in letteratura che gli effetti del punto g), relativi all'infiltrazione d'acqua, siano stati studiati approfonditamente, ma sicuramente potrebbero rivestire un ruolo importante nella dinamica dei dissesti di versante. A tale proposito appare molto più importante la morfologia e la posizione del versante, che è responsabile del percorso dell'acqua superficiale e quindi di anomali accumuli della stessa in aree depresse con formazioni di pressioni neutre, e livelli idrici anche superiori al piano campagna (sommersione) come accennato in Bischetti et al. (2004). Riguardo a questa azione della vegetazione, Greenwood et al. (2004) accennano anche al ruolo della stessa nel facilitare la formazione di grandi crepe nei suoli argillosi nei periodi aridi, le quali facilitano l'infiltrazione dell'acqua e la formazione di un falda (lo stesso fenomeno può provocare i distacchi delle coltri di copertura dal substrato lapideo già descritti) In terreni forestali la concentrazione di deflusso può essere determinata dalla presenza di strade forestali (Borga et al., 2004).

Riguardo al sovraccarico (punto c), alcuni autori (ad es. Bishop and Stevens, 1964 citati già da Ziemer nei suoi lavori degli anni '80) sostengono che l'aumento di tensione tangenziale dovuto al sovraccarico, viene equilibrato da un pari aumento delle forze resistenti dovuto al sovraccarico stesso. Inoltre va considerato che, oltre all'aumento della componente del peso parallela alla superficie di scorrimento, si ha anche l'aumento di quella perpendicolare alla stessa che determina un incremento della forza di attrito resistente, che potrebbe prevalere sul primo almeno in pendii poco inclinati. Circolando, anche presso addetti ai lavori, l'opinione che la vegetazione favorisca il manifestarsi delle frane a causa del proprio peso, è opportuno ricordare, in prima battuta, che una ipotetica massa dendrometrica di 1000 m3/ha, con peso specifico pari a 10 kN/m3, corrisponde a circa 6 cm di spessore di suolo (analogamente in Simon e Collison, 2002; Greenwood, 2004). Questo vuol dire che, su una frana di profondità pari ad un metro, la percentuale del peso totale del materiale coinvolto attribuibile alla vegetazione sarebbe del 6% circa.

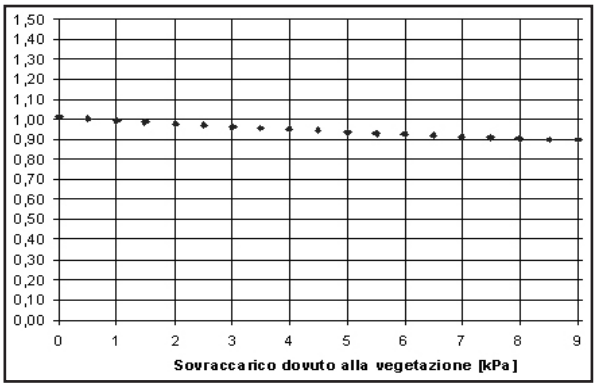
Considerando il Fattore di Stabilità Fs del versante (definito dal rapporto, di cui all'equazione (3.1) seguente, fra forze stabilizzanti e forze destabilizzanti che assume valore inferiore o superiore a 1 nel caso, rispettivamente, di versante in frana o stabile), si può osservare che la variazione di Fs con il peso W della vegetazione per unità di superficie può risultare ben inferiore al 10% (Fig. 10.4 da Preti, 2005) Tale risultato conferma quelli, ad es., di Simon e Collison, 2002 che hanno trovato una riduzione di FS del 7% o di Greenwood et al. (2004), secondo i quali il peso della vegetazione può diventare importante quando sono presenti alberi con diametro a petto d'uomo superiore ai 30 cm. Per foreste derivanti da impianto con alberi di altezza compresa tra i 30 e 50 m gli autori calcolano un sovraccarico W compreso tra 0.5 e 2 kN/m2 (cfr. Fig. 10.4) e riportano che un albero con altezza di 30m e diametro (a 1.30 m) di 80 cm, pesando tra i 100 e i 150 kN (compresa la biomassa), porterebbe a peggioramenti di FS del 10% se posizionato nella parte alta della scarpata e a miglioramenti dello stesso valore se posizionato nella parte bassa. Tali calcoli sono stati condotti con l'ausilio di un foglio di calcolo di nome "SLIP4EX" (nel seguito descritto) che effettua il confronto tra i valori del coefficiente di sicurezza calcolato con metodi delle strisce (o a conci), nel seguito descritti.

Il sovraccarico dovuto alla vegetazione viene calcolato, misurando o stimando la biomassa della vegetazione e riferendo ad una superficie il peso della massa stessa. La determinazione della superficie di riferimento è però problematica in quanto non sono note le modalità con le quali un albero scarica il peso a terra. Le possibili superfici di riferimento sono:

- l'area di proiezione della chioma
- un intorno del fusto minore dell'area di proiezione della chioma
- l'area basimetrica del fusto dell'albero considerato (es. albero di diametro medio)

La prima e l'ultima sono soluzioni eccessive opposte (la prima verosimilmente sottostimante e dipendente dalla densità del bosco, l'ultima troppo pessimistica) mentre la seconda corrisponde al giusto compromesso

Fig. 10.4: Variazione del Fattore di Stabilità Fs al variare del sovraccarico di biomassa sul versante (caso della frana di Vinchiana in Preti, 2005)

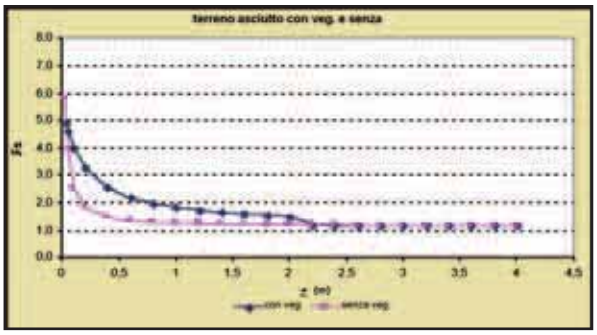


in quanto con buona probabilità il peso degli alberi si scarica principalmente mediante le grosse radici. Questa soluzione ha però l'inconveniente di introdurre una certa arbitrarietà sulla scelta della superficie.

Utilizzando il metodo PB (Pendio Boscato) del pendio indefinito modificato per tenere conto della vegetazione (Barneschi e Preti, 2002, descritto nei paragrafi seguenti), è facile verificare come il peso della vegetazione (W = 3kPa) sia destabilizzante esclusivamente nei primissimi strati del suolo (Fig. 10.5a) quando cioè il peso della vegetazione è preponderante rispetto a quello del terreno. Gli effetti sono poi diversi confrontando inoltre le due situazioni di terreno asciutto e saturo: in particolare, nel secondo caso non si evidenzia l'effetto negativo nemmeno negli strati più superficiali (Fig. 10.5b).

Utilizzando la stessa metodologia, in Fig. 10.6, si evidenzialo scarso effetto a profondità superiori ai 35

Fig. 10.5a: Effetti del peso della vegetazione (W=3kPa) sulla stabilità di un versante nel caso di terreno asciutto (caso della frana di Vinchiana, Begliomini, 2004)



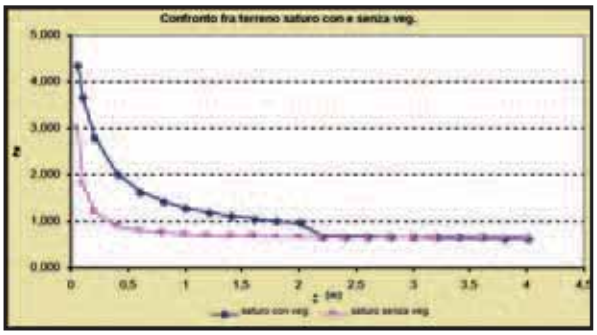
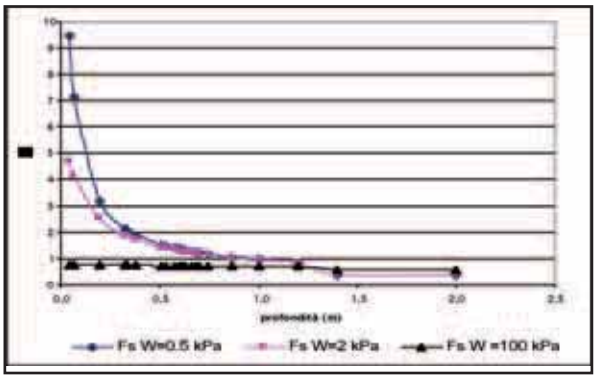


Fig. 10.5b: Effetti del peso della vegetazione (W=3kPa) sulla stabilità di un versante nel caso di terreno saturo (caso della frana di Vinchiana, Begliomini, 2004)

cm del peso della vegetazione sul calcolo del fattore di sicurezza (FS) per i valori di W riferiti da Greenwood et al. (2004), (Begliomini, 2004), confrontando con quello prodotto da un sovraccarico superiore di due ordini di grandezza.

In ultimo, si ricorda che alcuni autori (Kondo et al.,2004, Bischetti et al.,2004) considerano irrilevante

Fig. 10.6: Effetti sulla stabilità del versante a diverse profondità per valori di sovraccarico realistici per la vegetazione (W<2 kPa) o notevolmente superiori (caso della frana di Vinchiana, Begliomini, 2004).



il peso della vegetazione e non lo conteggiano affatto nei loro modelli.

Riguardo al punto e), l'effetto del vento si traduce nella trasmissione di sforzi dinamici alla scarpata a causa del momento flettente indotto: il problema può essere rilevante per piante isolate, di elevata altezza e rigidità. In proposito, Greenwood et al. (2004) sostengono che la forza esercitata dal vento è molto importante sulla stabilità del singolo albero, ma non su quella del pendio in quanto ridotta rispetto a quelle in gioco nel fenomeno della stabilità di un versante. Gli stessi autori precisano, inoltre, che su un bosco la forza del vento tende ad essere assorbita principalmente dalle piante di margine ed indica delle procedure disponibili in letteratura per il calcolo dell'effetto del vento (ne esistono altre: ad es., Brown, Hsi e Nath in Regione Toscana, 2000). Wu (1976, citato già nei lavori di Ziemer) sostiene che un vento di 80 km/h non ha effetti sensibili sulla stabilità dei versanti.

10.2.1 Rinforzo radicale

Uno degli effetti principali legati alla presenza di vegetazione su un pendio è quello di produrre un miglioramento delle caratteristiche geotecniche del terreno attraverso l'azione delle radici. Le radici delle piante infatti, essendo dotate in genere di una discreta resistenza a trazione, possono produrre un sensibile incremento della resistenza al taglio del terreno stesso. Le radici sono efficaci sia nell'aumentare la resistenza a rottura, sia nel distribuire, mediante la loro elasticità, le tensioni nel terreno, in modo da evitare stress locali e fessure.

Nella letteratura tecnica sono riportati i valori di resistenza delle radici dipendente dalle specie, dalle dimensioni, dall'orientamento e dalle caratteristiche stazionali e stagionali (Greenway, 1987). È stato osservato che, in un versante vegetato, le radici rispondono agli effetti gravitazionali per cui quelle orientate verso

monte sono più resistenti di quelle orientate verso valle (Schiechtl, 1980, in Gray and Barker, 2004; Bache e MacAskill, 1984).

Alcune piante forestali mostrerebbero una dipendenza stagionale, con valori maggiori della resistenza a trazione nel tardo autunno e minori in estate (Bache e MacAskill, 1984). Sia la densità di radici sia la resistenza a trazione, inoltre, diminuirebbero con l'età dopo il taglio, evidenziando il rischio di maggiore franosità in aree disboscate e la necessità di approfondimento della relazione fra stabilità dei versanti e trattamenti selvicolturali, come risulta anche dalla Fig. 10.7 (Borroughs and Thomas, 1977 e Charutamra, 1981 in Bache e MacAskill, 1984; Sidle, 1992 o Wu eSidle, 1995 in Mattia et al., 1995). La conoscenza di curve di crescita degli apparati radicali per le diverse specie sarebbe oltremodo utile, in particolare se correlato a quelle della parti epigee (cfr. paragrafi seguenti).

Nella Tabella 10.2 sono riportati valori della "resistenza a trazione nominale" TR ricavati dalla letteratura tecnica per piante e arbusti, associati a valori di diametro delle radici, densità dell'apparato radicale (in termini di rapporto di area radicata o root area ratio RAR, ovvero la frazione di terreno occupata dalle radici stesse (AR/A) di cui nel seguito) e corrispondenti valori di incremento di coesione (c'v) o di resistenza al taglio (?S) del terreno radicato.

Infatti, come altri materiali, la resistenza a trazione dipende dal diametro (ancor più che dalla specie) e, in parte, dal metodo di misura (Cofie e Koolen, 2001 in Bischetti et al., 2005): i valori possono arrivare a 70 Mpa (o ben oltre) e sono superiori a 2 MPa, ma nella maggioranza dei casi sono compresi fra 10 e 40 Mpa (salici fra 14 e 35 MPa); le conifere presentano valori inferiori dei cedui; gli arbusti hanno resistenze paragonabili a quelle delle piante arboree, con i vantaggi di minor peso e rigidità. Sono disponibili numerosi andamenti decrescenti con il diametro delle radici (ad es., citando solo alcuni studi recenti, Simon e Collison, 2002; Gray and Barker, 2004; Pollen et al., 2004; Bischetti et al., 2005; Mattia et al., 2005): la resistenza a trazione varia fra 80 Mpa e 8 Mpa (o meno) al variare del diametro delle radici fra 2 e 15 mm, ma già a 5 mm si riduce alla metà o a un terzo dei valori più elevati (Gray e Barker, 2004).

Il diametro delle radici D può avere valori medi compresi nell'intervallo fra 1 e 3 mm, con valori inferiori di 0,1 mm e maggiori di 15 mm

Il rapporto di area radicato RAR può avere valori medi intorno a 0,001, con valori minimi di 0,0001 mm e massimi di 0,02.

Un altro parametro interessante sarebbe il modulo di elasticità E per analizzare i casi in cui la resistenza a trazione non è mobilitata completamente e dipende dalla deformazione della radici stesse: i dati disponibili non sono numerosi e per il salici variano fra 11 e 16 Mpa, mentre per i pioppi fra 8 e 16 Mpa (in Gray e Barker, 2004).

I valori di incremento di coesione (c'v) o di resistenza al taglio (?S) per la presenza delle radici variano, in genere, fra 0 e 20 kPa per diverse specie a diverse profondità. Nei primi 20 cm i valori sono maggiori e a 80÷100 cm si riducono rispetto ai valori massimi di almeno 4÷5 volte, fino anche a oltre 10 volte.

Modelli di rinforzo

Il rinforzo dei terreni da parte delle radici ed il loro contributo alla stabilità dei versanti sono stati oggetto di numerose ricerche (modelli sulle interazioni terreno-radici, misure in laboratorio e in campagna, etc) nel corso dell'ultimo trentennio (Waldron, 1977; Wu et al., 1979, Shewbridge e Sitar, 1989, 1990; Wu et al., 1988 a, b in Gray e Barker, 2004).

Fig. 10.7: Variazioni del rinforzo radicale radicale con trattamenti selvicolturali diversi (modificato da Ziemer 1991 in Dani, 2005; valido solo per fustaie di conifere e non per cedui e per specie con capacità pollonifera)

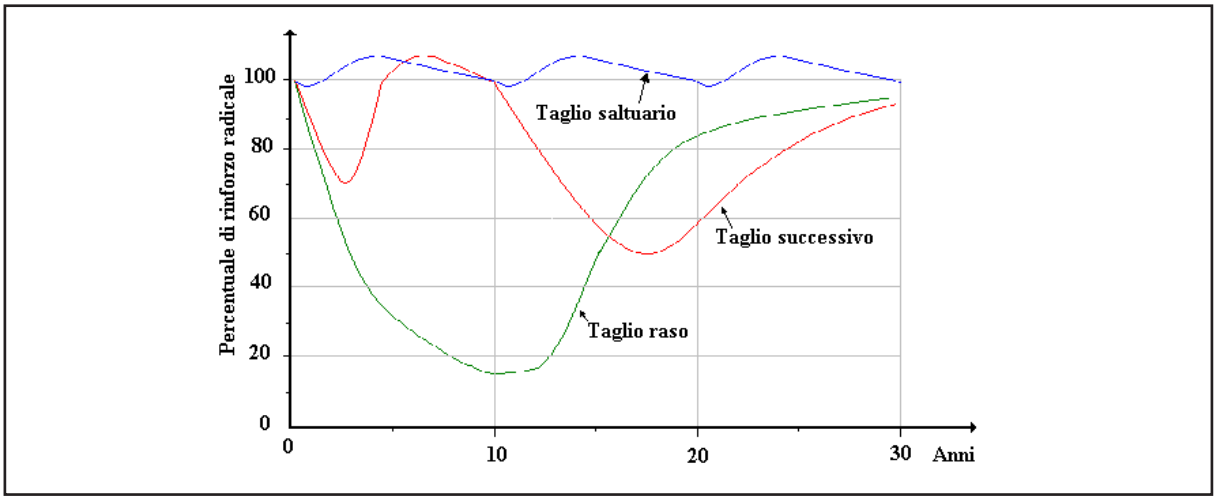


Tabella 10.2. Rinforzo radicale: valori di resistenza a trazione Tr, diametro delle radici D, rapporto di area radicata RAR, coesione radicale c'ᵣ

Specie **Fonte Bibliografica**	**nome comune** **(inglese)**	**Tr [Mpa] medio** **(SD o min ÷ max);** **α (Tr = αD$^{-\beta}$);β**	**D [mm] medio** **(SD o min ÷ max);**	**RAR medio** **min ÷ max**	**c'ᵣ [kPa] Eq. Wu et al. [1979]** **media ≠ SD**
Abies concolor [6]	Abete del Colorado (Colorado white fire)	11			
Acacia confusa [6]	Acacia (Acacia)	11			
Alnus firma *var. multinervi* [3,6]	Ontano (Alder)	52 34,3 [3]			
Alnus incana [6]	Ontano bianco (Alder)	*32*			
Alnus japonica [6]	Ontano giapponese (Japanese alder)	*42*			
Alnus viridis [1] *D.C.*	Ontano verde (Chaix)	20.42 (14.77) 34.76: β=0.69	2.03 (1.02)		
Atriplex halimus [4]		57.2 (23.1); 73.0; β=1.3	1,9 (0,8)		
Betula nigra [5,7]	(River Birch)	15.9 (2,1÷69,9)	3,2 (1,1÷10,9)	0,00011	18 ≠ 5 (a 10 anni) incremento medio 1,8 kPa/anno 8 (media su 1 m)
Betula pendula [6]	Betulla (European white birch)	38			
Costanopsis *chrysophylla* [6]	(Golden chinkapin)	18			
Ceanothus velutinis [6]	(Ceanothus)	21			
Corylus avellana [1] *L.*	Nocciolo (Hazel)	67.87 (66.25); 60.15; β=0.75	1.65 (1.15)		

Specie Fonte Bibliografica	nome comune (inglese)	Tr [Mpa] medio (SD o min ÷ max); α ($Tr = \alpha D^{-\beta}$);β	D [mm] medio (SD o min ÷ max);	RAR medio min ÷ max	c′ᵥ [kPa] Eq. Wu et al. [1979] media ≠ SD
Cytisus scoparius [6]	Ginestra dei carbonai (Scotch broom)	33			
Fagus sylvatica [1]*L.*	Faggio(Beech)	57.47 (81.61) 41.65 β=0.97	1.33 (0.93)	0.00001÷0 0033	
Fraxinus exelsior [1]*L.*	Frassino (maggiore) (European ash)	36.86 (68.05) 35.73 β=1.11	1.95 (1.15)		
Larix decidua [1] *Mill.*	Larice (European larch)	66,14 (99.78) 33.45 β=0.75	1.68 (1.49)		
Lespedeza bicolor [6]	(Scrub lespedeza)	*71*			
Liquidambar styraciflua [5,7]	(Sweetgum)	*12.0 (1,9* ÷ 56,9)	4,8 (1,1÷11,4)	0,000056	7≠1.5 (a 10 anni) incremento medio 0,8 kPa/anno 4 (media su 1 m)
Lygeum spartum [4]		37.8 (12.5); 60.7; β=1.3	1.5 (0.2)		
Nothofagus fusca [6]	(Reed beech)	32			
Panicum virgatum[5,7]	(Switch grass)	19 (1,9 ÷ 128)	1,3 (0,1÷4,7)	0,00014	18 (media su 1 m)
Picea abies [5,7] *L. Karst*	Abete rosso,peccio (European or Norway spruce)	38.94 (83.79); 28.10; β=0.72 28 [6]	1.78 (1.19)		
Picea sitchensis [6]	Abete di Sitka (Sitka spruce)	16			
Pinus densiflora [6]	Pino rosso giapponese (Japanese red pine)	33			
Pinus lambertiana [6]	(Sugar Pine)	10			
Pinus palustris Mill.	(Longleaf Pine)				
Pinus radiata [6]	Pino radiato o insigne (Monterey pine)	18			
Pistacia lentiscus [4]	Lentisco	55.0 (15.4) 91.2; β=0.45	3.4 (0.7)		

Specie **Fonte Bibliografica**	**nome comune** **(inglese)**	**Tr [Mpa] medio** **(SD o min ÷ max);** **α (Tr = αD$^{-\beta}$);β**	**D [mm] medio** **(SD o min ÷ max);**	**RAR** **medio** **min ÷ max**	**c′ᵣ [kPa] Eq. Wu et al. [1979]** **media ≠ SD**
Platinus occidentalis [5,7]	Platano occidentale (Eastern Sycamore)	22.9 (1,6 ÷ 24,7)	3,1 (0,7 ÷ 11,1)	0,00012	9 7 (media su 1 m) 5.6
Populus deltoides [6,3]	Pioppo nero americano (Popolar)	37 34,3[3]			
Populus [2,3] *I-78*	Pioppo	45,6 34,3[3]			
Populus euramerican [2,3,6] *1488*	(American popolar)	32,3[2] 33[6] 34,3[3]			
Populus deltoides [2]		*36,3*			
Populus yunnamensis [2]		*38,4*			
Pseudotsuga menziesii [6]	Duglasia (Duglas fir, Pacific Coast)	55			
	(Duglas fir, Rocky Mountains)	19			
Quercus robur [2,6]	(Quercia) Farnia Oak-Dead; Live Valley)	20			
Robinia Pseudoacacia [2]	Robinia (Black Locust)		1,3 (0,1÷4,7)	0.00001÷0.004 0.0006÷0.083	
Salix [2,3]	Salice (Willow)	14,7 [3]		0.00001÷0.0034	
Salix caprea [1] *L.*	Salicone (Goat Willow)	47.80 (60.14); 34.50 β=1.02			
Salix esigua [5]	(Sandbar willow)			0.00001÷0.0034	3
Salix Fragilis [6]	(Crack willow)	18			
Salix helvetica [6]	(Willow)	14			

Specie Fonte Bibliografica	nome comune (inglese)	Tr [Mpa] medio (SD o min ÷ max); α ($Tr = \alpha D^{-\beta}$);β	D [mm] medio (SD o min ÷ max);	RAR medio min ÷ max	c´ [kPa] Eq. Wu et al. [1979] media ≠ SD
Salix matsusana [2]	(willow?)	36,4 [2] 36 [6]			
Salix nigra [6]	(Black willow)	12 (1,2 ÷ 70,4)	2,5 (0,9 ÷ 15,8)	0,000087	7 ≠ 2.5 (a 10 anni) incremento medio di 0,5 kPa/anno 2 (media su 1 m)
Salix purpurea [1,2,6] *L.*	Salice purpureo (Booth) Purple or Red willow	51.47 (81.61)[1] 26.33; β=0.95 35,9 [2]; 37 [6]	1.28 (0.82)		
Sambucus callicarpa [6]	(Pacific red elder)	19			
Sambucus nigra [2]	Sambuco (Edelberry)				
Tilia cordata [6]	Tiglio montano (Linden)	*26*			
Tripsacum dactyloides [5,7]	(Gamma grass)	27,7 (4,1 ÷ 97,6)	1,4 (0,5 ÷ 2,5)	0,000044	6 (media su 1 m)
Tsuga heterophylla [6]	Tsuga (Western hemlock)	20			
Vaccinium spp. [6]	Mirtillo (Huckelberry)	16			

[1] Bischetti et al., 2005

[2] Gray e Barker, 2004

[3] Bache e MacAskill, 1984

[4] Mattia et al., 2005

[5] Pollen et al.,2004

[6] Schiechtl et al., 1980 in Gray e Barker, 2004; 6b Schiechtl, 1991

[7] Simon e Collison, 2002

Da un punto di vista concettuale uno dei modelli più efficaci e semplici tra quelli proposti per quantificare gli effetti degli apparati radicali sulla stabilità del terreno è quello che lega l'incremento di resistenza al taglio del terreno alla resistenza a trazione ed allo sfilamento delle radici (l'effetto delle radici nel terreno deriva, secondo la teoria dell'equilibrio limite, dalla mobilitazione di tutta o parte della loro resistenza a trazione).

In altri termini, le radici, per effetto degli sforzi di taglio che si generano a seguito dello scorrimento relativo di due strati di terreno, si deformano sviluppando delle tensioni interne di trazione (Wu, 1979 ad es. in Gray e Sotir, 1996; Pollen et al., 2004; Simon e Collison, 2002; Gray e Barker, 2004). Le radici aumentano la resistenza al taglio principalmente trasferendo gli sforzi dal terreno alle fibre radicali tramite l'attrito sulla superficie esterna delle stesse, che deve risultare sufficientemente estesa da garantire che non si verifichi scorrimento o sfilamento.

Nell'ipotesi di radici cilindriche, flessibili e linearmente elastiche, disposte perpendicolarmente alla superficie di taglio (Figura 10.8), ed assumendo che le stesse siano ancorate al terreno su entrambi le porzioni delimitate dalla superficie di taglio e che la resistenza a trazione di tutte le radici sia completamente mobilitata, nel momento in cui uno strato di terreno (interno a quello radicato) tende al movimento rispetto ad uno strato sottostante, le radici vengono distorte di un angolo ? e loro resistenza a trazione si manifesta in due componenti (Gray e Sotir, 1996), la prima tangente alla superficie e la seconda normale ad essa:

$$F_t = A_R T_R \operatorname{sen}\theta$$
$$F_n = A_R T_R \cos\theta$$

L'incremento di resistenza al taglio ΔS del terreno o coesione radicale cv per effetto delle radici risulta, pertanto:

$$\Delta S = c'_v = T_R (A_R / A) \cdot [\operatorname{sen}\theta + \cos\theta \cdot \tan\phi] = t_r \cdot [\operatorname{sen}\theta + \cos\theta \cdot \tan\phi'] \quad [2.1]$$

dove:

TR = resistenza a trazione media delle radici [MPa];
= RAR Rapporto di Area Radicata tra l'area della sezione trasversale delle radici AR e l'area della sezione di terreno interessata dalle radici A;
$t_r = T_R (A_R/A)$ = resistenza media mobilizzata per unità di suolo [kPa];
θ = angolo di deformazione nella zona di taglio;
ϕ' = angolo di resistenza al taglio del terreno.

N.B. come specificato nel seguito, i valori di coesione sono da intendersi come valori effettivi o efficaci (condizioni drenate) e non apparente (condizioni non drenate), per cui si indicano con l'apice ' (nel seguito eventualmente sottinteso.

L'equazione precedente mostra come l'incremento di resistenza al taglio del terreno ?S dovuto alle radici possa essere valutato conoscendo la resistenza a trazione media delle radici TR, il rapporto di area radicata RAR ovvero la frazione di terreno occupata dalle radici stesse (AR/A) ed un fattore che dipende dall'angolo di deformazione e dall'angolo di attrito interno del terreno.

Osservazioni di campagna e di laboratorio indicano che il termine tra parentesi quadra riportato nell'equazione precedente è relativamente insensibile alle normali variazioni degli angoli e ' variando tra 1.0 e 1.3 (Wu et al., 1979. in Pollen et al., 2004), per cui viene comunemente adottato il valore di 1.2. Adottando tale valore, l'equazione sovente si semplifica in:

$$\Delta S = 1.2 \cdot T_R (A_R / A) \quad [2.2]$$

In questo modo l'incremento di resistenza al taglio dipende interamente dalla resistenza a trazione media delle radici e dalla superficie occupata dalle stesse.

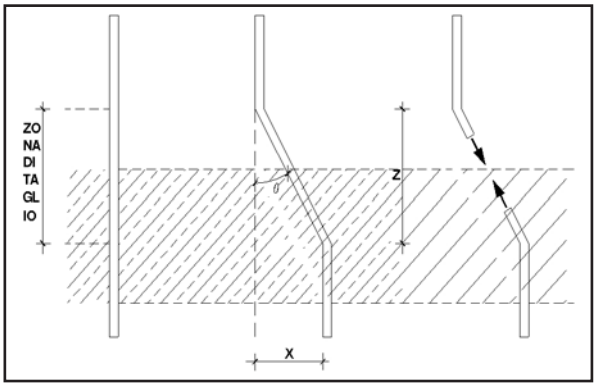


Fig. 10.8: Modello di interazione tra terreno e radici

Utilizzando il modello sopra descritto è possibile quindi incorporare l'incremento di resistenza a taglio dovuto alla presenza di radici DS all'interno del criterio di rottura di Mohr-Coulomb e quindi in ultima analisi all'interno delle relazioni analitiche che esprimono il coefficiente di sicurezza nelle consuete analisi di stabilità dei pendii, come trattato nel seguito.

Prendendo in considerazione le 4 principali ipotesi del modello di Wu et al. (1979), si può evidenziare quanto segue (Pollen et al., 2004):

a) osservazioni sperimentali hanno dimostrato che il rinforzo prodotto dalle radici nel caso più generale in cui le stesse risultino comunque disposte rispetto alla superficie di taglio, è comparabile a quello dovuto a radici disposte parallelamente fra loro, mentre la loro inclinazione potrebbe contare (Niklas, 1992; Maher e Gray, 1990; Gray e Ohashi, 1983 in Gray e Barker, 2004 e Pollen et al., 2004);

b) il modello assume che tutte le radici sviluppino completamente la resistenza a trazione al momento della rottura a taglio del terreno (in pratica che si rompano tutte contemporaneamente e proprio quando il terreno inizia a cedere), mentre questo succederebbe quando il terreno ha subito deformazioni più consistenti;
c) il modello assume che le radici siano ben ancorate al terreno e che non si sfilino, (infatti spesso si trovano nicchie di distacco nel terreno con radici spezzate e non sfilate, ma questo si verifica per diametri superiori a qualche mm: in realtà se aumenta il diametro, la lunghezza minima di sfilamento è maggiore, ma TR è minore, come si vedrà nel seguito);
d) oltre alla rottura a taglio del terreno considerata nel modello, potrebbe essere significativa la rottura a trazione dello stesso.

Dato che in situazioni reali le radici hanno diametri e lunghezze diversi e possono presentare differenti resistenze a trazione o livelli di ancoraggio (*fixity*), possono presentarsi contemporaneamente (Waldron e Dakessian, 1981 in Gray e Barker, 2004) tre differenti possibili comportamenti delle fibre durante il taglio di un terreno radicato (*rottura, stiramento, sfilamento*), trattati di seguito:

1) rottura (*break*):

per quanto riguarda l'ipotesi che le radici siano ancorate al terreno e non possano essere estratte dalla zona di taglio, se si assume una distribuzione uniforme delle tensioni all'interfaccia tra terreno e radici, la lunghezza minima di queste ultime per lo sfilamento deve essere:

$$L_{min} = \frac{T_R D}{4\tau_{max}} \qquad [2.3]$$

dove D è il diametro delle radici, τ_{max} la massima tensione di taglio tra radici e terreno (funzione della profondità, del peso specifico e dell'angolo d'attrito interno del terreno e del coefficiente d'attrito legno-terreno variabile fra 0,7 e 0,9 con questo ultimo valore adatto al caso delle radici), secondo la:

$$\tau_{max} = h\,\gamma\,(1 - \mathrm{sen}\phi)\,f\,\tan\phi$$

Osservazioni di campagna supportano il fatto che la lunghezza delle radici generalmente è maggiore del valore minimo ottenuto in base a tale criterio (tranne che in prossimità della superficie). Infatti in corrispondenza delle nicchie di distacco (*landslide scars*) e delle superfici di rottura (*failure surfaces*) si osserva una preponderanza di radici rotte rispetto a quelle sfilate.

2) stiramento (*stretch*):

La mancanza di sufficiente allungamento può non consentire il raggiungimento della completa resistenza a trazione delle radici e quindi contano la deformazione e il modulo di Young.

In questo caso, si ottiene (T_{Rmv} = k sarebbe il T_R mobilizzato nel caso di allungamento in verticale, mentre kß tiene conto dell'allungamento nella direzione inclinata di θ)

$$t_r = T_{Rm}\,(A_R/A) = T_{Rmv}\,\beta\,(A_R/A) \qquad [2.4]$$

$$T_{Rmv} = \sqrt{4 z \tau_{max} E / D}$$

$$\beta = \sqrt{\Delta l / z} = \sqrt{(1/\cos\theta - 1))}$$

dove z è lo spessore della zona di taglio e Δl è l'allungamento delle radici (si osservi che ß risulta pari proprio a 0,39 per θ = 30°).

Questa espressione evidenzia che gli incrementi di sforzo di (o resistenza al) taglio (shear strength) variano in maniera inversamente proporzionale alla radice del diametro: ne risulta che numerose radici di piccolo diametro sarebbero più efficaci di poche radici di maggiori dimensioni, come si verifica anche con altri materiali.

3) scorrimento (*slip*):

Se le fibre sono molto corte, non costrette e soggette a ridotti sforzi al contorno, esse tendono a scorrere o sfilarsi quando il terreno radicato è sottoposto a taglio, pur continuando a contribuire al suo rinforzo:

$$T_N = 2 \cdot \tau_b \cdot L / D \qquad [2.5]$$

$$\Delta S = (\pi \cdot \tau_b\, nLD / 2A)\left[\mathrm{sen}\theta + \cos\theta \cdot \tan\phi'\right]$$

$$\Delta S = (\pi \cdot \tau_b / 2A)\left[\mathrm{sen}\theta + \cos\theta \cdot \tan\phi'\right] \sum n_i L_i D_i$$

dove:

T_N è la massima tensione in una radice all'inizio dello scorrimento, L è la lunghezza della radice in cui si verifica il massimo dello sforzo al centro, n è il numero di radici per classe diametrica i-esima.

Si osserva (Pollen et al., 2004) che, al di sopra un certo diametro delle radici, esse si rompono tutte, mentre al di sotto alcune si sfilano (se la forza di sfilamento è inferiore a quella di rottura), mentre altre si rompono (specie se ramificate).

Questo può dipendere anche dal grado di umidità del terreno, ma risulta comunque che le forze necessarie a sfilare o rompere le radici non differiscono molto e quindi l'ipotesi c) di Wu et al. (1979) può essere accettabile.

Anche se si riconosce che le ipotesi di Wu et al. (1979) non sono sempre completamente verificate, il modello è comunemente usato per valutare il rinforzo radicale (Waldron e Dakessian, 1981; Abernethy e Rutherford, 2001; Roering et al., 2003; Schmidt et al., 2001; Sidle, 1992; Sidle et al., 1985, Wu e Sidle, 1995 in Mattia et al., 2005 e in Bischetti et al., 2004).

In realtà il metodo classico può sovrastimare l'entità del rinforzo radicale, soprattutto per le ipotesi b) e d), se si effettua la semplice somma fra la massima resistenza a rottura delle radici alla massima resistenza a rottura del terreno (Pollen et al., 2004). Per quanto riguarda l'ipotesi di mobilitazione completa della resistenza a rottura delle radici, ad es., sperimentazioni appositamente condotte hanno evidenziato che le radici raggiungono la condizione di rottura in momenti diversi e pertanto è più prudente adottare un valore di resistenza a trazione inferiore a quello limite.

Riscrivendo la [2.1] in termini più generali si ha:

$$c_v = K \cdot t_r = k'k''\cdot t_r$$

Il termine k' rappresenta il fattore fra parentesi della (1) precedente che tiene conto dell'inclinazione delle radici rispetto al piano di taglio e quindi della scomposizione delle forze ivi agenti. Oltre al coefficiente k' si può introdurre un fattore riduttivo k'' (solitamente ignorato) che deriva dal fatto che le radici non mobilitano contemporaneamente la loro resistenza a trazione o per tener conto delle incertezze.

Ad esempio Greenwood et al., 2004 propongono cautelativamente il valore di k'' pari a circa 0.12 ˜ 1/((8÷10)k')), Hammond et al., 1992 (in Bischetti et al. 2004) suggeriscono per i boschi un valore pari a 0.56. Inoltre, risultati sperimentali (*shear-box tests*) condotti in terreni radicati porterebbero a valori di k''= 0,34, intermedio fra i precedenti (Pollen et al., 2004).

Nella Tabella 3 seguente sono riportati alcuni recenti risultati (Preti, 2005), ottenuti sulla base di misure sperimentali o dell'analisi di stabilità di versanti in cui si sono verificate frane superficiali (stima del valore con l'analisi a ritroso, imponendo FS=1), per cui si giustificherebbero valori di k'' intorno a 0.4 e, quindi, di K=0.5.

I valori di coesione radicale cv in Tabella 11.3 sono stati ottenuti in vari modi: tramite un procedimento di analisi a ritroso (*back-analysis*) ottenuto con diversi modelli di stabilità applicati a frane reali (Preti, 2005), oppure tramite curve sforzo-deformazione (*cumulative displacement-stress*) o prove di taglio (*direct shear-box tests*), o, ancora, con l'applicazione di altri modelli (RipRoot).

Essi sono confrontati, nella stessa Tabella, con quelli sovra-stimati ottenibili dalla equazione [2.1] di Wu et al. (1979) in modo da ricavare una stima di k''.

10.2.2 Architettura e distribuzione

Le radici delle piante svolgono molteplici funzioni: sono responsabili dell'ancoraggio, forniscono alla pianta i nutrienti necessari per la crescita, scambiano con la chioma alcuni metaboliti che ne regolano lo sviluppo (es. aminoacidi), sono la sede di importanti processi interattivi tra l'albero ed i microrganismi del terreno. Abitualmente, quando si pensa ad una pianta e al suo stato di salute, si focalizza l'attenzione sulla chioma, dimenticando che l'albero sotto terra nasconde un apparato radicale a volte grande quanto la chioma stessa e che la funzionalità di questa struttura influisce fortemente sulle condizioni di salute della pianta ("*Ahrr, to be sure, the answer lies in the soil*", adagio contadino in Bache e MacAskill, 1984).

É noto che l'estensione dell'apparato radicale può arrivare anche ad alcuni metri di profondità (Kutchera e Lichtenegger, 1960 in Florineth e Molon, 2005 e in Sauli et al., Manuali di Ingegneria Naturalistica della Regione Lazio, 2002 e 2003).

Lo sviluppo e la struttura delle radici dipendono inizialmente da fattori genetici, ma poi dalle condizioni ambientali ed edafiche.

Si parla di "*edafoecotropismo*" (processo di bioadattamento autocorrettivo) capacità delle radici di adattarsi o evitare condizioni di stress, nei confronti di ostacoli meccanici, mancanza di umidità, luce e spessori di suolo sufficienti o di esaltare il ruolo stabilizzante su versanti /Gray e Barker, 2004).

L'estensione è maggiore in suoli ben drenati, la penetrazione nel substrato dipende sia dalle caratteristiche di questo ultimo sia dal suolo stesso.

Lo strato rinforzato dalle radici è in genere di 1÷1.5 m, almeno nei casi di terreni non omogenei o con falda non eccessivamente superficiale o profonda.

A causa della necessità di ossigeno, le radici tendono a concentrarsi negli strati superficiali (50-100 cm) del terreno con radici laterali, mentre a profondità di 0,9 m tendono ad essere verticali.

Il sopra menzionato rapporto di area radicata RAR tende a decrescere esponenzialmente con la profondità e ad annullarsi a circa 1, 2 m .

Nella letteratura tecnica, l'estensione delle radici è normalmente riferita all'altezza della pianta oppure al raggio della chioma, risultando mediamente 1,5 (da 1 a 3) volte questo ultimo.

In Florineth e Molon, 2005 si riportano rapporti fra la massa dell'apparato radicale e la (bio)massa del fusto fra 0,5 e 2,4 per piante arboree e fra 0,7 e 5-15 per piante erbacee.

L'influenza idraulica di una pianta, ad es. riduzione di umidità del suolo per evapotraspirazione, può essere attiva ad una distanza di almeno 1 volta l'altezza della pianta.

Tabella 10.3 Valori della coesione radicale (c'_v) a confronto con quelli ricavabili dall'equazione (2.1)

case study	*c'_v effettiva (kPa)*	*method*	*author*	*c'_v eq. [2.11] (kPa)*	*k"*
Frana Vinchiana	*6,56*	*Back-analysis (5 modelli)*	*Preti, 2005*	*17,2*	*0,38 ≠ 0,34 ÷ 0,4 2*
Frana Valcuvia	*6,71*	*Back-analysis (5 o 6 modelli)*	*Bischetti et al.. 2004 Preti, 2005*	*17,2*	*0,39 ≠ 0,33 ÷ 0,4 2*
Salix esigua Sandbar Willow	*1,5*	*Cumulative displacement-stress curve*	*Pollen et all., 2004*	*3*	*0,50*
Grass roots	*6*	*Direct shear-box tests*	*Pollen et all., 2004*	*17,5*	*0,34*
Platanus Occidentalis Eastern Sycamore	*2,31*	*Cumulative displacement-stress curve*	*Pollen et all., 2004*	*5,6*	*0,41*
Platanus Occidentalis Eastern Sycamore	*2,48*	*RipRoot model*	*Pollen et all., 2004*	*5,6*	*0,44*

L'area radicata

La conoscenza della RAR o della concentrazione di biomassa in funzione della profondità di terreno è richiesta per la stima del rinforzo radicale. In particolare interessa il valore alla profondità dello strato critico di scorrimento, normalmente orientato parallelamente al piano di campagna o alla superficie di discontinuità suolo-substrato.

Un approccio per la stima della RAR è semplicemente quello di procurare rilevanti campioni di terreno radicato, in modo da poter misurare la biomassa di radici a varie profondità, previa separazione dal terreno e pesatura delle sole radici. La biomassa radicale per unità di volume può essere convertita in una RAR se il peso specifico delle radici è noto.

La formula $t_r = T_R (A_R/A)$ esprime il contributo offerto dalla parte radicale in termini di tensione come il prodotto della sezione globale occupata dalla radici per la resistenza unitaria del materiale che le costituisce, il tutto riportato su una superficie di riferimento sul suolo.

Tuttavia, essa non è direttamente applicabile per una quantificazione efficace della resistenza a trazione in quanto il termine T_R non è una funzione lineare del diametro delle radici D, ma presenta un andamento iperbolico del tipo (Bischetti et al., 2002):

$$T_{R(D)} = \alpha D^{-\beta} \quad [2.6]$$

La formula precedente afferma in sostanza che la resistenza unitaria a trazione delle radici decresce più che proporzionalmente all'aumentare del diametro. I parametri caratterizzanti la funzione sono caratteristici di una specie ma leggermente variabili all'interno della

stessa con le condizioni ambientali (Burroghs e Thomas, 1977 in Bischetti et al., 2002). Alcuni autori propongono relazioni diverse da quelle iperboliche (Hathaway e Penny, 1975; Schmidt et al., 2001, in Bischetti et al., 2002).

Il valore di c_v, una volta nota la $T_R(d)$, è ricavabile misurando il valore di RAR su transetti verticali. Riguardo alla misura del rapporto di area radicata, esistono sostanzialmente 3 metodi (Bischetti et al., 2002; Gray e Barker, 2004):

- campionamento diretto
- la finestra di conteggio (nominato sopra come transetto verticale)
- metodo del lucido sovrapposto.

I valori che si ottengono sono da considerarsi non rigorosi ma orientativi vista la variabilità dei parametri in gioco e la difficoltà nel misurare i parametri richiesti dal calcolo.

Il migliore metodo sarebbe quello di estrarre o scoprire in siti con getto d'aria ("Airspade" in Gray e Barker, 2004). Assai utile risulterebbe la possibilità di poter condurre indagini non distruttive (ad es. di tipo geofisico, Nicolotti, 1996). Un aspetto importante da indagare è a come accennato, anche quello delle curve di crescita delle radici: anche se si considerano andamenti di tipo lineare (Pollen et al., 2004), andrebbe indagato se se potessero sussistere correlazioni, ad es., fra rinforzo radicale e diametro del tronco della pianta (il che faciliterebbe indagini basate sulla parte aerea, per evitare le difficoltà di indagini).

Il metodo del campionamento diretto consiste in una raccolta di campioni di terreno radicato effettuata mediante un campionatore cilindrico del diametro di 10 cm, per i quali segue la setacciatura (per separare il terreno dalle radici), la suddivisione in classi di diametro, scansione ed elaborazione elettronica per la misura della lunghezza complessiva. Tale somma viene quindi divisa per una lunghezza caratteristica posta uguale alla diagonale del campione. Al termine della procedura si ottiene la stima approssimata per ogni classe del numero delle radici e quindi la sezione effettivamente occupata dalle stesse.

Il secondo metodo invece consiste nel fotografare il profilo in esame e ricavare il valore di RAR lungo la verticale.

Il confronto dei due metodi effettuato dagli autori (Bischetti et al., 2002), suggerisce la sostanziale equivalenza degli stessi se si escludono le classi di diametro più elevato, le quali nel primo metodo vengono conteggiate con difficoltà.

Il metodo del lucido sovrapposto descritto da altri autori consiste nella sovrapposizione di un foglio di dimensioni "A0" di acetato di cellulosa (sostenuto da un telaio di legno) sul profilo e quindi tracciamento a mano dell'andamento della radici con successiva scansione e fotomisurazione. (le radici esposte lungo la parete verticale di una trincea verticale sono attentamente mappate tramite un foglio lucido trasparente e quadrettato)

Considerando il metodo della finestra di conteggio, si illustra nel dettaglio la metodologia approntata (Barneschi, com. pers.) che comprende qualche differenza rispetto a quella originale. Le fasi della misura di Ar/As del lavoro sono le seguenti:

1. Identificazione e scavo del profilo di suolo
2. Ripulitura e compattamento del fronte di scavo mediante piccola cazzuola e zappetta a forca allo scopo di portare alla luce gli apparati radicali che tendono ad essere tagliati durante l'apertura del profilo (sia che questa avvenga con mezzi manuali come la zappa sia, e ancora di più, con mezzi meccanici come uno escavatore).
3. Costruzione all'interno del profilo di un reticolo di riferimento allo scopo di facilitare la fase del raddrizzamento della fotografia. In una prima fase si è usato una maglia costruita con grossi chiodi a testa colorata, affinché fossero più visibili, la cui posizione reale è stata annotata. Tutto ciò è stato fatto appoggiandosi come riferimento ad un telaio di legno montato sopra il profilo e con architrave posta orizzontale mediante l'ausilio di una livella torica. Nei prossimi rilievi si intende sperimentare una rete di metallo a maglia larga appesa al telaio allo scopo di rendere il raddrizzamento ancora più veloce e preciso.
4. Raddrizzamento della foto mediante funzione polinomiale di I° di un programma G.I.S. che supporta la correzione geometrica di un immagine.
5. Tracciamento manuale dei diametri radicali su programma C.A.D a diversi livelli di profondità
6. Suddivisione in classi di diametro con conteggio della numerosità delle classi e della somma dei diametri entro la classe. Stante il numero elevato delle radici e la necessità di ripetere la misura per diverse quote, si è scritta in codice VbA un'apposita macro che legge i vari livelli, codificati su layers diversi, effettua conteggio e misurazione per ogni classe ed esporta i dati su un foglio di calcolo di Ms Excel.
7. Calcolo del valore di RAR (z) dove z rappresenta la profondità.

Il contributo totale di resistenza a trazione offerto dalla presenza di radici, è ricavato come somma del contributo di ciascuna classe diametrica. Il contributo globale risulta quindi:

$$t_r = \sum_{i=1}^{N} T_R \frac{A_{r_i}}{A_s}$$

con i = classe i-esima e N numero delle classi diametriche. L'aver discretizzato una funzione continua

del diametro comporta un errore che è tanto minore quanto più è piccolo l'intervallo della classe.

La quantificazione di cv necessita quindi di una quantificazione della $T_r(D)$ di N e di A_r/A_s f(D). La $T_r(D)$ si costruisce mediante campionamenti radicali e misura della resistenza a trazione in laboratorio e la A_r/A_s f(D) mediante rilievo in campo su transetti verticali.

Finora si è discusso dell'apporto meccanico delle radici sulla superficie di rottura parallela al piano di campagna, ma le radici mobilitano la loro resistenza a trazione anche sulla superficie di rottura verticale, anzi, mentre sulla superficie orizzontale agiscono solo le radici che la attraversano, sui piani verticali agiscono tutte le radici comprese dalla quota del piano campagna a quella sottoposta a verifica.

In conclusione la coesione basale delle radici (c_{rbase}) e la coesione laterale delle stesse (c_{rlat}) assumono le seguenti espressioni:

$$c_{rlat\,(z)} = K \cdot \frac{\left[\sum_{z=1}^{M}\sum_{i=1}^{N} T_{R_i}\frac{A_{r_i}}{A_s}\right]\cdot \Delta Z}{Z} \qquad [2.7]$$

$$c_{r\,base(z)} = K \cdot \sum_{i=1}^{N} T_{R_i}\frac{A_{r_i}}{A_s}$$

e quindi in definitiva:

$$c_{r\,(z)} = K \cdot \left(c_{rbase\,(z)} + c_{rlat\,(z)}\right)$$

Nel calcolo del fattore di sicurezza è necessario sapere se la profondità a verifica è influenzata dalla presenza delle radici: per questo motivo è stato introdotto un parametro chiamato soglia di radicazione (root threshold) che rappresenta la profondità massima per la quale si possono considerare le radici meccanicamente efficaci.

10.3 Analisi di stabilità

10.3.1 Informazioni e indagini

L'analisi di stabilità dei pendii riguarda (Regione Toscana, 2000):

- la verifica delle condizioni di stabilità di pendii naturali (versanti, sponde, etc.) ed artificiali (quali scarpate di rilevati, opere in terra, etc.), in quiete oppure in frana;
- il progetto degli interventi di stabilizzazione necessari per conferire ai pendii naturali adeguate condizioni di sicurezza;
- il progetto di opere artificiali in terra stabili rispetto al pendio.

Raccolta dati

Molteplici e di diversa natura sono le informazioni da reperire per affrontare correttamente uno studio sulla stabilità dei pendii; che si sviluppa attraverso le seguenti fasi:

- studio geologico: comprendente sia il rilievo geologico sia la storia dell'area in esame, inquadrata nel più ampio ambito regionale;
- studio geomorfologico: individuazione dell'area "in frana" o "potenzialmente in frana";
- delimitazione del "corpo di frana";
- caratterizzazione del "corpo di frana": identificazione dei terreni, individuazione della stratigrafia, determinazione dei caratteri strutturali e delle proprietà fisico-meccaniche dei terreni, con particolare riferimento alla resistenza a taglio;
- analisi del regime idraulico all'interno del "corpo di frana" prima e durante il fenomeno franoso;
- studio della cinematica del fenomeno franoso;
- modellazione del fenomeno franoso: sintesi dei punti precedenti e schematizzazione degli stessi in termini tali da consentire l'analisi matematica del fenomeno stesso;
- verifica di stabilità per accertare che il modello proposto sia congruente con la realtà (pendio in frana o potenzialmente in frana) e per la messa a punto di un procedimento di calcolo da utilizzare successivamente nella progettazione dell'intervento di stabilizzazione;
- valutazione della necessità o della opportunità o meno di un intervento di stabilizzazione.

Studio geologico e geomorfologico

L'indagine sulla stabilità di un pendio presuppone la conoscenza della storia geologica sia a scala regionale sia a scala locale dell'area in esame. La storia geologica e le vicissitudini tettoniche condizionano molteplici aspetti, come la natura litologica delle formazioni presenti, la loro distribuzione nello spazio, lasciando in genere profondi segni nei caratteri strutturali dei terreni a piccola e grande scala.

Lo studio geomorfologico - condotto sulla base dell'analisi delle foto aeree e di attenti rilievi di campagna - consente in genere di individuare sulla superficie topografica i segni di passati fenomeni franosi, a volte vistosi e quindi facilmente riconoscibili, a volte invece appena accennati e che possono essere percepiti soltanto da tecnici particolarmente preparati ed attenti.

Sulla base di questi elementi vengono individuate le "aree in frana", in cui è possibile ottenere una indicazione sulla loro storia, distinguendo fra: *paleofrane*, *frane quiescenti* e *frane attuali*. Le *paleofrane* sono fenomeni franosi che si sono sviluppati in condizioni climatiche e morfologiche diverse dalle attuali. Ne consegue che il movimento gravitativo può ripetersi con le stesse caratteristiche nelle attuali condizioni climatiche, anche se anomale. Le frane *quiescenti* sono fenomeni franosi mobilitati in condizioni morfologi-

che e climatiche simili alle attuali, ma che oggi sono in apparente stato di stabilità. Il movimento può riprodursi in occasione di sensibili variazioni morfologiche e per eventi climatici anomali o per sollecitazioni transitorie, quale il sisma. Infine le *frane attuali* o frane in atto sono quelle mobilitate nelle condizioni morfologiche e climatiche attuali.

Delimitazione del corpo frana

Per affrontare lo studio di un movimento franoso occorre disporre del rilievo topografico del pendio, di estensione e scala opportune. La delimitazione planimetrica del corpo di frana viene svolta in genere con:

- rilievo geomorfologico: nel caso di frana in atto, vengono cartografati i segni lasciati sul terreno dal fenomeno (fratture, nicchie, zone in contropendenza, ecc.); gran parte di questi elementi vengono ben presto cancellati per cui è estremamente importante completare il rilievo morfologico quando il fenomeno franoso è ancora in atto o è terminato da poco; il rilievo a terra viene integrato dall'esame delle foto aeree (foto-interpretazione), possibilmente eseguite prima e successivamente all'evento franoso;
- rilievo di spostamenti superficiali con misure topografiche: il procedimento è alquanto laborioso e costoso, spesso non privo di incertezze, in particolare quando l'entità degli spostamenti è ridotta, e cioè proprio nei casi in cui tali rilievi dovrebbero essere particolarmente utili.

Per individuare lo spessore del corpo di frana si possono adottare metodi diretti ovvero indiretti. Tra i primi ricordiamo:

- il rilievo di spostamenti orizzontali di punti disposti lungo alcune verticali mediante gli inclinometri;
- il rilievo della dinamica di fratture o distacchi presenti sulla superficie topografica per mezzo di estensimetri;
- il rilievo della superficie di rottura mediante tubi spia.

L'individuazione di discontinuità o di superfici di minore resistenza può essere effettuato con metodi indiretti in base a:

- caratteri strutturali;
- proprietà fisico-meccaniche dei terreni;
- caratteristiche geofisiche dei terreni.

L'utilizzazione dei metodi indiretti comporta difficoltà ed incertezze rilevanti quando nel sottosuolo non si riscontrano discontinuità marcate e facilmente riconoscibili all'esame visivo dei terreni o con prove penetrometriche. Per ciò che concerne i metodi geofisici è da ricordare quanto già noto da tempo sulle possibilità e sui limiti degli stessi. Infatti per esempio, nei fenomeni franosi che avvengono nella stessa unità litologica e senza la distruzione della struttura della parte franata, il metodo sismico a rifrazione e quello geoelettrico non sono in genere idonei in quanto non esistono sensibili variazioni nelle caratteristiche elastiche ed elettriche tra parti instabili e substrato stabile. Queste due condizioni si verificano frequentemente e pertanto la deduzione del letto del corpo di frana si presenta quasi sempre incerta e comunque non può essere basata soltanto sull'indagine geofisica. Le difficoltà si accentuano passando dalle "aree in frana" alle aree "potenzialmente in frana" poiché si possono utilizzare soltanto i metodi indiretti oppure si può ricorrere alla individuazione della "superficie di scorrimento più pericolosa" in base alle verifiche di stabilità, con tutte le incertezze che queste comportano.

Caratterizzazione del corpo di frana

Stratigrafia

Una volta individuato a grandi linee il corpo di frana, si procede alla sua caratterizzazione: a tal fine occorre definire la stratigrafia, la litologia dei terreni, le loro proprietà fisico-meccaniche ed in particolare la resistenza al taglio. Per fare ciò si utilizzano i normali mezzi per l'indagine geognostica ed in particolare è importante osservare che:

- il volume significativo è dapprima incognito ed, in particolare per quanto concerne lo spessore, lo stesso si va precisando nel corso delle indagini; nella fase iniziale dello studio non vi è quindi altra alternativa che quella di estendere 1'indagine fino a notevole profondità, in modo da raggiungere terreni sicuramente non coinvolti dal fenomeno franoso;
- il volume in questione spesso raggiunge dimensioni rilevanti ed a volte eccezionali, per cui la conoscenza della geologia della zona è indispensabile;
- sono in genere interessati terreni "difficili" e cioè terreni la cui storia geologica è più antica e più tormentata rispetto a quella dei terreni più giovani presenti nelle pianure, ad esempio: terreni "strutturalmente complessi", preconsolidati, diagenizzati e tettonizzati.

Per il riconoscimento dei terreni si fa ricorso a:

- indagini geognostiche: sondaggi a carotaggio, prove penetrometriche, dilatometriche, pressiometriche e prove di laboratorio su campioni indisturbati;
- indagini geofisiche.

Nei sondaggi particolare attenzione va posta per la ricerca della superficie di rottura nell'esame della campionatura estratta; se lo spessore del corpo di frana è ridotto si può utilmente ricorrere ai pozzi oppure a piccoli scavi che consentono un esame visivo dei terreni.

Resistenza a rottura

Per la caratterizzazione meccanica dei terreni molto spesso si ricorre alla sperimentazione in laboratorio su campioni indisturbati prelevati nel corso della perforazione dei sondaggi e, poiché nella maggioranza dei casi sono coinvolti terreni a grana fine, la speri-

mentazione in sito gioca un ruolo ausiliario. I fattori influenti sulla validità e sulla significatività dei risultati di laboratorio sono:

- · disturbo nel prelievo;
- · l'effetto scala;
- · l'evoluzione del fenomeno di rottura e le condizioni di drenaggio;
- · l'individuazione della resistenza mobilitata in sito rispetto alle condizioni estreme corrispondenti alla "resistenza di picco" ed alla "resistenza residua" determinate in laboratorio (nei terreni fragili esiste una marcata differenza tra queste due resistenze);
- · la durata di applicazione dei carichi;
- · la variabilità, nel tempo e nello spazio, delle proprietà dei terreni.

Il disturbo dei campioni e l'effetto scala possono assumere notevole importanza nei terreni a struttura complessa. La scelta tra condizioni "non drenate" e "condizioni drenate" (trattata nel seguito) è relativamente agevole con riferimento al problema specifico ed in base al cinematismo del fenomeno ed alla natura dei terreni coinvolti.

Falde idriche

La presenza di falde idriche nel corpo di frana gioca un ruolo fondamentale sulla stabilità di un pendio, molto più rilevante che in altri settori applicativi della geotecnica.

A volte la falda è una sola ed il suo andamento è facilmente definibile se il sottosuolo è omogeneo ed isotropo e possono essere sufficienti pochi punti di misura per cogliere gli aspetti essenziali della rete idrodinamica. Più frequentemente coesistono più falde per la marcata disomogeneità del sottosuolo e, in questi casi, aumenta notevolmente il numero dei punti da tenere sotto osservazione e quasi sempre non risulta possibile definire la rete idrodinamica con l'attendibilità necessaria per la progettazione. Per rilevare l'escursione della falda nel tempo è necessario estendere il rilievo ad un intervallo di tempo di durata "significativa". Ai fini, ad esempio, della progettazione di un intervento di consolidamento, spesso la definizione della falda non può essere basata soltanto sui rilievi svolti - che inevitabilmente si riferiscono ad un periodo di tempo limitato - ma si deve tenere conto anche di ipotesi "più pesanti" che non è possibile escludere nella vita dell'intervento stesso e che, molto probabilmente, non sono state osservate nel periodo delle misure. Infine, quasi sempre non si dispone di rilievi sulla falda all'atto del movimento franoso, il che influenza la deduzione della resistenza mobilitata e quindi i parametri di resistenza del terreno posti alla base del progetto.

10.3.2 Modellistica

L'analisi di stabilità dei pendii viene normalmente affrontata con modelli dell'equilibrio limite che studiano le condizioni di equilibrio di volumi di terreno delimitati inferiormente da superfici di scorrimento. L'analisi è, in genere, limitata a detti volumi valutando il solo stato tensionale lungo tali potenziali superfici di scorrimento (senza esaminare, dunque, lo stato degli sforzi e delle deformazioni dell'intero pendio), e lungo le quali viene definito il coefficiente di sicurezza allo scorrimento, secondo quanto verrà nel seguito specificato. La superficie critica è quella caratterizzata dal minimo valore del coefficiente di sicurezza che esprime le condizioni di stabilità del pendio.

La ricerca della superficie critica viene condotta in modo differente in relazione alle condizioni geomorfologiche, litologiche, geomeccaniche e di stabilità dei sito. Nel caso per esempio di pendii in frana, la superficie può essere rilevata attraverso la misura degli spostamenti superficiali e profondi ovvero attraverso una procedura analitica di "back-analysis". Nel caso in cui non si disponga di dette misure o se il pendio non sia (ancora) interessato da movimenti franosi, tale superficie deve essere ricercata con il calcolo, attraverso una serie di tentativi. Evidentemente situazioni stratigrafiche particolari potranno indirizzare la scelta delle superfici da analizzare.

L'analisi condotta con i differenti metodi è rivolta alla valutazione del coefficiente di sicurezza Fs definito attraverso l'espressione:

$$Fs = \tau_f / \tau_m \quad [3.1]$$

dove:

τ_f = resistenza al taglio media disponibile lungo la superficie di scorrimento; .

τ_m = resistenza media mobilitata, ossia lo sforzo tangenziale medio che equilibra il peso del volume di terreno e degli eventuali carichi applicati lungo la superficie di scorrimento.

Il coefficiente di sicurezza Fs rappresenta quindi il termine per il quale deve essere divisa la resistenza a taglio disponibile per determinare le condizioni di rottura lungo la superficie esaminata.

Generalmente la condizione di rottura viene imposta riducendo in eguale misura le differenti componenti della resistenza a taglio di tutti i terreni incontrati dalla superficie di rottura: si ipotizza, quindi, che sia in atto un'uguale mobilitazione della resistenza al taglio, sia nei termini coesivi che attritivi di tutti i terreni intercettati dalla superficie. Ciò in realtà non si verifica, in quanto, il grado di mobilitazione della resistenza al taglio delle singole porzioni di terreno interessate dalla superficie di scorrimento, è legato al regime delle deformazioni e, inoltre, a parità di deformazione esso è diverso per terreni di differente deformabilità. Infine, la resistenza per coesione tende ad essere mobilitata per piccoli spostamenti a differenza di quanto accade per la resistenza per attrito.

I metodi dell'equilibrio limite prescindono dalla valutazione degli spostamenti e non richiedono, pertanto la conoscenza dei legami tensioni-deformazioni dei terreni per i quali si ipotizza un comportamento di tipo rigido-plastico.

Le condizioni di stabilità possono essere anche valutate effettuando l'analisi tensio- deformativa del pendio avvalendosi generalmente di codici di calcolo numerici. In questo caso è necessario far ricorso alla definizione di una serie di parametri fra i quali la relazione tensioni-deformazioni dei terreni; è possibile tenere conto di differenti proprietà quali l'anisotropia e la viscosità. In tali tipi di analisi è necessario evidenziare l'importanza che assume la corretta valutazione dello stato tensionale iniziale, ossia del coefficiente di spinta a riposo (cfr Cap. 10), ma anche delle caratteristiche di resistenza e di deformabilità dei terreni.

Un'analisi agli elementi finiti, se condotta sulla base di una modellazione poco attendibile porta a valutazioni sicuramente non soddisfacenti e addirittura di minor precisione della semplice analisi all'equilibrio limite. Sono da ricordare, infatti, le difficoltà insite nella parametrizzazione corretta dei terreni e nella definizione della maglia di discretizzazione (maglia degli elementi finiti o rete dei punti delle differenze finite) e gli errori connessi ad essa se questa non è capace di interpretare il fenomeno reale nelle zone in cui si manifestano forti gradienti di deformazione e tensione.

In questa sede ci si limiterà, pertanto, all'esame dell'applicazione dei soli metodi all'equilibrio limite che, come detto, richiedono la sola valutazione dei parametri di resistenza al taglio, valutandone criticamente i limiti e facendo riferimento, se non diversamente specificato, a condizioni piane di deformazione. Tali procedimenti risultano ampiamente utilizzati nella pratica comune (in genere senza tener conto della vegetazione, come trattato nel seguito) sia per l'analisi di stabilità sia nella progettazione degli interventi, eventualmente richiesti per la stabilizzazione dei pendii.

Parametri di resistenza

Prima di affrontare in geotecnica il calcolo di un qualsiasi problema a rottura di un terreno *saturo* (in generale nei pendii instabili è presente una falda idrica) è necessario considerare la scelta fra due tipi di analisi: quella in termini di *tensioni totali* e quella in termini di *tensioni effettive*. Al primo tipo si fa ricorso, in condizioni *non drenate*, considerando il mezzo equivalente caratterizzato dalla coesione non drenata cu. In questo caso la resistenza a taglio disponibile è espressa dalla relazione:

$$\tau_f = c_u \quad [3.2]$$

Nel secondo caso invece si ci basa sulla resistenza dello scheletro solido la quale viene determinata attraverso prove drenate o non drenate con misura delle pressioni neutre; inoltre è necessaria la conoscenza del regime delle pressioni neutre in sito. L'espressione della resistenza al taglio disponibile è quella di Mohr-Coulomb:

$$\tau_f = c' + \sigma' \tan\varphi' \quad [3.3]$$

dove:

c' = coesione dello scheletro solido;

ϕ' = angolo di attrito o di resistenza al taglio dello scheletro solido;

σ' = tensione normale effettiva sul piano di rottura.

La tensione normale effettiva, come noto, è legata alla tensione normale totale s ed alla pressione neutra u dal ben noto "criterio delle tensioni effettive" di Terzaghi, espresso dalla relazione:

$$\sigma = \sigma' + u \quad [3.4]$$

Nelle condizioni drenate il regime delle pressioni neutre u sarà in "equilibrio" con le condizioni idrauliche al contorno; nelle condizioni non drenate tale condizione non si verificherà.

È evidente che nei problemi geotecnici il calcolo verrà affrontato in condizioni drenate o non drenate a seconda che si verifichi l'una o l'altra condizione. Come noto nei terreni a grana grossa si verifica sempre la condizione drenata (ad eccezione delle condizioni di sollecitazione sotto sisma), in quanto la permeabilità degli stessi risulta sufficientemente elevata da consentire in tempi rapidi il ristabilirsi delle condizioni di "equilibrio" delle pressioni neutre con le condizioni idrauliche al contorno. Nei terreni a grana fine, di bassa permeabilità, può verificarsi tanto la condizione drenata quanto quella non drenata.

L'analisi delle condizioni in termini di tensioni totali è apparentemente più semplice; il punto fondamentale del metodo è però la valutazione attendibile della coesione non drenata cu che condiziona in modo proporzionale il coefficiente di sicurezza. Questo parametro è marcatamente influenzato dai caratteri di disomogeneità e discontinuità, in genere a scala maggiore di quella del campione di laboratorio, e pertanto la sua indeterminatezza è elevata. Se non diversamente specificato, ci si riferisce dunque alla coesione e all'angolo d'attrito interno "effettivi" (talora tralasciando l'apice nella simbologia). Più razionale, infatti, appare l'approccio in termini di tensioni effettive, per cui risulta indispensabile, però, la conoscenza del regime delle pressioni neutre. I metodi di calcolo vengono perciò presentati in termini di tensioni effettive, ipotizzando noto il regime delle pressioni neutre. Nei pendii naturali queste ultime sono legate alla struttura litostratigrafica ed al regime pluviometrico. Difficoltosa ne risulta, però, la previsione teorica ed è indispensabile ricorrere alla loro misura attraverso l'installazione di un significativo numero di piezometri. L'analisi di stabilità andrebbe eseguita in base alla condizione idraulica

più gravosa prevedibile. Nella maggior parte dei casi tecnici si dispone di misure eseguite in un tempo sempre limitato e pari solo ad alcuni mesi o qualche anno e tali da non rendere attendibile la suddetta previsione.

Per quanto poi attiene ai parametri di resistenza al taglio occorre ricordare che, solitamente, le superfici critiche nei pendii naturali risultano abbastanza superficiali e tali da essere condizionati dalla coesione drenata c' che, al pari della coesione non drenata cu, risulta di difficile determinazione. Più attendibile risulta, invece, la determinazione in laboratorio dell'attrito ϕ'.

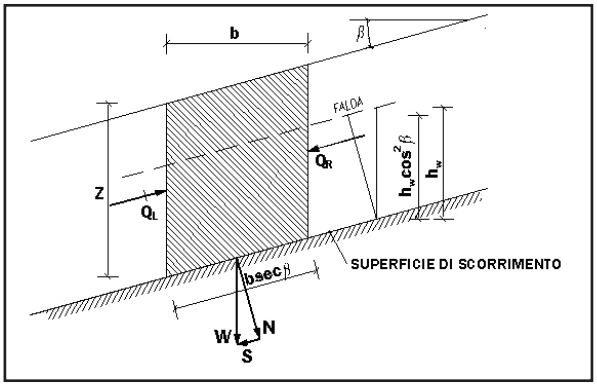
Per una rassegna dei modelli di stabilità si veda Brundsen in Preti, 2005 o quelli citati in Bischetti et al., 2005; Mattia et al.; 2005: e.g. Flair, Geoslope, Shalstab, Sinmap, SLIP4EX, Dietrich et al., Iverson, Montgomery et al., etc. in Versace, 2004, Bischetti et al., 2004; Greenwood et al., 2004; Wu, 2004.

Il pendio indefinito

Prima di affrontare l'analisi dei differenti metodi disponibili per l'analisi di stabilità di pendii naturali ed artificiali, viene esaminato il semplice caso del pendio indefinito per evidenziare l'influenza dei vari parametri in gioco e per definire ulteriormente i concetti sovraesposti.

Con il termine pendio indefinito si individua un declivio a pendenza costante sufficientemente esteso in modo tale che le considerazioni relative ad un suo elemento tipico possano essere estese all'intero pendio. Le proprietà geomeccaniche del terreno e la pressione neutra sono costanti lungo piani paralleli al piano di campagna (Figura 10.9):

Fig. 10.9: Schema di pendio indefinito



Attraverso semplici condizioni di equilibrio possono essere calcolate le tensioni normale totale e tangenziale, agenti su una giacitura parallela al piano campagna; esse valgono rispettivamente:

$$\sigma = \gamma\, Z\cos^2\beta$$
$$\tau = \gamma\, Z\,\mathrm{sen}\beta\cos\beta \quad [3.5]$$

dove:

β = inclinazione del pendio [°];

Z = profondità della giacitura considerata [m];

$\gamma = \gamma_{sat} - \gamma_w$ peso dell'unità di volume del terreno (γsat se il terreno è saturo) [kN /m³];

= peso specifico sommerso [kN /m³], con peso specifico dell'acqua [kN /m3].

Il coefficiente di sicurezza, definito come rapporto fra la resistenza τ_f a taglio disponibile e la τ_m mobilitata vale:

$$Fs = \frac{c' + (\gamma Z\cos^2\beta - u)\tan}{\gamma Z\,\mathrm{sen}\,\beta\cos\beta} \quad [3.6]$$

dove:

c' = coesione del terreno effettiva [kPa];

f' = angolo d'attrito del terreno effettivo [°].

Il coefficiente di sicurezza cresce linearmente con la coesione c' e con la tangente dell'angolo d'attrito f', mentre diminuisce con la pressione neutra u e risulta, inoltre, funzione decrescente della profondità. Nell'ipotesi che il pendio sia interessato da un moto di filtrazione che si sviluppa parallelamente al piano campagna la pressione neutra vale:

$$u = \gamma_w h_w \cos^2\beta \quad [3.7]$$

dove h_w è la profondità della superficie di scorrimento rispetto alla superficie libera della falda. Il coefficiente di sicurezza in questo caso vale:

$$Fs = \frac{c' + (\gamma Z - \gamma_w h_w)\cos^2\beta\tan\varphi'}{\gamma Z\,\mathrm{sen}\beta\cos\beta} \quad [3.8]$$

Se si introduce il coefficiente adimensionale di pressione neutra ru, pari al rapporto fra la pressione neutra e la tensione normale totale, il coefficiente di sicurezza diventa pari a :

$$Fs = \frac{c'/\gamma Z + (1 - r_u)\cos^2\beta\tan\varphi'}{\mathrm{sen}\beta\cos\beta} \quad [3.9]$$

Come si vede, a parità di ru, se c' non è nulla, il coefficiente di sicurezza tende a diminuire al crescere della profondità. Se la coesione c' è nulla o il termine c'/γz è trascurabile, imponendo Fs=1, si può ricavare l'angolo di resistenza al taglio richiesto o mobilitato:

$$\tan\varphi a_{RICH} = \tan\beta/(1 - r_u) \quad [3.10]$$

II coefficiente di pressione neutra varia fra 0 e circa 0.5 (r_u= 0 per falda al di sotto della superficie di scorrimento; r_u= 0.5 per falda al piano campagna, con il peso specifico del terreno circa doppio di quello del-

l'acqua). Dall'espressione prima richiamata si deduce che l'angolo di attrito richiesto è pari all'angolo d'inclinazione del pendio se la falda è profonda (r_u= 0), mentre risulta pari a circa il doppio dell'inclinazione del pendio se la falda è presente al piano campagna (r_u= 0.5).

Sempre per evidenziare l'influenza del regime della falda si farà riferimento ad un pendio indefinito costituito da terreno incoerente saturo a partire dal piano campagna. Se il pendio e interessato da un moto stazionario unidirezionale con inclinazione costante a sulla orizzontale con $\alpha > \beta$, ai dimostra che la pressione neutra in un punto vale:

$$u = \frac{\gamma_w Z}{(1+\tan\alpha \tan\beta)} \quad [3.11]$$

In questo caso si ottiene:

$$\tan\varphi'_{RICH} = \frac{\tan\beta}{\left[1-\frac{\gamma_w(1+\tan^2\beta)}{\gamma(1+\tan\alpha\tan\beta)}\right]} \quad [3.12]$$

Si può ricavare, inoltre, per $\alpha = \beta$, l'angolo di resistenza al taglio richiesto o mobilitato:

$$\tan\varphi'_{RICH} = \tan\beta/(1-\gamma_w/\gamma) \quad [3.13]$$

Il quale risulta, quindi, pari a circa il doppio di tanβ.

Il metodo del pendio indefinito è stato adattato per tenere conto della presenza della vegetazione (metodo PB, ovvero del Pendio Boscato, Barneschi e Preti, 2002; Wu et al., 1979 in Bache e MacAskill, 1984).

Questo metodo esamina le condizioni di stabilità di un prisma di suolo che è considerato omogeneo, isotropo, di estensione infinita, secondo le ipotesi di Mohr-Coulomb riviste da Terzaghi (Terzaghi, 1923 in Barneschi 2002). Nella forma stesa, incluso vegetazione Fs è dato dalle espressioni seguenti, rispettivamente per suolo saturo (livello di falda al piano di campagna) e non saturo:

$$Fs = \frac{c'+c'_v}{(z\gamma_{sat}\cos\beta + W_v)\,sen\beta} + \frac{(z\gamma'\cos\beta + W_v)}{(z\gamma_{sat}\cos\beta + W_v)}\frac{\tan\phi'}{\tan\beta}$$

$$Fs = \frac{c'+c'_v}{(z\gamma_d\cos\beta + W_v)\,sen\beta} +$$

dove:

c'_v = coesione radicale media alla superficie di rottura [kPa];

W_v = sovraccarico dovuto alla vegetazione [kPa].

Le versioni estese delle formule precedenti nelle diverse condizioni di infiltrazione e di livello di falda sono riportate in Barneschi (2002).

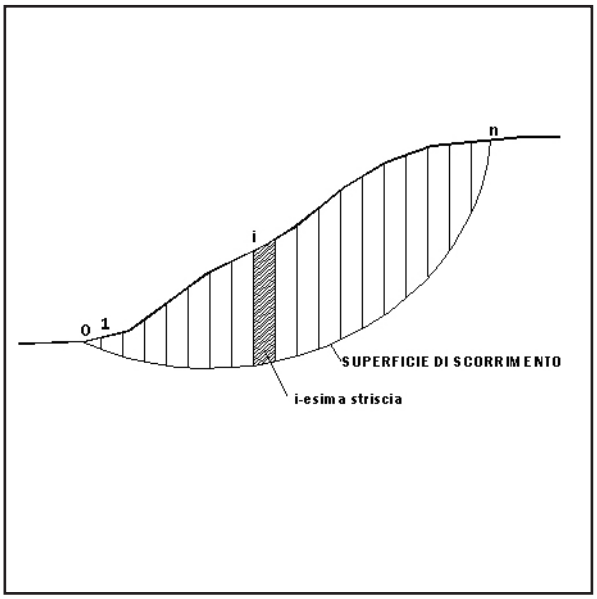
Metodi delle strisce o a conci

I metodi dell'equilibrio limite, che normalmente vengono adottati, prendono generalmente il nome di metodi delle strisce, in quanto la massa di terreno da prendere in esame, compresa tra il piano campagna e la potenziale superficie di rottura, viene suddivisa in un numero discreto di conci o strisce verticali (Figura 10.10).

Come noto, il metodo delle strisce venne per la prima volta proposto da Fellenius nel 1937. Successivamente numerosi autori hanno proposto varianti a questo metodo con l'obiettivo di ottenere una migliore precisione dell'analisi.

Prima di considerare le particolarità dei differenti metodi è opportuno fare alcune considerazioni di carattere generale. I metodi tendono a valutare, in termini discreti, lo stato tensionale all'interno della massa e lungo la superficie di scorrimento. Vengono determinate le componenti normali e tangenziali delle forze fra le singole strisce interagenti e le componenti normali e tangenziali delle azioni agenti lungo le basi delle strisce (Figura 10.11).

Fig. 10.10: Metodo delle strisce: schematizzazione del pendio



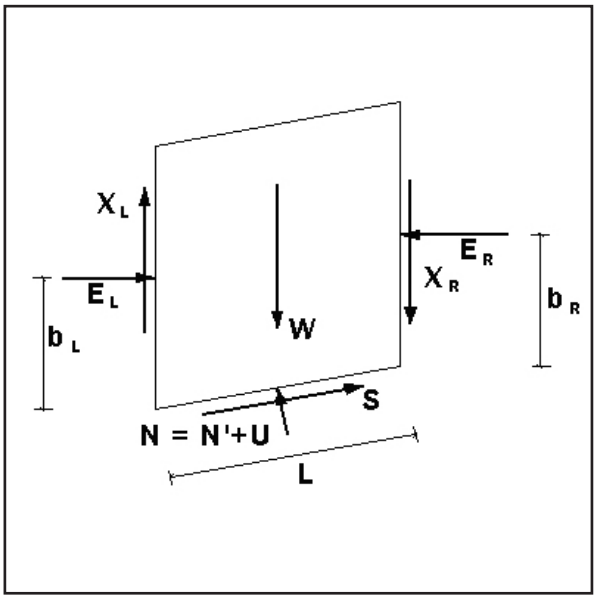
Nell'ipotesi che le strisce siano sottili e delimitate inferiormente da basi piane risultano note le rette di azione delle componenti normali e tangenziali delle forze lungo le stesse. Indicando con n il numero delle strisce, lo stato tensionale è individuato attraverso (5n-3) grandezze incognite e precisamente:

a) lungo le interfacce

· (n-1) componenti normali E;

· (n-1) componenti tangenziali X;
· (n-1) altezze b della linea di azione della componente normale E.

Fig. 10.11: Metodo delle strisce: sistema di forze agenti su una striscia



b) lungo le basi
· n componenti normali N;
· n componenti tangenziali S.

Il sistema di forze in esame deve risultare equilibrato, nell'ambito di ciascuna striscia. Lungo le basi il terreno deve trovarsi in condizioni di rottura in presenza della resistenza a taglio ridotta, ossia di c'/Fs e di tanϕ'/Fs, dove Fs è il coefficiente di sicurezza incognito. È possibile allora scrivere 3n equazioni di equilibrio (2n alla traslazione ed n alla rotazione) ed n condizioni che legano, in corrispondenza di ciascuna striscia, S, N ed Fs del tipo:

$$S = \left[c' L + (N - U)\tan\varphi a\right]/F s \quad [3.14]$$

dove:
L = lunghezza della base della striscia;
N = forza normale totale sulla base della striscia;
U = risultante della pressione neutra lungo la striscia.

Sfortunatamente il numero delle incognite supera quello delle equazioni ed il problema risulta indeterminato. Considerando anche il coefficiente di sicurezza, il numero delle incognite risulta, infatti, pari a [(5n-3)+1]; il numero delle equazioni e pari a 4n e la differenza fra incognite ed equazioni e quindi pari a (n - 2). II problema risulta determinato nel solo caso in cui la massa sia stata suddivisa in sole due parti (metodo dei blocchi cuneiformi), caso scarsamente significativo ai fini della risoluzione dei comuni problemi ingegneristici.

Tutti i metodi disponibili introducono alcune assunzioni nel tentativo di compensare le indeterminazioni e, pertanto, un metodo delle strisce differisce dall'altro in virtù delle ipotesi assunte per superare le indeterminazioni di cui sopra. A volte il numero di assunzioni è troppo elevato ed il problema diventa ridondante; vengono, pertanto, violate alcune condizioni di equilibrio.

Nel seguito tra i molteplici metodi delle strisce presenti in letteratura nel seguito si descrivono, a solo titolo di esempio, il metodo di Fellenius e quello di Bishop che risultano ampiamente impiegati nella corrente pratica progettuale.

Metodo di Fellenius

Questo metodo è considerato il più semplice, in quanto perviene ad un'espressione lineare del coefficiente di sicurezza. Viene applicato adottando superfici di scorrimento a generatrice circolare. Questo metodo ipotizza che le forze di interfaccia possano essere trascurate, perché parallele alla base di ogni striscia. Questa ipotesi è tale che il principio secondo il quale "le azioni eguagliano le reazioni" è violato in corrispondenza di ogni interfaccia.

Lo sforzo normale agente sulla base di ciascuna striscia viene determinato imponendo la condizione di equilibrio alla traslazione nella direzione normale alla base stessa; esso risulta pari a:

$$N = W\cos\alpha \quad [3.15]$$

Lo sforzo tangenziale, in base alla condizione di rottura, risulta invece pari a:

$$S = \left[c' L + (N - U)\tan\varphi a\right]/F s \quad [3.16]$$

Imponendo la condizione di equilibrio alla rotazione intorno al centro del cerchio:

$$\sum W\text{sen}\alpha = \sum S \quad [3.17]$$

si perviene alla nota espressione del coefficiente di sicurezza:

$$Fs = \frac{\sum\left[c' L + (W - uL\cos\alpha)\cos\alpha\tan\varphi'\right]}{\sum W\text{sen}\alpha} \quad [3.18]$$

Poiché il termine (Wcosa-uL) può risultare negativo, è stato proposto un differente modo per calcolare lo sforzo normale effettivo, alleggerendo il peso W della sottospinta (uLcosa). Si ha pertanto la seguente espressione del coefficiente di sicurezza:

$$Fs = \frac{\sum\left[c' L + (W - uL\cos\alpha)\cos\alpha\tan\varphi'\right]}{\sum W\text{sen}\alpha} \quad [3.19]$$

Metodo di Bishop

Questo metodo rappresenta una evoluzione del metodo di Fellenius. Lo sforzo normale agente sulla base di ogni striscia viene determinato imponendo la condizione di equilibrio alla traslazione verticale; esso risulta pari a:

$$N = \frac{\left[W + \Delta X - c'L\,sen\alpha/F + uL\tan\varphi'\,sen\alpha/Fs\right]}{m\alpha} \quad [3.20]$$

dove:

$m\alpha = \cos\alpha+(\sin\alpha\tan\varphi')/Fs$;

$\Delta X = X_R - X_L$ = differenza fra le forze tangenziali d'interfaccia.

Lo sforzo tangenziale è sempre dato dall'espressione:

$$S = \left[c'L + (N - U)\tan\varphi'\right]/Fs \quad [3.21]$$

Il coefficiente di sicurezza viene determinato, analogamente al metodo di Fellenius, imponendo la condizione di equilibrio alla rotazione intorno al centro del cerchio:

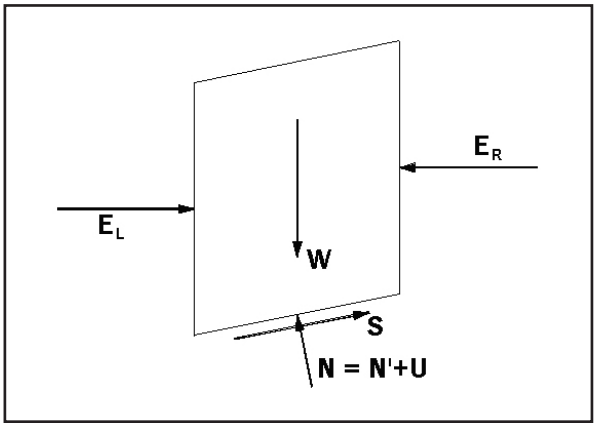
$$\sum W\,sen\alpha = \sum S \quad [3.22]$$

Sostituendo si perviene alla seguente espressione del coefficiente di sicurezza:

$$Fs = \frac{\sum\left[(W + \Delta X - uL\cos\alpha)an\varphi' + c'L\cos\alpha\right]\left[1/m\alpha\right]}{\sum W\,sen\alpha} \quad [3.23]$$

Per utilizzare l'equazione è necessario fare delle ipotesi sulle forze tangenziali di interfaccia. Bishop notò che, per variazioni anche notevoli della distribuzione delle X, il coefficiente di sicurezza oscillava in un campo molto ristretto (pari all'1%) e pertanto, propose, per i problemi tecnici, di trascurare le forze tangenziali d'interfaccia. Il metodo prende il nome di metodo di Bishop semplificato (Figura 10.12).

Fig. 10.12: Ipotesi del metodo di Bishop semplificato



Poiché $m\alpha$ è funzione del coefficiente di sicurezza il metodo deve ricercare F in modo iterativo. Sono sufficienti in genere 4¸5 iterazioni per raggiungere la convergenza. Anche in questo caso vengono violate alcune condizioni di equilibrio, risultando il numero delle assunzioni maggiore di quello delle indeterminazioni. Nonostante ciò la precisione del metodo risulta comparabile a quella di altri metodi più complessi.

Versioni che tengono conto della vegetazione

Nei modelli precedenti è possibile considerare il rinforzo dovuto all'incremento di coesione o alle forze resistenti dovute a singole radici, le variazioni di pressione, il sovraccarico delle piante, le sollecitazioni da parte del vento.

Nell'ambito del progetto internazionale ECOSLOPES, un foglio elettronico Excel denominato SLIP4EX è stato recentemente messo a punto per confrontare i seguenti modelli per l'analisi di stabilità dei versanti vegetati: Bishop, Janbu, Greenwood General, Simple and Swedish (Fellenius).

Ad esempio la General stability equation (Greenwood 1989; Morrison and Greenwood, 1989) e data da (simboli in Tabella seguente)

Se la superficie della falda è parallela alla falda, allora U2 = U1 e si ottiene la Swedish equation, mentre se essa è assunta orizzontaòe attraverso la striscia, si ottiene la Greenwood Simple equation (Greenwood 1983, 1989).

L'equazione generale è integrata con gli effetti della vegetazione, il rinforzo e le variaizoni idrologiche (Greenwood et al 2003, Greenwood et al 2004), come segue (simboli in Tabella seguente):

Fra gli altri approcci recenti, si può citare quello energetico (Ekanayake e Phillips, 2002), la cui validità è tuttora controversa (Wu, 2003; Ekanayake e Phillips, 2003; Preti, 2005).

10.4 Interventi per la stabilizzazione dei pendii

10.4.1 Tipologie e criteri di intervento convenzionali

In termini del tutto generali gli interventi di stabilizzazione dei pendii possono essere distinti in:

- interventi strutturali (cui si farà riferimento nel seguito) con in quali si ottiene un incremento dell'attuale margine di sicurezza del pendio riducendo le forze squilibranti e/o aumentando le forze resistenti;
- interventi non strutturali con i quali si limita l'utilizzazione del pendio in base all'esistente margine di sicurezza;
- interventi di emergenza con i quali il pendio viene posto sotto osservazione (monitorato) e la sua utilizzazione viene regolata in base al suo comportamento nel tempo.

Le necessità e le finalità di interventi strutturali

$$F_S = \frac{\sum\left[c'\ell + \left(W\cos\alpha - u\ell - \left(U_2 - U_1\right)\sin\alpha\right)\tan\phi'\right]}{\sum W\sin\alpha}$$

Notation for general slope stability analysis in SLIP4EX (Greenwood et al.,2004)		
H	*Average height of slice*	*m*
H	*Width of slice*	*m*
ℓ	*Lenght (chord) along base of slice*	*m*
R	*Radium of slip circle*	*m*
c'	*Effective cohesion at base of slice*	kN/m^2
ϕ'	*Effective angle of friction at base of slice*	*degrees*
γ	*Bulk Unit weight of soil in slice*	kN/m^3
γ_w	*Unit weight of water (usually 10 kN/m³)*	kN/m^3
W	*Total weight of soil in slice (for layered soils, with soils 1,2,3 etc.* $W= (g_1H_1+g_2H_2+g_3H_3+etc) \times b)$	*kN*
α	*Inclination of base of soil slice to horizontal (negative at toe)*	*degrees*
h_{w1}	*Height of free water surface above left hand slide of slice*	*m*
h_{w2}	*Height of free water surface above right hand slide of slice*	*m*
U^1	*Water force on left hand side of slice (from flow net, seepage calculations or based on* h_{w1}*)*	*kN*
U^2	*Water force on right hand side of slice (from flow net, seepage calculations or based on* h_{w2}*)*	*kN*
h_w	*Average piezometric head at the base of the slice. For hydrostatic conditions* $h_w= (h_{w1}+h_{w2})/2$	*m*
U	*Average water pressure on base of slice =* $(\gamma_w \times h_w)$	kN/m^2
f_s	*Resultant seepage force on slice*	*kN*
T *or* τ	*Available shear resistance*	*kN*
S *or* S_f	*Shear force ('disturbing' force)*	*kN*
N'	*Effective normal force on base of slice*	*kN*
X_1, X_2	*Total vertical interslice forces*	*kN*
X_1', X_2'	*Effective vertical interslice forces*	*kN*
E_1, E_2	*Total horizontal interslice forces*	*kN*
E_1', E_2'	*Effective horizontal interslice forces*	*kN*
K	*Earth Pressure Coefficient* $(\sigma h'/\sigma v')$	*Ratio*
F	*Factor of Safety (usually shear strenght/shear force on slip plane)*	*Ratio*
F_m	*Factor of Safety in terms of moment equilibrium*	*Ratio*
F_f	*Factor of Safety in terms of horizontal force equilibrium*	*Ratio*
F	*Factor of Safety (usually shear strenght/shear force on slip plane)*	*Ratio*

devono essere valutati con attenzione, in quanto:

- comportano la realizzazione di opere di notevole impegno sia tecnico sia economico;
- le forze in gioco sono di notevole entità, spesso di difficile e non sicura valutazione;
- il comportamento del sistema pendio-intervento risulta alquanto complesso e si evolve nel tempo.

sostegno ma anche la tipologia di opera di sostegno da impiegare, mentre l'inclinazione del pendio può condizionare l'impiego di tubi drenanti da infiggere in superficie;

- la natura e le caratteristiche dei terreni del corpo di frana;
- l'incremento del margine di sicurezza richiesto;

$$Fs = \frac{\sum[(c'+c'_v)\ell + ((W+W_v)\cos\propto -(u+\Delta u_v)\ell - ((U_2+\Delta U_{2v})-(U_1+\Delta U_{1v}))\sin\propto -D_w\sin(\alpha-\beta)+T\sin\theta)\tan\phi']}{\sum[(W+W_v)\sin\propto +D_w\cos(\alpha-\beta)-T\cos\theta]}$$

Notation for additional vegetation, reinforcement and hydrological effects in SLIP4EX (Greenwood et al.,2004)		
c'_v	*Additional effective cohesion at base of slice (due to vegetation, etc.)*	*kN/m²*
W_v	*Increase in weight of slice due to vegetation (or surcherge)*	*kN*
T	*Tensile root or reinforcement force on slice*	*kN*
θ	*Angle between direction of T and base of slip surface*	*degrees*
Dw	*Windthrow force (downslope)*	*kN*
β	*Angle between direction and horizontal (often assumed equal to slope angle)*	*degrees*
Δh_{w1}	*Increase in height of free water surface above left side of slice*	*M*
Δh_{w2}	*Increase in height of free water surface above right side of slice*	*M*
ΔU_1	*Increase in water force on left hand side of slice*	*kN*
ΔU_2	*Increase in water force on right hand side of slice*	*kN*
Δh_w	*Increase in average piezometric head at base of slice (due to vegetation)*	*M*
Δu_v	*Increase in average water pressure at the base of slice,* $= \gamma_w x\ \Delta h_w$	*kN/m²*

La scelta della tipologia di intervento strutturale per la stabilizzazione di un pendio è legata sia a fattori inerenti il problema specifico in esame sia a fattori di carattere generale. Tra questi ultimi, si ricordano:

- le condizioni di stabilità attuale del pendio, le quali possono influire notevolmente sulla possibilità o meno di poter eseguire certe lavorazioni in modo tale da garantire adeguate condizioni di accessibilità, di mobilità e di sicurezza per gli uomini e per le attrezzature;
- la velocità del movimento franoso (molteplici classificazioni proposte correlano la velocità del movimento franoso con il danno da esso prodotto e con la possibilità di realizzare interventi di stabilizzazione);
- le dimensioni del corpo di frana, dato che la geometria e, in particolare, lo spessore della frana condiziona sia la possibilità o meno di impiegare opere di
- la disponibilità e la convenienza economica.

I criteri utilizzabili per la stabilizzazione di un pendio sono finalizzati ai due seguenti obiettivi sopra menzionati:

- riduzione delle forze squilibranti o destabilizzanti;
- aumento delle forze resistenti.

A titolo esemplificativo tra gli interventi convenzionali per la riduzione delle forze squilibranti si ricorda lo scavo per l'alleggerimento in sommità del pendio, la riprofilatura del pendio (ad es. con sistemazione a gradoni), il rinfianco a piede del pendio (Figura 10.13; Regione Toscana, 2000).

La modifica della geometria del pendio con movimenti di terra è la soluzione ideale per le frane di scorrimento rotazionale nelle quali l'esecuzione di scavi di

alleggerimento nella zona del ciglio di distacco e di riporti nella zona del piede riduce il momento delle forze motrici ed aumenta il momento di quelle resistenti. Per le frane di traslazione su superficie piana l'effetto di stabilizzazione produce risultati se gli scavi ed i riporti riducono l'inclinazione del pendio.

La modifica della geometria del pendio presenta ovvie controindicazioni; gli scavi di alleggerimento in corrispondenza del ciglio possono essere causa di instabilità del versante a monte della frana. I riporti, di regola ubicati al piede della frana, possono modificare le condizioni di deflusso delle acque superficiali.

Tra gli interventi per l'aumento delle forze resistenti, si evidenziano quelli che prevedono la realizzazione di vere e proprie opere di sostegno, ma anche la sistemazione idraulica superficiale e/o profonda, ovvero il miglioramento delle caratteristiche meccaniche dei terreni (addensamento, iniezioni, etc.) (Figura 10.14; Regione Toscana, 2000).

Il classico intervento di stabilizzazione strutturale si realizza in genere per mezzo dell'inserimento al piede o all'interno del corpo di frana di opere di sostegno. In base alla posizione rispetto al pendio ed alla tipologia strutturale si possono realizzare differenti opere di sostegno quali muri, pozzi, palificate, setti, paratie, gabbionate. Le strutture continue vengono disposte in genere al piede della frana mentre quelle puntuali possono essere distribuite all'interno del corpo di frana e sono da preferire nei casi in cui la superficie ed in particolare la lunghezza sia rilevante, poiché consentono di ottenere un incremento del margine di sicurezza diffuso e quindi effetti più uniformi della stabilizzazione. Tra i limiti di queste opere vanno evidenziati il loro impatto e, per alcune di esse, la rigidità (rischio di fessurazioni a seguito di spostamenti differenziali del terreno): quando è possibile è, dunque, sempre opportuno il ricorso alle tecniche di Ingegneria Naturalistica.

La riduzione delle pressioni neutre all'interno del corpo di frana può essere realizzato per mezzo di opportune opere di drenaggio e protezione. Il drenaggio può essere di tipo superficiale con trincee drenanti ed in profondità mediante pozzi, gallerie, setti drenanti, fori sub-orizzontali. Le opere di drenaggio possono essere posizionate sia all'esterno del corpo di frana (in

Fig. 10.13: Esempi di interventi per la riduzione delle forze destabilizzanti su un pendio

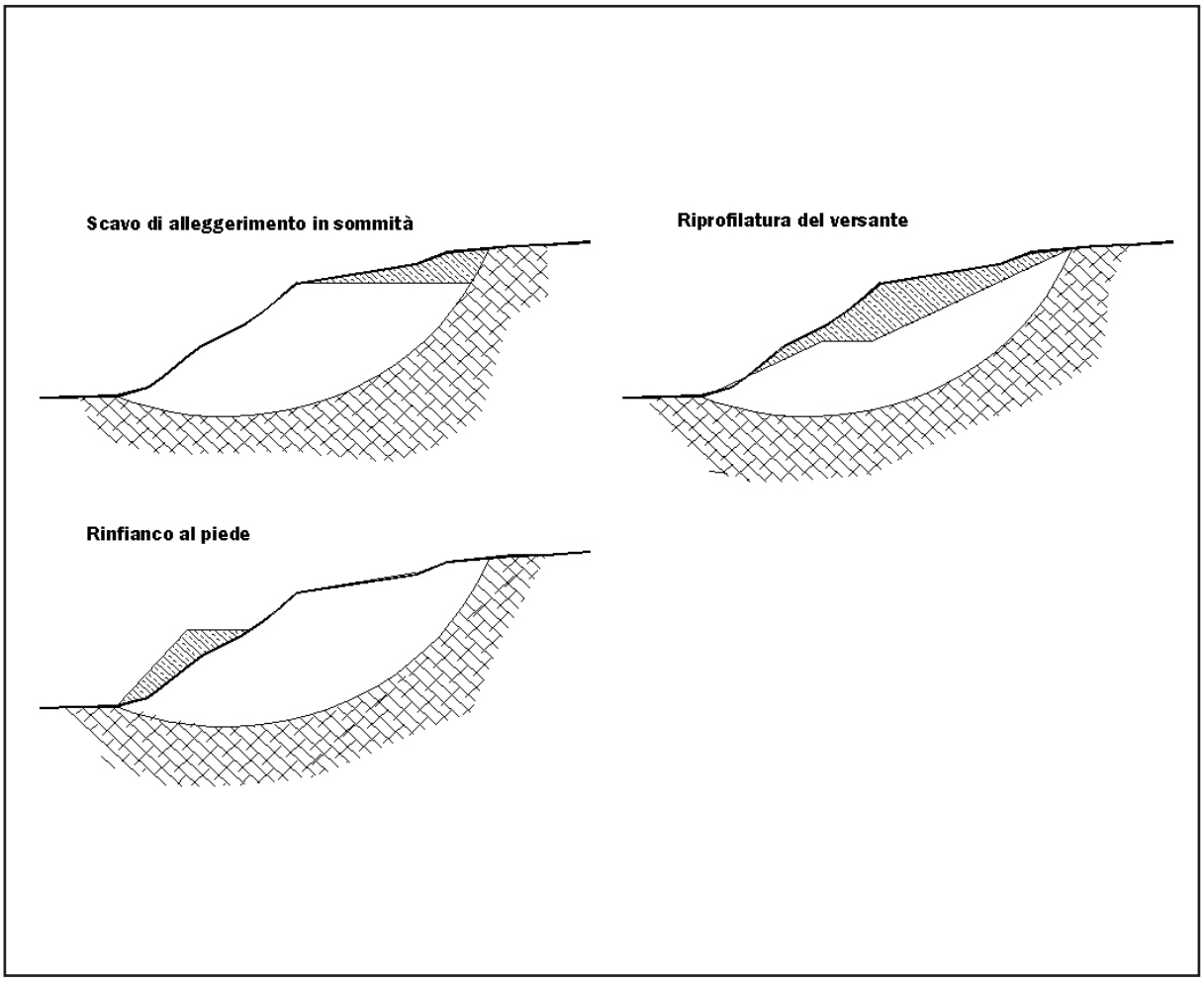
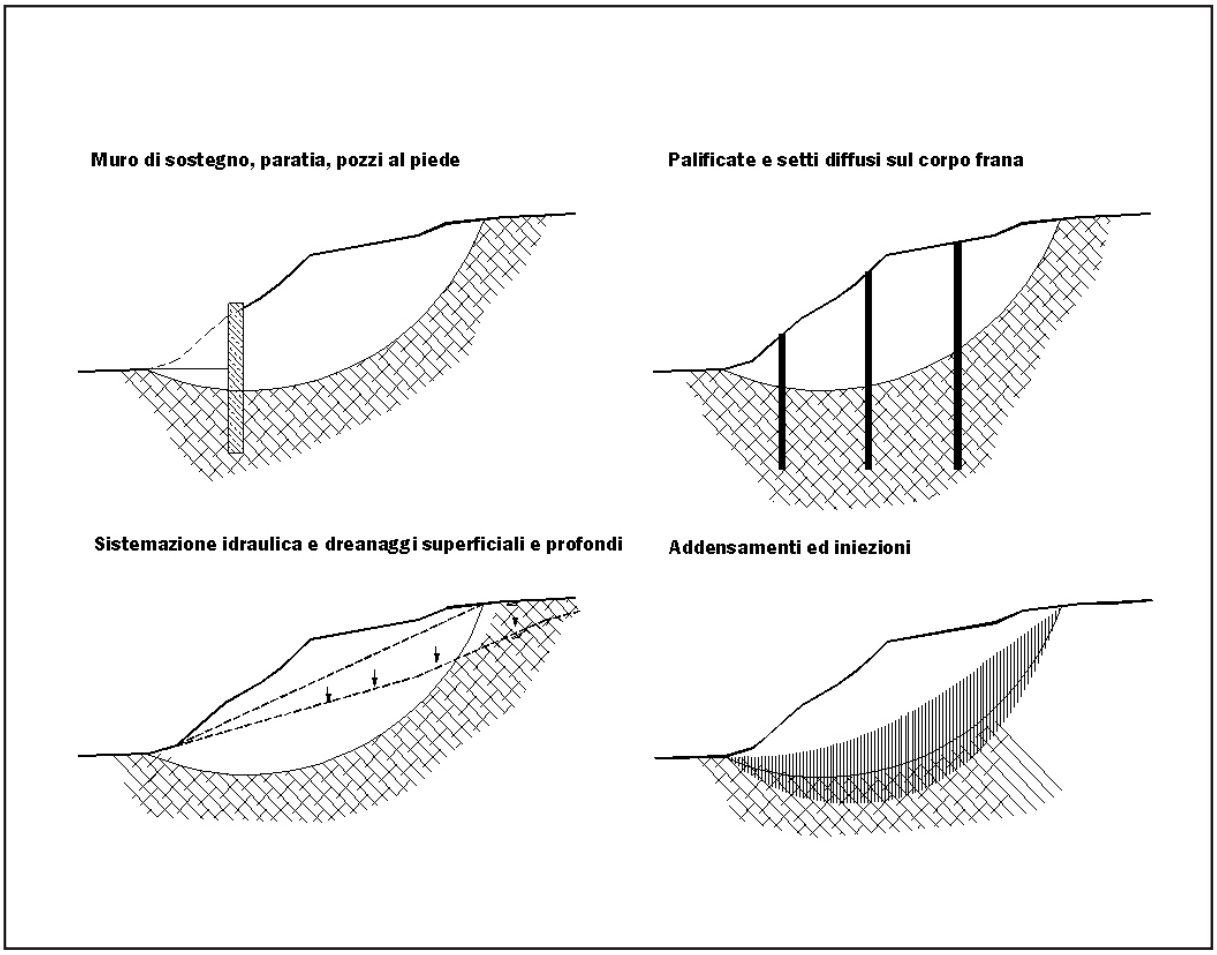


Fig. 10.14: Esempi di interventi convenzionali per l'aumento delle forze resistenti



genere a monte del ciglio di distacco) sia all'interno della massa in movimento secondo disposizioni planimetriche opportune. Il funzionamento dei sistemi di dreni è diverso a seconda della permeabilità dei terreni interessati: nei terreni permeabili la portata smaltita dai dreni è elevata e, se risulta maggiore di quella di alimentazione della falda idrica si determina un progressivo abbassamento della falda fino al prosciugamento del terreno. Se il terreno ha permeabilità bassa, la portata che affluisce ai dreni è limitata, ma l'effetto stabilizzante che è dovuto alla diminuzione della pressione neutra, risulta comunque sensibile.

Una riduzione indiretta delle pressioni neutre all'interno del copro di frana può anche ottenersi per mezzo di opere di protezione superficiale. Infatti le stesse consentono sia di contenere l'azione erosiva superficiale esercitata dalle acque meteoriche ma soprattutto limitano l'infiltrazione e la percolazione delle stesse all'interno del corpo di frana. Gli interventi di protezione superficiale possono ottenersi per mezzo dell'impiego di tecniche di Ingegneria Naturalistica utilizzando materiali naturali ovvero accoppiando materiali naturali con materiali artificiali quali i geosintetici. L'aumento delle pressioni effettive può ottenersi nelle rocce fratturate o nei terreni a grana grossa per mezzo del placcaggio della scarpata e con tiranti pretesi.

Il miglioramento delle proprietà meccaniche dei terreni può realizzarsi con differenti procedimenti a seconda della natura dei terreni: iniezioni di opportune miscele cementizie nei terreni a grana grossa e nelle rocce fratturate; addensamento mediante vibrazione nei terreni a grana grossa; iniezioni di resine nei terreni a grana media e nelle rocce con micro-fessurazioni; elettrolisi e cottura nelle argille.

Si ricordi, infine, che per la sistemazione delle frane si sono sempre considerati i classici interventi "*mediante sistemazioni idraulico-forestali anche e soprattutto nel reticolo idrografico in quanto l'erosione torrentizia scalzando al piede le pendici franose andava bloccata prima di intervenire sulla frana*" e la indispensabile "*manutenzione*" delle opere stesse. (Puglisi, 2003).

10.4.2 L'impiego della vegetazione per consolidamento, stabilizzazione e rivestimento dei versanti

Per secoli i versanti sono stati stabilizzati con viminate, tondame, palificate di sostegno e ramaglia, in quanto, fino ad un secolo fa, il legno, il pietrame e le

piante rappresentavano gli unici materiali da costruzione noti all'uomo per la messa in sicurezza di pendii e scarpate.

Diverse delle tecniche applicate già allora vengono oggi riproposte, modificate ed adattate alle moderne condizioni operative (cfr. Paragrafo 7.3), senza dimenticare l'importanza della conoscenza delle capacità biotecniche (in particolare della parte "nascosta" ipogea) e la manutenzione della vegetazione ("Le radici dei salici non permettono alle scarpate di spaccarsi e i rami dei salici che si trovino disposti lungo le scarpate, vengono di seguito potati in modo che diventino ogni anno più robusti", Leonardo da Vinci).

Le metodologie più recenti sono quelle che utilizzano unicamente materiali vivi, quali talee ed astoni di salice e piantine radicate.

Per progettare il più efficace intervento di Ingegneria Naturalistica che preveda l'impiego della vegetazione per la stabilizzazione di un movimento franoso è indispensabile capire il tipo di fenomeno da contrastare ovvero individuare se trattasi di un fenomeno di erosione del suolo, di un movimento di massa superficiale o profondo.

In genere per la stabilizzazione dei pendii naturali o delle scarpate artificiali non è sempre possibile demandare alla vegetazione l'intero compito stabilizzante e pertanto risulta necessario fare ricorso all'utilizzo di elementi strutturali integrativi come quelli in precedenza descritti (che a loro volta possono garantire anche lo sviluppo di vegetazione sul versante stabilizzato). Tuttavia la valutazione del contributo resistente offerto dalla vegetazione può risultare molto utile ai fini di una corretta analisi di stabilità e quindi in ultima analisi per un efficace dimensionamento dei possibili interventi di stabilizzazione.

Gli interventi di sistemazione dei versanti con tecniche di Ingegneria Naturalistica prevedono essenzialmente opere antierosive , stabilizzanti e consolidanti basate sulle caratteristiche biotecniche delle specie arbustive ed erbacee.

Le azioni di tipo meccanico indotte dalla copertura vegetale sui versanti consistono nella protezione antierosiva dalle acque dilavanti unitamente alla stabilizzazione dello strato superiore del suolo ad opera degli apparati radicali.

In particolare:

- *le radici legano le particelle di suolo diminuendone l'erodibilità e lo rinforzano, aumentandone la resistenza al taglio con un meccanismo analogo a quello delle terre rinforzate*
- *le radici possono funzionare da chiodi vivi ancorando lo strato superiore instabile alla roccia stabile sottostante.*

Ne deriva quindi il ruolo essenziale della copertura vegetale ai fini della prevenzione dei dissesti idrogeologici ad opera dei popolamenti forestali autoctoni nei versanti stabili e con terreni forestali evoluti e dei popolamenti arbustivi autoctoni nelle aree instabili.

Gli interventi per la prevenzione del rischio idrogeologico consistono essenzialmente in:

- *rimboschimenti dei terreni di montagna e collina abbandonati dal pascolo e dall'agricoltura con impiego di specie autoctone*
- *trattamenti selvicolturali protettivi*
- *riconversione colturale con sfoltimenti e inserimento di latifoglie autoctone*
- *interventi di consolidamento dei versanti in erosione ed in frana tramite la messa a dimora di specie arbustive autoctone utilizzando le tecniche dell'Ingegneria Naturalistica.* (Cornelini, com. pers.)

Rimandando agli altri Capitoli del Manuale per i necessari approfondimenti, per completezza rispetto a quanto riportato nei paragrafi precedenti, si trattano in sintesi gli interventi principali con l'impiego della vegetazione per ottenere la stabilità dei versanti (Florineth e Molon, 2005).

Interventi contro un'instabilità profonda 30÷200 cm

La gradonata viva trova applicazione su versanti e scarpate in frana dove la profondità dello strato di scorrimento non supera i 1,5 m. La verifica di stabilità può essere condotta sia per determinare la geometria del versante e la profondità degli scavi ad L in cui inserire le piante (oltre la superficie di rottura) sia internamente all'opera per stabilire numero e dimensioni delle piante e del loro apparato radicale.

La palificata viva di sostegno agisce come un muro di sostegno a gravità (cfr. Cap. 9) e si può realizzare se la superficie di scivolamento è profonda meno di 2 m. Le talee e le piante svolgono una funzione bio-tecnica che dovrà valere anche dopo la degradazione della struttura inerte.

Altre opere possono essere: muro cellulare vegetale, muratura a secco (o scogliera) rinverdita, gabbione vegetato, terra rinforzata.

Interventi per il drenaggio di versanti

Il drenaggio rappresenta la principale azione da intraprendere nel corso di un intervento su un versante franoso, per evitare gli effetti di appesantimento, perdita di caratteristiche geotecniche (coesione e attrito interno), aumento delle pressioni interstiziali, infiltrazioni preferenziali, etc.

Le piante sono sempre efficaci a tale scopo raggiungendo anche strati profondi, ma per il drenaggio di portate superiori ad 1 l/s è necessario il ricorso a opere convenzionali.

Interventi contro un'instabilità profonda 10÷20 cm

La stabilizzazione di strati di terreno instabile, pro-

fondi da 10 a 20 cm, viene raggiunta tramite la costruzione di fascine vive diagonali (adatte per condizioni umide se drenano o, vice-versa, per trattenere al loro interno l'umidità necessaria allo sviluppo delle piante) o di cordonate vive orizzontali (da usare in versanti xerici o meso-xerici), che sostituiscono le viminate tradizionali. La funzione è prima meccanica e poi biotecnica. In pendici particolarmente ripide con strati di 10÷20 cm terreno in movimento o troppo compatti, si ricorre alla grata viva: è un'opera di "copertura" per versanti troppo ripidi per l'inserimento di fascinate o cordonate.

Tecniche di inerbimento contro l'erosione superficiale

La semina si applica su versanti dove il problema principale si individua nell'erosione superficiale del terreno e non i movimenti di scivolamento o smottamenti.

Gli interventi di inerbimento, mediante l'impiego prevalente di essenze erbacee, forniscono soprattutto una protezione del suolo nei confronti dell'erosione superficiale. Tuttavia, come sopra accennato, la presenza di una copertura naturale continua su tutta la superficie in frana può contribuire ad una limitazione della percolazione delle acque meteoriche all'interno del corpo di frana e quindi a ridurre un possibile incremento delle pressioni neutre. In presenza di condizioni difficili di inerbimento si può fare ricorso all'impiego di geosintetici opportuni quali le geostuoie, le georeti e le geocelle, in grado di proteggere il suolo nei confronti dell'azione erosiva degli agenti atmosferici prima che l'inerbimento si sia completato.

Naturalmente nell'Ingegneria Naturalistica tali materiali dovranno essere di norma biodegradabili.

Si potrà, talvolta fare affidamento anche sulla capacità delle radici di inglobare parti di strutture inerti.

A garanzia di una migliore radicazione, su versanti precedentemente seminati, si usa, di regola, piantare alberi ed arbusti con capacità di radicazione avventizia.

CAPITOLO 11

Applicabilità delle tecniche di ingegneria naturalistica nel Lazio in funzione del substrato litologico e delle relative coperture detritiche

C. Bicocchi

11.1 Premesse

In questo capitolo verranno affrontate le problematiche legate all'applicabilità delle tecniche di ingegneria naturalistica in funzione del substrato litologico e delle coperture detritiche derivanti dal suo disfacimento e riscontrabili, con spessori variabili in funzione delle condizioni geomorfologiche al contorno, sui versanti collinari e montani presenti nell'ambito del territorio regionale.

Le problematiche connesse alla presenza sui versanti di tali coperture derivano dalla loro suscettibilità alla mobilizzazione, che può risultare più o meno elevata in funzione, soprattutto, della quantità d'acqua superficiale e sub-superficiale che circola al loro interno e che in parte viene trattenuta negli spazi interstiziali incrementando il peso unitario e, quindi, la spinta lungo la componente parallela al versante.

Come tutte le opere finalizzate alla prevenzione e stabilizzazione dei dissesti gravitativi (ai quali contribuisce sempre una forte componente idraulica) le tecniche di ingegneria naturalistica devono limitare al massimo l'impatto che le acque di ruscellamento e di circolazione sub-superficiale provocano quando, in volumi eccessivi, defluiscono verso valle e si infiltrano nel sottosuolo dei versanti.

Il vantaggio delle strutture di contenimento *attivo* realizzate con tecniche di ingegneria naturalistica, ad esempio, consiste nella "trasparenza" all'acqua, riducendo quindi al massimo il contrasto di permeabilità tra l'opera ed il terreno, con conseguente limitazione delle inevitabili sovrappressioni idrauliche che si generano in presenza di netti sbarramenti al flusso superficiale e sub-superficiale. In tal modo, il flusso idrico non viene deviato in cerca di vie preferenziali che, nel caso di strutture poco *trasparenti*, spesso significano una concentrazione del flusso stesso con conseguente erosione del terreno circostante l'opera arrivando, nei casi limite, allo scalzamento o al ribaltamento della struttura di contenimento.

Inoltre le tecniche di ingegneria naturalistica, utilizzando le potenzialità stabilizzanti degli apparati radicali e favorendo l'*allontanamento* delle acque di circolazione sub superficiale, possono contribuire alla stabilizzazione delle coltri detritiche e, con particolari tecniche, anche le porzioni più alterate del substrato di origine.

Le tecniche di ingegneria naturalistica applicate alla stabilizzazione delle coltri detritiche di versante, quindi, possono essere di tipo *attivo* (finalizzate al contrasto dei movimenti di massa) che *passivo* (finalizzate alla rimozione delle condizioni di innesco del dissesto gravitativi).

Viceversa, le stesse tecniche sono scarsamente utilizzabili con funzione *attiva* nei confronti dei dissesti che interessano ammassi rocciosi lapidei (soggetti essenzialmente a fenomeni di crollo e ribaltamenti) sui quali, l'assenza pressoché totale di suolo, la pendenza (spesso sub-verticale o verticale) pregiudica l'utilizzazione di materiale vegetale vivo. La casistica dei dissesti interessanti materiali lapidei, inoltre, dimostra l'influenza negativa della vegetazione, ed in particolare degli apparati radicali delle specie arboree, sullo stato di aggregazione e di stabilità degli ammassi fratturati, soprattutto laddove tale vegetazione cresce in prossimità o sul margine superiore di scarpate sub-verticali o verticali.

Sui versanti sottostanti contrafforti rocciosi soggetti a fenomeni di distacco, tuttavia, alcune tecniche di inerbimento e di protezione antierosiva possono essere utilmente utilizzate per la protezione e l'inserimento ambientale di strutture *passive* quali i valli ed i rilevati paramassi. Tali premesse di carattere *generale*, sono necessarie per sgomberare il campo da eventuali equivoci relativi ad una generale applicabilità delle tecniche di ingegneria naturalistica per la stabilizzazione dei versanti, e per rimarcare invece la loro potenzialità ed efficacia per la stabilizzazione delle coperture detritiche derivanti da substrati terrigeni.

Si deve comunque sottolineare che, in ogni caso, la capacità stabilizzante delle tecniche in questione è limitata agli spessori più superficiali delle coperture di versante (in genere, non più di qualche metro).

11.2 Il substrato litologico

L'influenza del substrato litologico sull'applicabilità delle tecniche di ingegneria naturalistica si manifesta nella capacità o meno di generare coperture detritiche con caratteristiche geotecniche o spessori tali da poter essere mobilizzate in condizioni naturali o in condizioni dovute ad una ad alterazione del quadro morfologico in cui si sono generate e nel quale avevano raggiunto condizioni di equilibrio statico.

Foto 11.1, 11.2 e 11.3: Scarpata subverticale impostata su lave fratturate ed interessate da vegetazione arborea. Si può notare il punto di distacco di un masso di circa 1 mc che, dopo il distacco, è rotolato sul versante sottostante, rimbalzando sulla SS2 Cassia e terminando la corsa nel campo adiacente

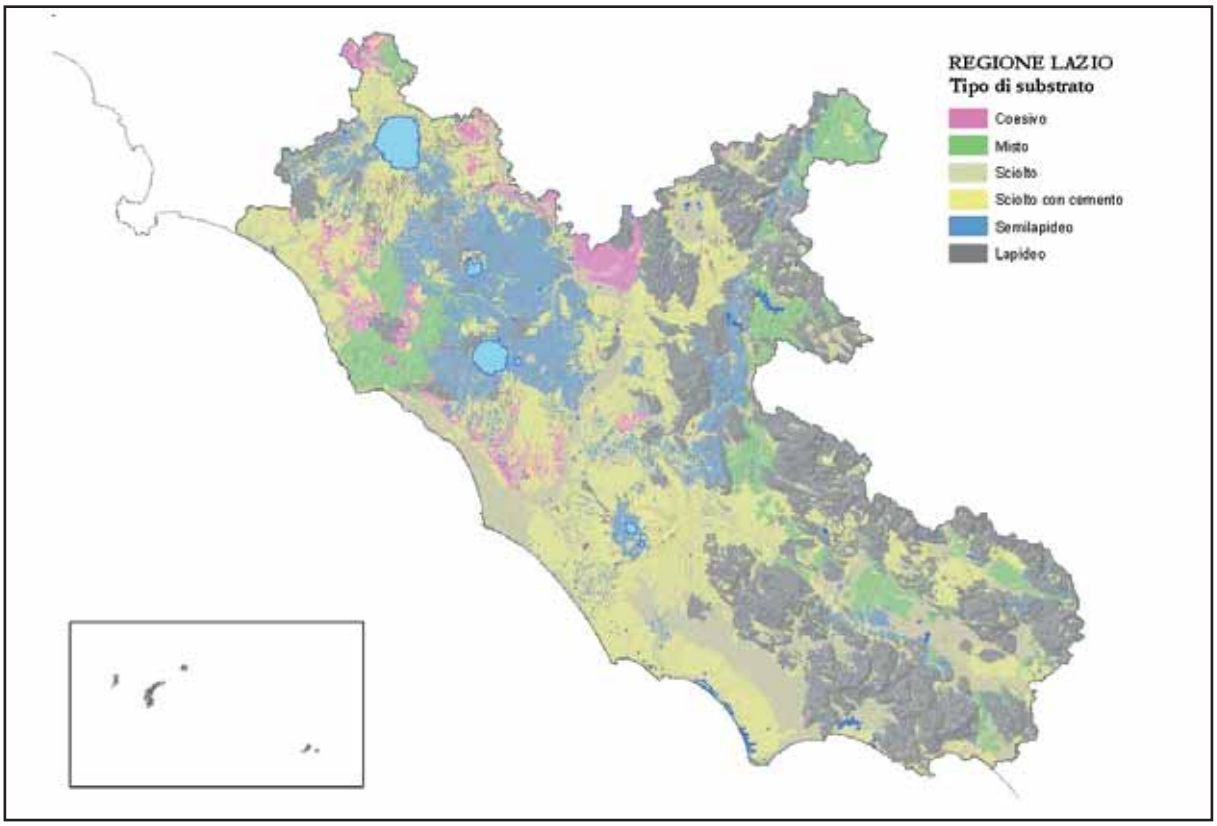


Figura 11.1: - Possibile schema di perimetrazione degli ambiti omogenei relativamente alla tipologia di substrato litologico

Tale capacità è legata oltre che alle caratteristiche fisico-chimiche del substrato, ad altri parametri intrinseci, quali la sua storia geologica (e quindi il suo stato di fratturazione), la sua coesione, il suo grado di cementazione, la sua granulometria, e ad altri fattori esterni tra i quali, come già accennato, assumono particolare rilevanza le condizioni climatiche.

I fenomeni meteorologici, diretta espressione e caratteristici del clima, l'alternanza delle stagioni, del giorno e della notte, del caldo e del freddo, lentamente ma inesorabilmente dissolvono gli originali legami chimico-fisici intrinseci nel substrato, sia esso roccioso o terroso, coesivo o lapideo, alterandone porzioni sempre più profonde, fino a spessori in che possono mantenersi in equilibrio con il quadro morfoclimatico.

11.2.1 La classificazione del substrato

Come già delineato nel capitolo 8.1 Geologia del Lazio, il quadro geolitologico della Regione Lazio è piuttosto eterogeneo; solo i litotipi di genesi metamorfica sono scarsamente rappresentati. Volendo semplificare la caratterizzazione geolitologica in funzione del grado di coesione o della tenacia, e quindi del tipo e della quantità di coperture da essi generato, l'analisi dei litotipi presenti in ambito regionale può portare alla seguente classificazione:

- sciolti;
- coesivi;
- misti;
- sciolti con cemento;
- semilapidei;
- lapidei.

Tale classificazione, se da un lato può apparire semplicistica dal punto di vista strettamente geologico, può aiutare, nell'attuale quadro morfoclimatico che caratterizza il territorio regionale, a definire degli ambiti omogenei dal punto di vista degli spessori e delle tipologie di coperture riscontrabili sui versanti.

In figura 11.1, è illustrato un possibile schema di perimetrazione dei suddetti ambiti omogenei.

Di seguito si riporta una sintetica descrizione dei litotipi compresi nelle varie tipologie di substrato individuate in figura 11.1:

Sciolto – in questa classe sono compresi i depositi continentali connessi a fenomeni morfodinamici recenti o molto recenti, anche di origine antropica:

Detriti antropici
Detrito o corpo di frana
Coperture colluviali, eluviali e terre residuali
Sabbie litoranee e palustri e dune recenti
Alluvioni ghiaiose, sabbiose, argillose attuali e recenti anche terrazzate e coperture colluviali ed eluviali
Depositi prevalentemente limo - argillosi in facies palustre, lacustre e salmastra

Sciolto con cemento – questa classe si riferisce a quei depositi di origine continentale che originariamente privi di cemento, sono stati soggetti a processi chimico-fisici che hanno modificato il grado di coesione del deposito, anche se con intensità variabile nell'ambito dello stesso:

Conoidi e detriti di pendio anche cementati, facies moreniche
Brecce di pendio cementate
Conglomerati poligenici
Conglomerati cementati di Rieti
Conglomerati di Santopadre
Alluvioni ghiaiose,sabbiose, argillose antiche terrazzate e depositi lacustri antichi
Depositi prevalentemente ghiaiosi a luoghi cementati in facies marina e di transizione terrazzati lungo costa
Depositi prevalentemente sabbiosi a luoghi cementati in facies marina e di transizione terrazzati lungo costa
Calcareniti e calcari organogeni (tipo Macco Auct.)
Scorie e lapilli
Tufi stratificati, tufiti e tufi terrosi
Pozzolane

Coesivo – si riferisce a depositi marini connessi, in genere, alla ingressione marina mio-pleistocenica ed affioranti in seguito alle fasi più recenti dell'orogenesi appenninica:

Depositi prevalentemente argillosi in facies marina e di transizione terrazzati lungo costa
Argille
Olistostromi
Argille con gessi

Misto – in questa classe sono comprese tutte le facies litologiche flyschoidi, meso-cenozoiche, caratterizzate da alternanze da centimetrica a metrica, di litotipi terrigeni a componente argillosa molto variabile, a volte calcarea in funzione dell'areale di origine dei depositi terrigeni:

Flysch a componente dominante arenacea o conglomeratico-arenacea
Flysch a componente dominante arenaceo o arenaceo-pelitica
Flysch a componente dominante pelitica o arenaceo-pelitica
Flysch a componente dominante calcareo marnosa, subordinatamente argillitica
Calcareniti, marne e argilliti paleogeniche intercalate come olistostromi nei flysch miocenici

Semilapideo – in tale classe sono compresi depositi di origine sedimentaria marina e vulcanica continentale. Relativamente ai primi, ci si riferisce a depositi

calcarei con una componente terrigena fine più o meno elevata che ne attenuano, con intensità proporzionale alla frazione terrigena, la tenacia e la resistenza meccanica, per quanto riguarda le vulcaniti, ci si riferisce a depositi piroclastici sciolti, fortemente cementati da processi chimico-fisici successivamente alla loro messa in posto:

Emipelagiti prevalentemente marnose
Marne a Fucoidi
Tufi prevalentemente litoidi
Facies freatomagmatiche

Lapideo – in questa classe sono compresi tutti i litotipi nell'ambito dei quali la componente chimico-fisica nella caratterizzazione del deposito, ha avuto un ruolo decisivo fin dall'origine caratterizzandoli, in genere, con una forte resistenza all'erosione ma spesso in disequilibrio con l'ambiente esogeno qualora siano ed esso esposti per lungo tempo:

Calcareniti e calcari organogeni a luoghi con intercalazioni marnose (margine molisano)
Calcari detrici, micritici, microcristallini, oolitici, con intercalazioni dolomitiche; calcari organogeni della serie laziale-abruzzese
Calcari detritici granulari, marnosi, selciferi, Marne a Posidonia, Calcari a Filaments, Calcari Diasprigni
Scaglia
Scaglia cinerea
Scaglia cinerea di transizione
Scaglia di transizione
Maiolica
Rosso ammonitico
Corniola e calcari selciferi
Calcare massiccio
Dolomia
Calcare cavernoso
Filladi
Travertini
Lave sovrasature e laccoliti
Lave sottosature e sature

La diffusione nell'ambito del territorio regionale delle varie classi tipologiche del substrato, in termini percentuali ed assoluti, è riportata nella seguente tabella:

Tipologia del substrato	Superficie (km²)	Percentuale
Sciolto	2.943,71	17,12%
Sciolto con cemento	4.976,64	28,94%
Coesivo	541,62	3,15%
Misto	1.433,57	8,34%
Lapideo	4.753,90	27,64%
Semilapideo	2.335,75	13,58%
Non definibile ambiti lacustri)	213,99	1,24%
Totale	**17.199,19**	100,00%

11.3 Le coperture detritiche sui versanti

11.3.1 La genesi e la conservazione

Le rocce del substrato vengono alterate e disgregate a seguito delle trasformazioni chimico-fisiche e dei processi fluvio-denudazionali messi in atto dagli agenti meteorici. Il detrito risultante viene allontanato verso valle con una velocità che, in genere, è funzione inversa del grado di copertura e sviluppo della vegetazione presente sul versante. Dal punto di vista geomorfologico tali processi danno luogo a forme di erosione (solchi e superfici di *erosione*, calanchi, ecc.) ed a forme di *accumulo* (coperture eluvio-colluviali, falde e conoidi detritiche). Tra le due estremità concettuali e spaziali costituite dai processi di erosione ed accumulo, si inserisce un ambito concettuale, ma anch'esso dotato di precise connotazioni spaziali, in cui avviene essenzialmente il trasporto del detrito senza che vi sia un prevalente processo di erosione o deposito.

Poiché il trasporto del detrito sul versante è legato essenzialmente alla presenza di acque di ruscellamento, le direttrici del trasporto e le aree di deposito ed accumulo sono legate alle leggi che governano il deflusso idraulico ed il connesso trasporto in sospensione. In sostanza, il deflusso tende a seguire le linee di massima pendenza lungo il versante concentrandosi negli impluvi prima di immettersi nelle vere e proprie aste torrentizie e fluviali, ma si possono riscontrare ampie porzioni di versante le cui caratteristiche morfologiche sono tali che le acque possono ruscellare in filetti paralleli senza particolari direzioni di flusso.

In ogni caso, il detrito in sospensione o sospinto dalle acque di ruscellamento, tende a depositarsi ed accumularsi laddove queste, per diminuzione della pendenza del versante, per ostacoli presenti lungo il versante (vegetazione, opere antiruscellamento, ecc.), perdono energia.

In condizioni naturali, l'importanza della vegetazione nel mantenimento delle condizioni di stabilità delle coperture detritiche è fondamentale soprattutto laddove esse rappresentano un'eredità di condizioni morfoclimatiche non più attuali.

La vegetazione, soprattutto se rappresentata da coperture arboree ad alta copertura, intercettando con le chiome la corsa delle particelle d'acqua in caduta e diminuendo la loro energia, e inviluppando le particelle detritiche con i propri apparati radicali, ha favorito la loro persistenza sui versanti.

In aree boscate, qualora si verifichino fenomeni gravitativi, questi hanno in genere superfici di scorrimento a profondità maggiore di quella alla quale si annulla l'effetto stabilizzante degli apparati radicali. Chiunque legga il paesaggio con approccio geomorfologico, soprattutto nelle zone più interne dell'Appennino o nelle fasce boscate dei versanti alpini, può facilmente imbattersi su porzioni di bosco, più

o meno estese, che a seguito di fenomeni franosi di tipo roto-traslazionale, sono letteralmente traslate verso valle insieme al corpo di frana, spesso rappresentato dalla sola copertura detritica sul quale si era sviluppato il bosco stesso.

Ai fini della stabilità dei terreni di copertura dei versanti, inoltre, può essere decisiva anche la struttura e lo spessore della fascia di alterazione delle rocce del substrato. Se si considera infatti l'interfaccia copertura-substrato si può riscontrare come i due elementi siano caratterizzati da caratteristiche granulometriche e di consistenza molto differenti. Tale contrasto, in genere, si manifesta anche con forti differenze nei valori di permeabilità che causano, nel peggiore dei casi, una forte circolazione di acque subsuperficiali nei terreni di copertura con conseguente incremento del peso di volume e diminuzione delle pressioni efficaci negli stessi, fino al superamento dell'equilibrio di stabilità dello strato di copertura che, d'altra parte, in questi casi non raggiunge forti spessori.

Qualora il passaggio tra la copertura detritica ed il substrato avvenga con maggior gradualità, o tramite una ben riconoscibile e più o meno ampia fascia di alterazione del substrato, non si individua una eventuale superficie di scivolamento predefinita e si ha una maggior dissipazione del carico idraulico al di sopra del substrato.

D'altra parte, in questo caso, il superamento del limite di equilibrio, considerando gli spessori più forti delle coperture, comporta la mobilizzazione di volumi molto maggiori che nel caso limite precedente In tali volumi sono spesso comprese anche ingenti porzioni della fascia di alterazione del substrato.

Al fine di fornire un sintetico quadro di riferimento per le successive considerazioni circa l'applicabilità delle tecniche di ingegneria naturalistica nella stabilizzazione dei terreni di copertura riscontrabili nel quadro morfo-climatico del territorio laziale, rifacendosi alle tipologie di substrato evidenziate in figura 11.1, vengono di seguito brevemente descritte le caratteristiche essenziali delle coperture detritiche da esse generate.

Coperture derivanti da substrato sciolto

La genesi, anche molto recente di tali substrati, fa sì che essi non abbiano subito quei processi di costipamento e/o cementazione chimica che possa conferire loro una coesione tale da non essere facilmente erosi, fluitati e ridepositati in assenza di adeguate protezioni antierosive. In alcuni casi, lo stesso substrato sciolto può essere riferibile a depositi di copertura originatisi in condizioni morfoclimatiche differenti ed oggi interessati da processi di erosione connessi alle attuali dinamiche geomorfologiche. Salvo trattasi di accumuli su versante di frane recenti, le coperture derivanti da tali substrati sono in genere stabili in quanto ubicati essenzialmente in aree di accumulo subpianeggianti o ubicate al piede dei versanti, in aree a debole acclività.

Il passaggio ai terreni del substrato è in genere graduale, senza apprezzabili variazioni di struttura. Il suolo riscontrabile su tali coperture, in genere, si sviluppa fino a profondità di 60-120 cm, ma nelle aree più vegetate e meno soggette ad erosione può raggiungere anche i 300-400 cm.

Coperture derivanti da substrato sciolto con cemento

In questa classe sono compresi quei terreni di copertura le cui caratteristiche essenziali sono essenzialmente le stesse che nella classe precedente, anche se dal disfacimento delle vaste estensioni di rocce vulcaniche presenti nel Lazio, spesso si genera una forte componente argillosa. Esse, tuttavia, si distinguono in un fattore fondamentale ai fini della stabilità dei versanti: l'ambito morfologico.

Se, infatti, le coperture derivanti da substrato sciolto si riscontrano in genere su versanti poco o nulla acclivi, la storia geologica delle rocce comprese in questa classe fa sì che esse, ancorché non più antiche del Pliocene (5 milioni di anni), si riscontrino su versanti che, soprattutto nelle aree più interne dell'Appennino, arrivano a centinaia di metri di quota con pendenze anche elevate.

Anche in questo caso il substrato di origine può essere riferibile a depositi di copertura originatisi in condizioni morfoclimatiche differenti, ma essendo più antichi sono stati soggetti in genere a più spinti processi di alterazione chimico-fisica accentuando il contrasto di comportamento tra copertura e substrato.

I suoli che si sviluppano su tali coperture possono raggiungere spessori variabili da 50 a 200 cm.

Coperture derivanti da substrato coesivo

La difficoltà con la quale la vegetazione si sviluppa su tali substrati, li rende facilmente attaccabili dagli agenti meteorici e quindi facilmente erodibili assieme alle coperture a cui danno luogo. Queste ultime, quindi, possono raggiungere spessori peraltro limitati solo dove specie erbacee pioniere riescono ad imbrigliare ed accumulare le particelle di substrato fluitate.

D'altra parte la capacità dei terreni coesivi di assorbire e trattenere acqua, (anche in funzione della profonda fessurazione riscontrabile in questi terreni, conseguente a cicli di imbibizione-disseccamento e relativa espansione-contrazione), rende tali terreni estremamente plastici. Bisogna tener presente, comunque che la stessa plasticità di tali substrati è molto influenzata anche dalle loro caratteristiche mineralogiche.

Di conseguenza spessori anche notevoli di substrato coesivo e, quando presente, dei terreni di copertura da esso derivante, possono dar luogo a movimenti anche con modesti valori di precipitazione. Tali movimenti,

caratterizzati in genere da basse velocità di spostamento, possono coinvolgere interi versanti.
Il passaggio tra terreni di copertura e substrato, in genere è graduale, con la porzione più superficiale di quest'ultimo spesso interessata da una fascia di ossidazione. In conseguenza delle difficoltà che la vegetazione incontra nell'attecchimento e nello sviluppo, insite nelle caratteristiche chimico-fisiche di queste coperture, alla scarsa copertura vegetale si associa una facile erodibilità dei suoli che possono avere spessori molto ridotti o essere completamente assenti.

Coperture derivanti da substrato misto

Nelle coperture detritiche derivanti da questa tipologia di substrato, alla componente fine, derivante dal disfacimento dei livelli argillosi, si associa una percentuale variabile di elementi silicei (meno frequentemente calcarei) con granulometria in genere limoso-sabbiosa.
La strutturazione di questi terreni di copertura, con frequente presenza di un'ampia fascia di alterazione del substrato, deriva dal fatto che la componente argillosa dell'ammasso roccioso è maggiormente disgregabile rispetto alla componente arenacea che, quindi, rimane isolata in blocchi e masse sempre più integre e simili al substrato di origine, immerse in una matrice sabbioso-argillosa.
La facilità con la quale tali substrati vengono alterati e disgregati fa sì che da essi si generino grandi quantità di detrito che può quindi raggiungere notevoli spessori nelle aree di accumulo. Anche in condizioni morfologiche precarie, tuttavia, la maggior facilità di attecchimento della vegetazione, anche arborea, su questi terreni, permette la coesistenza di sensibili spessori di copertura.
Lo spessori dei suoli, in genere molto vegetati, riscontrabili su tali coperture può variare da 50 a 100 cm.

Coperture derivanti da substrato semilapideo

In questo caso ci si trova di fronte ad un più netto contrasto di caratteristiche geomeccaniche tra substrato e coperture detritiche. Se, infatti, le caratteristiche granulometriche dei terreni di copertura sono simili a quelle della classe precedente, con una possibile più forte componente argillosa, le maggiori caratteristiche di tenacità del substrato rendono più lenti i processi di alterazione e disgregazione che lo riguardano, a cui si associa una netta differenziazione chimico fisica del detrito prodotto dalla roccia di origine.
Rispetto alle tipologie precedentemente descritte, la maggior quantità di tempo necessaria al disfacimento dello stesso volume di substrato comporta, in genere, un minor spessore delle coperture sui versanti a causa di una minor compensazione del volume eroso a seguito dei processi fluvio-denudazionali. Tale fattore, in assenza di coperture vegetazionali, può portare ad una possibile completa asportazione della copertura detritica.
Tali tipologie di coperture, caratterizzate in genere da spessori ridotti di suolo (30-40 cm), possono inglobare masse più o meno voluminose di rocce del substrato, disarticolate e mobilizzate ma non ancora completamente disgregate.

Coperture derivanti da substrato lapideo

All'estremità opposta del presente schema di classificazione, rispetto ai terreni sciolti, sono state collocate le coperture derivanti da substrato lapideo.
Sostanzialmente, le caratteristiche granulometriche e strutturali riscontrabili in tali coperture derivano da una estremizzazione delle modalità di alterazione e disgregazione riportate per la classe precedente. Un classico esempio è costituito dalle sottili e discontinue coperture, spesso coincidenti con lo stesso suolo, presenti sui versanti calcarei disboscati delle aree interne dell'Appennino o alle brulle garighe dei versanti calcarei prossimi alla costa tirrenica.
Spessori maggiori, favoriti dalle condizioni morfologiche in genere subpianeggianti, possono essere riscontrati sulle diverse placche travertinose associate agli apparati vulcanici laziali. A fronte della tenacia intrinseca delle rocce del substrato, la loro alterazione e disgregazione è favorita dal grado di fatturazione, a volte anche molto spinto, che le caratterizza. Sui versanti, in genere, sotto la sottile (0-50 cm) copertura di suolo e detrito, si riscontra una fascia anche piuttosto profonda (soprattutto su substrati calcarei) nell'ambito della quale masse molto eterogenee di materiale lapideo si trovano intercalati in una matrice sabbioso-argillosa. Spessori maggiori di coperture detritiche (fino ad alcuni metri) si riscontrano nell'ambito delle depressioni minori di origine carsica quali le doline.
Trattandosi di depositi di colmamento, a parte eventuali fenomeni di sprofondamento connesso alla presenza di inghiottitoi, tali coperture si possono considerare stabili.

A fronte della schematizzazione sopra riportata, in natura si riscontrano, ovviamente, un'infinita combinazione di fattori che rendono ogni porzione di versante un microcosmo a se stante le cui caratteristiche devono essere adeguatamente analizzate e definite per un corretto approccio progettuale finalizzato alla sua stabilizzazione.

Tralasciando le variabili legate al clima, alla vegetazione, alla presenza antropica, etc. e considerando soltanto le tipologie di copertura detritica riscontrabile, la più semplice delle complicazioni da affrontare riguarda la sovrapposizione stratigrafica, sul versante, di substrati diversi.

Rimanendo nell'ambito del territorio laziale, tale situazione si riscontra lungo tutto il margine occidentale della valle del Tevere dove, al di sopra di substrati sciolti con cemento o coesivi e versanti a media acclività (relati-

vi ai depositi marini plio-pleistocenici), sono presenti spesse coltri di vulcaniti semilapidee o lapidee che danno luogo a scarpate subverticali. Al piede delle vulcaniti pur essendo su un substrato diverso si riscontra esclusivamente il prodotto del disfacimento delle vulcaniti rappresentato spesso da grossi blocchi ribaltati o crollati immersi in una matrice sabbioso-argillosa. Allontanandosi dal piede delle scarpate lo spessore del detrito vulcanico diminuisce lasciando affiorare il substrato sciolto con cemento e le coperture da esso derivanti.

Tale esempio evidenzia la possibile variabilità, non solo verticale, ma anche orizzontale delle caratteristiche granulometriche e strutturali dei terreni di copertura in funzione dei substrati geologici, del loro assetto stratigrafico e del contesto morfologico al contorno.

11.3.2 La mobilizzazione

Dall'analisi dei dati di franosità conosciuti e disponibili relativi all'ambito del territorio regionale e, più in generale, a tutti i rilievi appenninici, emerge che i fenomeni franosi interessano essenzialmente le coperture detritiche presenti sui versanti. I grossi movimenti gravitativi, più frequenti sull'arco alpino, si possono innescare solo in concomitanza di particolari condizioni predisponenti legate a fattori morfodinamici e strutturali.

In ogni caso, salvo quei rari casi in cui le condizioni di innesco sono connesse a sciagurati interventi antropici, capaci di destabilizzare porzioni più o meno estese di versante, l'innesco del movimento è legato quasi sempre all'eccessiva presenza di acqua all'interno del substrato o della sua copertura.

Considerato il già citato contributo positivo della vegetazione alla stabilizzazione delle coperture, è ovvio che la rimozione delle copertura vegetale, a seguito di incendio o disboscamento, ed in particolare delle coperture a più forte sviluppo radicale, lascia in balia degli agenti atmosferici la copertura detritica che, nel giro di qualche anno, viene rimossa compromettendo anche la capacità di recupero da parte del bosco. A seguito di eccessive precipitazioni, tale rimozione, tra l'altro può avvenire in maniera repentina dando luogo ad importanti fenomeni di *debris flow* che, in casi estremi, possono portare a fenomenologie quali quelle che hanno drammaticamente colpito Sarno ed altre località campane nel maggio 1998.

In assenza di eccessive precipitazioni, su versanti sufficientemente acclivi e con scarsa copertura arborea, le coperture si mobilizzano con velocità che vanno da qualche millimetro a qualche metro ogni anno, tipiche dei soliflussi e dei movimenti di creep (vedi figura 11.2).

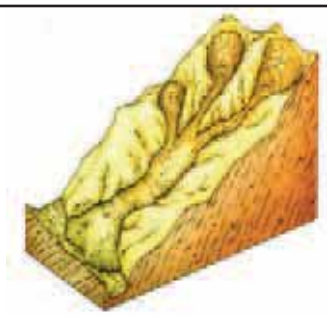


Figura 11.3: Schema dei movimenti delle coltri di copertura con prevalente contributo delle acque di infiltrazione ai fini della mobilizzazione.

Tali dinamiche, che si possono definire *fisiologiche* per un versante, ad un occhio poco esperto si manifestano esclusivamente con lente deformazioni e rotture di tutto ciò che viene realizzato dall'uomo su tali versanti (strade, abitazioni, linee elettriche, ecc.) senza peraltro compromettere definitivamente la fruibilità di tali manufatti ma richiedendo senz'altro, la necessità di continui interventi di manutenzione.

Qualora abbondanti precipitazioni portino alla totale, o quasi, saturazione delle coperture detritiche, si può verificare la mobilizzazione più o meno repentina di volumi anche grandi di coperture detritiche, provocando le già richiamate colate di detrito o *debris flow* (vedi figura 11.3). Tali fenomeni, per il prevalente contributo della componente liquida, sia per la mobilizzazione che per il trasporto, si pongono al limite tra dinamica gravitativa e dinamica idraulica.

Queste forme di dissesto possono raggiungere anche velocità dell'ordine dei metri al secondo e una

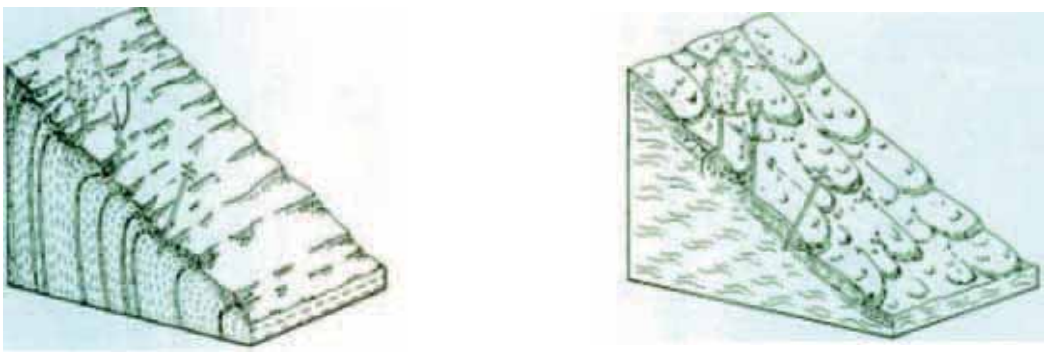


Figura 11.2, 11.2b: Schema dei possibili movimenti delle coltri di copertura soggette essenzialmente a gravità con parziale contributo delle acque di infiltrazione ai fini della mobilizzazione.

volta attivatisi sono difficilmente controllabili ed estremamente distruttivi. Possono essere tuttavia risolutive le tecniche preventive, anche di ingegneria naturalistica, finalizzate al drenaggio ed allontanamento delle acque superficiali e subsuperficiali.

Figura 11.4: Schema di un movimento roto-traslazionale in una coltre di copertura.

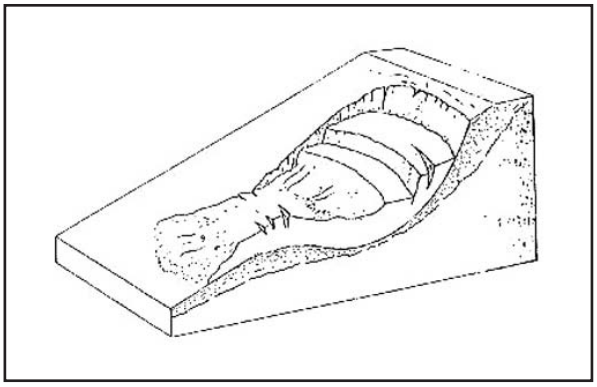


Foto 11.4: Nell'agosto 2004 un vasto incendio, presumibilmente di origine dolosa, ha interessato i versanti sottostanti l'abbazia di Montecassino (FR), distruggendo pressoché completamente la vegetazione arborea ed arbustiva presente. La grande quantità di detrito diffusa sui versanti a seguito degli eventi bellici che hanno interessato l'area nel secolo scorso, che hanno causato, tra l'altro, la distruzione completa dell'abbazia, ha fatto temere, in assenza di protezione vegetale, la possibile mobilitazione di colate detritiche conseguenti ad eventuali intense precipitazioni.

Tra le due citate dinamiche estreme si collocano i movimenti di massa caratterizzati da velocità anche elevate nei quali, tuttavia, la massa mobilizzata è in genere funzione diretta dello spessore della copertura.

Essa può anche mantenere quasi inalterata la sua struttura trascinando con sé tutto ciò che di naturale o antropico si trova al di sopra del corpo di frana.

Tali dissesti, il cui manifestarsi può essere più o

meno repentino, a seconda della rapidità di crescita del fattore destabilizzante, sono comunque innescati da eccessiva presenza di acqua di infiltrazione nell'ambito dei volumi detritici.

Tali movimenti di versante, definiti roto-traslazionali per la doppia componente del movimento che li caratterizza (vedi figura 11.4), sia che interessino solo le coperture o anche il loro substrato, possono essere anche innescati dalle onde sismiche.

Infatti, in coperture con contenuto in acqua non ancora sufficiente ad azzerare la resistenza interna del terreno ma sufficiente ad individuare dei livelli completamente saturi, l'energia del sisma, applicata all'acqua interstiziale dei livelli saturi, viene trasformata in pressione idraulica che fino al possibile superamento delle condizioni di equilibrio della copertura ed alla sua conseguente mobilizzazione.

Meno frequentemente, in genere su versanti piuttosto acclivi, anche il solo scuotimento sismico, può portare alla rottura dei legami di attrito tra le particelle detritiche, ed innescare il movimento.

11.4 Le possibilità di intervento nella regione Lazio

Di seguito vengono evidenziate le tecniche di fatto utilizzabili per la prevenzione e la stabilizzazione dei dissesti gravitativi con particolare riferimento alla mobilizzazione dei terreni di copertura.

Quanto di seguito riportato vuole fornire indicazioni di carattere generale circa l'applicabilità di queste tecniche nell'ambito del territorio della Regione Lazio, in funzione delle macroaree individuate in figura 11.1 e quindi delle tipologie di dissesto gravitativo in esse riscontrabili.

In primo luogo, essendo l'acclività del versante uno dei fattori predisponesti per l'innesco dei fenomeni di mobilizzazione delle coperture sui versanti, dalla presente analisi vengono escluse tutte le aree caratterizzate da un'acclività inferiore a 10°.

Tale pendenza, infatti, si ritiene che, indicativamente, sia la soglia inferiore al di sotto della quale, anche nella peggiore delle condizioni litologiche e geotecniche, non si abbiano spontanei e significativi movimenti delle coperture di versante.

L'individuazione a piccola scala di tali aree nel territorio regionale, è stata effettuata utilizzando un modello digitale del terreno con passo a maglie quadrate di 40 m di lato.

Tramite specifiche e consolidate tecniche GIS, si è pervenuti alla figura 11.5 che evidenzia le aree nel territorio regionale con acclività superiore a 10° (il dettaglio della carta, tuttavia, non permette di individuare le scarpate subverticale tipiche, ad esempio, delle aree vulcaniche o delle alluvioni antiche terrazzate).

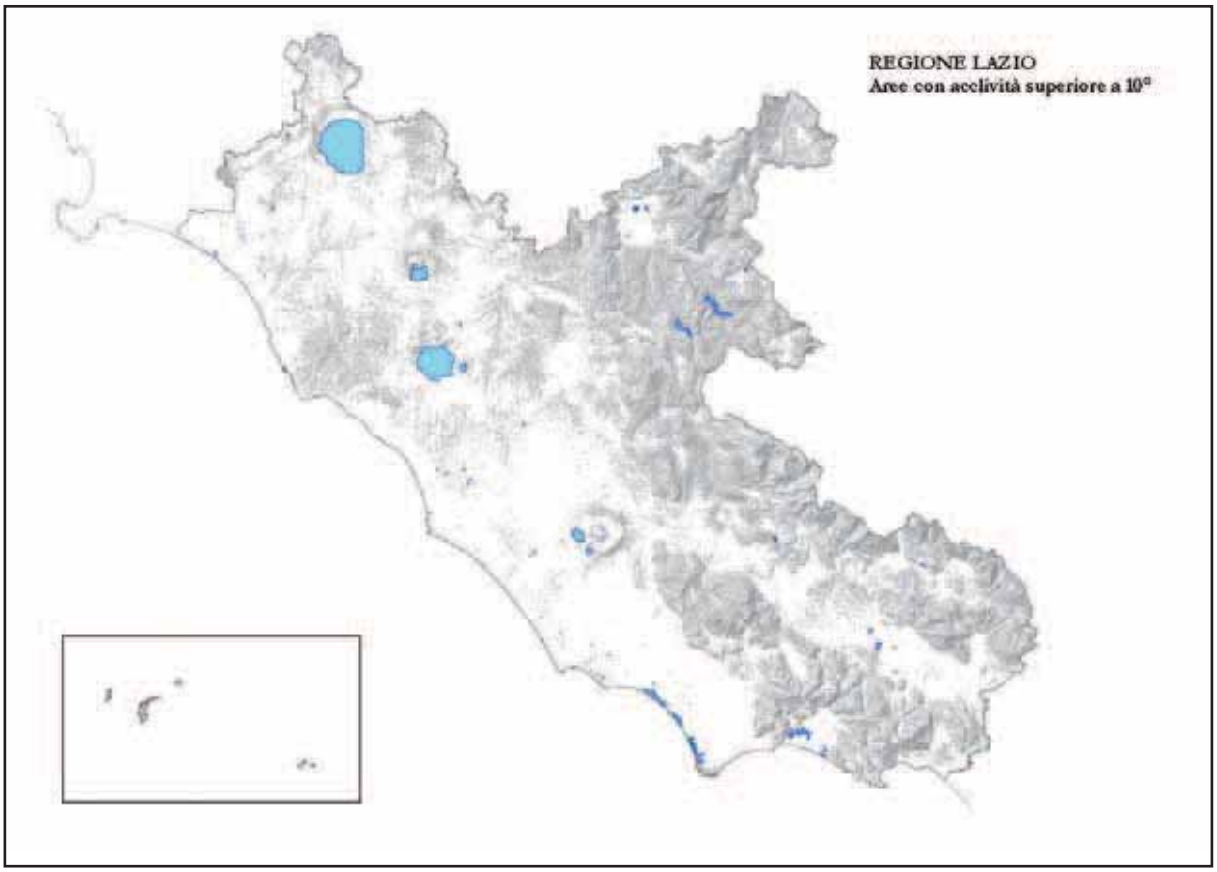


Figura 11.5: Aree con pendenza inferiore a 10° nel territorio della Regione Lazio

Tab. 11.1: Applicabilità delle tecniche di ingegneria naturalistica in funzione del substrato litologico

			Tipo di substrato					
			Sciolto	Sciolto con cemento	Coesivo	Misto	Semilapideo	Lapideo
Tecniche di ingegneria naturalistica	Inerbimento	Semina manuale a spaglio	X	X	O	O	O	O
		Idrosemina	X	X	O	O	O	O
		Semine protette	X	X	O	O	O	O
	Stuoie naturali e sintetiche	Geotessili e geomembrane	X	X	X	X	-	-
		Biostuoie	X	X	X	X	-	-
	Messa a dimora di specie arbustive		X	X	X	X	O	O
	Cespugliamenti stabilizzanti	Gradonate vive	X	X	O	O	O	O
		Cordonate vive	X	X	O	O	O	O
	Canalizzazioni	Canalette metalliche vegetate lateralmente	X	X	X	X	-	-
		Canalette in legname o pietrame	O	O	O	O	O	O
		Canalette in terra inerbite	X	X	X	X	-	-
		Canalette in terra impermeabilizzate e inerbite	X	X	X	X	-	-
		Canalette in tavolame di legno	X	X	X	X	-	-
	Sistemi drenanti	Trincee drenanti	O	O	-	X	-	-
		Cunei filtranti	X	X	-	X	-	-
		Fascinate drenanti	X	X	X	X	O	O
	Tecniche di stabilizzazione superficiale	Stecconate	X	X	X	X	O	O
		Viminate e graticciate	X	X	X	X	O	O
		Fascinate drenanti	X	X	X	X	O	O
	Palificate semplici	Palificate semplici	X	X	O	X	-	-
		Palificate semplici a pali sovrapposti	X	X	O	X	-	-
		Palificate semplici a piloti incrociati	X	X	O	X	-	-
	Palificate vive di sostegno	Palificate vive di sostegno a una parete	X	X	O	X	-	-
		Palificate vive di sostegno a doppia parete	X	X	O	X	-	-
		Palificate vive a doppia parete con ancoraggi profondi	X	X	O	X	-	-
		Sistemi di palificate a gradoni	X	X	O	X	-	-
	Grate vive		X	X	O	O	-	-
	Opere in pietrame	Murature in pietrame	X	X	O	O	X	X
		Gabbionate rinverdite	X	X	O	O	X	X
	Opere in terra rinforzata rinverdite	Con funzioni di contenimento	X	X	O	O	-	-
		Con funzioni paramassi	-	X	-	-	X	X

X= tecnica adottabile senza particolari controindicazioni
O= tecnica adottabile in particolari condizioni morfologiche, idrogeologiche o solo insieme ad altre tecniche
- = adozione sconsigliata per motivazioni connesse alla fattibilità o alla scarsa efficacia funzionale

L'analisi che viene di seguito condotta, riguarda quindi le macroaree individuate nella figura 11.1 aventi acclività superiore a 10°, mentre nelle figure da 11.6 a 11.11 viene rappresentata la diffusione nel territorio regionale delle singole classi di substrato che ricadono in tale ambito morfologico.

Per ogni tipologia di substrato vengono quindi commentate le possibili tecniche di ingegneria naturalistica utili per la prevenzione o la stabilizzazione dei fenomeni gravitativi che interessano le coperture da essi derivanti (vedi tab. 11.1).

Dissesti ed interventi su coperture derivanti da substrato sciolto

Come illustrato nella figura 11.6 e com'era prevedibile, la presenza di coperture derivanti da substrato sciolto in aree ad acclività maggiore di 10° è pressoché nulla. Sono infatti inclusi in questa classe i seguenti litotipi: *Detriti antropici, Detrito o corpo di frana, Coperture colluviali, eluviali e terre residuali, Sabbie litoranee e palustri e dune recenti, Alluvioni ghiaiose, sabbiose, argillose attuali e recenti anche terrazzate e coperture colluviali ed*

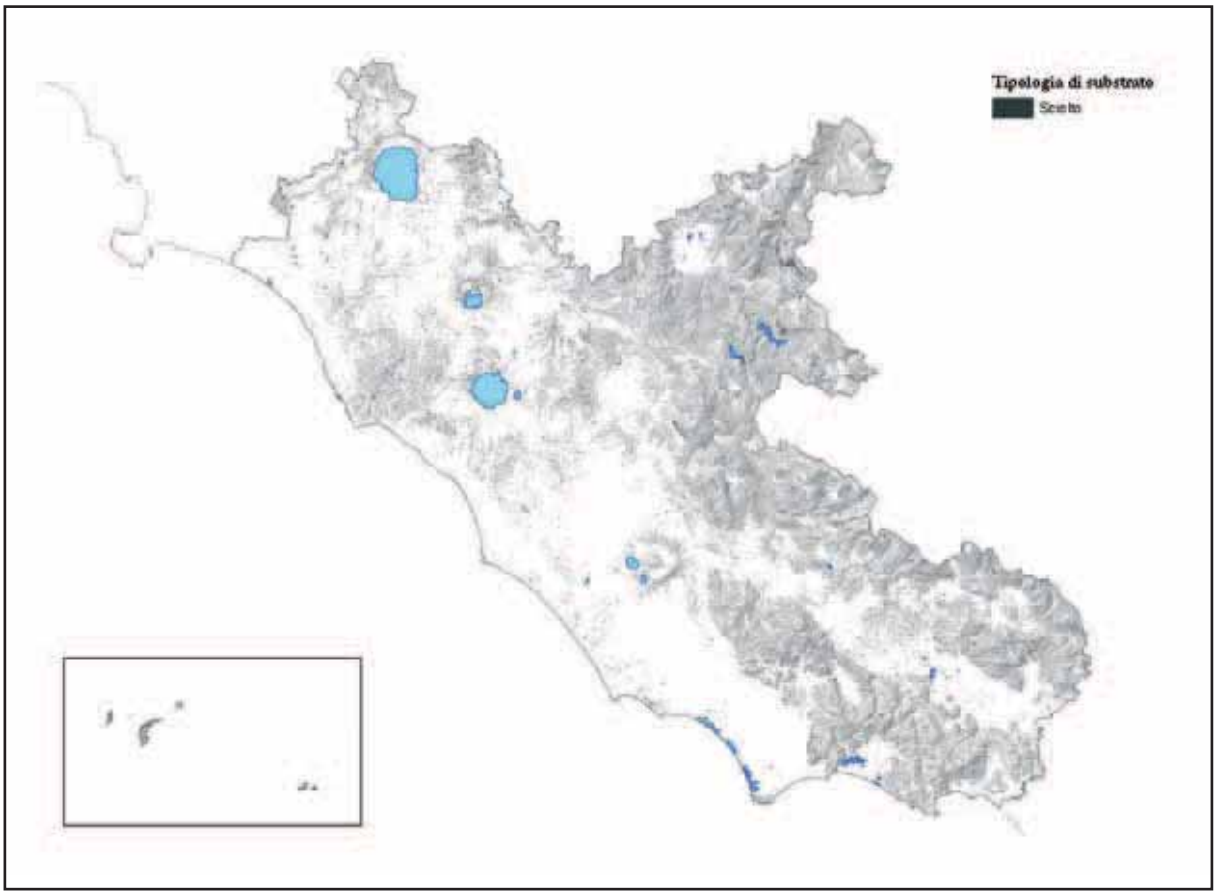


Figura 11.6: Aree con pendenza inferiore a 10° nel territorio della Regione Lazio e substrato litologico di tipo sciolto

Con l'esclusione di porzioni marginali di coperture eluvio-colluviali e di corpi di frana recenti, riscontrabili anche e soprattutto in condizioni di maggiore acclività, si tratta di substrati tipici di aree geomorfologicamente poco movimentate quali le pianure alluvionali, e le aree litoranee.

Su tali coperture e sul loro substrato, proprio in conseguenza della loro scarsa diffusione su versanti ad elevata pendenza, si riscontrano soprattutto problematiche connesse a fenomeni di erosione superficiale (diffusa e concentrata); localmente si possono manifestare fenomeni di soliflusso o piccoli scorrimenti roto-traslazionali.

Per il consolidamento di tali terreni, si possono utilizzare praticamente tutte le tecniche. La differenziazione delle tecniche da utilizzare và effettuata tenendo in debito conto le condizioni morfologiche ed ambientali del sito, con particolare attenzione alla presenza di acqua subsuperficiale ed alla profondità di eventuali falde connesse ad emergenze idriche sotterranee.

Su versanti sabbiosi privi di vegetazione e quindi soggetti ad erosione, le *tecniche di rivegetazione*, associate anche a strutture consolidanti, possono senz'altro avere buon esito su terreni non particolarmente asfittici, contribuendo ad una rapida ricostituzione del manto vegetale.

lontanamento delle acque di ruscellamento o di circolazione subsuperficiale che tendono ad appesantire il terreno stesso e ad innescarne la mobilizzazione. Alcune controindicazioni possono essere riferite alla scarsa efficacia di canalette superficiali laddove un'eccessiva permeabilità dei terreni provoca la quasi immediata infiltrazione delle acque piovane, soprattutto laddove la quantità di precipitazione è mediamente scarsa. Anche l'utilizzazione delle trincee drenanti andrebbe valutata caso per caso tenendo conto, ad esempio, della profondità della falda.

Su versanti impostati su terreni molto permeabili, infatti, la trincea potrebbe non interessare terreni sufficientemente saturi da giustificare la realizzazione di trincee per il loro drenaggio, rendendo pressoché inutile la loro realizzazione. D'altra parte, la realizzazione di profonde trincee con il relativo riempimento di ghiaie drenanti potrebbe essere essa stessa causa di innesco di movimenti e renderne pericolosa la realizzazione. In questi casi potrebbe essere utile l'utilizzazione di materiali drenanti preconfezionati in elementi assemblabili al di fuori della trincea e solo successivamente calati all'interno. In generale, le trincee drenanti sono più efficaci su versanti a valle di superfici piane e permeabili (ad esempio rilevati di origine antropica) che facilitano l'infiltrazione e che, in condizioni di

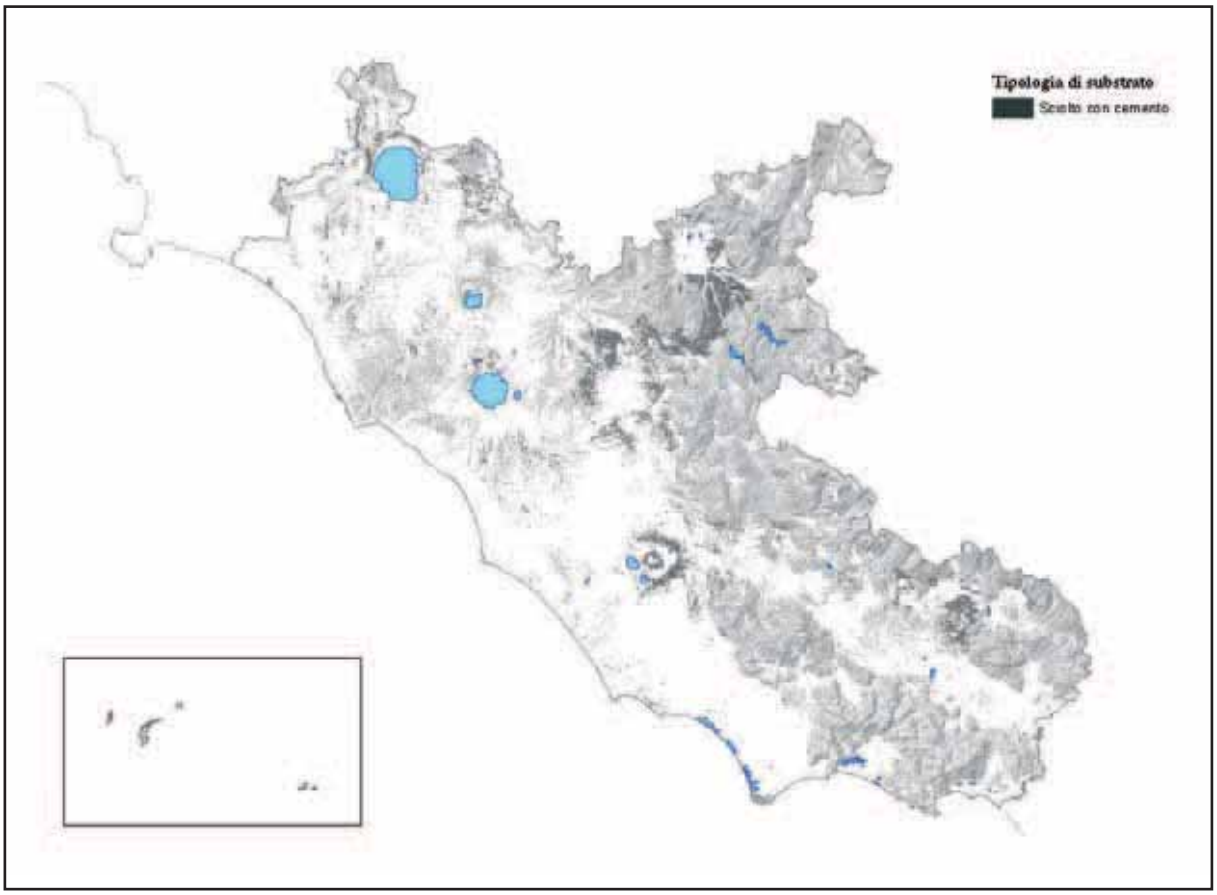


Figura 11.7: Aree con pendenza inferiore a 10° nel territorio della Regione Lazio e substrato litologico di tipo sciolto con cemento.

eccessiva presenza d'acqua, possono mobilizzarsi. In altri casi può essere conveniente intercettare le acque prima della loro infiltrazione tramite un'adeguata rete di canalette superficiali. Le canalette in pietrame, infine, non sono raccomandabili laddove può essere sconveniente il rapido reperimento della materia prima.
Tutte le *strutture di sostegno e contenimento in legname*, a valle di terreni ben drenati e quindi non particolarmente spingenti, possono essere utilizzate con successo.
In presenza di terreni sciolti soggetti a dilavamento particolarmente spinto, le *tecniche di stabilizzazione superficiale* possono affiancare le semplici tecniche di rivegetazione in quanto, a queste ultime possono essere associate strutture di sostentamento in pali (sui versanti più acclivi) oppure a filari di ramaglie drenanti e piccole strutture di contenimento in legname.
Infine, tutte le *strutture di contenimento in pietrame* o *in terra* possono essere convenientemente utilizzate senza particolari accorgimenti se non la garanzia di un efficace drenaggio a monte della struttura.

Dissesti ed interventi su coperture derivanti da substrato sciolto con cemento

La figura 11.7 evidenzia come la presenza di substrato sciolto con cemento e delle relative coperture su versanti ad acclività maggiore di 10° sia piuttosto discontinua, con una più marcata diffusione nella Sabina, nei dintorni di Frosinone e nei distretti vulcanici laziali.
I litotipi inclusi in questa classe sono: *Conoidi e detriti di pendio anche cementati, facies moreniche, Brecce di pendio cementate, Conglomerati poligenici, Conglomerati cementati di Rieti, Conglomerati di Santopadre, Alluvioni ghiaiose,sabbiose, argillose antiche terrazzate e depositi lacustri antichi, Depositi prevalentemente ghiaiosi a luoghi cementati in facies marina e di transizione terrazzati lungo costa, Depositi prevalentemente sabbiosi a luoghi cementati in facies marina e di transizione terrazzati lungo costa, Calcareniti e calcari organogeni, Scorie e lapilli, Tufi stratificati, tufiti e tufi terrosi, Pozzolane*. Questi litotipi danno luogo a morfologie caratterizzate da superfici più o meno acclivi, in genere relitti di antichi versanti, delimitate frequentemente da scarpate subverticali a testimonianza dell'attività di processi morfogenetici attuali.
Su tali versanti si possono manifestare locali mobilizzazioni delle coperture, con fenomeni tipo soliflusso e piccoli scorrimenti roto-traslazionali. In corrispondenza delle scarpate si può verificare il distacco di masse più o meno cospicue di substrato affiorante.

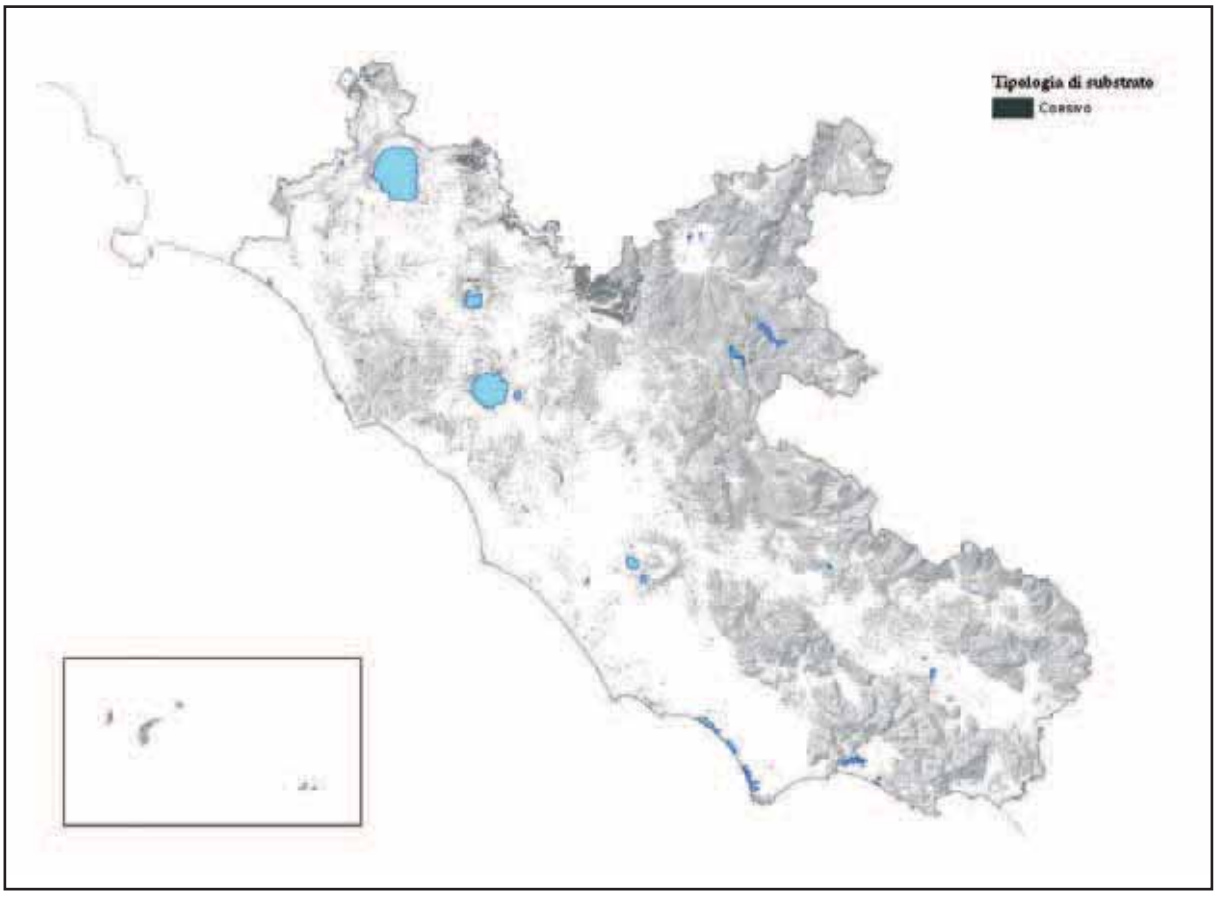


Figura 11.8: Aree con pendenza inferiore a 10° nel territorio della Regione Lazio e substrato di tipo coesivo.

Anche per il consolidamento di tali terreni, si possono utilizzare praticamente tutte le tecniche, con le stesse considerazioni già espresse per la classe precedente.
Rispetto ad essa, si deve considerare che sono possibili fenomeni di crollo e ribaltamento dalle numerose scarpate subverticali impostate sulle porzioni di substrato maggiormente cementato. Nei confronti di tali fenomeni di dissesto, le tecniche di ingegneria naturalistica possono essere utilizzate nella realizzazione di difese passive quali valli paramassi in terre armate rinverdite.

Dissesti ed interventi su coperture derivanti da substrato coesivo

Nelle aree prese in considerazione nell'ambito della presente analisi, tali coperture si riscontrano essenzialmente lungo la valle del fiume Tevere con maggiore estensione nella bassa Sabina e nell'area di Bagnoregio (vedi figura 11.8). In quest'ultima area, in particolare, si sviluppano vaste formazioni calanchive pressoché caratterizzate oltre che dalla tipica morfologia, anche dalla quasi totale assenza di coperture e di vegetazione. Altri areali minori si possono riscontrare nella valle del Fiume Paglia, all'estremo nord del territorio regionale, e, con maggior discontinuità, lungo la fascia peritirrenica delle province di Roma e Viterbo.
I litotipi inclusi in questa classe sono: *Depositi prevalentemente argillosi in facies marina e di transizione terrazzati lungo costa, Argille, Olistostromi, Argille con gessi*. Essi danno luogo a morfologie piuttosto tormentate, bruscamente interrotte da nette scarpate delimitanti le incisioni calanchive. Laddove l'attività agricola ha recuperato spazio al dissesto generalizzato riscontrabile su tali terreni si osservano versanti dolci ed anche poco acclivi.
Su di essi, l'obiettivo primario ai fini di un recupero statico dei versanti, è rappresentato dalla rivegetazione degli stessi ed a tal fine le tecniche di *inerbimento* e la *messa a dimora di specie arbustive*, sono senz'altro utilizzabili, ma non senza l'ausilio di ulteriori tecniche stabilizzanti. Senza tale ausilio, che può essere senz'altro rappresentato da *viminate*, *graticciate, geosintetici e fibre naturali*, la semina verrebbe rapidamente dilavata od asportata.
Tali tecniche miste, finalizzate alla rivegetazione dei versanti, sono certamente utilizzabili in tutti quei casi in cui il versante è stato pressoché completamente dilavato fino al substrato, anche su substrati e tipologie di copertura differenti (ad esempio, le pareti costituenti le nicchie di distacco di frane di

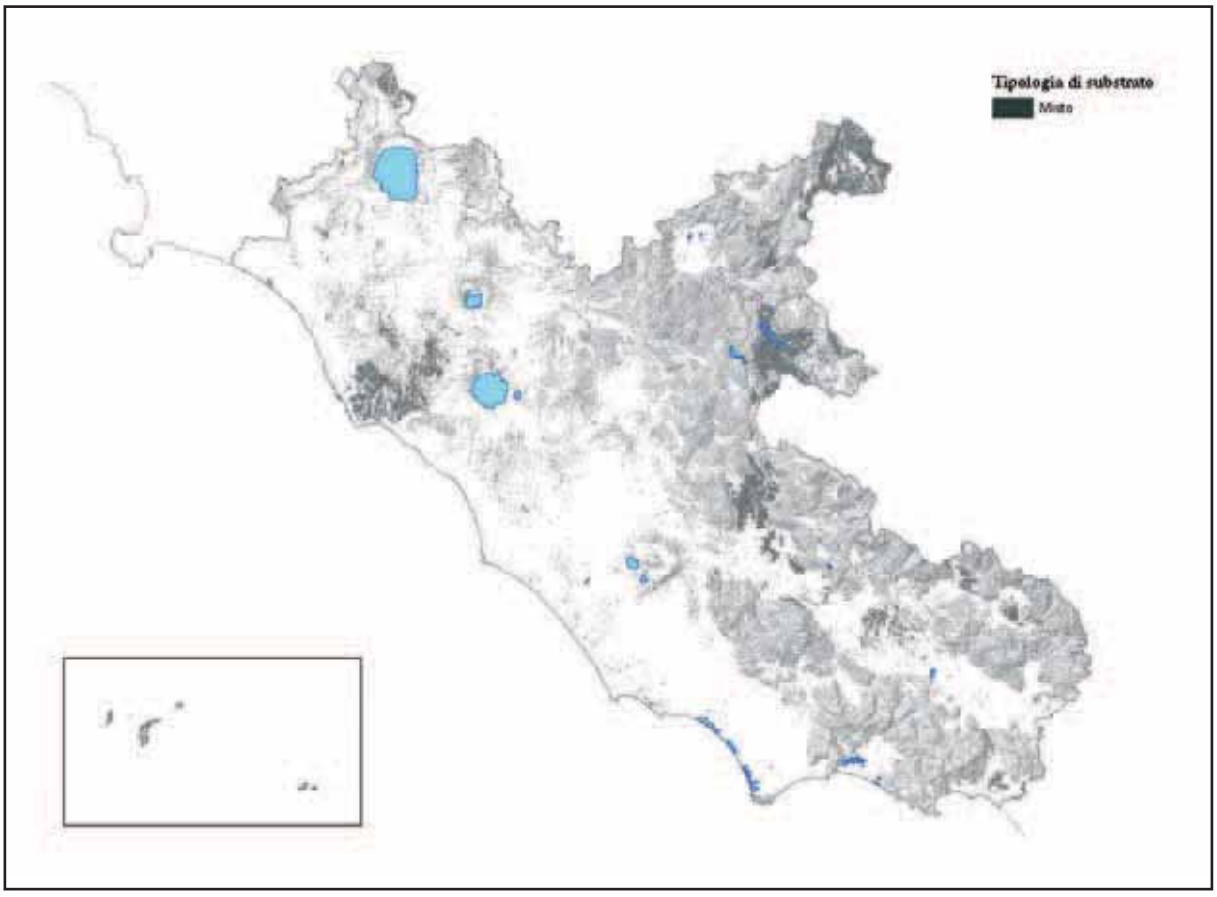


Figura 11.9: Aree con pendenza inferiore a 10° nel territorio della Regione Lazio e substrato di tipo misto.

scivolamento roto-traslazionale su terreni sabbiosi). Anche le *gradonate* e le *cordonate vive*, quali tipiche tecniche di stabilizzazione superficiale e di protezione dall'erosione, possono essere utilizzate con successo su versanti però meno critici dal punto di vista della mobilizzazione delle coperture (meno acclivi), in quanto il maggior onere di lavoro necessario alla loro realizzazione può contrastare con la possibile distruzione delle strutture poste in opera a seguito di fenomeni di soliflusso, colamento rapido o scivolamento roto-traslazionale.

In ogni caso, particolare attenzione dovrà essere posta nella scelta delle specie da utilizzare per gli inerbimenti o la piantumazione per le particolari caratteristiche di circolazione idrica e di ossigenazione dei suoli derivati dai substrati argillosi.

Anche le opere di *canalizzazione superficiale* sono senz'altro raccomandabili su tali coperture, tranne quelle in pietrame per le quali dovrà essere verificata la rapida disponibilità del materiale lapideo. Per tutte le tipologie di drenaggi canalizzati, inoltre, dovrà essere prevista la posa in opera di specie vegetali lungo il contatto pietrame-copertura coesiva. Tale accorgimento è consigliabile al fine di diminuire il contrasto di erodibilità tra le due componenti che, in assenza di una fascia di transizione e protezione, si tradurrebbe in un rapida asportazione delle coperture sottostanti la canaletta compromettendone funzionalità e stabilità.

Per quanto riguarda i sistemi drenanti, si sconsiglia l'uso delle *trincee drenanti* su coperture spiccatamente argillose per la scarsa utilità delle stesse in considerazione della ridotta circolazione idrica riscontrabile in esse, e comunque non senza adeguate ed alternate strutture di contenimento e stabilizzazioni delle coltri che, in caso di mobilizzazione possono compromettere la funzionalità delle trincee stesse. Allo scopo di allontanare le acque superficiali e sub-superficiali, si ritiene siano più utili le *fascinate drenanti* in quanto intercetterebbero ed allontanerebbero le acque di ruscellamento prima ancora che esse si possano infiltrare nel suolo e nelle coperture.

Per quanto riguarda i vari tipi di *palificate* si ritiene che in presenza di terreni fortemente spingenti quali quelli a forte componente argillosa, le strutture di contenimento debbano essere adeguatamente solidali con un substrato stabile e che tale condizione si possa raggiungere solo tramite fondazioni indirette, a volte anche dell'ordine della decina di metri, spesso con l'aggiunta di tiranti. È evidente che tali soluzioni progettuali sono incompatibili con una struttura di contenimento che non sia realizzata in cemen-

to armato. In generale, quindi, prima di considerare la posa in opera di palificate in legname deve essere adeguatamente verificata la spinta che il terreno retrostante può applicare sulla palificata.
In considerazione della facilità con la quale la componente *suolo* (in genere sottile e ben distinto, quando presente, e costituente spesso l'unica copertura al disopra del substrato) delle coperture derivanti da substrati argillosi, viene mobilizzato insieme alla sua vegetazione erbaceo-arbustiva, priva quindi di profonda radicazione, tutte le *tecniche di stabilizzazione superficiale* sono utili a contenere tali mobilizzazioni e facilmente realizzabili su versanti anche a forte pendenza.
Per quanto riguarda le *grate vive* valgono sostanzialmente le stesse considerazioni già espresse per le palificate. In ogni caso la loro posa in opera su tali terreni è sconsigliabile su versanti ad acclività medio alta. Comunque ad esse devono essere necessariamente associate altre tecniche che favoriscono la rapida rivegetazione delle pareti oggetto di intervento (geostuoie, geocompositi, inerbimenti), senza, peraltro lasciare porzioni del versante stesso non coperte dall'intervento, in quanto la prevedibile erosione che si innescherebbe ai margini della struttura posta in opera ne comprometterebbe la sua stabilità e la sua funzionalità.

Dissesti ed interventi su coperture derivanti da substrato misto

Nell'ambito del territorio regionale, i versanti interessati da tali coperture si riscontrano in vaste aree della Sabina, ad est della linea tettonica Olevano-Antrodoco, e sui Monti della Tolfa; minori estensioni si riscontrano lungo la Valle Latina ed in Val Comino (vedi figura 11.9).
In questa classe sono stati inclusi i seguenti litotipi: *Flysch a componente dominante arenacea o conglomeratico-arenacea, Flysch a componente dominante arenaceo o arenaceo-pelitica, Flysch a componente dominante pelitica o arenaceo-pelitica, Flysch a componente dominante calcareo marnosa, subordinatamente argillitica, Calcareniti, marne e argilliti paleogeniche intercalate come olistostromi nei flysch miocenici*. Essi danno luogo in genere a morfologie piuttosto dolci ed anche poco acclivi, localmente interrotte da nette scarpate dovute spesso ad incisione fluviale o a particolari condizioni stratigrafico strutturali (ad esempio, successioni stratificate di bancate di arenaria in giacitura a reggipoggio).
Su tali coperture e substrati, analogamente a quanto affermato per i substrati coesivi, l'obiettivo primario ai fini di un recupero statico dei versanti, è rappresentato dalla rivegetazione degli stessi anche se, la maggior presenza della componente sabbiosa nei terreni di copertura e la maggiore aerazione dei suoli derivati, rende più facile il naturale attecchimento di specie pioniere sui terreni denudati per frana. Sui versanti più acclivi, tuttavia, le tecniche di *inerbimento* e la *messa a dimora di specie arbustive*, sono senz'altro utilizzabili insieme ad ulteriori tecniche di protezione quali *geosintetici e fibre naturali*.
Analogamente ai substrati coesivi ed alle relative coperture, anche le *gradonate* e le *cordonate vive* nonché le opere di *canalizzazione superficiale* possono essere utilizzate con successo su versanti non eccessivamente acclivi. Tra queste ultime, le *canalette in pietrame* possono essere convenientemente utilizzate vista la prevedibile rapida disponibilità di materiale lapideo in arenaria, riscontrabile anche in lastre di vario spessore. Una controindicazione, tuttavia, và segnalata nella facilità con cui tale materiali si disgregano sotto l'azione degli agenti meteorici, per cui si raccomanda l'utilizzazione di pietra locale solo nel caso che si tratti di arenarie fortemente cementate.
Anche in questo caso è consigliabile la posa in opera specie vegetali lungo il contatto pietrame-copertura detritica al fine di diminuire il contrasto di erodibilità tra le due componenti.
L'uso delle *trincee drenanti* su tali substrati e coperture è senz'altro consigliabile in relazione alla presenza di acqua in ammassi caratterizzati da alternanze di litotipi a diverso grado e tipo di permeabilità (media o alta per fratturazione le arenarie, bassa o bassissima per porosità le argille) che spesso ospitano piccole falde confinate, la cui presenza costituisce fattore predisponente nell'innesco dei fenomeni di disseto gravitativo. Sui versanti interessati da coperture a maggior componente argillosa, si ritiene sia utile anche la posa in opera di *fascinate drenanti* in quanto intercetterebbero ed allontanerebbero le acque di ruscellamento prima ancora che esse si possano concentrare e dar luogo a pericolosi fenomeni di erosione concentrata o diffusa.
Per le *palificate* valgono le stesse considerazioni già espresse per le coperture coesive, anche se la realizzazione di efficaci sistemi drenanti superficiali e profondi potrebbe ridurre significativamente la mobilità delle coperture in esame rendendo possibile e conveniente l'utilizzazione di tali tecniche per la stabilizzazione di volumi non eccessivi.
Il suolo riscontrabile su coperture e substrati di tipo misto, può essere stabilizzato senza particolari controindicazioni tramite *tecniche di stabilizzazione superficiale*, meglio se associate anche *a drenaggi superficiali*.
Per quanto riguarda le *grate vive* e le *strutture di contenimento in pietrame*, valgono sostanzialmente le stesse considerazioni già espresse per coperture e substrati coesivi.
Nelle aree interessate da coperture e substrati di tipo

misto, infine, la realizzazione di rilevati in *terra armata con funzione paramassi* è prevedibile sono in casi isolati e particolari dal punto di vista geomorfologico individuabili laddove coesistono forti spessori di arenarie cementate affioranti su scarpate naturali o di origine antropica (ad esempio, tagli autostradali).

Dissesti ed interventi su coperture derivanti da substrato semilapideo

La presenza di tali coperture su versanti ad acclività maggiore di 10° non è molto riscontrata nel territorio della Regione Lazio (vedi figura 11.10). Si possono comunque distinguere due ambiti differenti caratterizzati da differenti caratteri morfologici: la fascia che va dai monti Prenestini al Cicolano ed il dominio morfologico delle vulcaniti del Lazio settentrionale. Il primo è caratterizzato da morfologie tipiche della montagna appennina, con versanti lunghi e ben distinti, impostati su substrati sostanzialmente marnosi. Il secondo, invece, è caratterizzato da ampi plateau, a bassa acclività e diffusamente interessati da profonde incisioni fluviali segnate da scarpate subverticali, dai quali emergono i resti degli antichi apparati vulcanici caratterizzati da versanti a maggiore acclività impostati su vulcaniti semilapidee che, nel caso in esame, si riferiscono in particolare all'apparato vulcanico Cimino-Vicano.
I litotipi inclusi in questa classe sono: *Emipelagiti prevalentemente marnose, Marne a Fucoidi, Tufi prevalentemente litoidi, Facies freatomagmatiche*.
Le relative coperture danno luogo, in genere, a frane di scivolamento roto-traslazionale (a volte evolventi in colate rapide laddove si verificano particolari concentrazioni di acque subsuperficiali), di entità proporzionale allo spessore della copertura stessa, senza coinvolgere il substrato se non nelle porzioni più superficiali ed alterate. Inoltre in corrispondenza di piccole scarpate, emergenti dalla copertura detritica, si può verificare il distacco e rotolamento a valle di massi. Lungo le scarpate di incisione fluvio-torrentizia diffusamente presenti nelle vulcaniti, si può verificare il ribaltamento e crollo di blocchi di notevoli dimensioni, fino a veri e propri fenomeni di espandimento laterale laddove l'ammasso semilapideo poggia su substrati meno competenti e facilmente deformabili plasticamente..
A causa del limitato spessore delle coperture e del suolo riscontrabili su tali substrati e sulle relative coperture, qualora queste siano state asportate a causa di fenomeni di dilavamento o mobilizzazione di massa, l'attecchimento di specie erbacee su un suolo poco sviluppato e con forti percentuali di materiale lapideo, anche molto grossolano, potrebbe

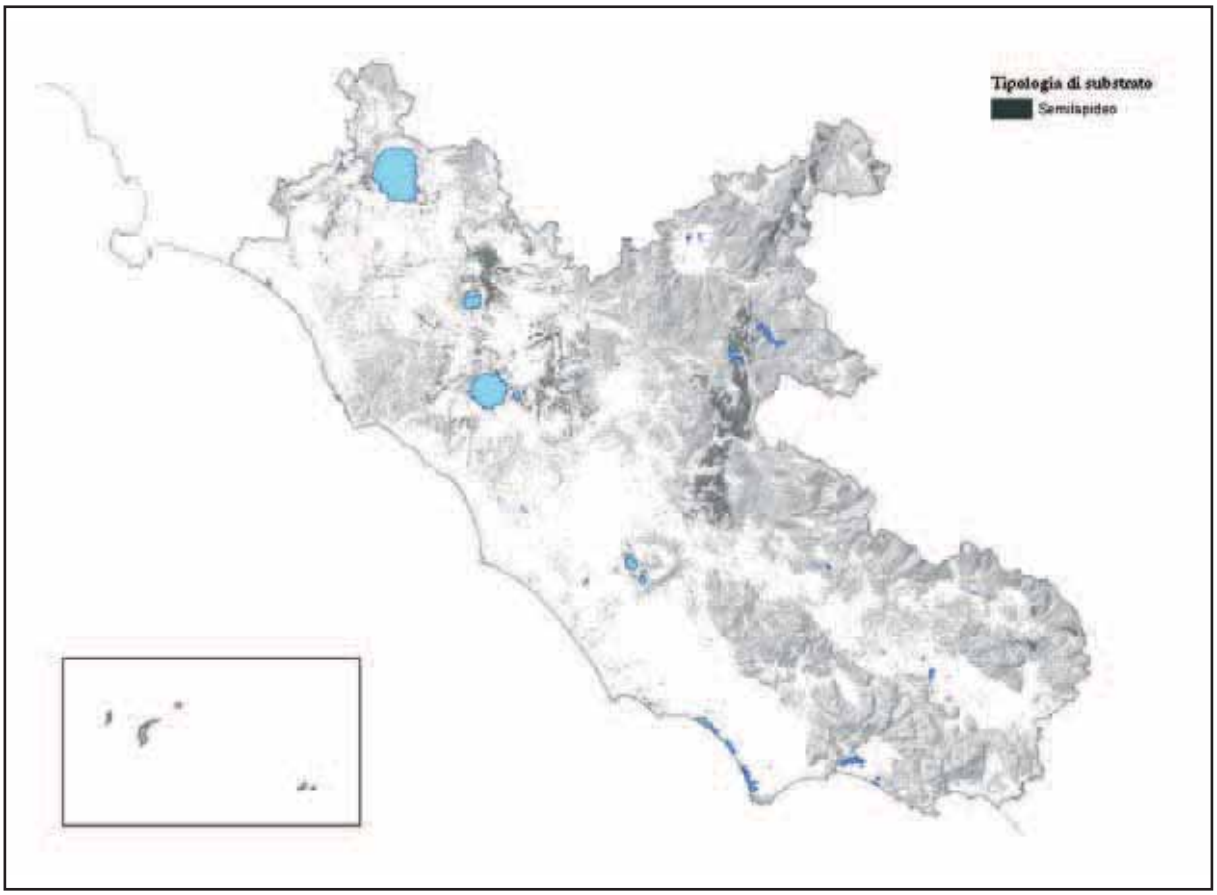


Figura 11.10: Aree con pendenza inferiore a 10° nel territorio della Regione Lazio e substrato di tipo semilapideo.

risultare alquanto difficile per cui le tecniche di *inerbimento* e la *messa a dimora di specie arbustive* sono in genere inutilizzabili salvo l'adozione di ulteriori tecniche di sostegno e protezione del seminato quali *geosintetici e fibre naturali*, e comunque solo in presenza di uno spessore sufficiente di terreno utile allo sviluppo dello stesso.
Più efficaci, al fine di rivegetare il versante denudato, possono risultare, nelle idonee condizioni ecologiche e geomorfologiche, la *messa a dimora* di specie arbustive nonché *gradonate e le cordonate vive*. Queste ultime, in particolare, se strutturate in filari di più ordini, oltre ad intercettare le acque di ruscellamento, favorendone l'infiltrazione, trattengono anche quel poco di particelle solide in sospensione accumulandole in corrispondenza della struttura in opera e creando così i presupposti per un più efficace sviluppo delle talee o piantine messe a dimora.
Su terreni e substrati in genere piuttosto permeabili, per porosità i primi e per fessurazione i secondi, appare piuttosto inutile la realizzazione di opere di *canalizzazione superficiale* se non dove, locali concentrazioni di acque di ruscellamento, rendano necessaria la messa in opera di tali strutture al fine di un più rapido allontanamento delle acque stesse. Ovviamente, vista la possibile rapida disponibilità di materiale lapideo idoneo, le *canalette in pietrame* possono essere convenientemente utilizzate.
L'uso delle *trincee drenanti* e dei *cunei filtranti* è senz'altro sconsigliabile su tali substrati e coperture in relazione all'esiguo spessore di quest'ultime, permeabili per porosità a differenza del substrato. Allo scopo di allontanare le acque subsuperficiali e quindi per favorire l'alleggerimento delle coperture, per la loro maggior semplicità di posa in opera ed il minor costo, sono senz'altro preferibili le *fascinate drenanti*.
Relativamente ai vari tipi di *palificate*, si deve ricordare che la loro utilizzazione viene richiesta essenzialmente per contrastare terreni spingenti in corrispondenza di tagli naturali ed artificiali, ad alta acclività. Nelle aree in esame, in corrispondenza di superfici con tale geometria affiora generalmente il substrato che, essendo ti tipo semilapideo, non si considera "spingente" alla stregua dei terreni coesivi. Eventuali sollecitazioni orizzontali da contrastare con specifiche opere possono derivare, infatti, solo da fenomeni di espandimenti laterale degli ammassi.
Come per tutte le altre tipologie di substrati e coperture finora prese in considerazione, anche in questo caso il suolo e la porzione più superficiale delle coperture detritiche può essere stabilizzato senza particolari controindicazioni tramite *tecniche di stabilizzazione superficiale*, meglio se associate anche *a drenaggi superficiali*.

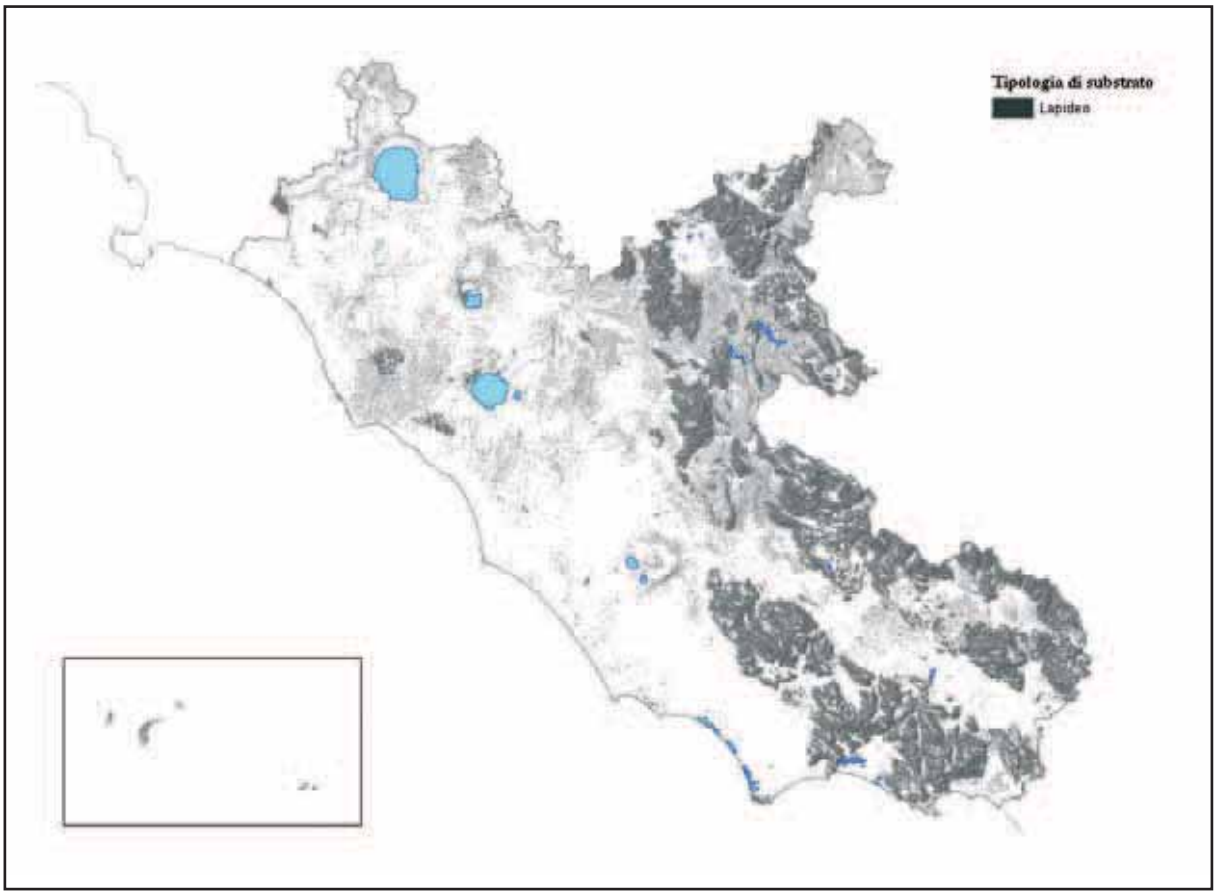


Figura 11.11: Aree con pendenza inferiore a 10° nel territorio della Regione Lazio e substrato di tipo lapideo.

Per quanto riguarda le *grate vive*, valgono sostanzialmente le stesse considerazioni già espresse relativamente alle palificate.
Nelle aree interessate da coperture e substrati di tipo semilapideo, la realizzazione di *murature in pietrame* sono piuttosto comuni essendo state realizzate, non tanto per finalità di difesa del suolo, ma soprattutto per il recupero ai fini agropastorali di appezzamenti di terreno che l'eccessiva pietrosità rendeva difficilmente utilizzabili. Su versanti non eccessivamente acclivi, tuttavia, tale consuetudine si è concretizzata nella realizzazione, molto diffusa fino all'ultimo dopoguerra, di terrazzamenti che, diffusi su vaste estensioni di versanti in genere prive o quasi di qualsiasi copertura detritica e quindi di suolo, consentivano l'utilizzazione di queste porzioni di territorio altrimenti inutilizzabili se non ai fini forestali e, comunque, solo dopo importanti operazioni di rimboschimento.
Rilevati in *terra armata e gabbionate*, infine, sono senz'altro utilizzabili in termini di difesa passiva per fermare il rotolamento di massi distaccatisi dalle scarpate e dai gradini morfologici in genere presenti lungo i versanti impostati su tali substrati o a valle di scarpate di origine antropica.

Dissesti ed interventi su coperture derivanti da substrato lapideo

Come si evince dall'analisi della figura 11.11, gli ambiti compresi in questa classe sono di gran lunga i più diffusi sui versanti con acclività maggiore di 10°. Si tratta soprattutto di substrati calcarei o calcareo-marnosi costituenti l'ossatura di tutti i rilievi dell'Appennino centrale, residuo di ambienti di scogliera e di ambienti di transizione ad ambienti marini più profondi di età meso-cenozoica.
Nell'ambito del territorio regionale, tali substrati e relative coperture si riscontrano in quattro ambiti principali: la dorsale calcarea presente a sud della Valle Latina (dai monti Lepini agli Aurunci), i rilievi calcarei posti a nord della stessa valle Latina (dai Simbruini ai Monti della meta), i rilievi ad est della valle del Tevere (dai Lucretili ai Monti Sabini) ed i rilievi posti ad est della piana di Rieti (dai Monti Reatini al Monte Velino). Altri versanti che, dal punto di vista della tenacia della roccia del substrato possono essere assimilabili a quelli calcarei, si riscontrano in alcune aree della Maremma tosco-laziale (Monti Romani con rocce metamorfiche, monti Ceriti e Tolfetani con vulcaniti acide, Monti Sabatini e Vicani con vulcaniti sottosature). Oltre alla tenacia e durezza della roccia, tuttavia, elemento caratteristico dei calcari è dato dalla loro possibile dissoluzione ad opera di acque più o meno acide. Tale fenomeno, a lungo termine, causa la formazione di tipiche forme di dissoluzione (doline, campi carsici, etc.) e di deposito (terre rosse) del materiale non solubile, assolutamente assenti negli altri ambiti citati.
In questi, infatti, alla tenacia del substrato si associa sempre un'alta energia del rilievo e dinamiche di alterazione connesse più a processi fisici piuttosto che al chimismo della roccia.
Alle differenti dinamiche di erosione e deposito riscontrabili tra i rilievi calcarei e quelli vulcano-metamorfici si associano anche spiccate differenze nello spessore delle coperture e, in genere, anche nel grado di copertura vegetale presente sui versanti.
Sui calcari, infatti, la lentezza con cui si sviluppa il processo di dissoluzione carsica non permette il forte accumulo di coperture detritiche a grana medio-fine se non in particolari condizioni morfologiche (depressioni carsiche). Più frequentemente, si riscontrano vaste coperture detritiche derivanti dallo smantellamento fisico delle rocce del substrato con fenomeni di crollo, ribaltamento o di semplice caduta di piccoli massi connessi al progressivo allargamento delle fratture di cui il substrato è più o meno intensamente interessato.
Tuttavia, a differenza di quanto invece si può riscontrare sui versanti vulcano-metamorfici, la granulometria di tali coperture è sempre molto grossolana, con una frazione fine che in genere viene subito dilavata.
Ciò fa sì che le coperture siano più lentamente colonizzabili dalla vegetazione al contrario dei versanti vulcano-metamorfici dove, insieme ad un generale più ampio spessore delle coperture e ad una loro maggior ricchezza in granulometria sabbioso-limosa che favorisce la ritenzione idrica dei suoli, si riscontra una vegetazione più rigogliosa e sviluppata.
Per quanto riguarda i dissesti riscontrabili nelle aree con substrato lapideo e relative coperture, oltre ai citati fenomeni di crollo e ribaltamento dalle scarpate, laddove le coperture assumono valori più elevati (verosimilmente solo sui versanti impostato su substrati vulcano-metamorfici) si possono riscontrare limitati fenomeni di scivolamento roto-traslativo di masse detritiche che possono coinvolgere anche la porzione più alterata del substrato litoide.
Per quanto riguarda le tecniche di ingegneria naturalistica utilizzabili in tali ambiti, si conferma essenzialmente quanto già espresso relativamente ai substrati semilapidei.

CAPITOLO 12

Biotecnica delle specie vegetali

F. Palmeri, P. Cornelini

12.1 Le caratteristiche biotecniche delle piante impiegabili in Ingegneria Naturalistica

Molte piante possiedono attitudini **biotecniche** utili negli interventi di ingegneria naturalistica.

Le **caratteristiche biotecniche** sono **riconducibili** a:

***Proprietà tecniche*:**

1. **difesa dall'erosione** – **copertura del terreno** e riduzione delle azioni provocate dalle precipitazioni;
2. miglioramento dei parametri geotecnici del suolo ad opera delle radici (**coesione, angolo di attrito, resistenza al taglio**)
3. **regolazione del bilancio idrologico del terreno** (evaporazione; formazione e miglioramento del suolo);
4. riduzione della **velocità di scorrimento superficiale** e della forza di trascinamento dell'acqua;

Proprietà biologiche:

1. capacità di **rigenerazione**;
2. capacità di **adattamento all'ambiente**;
3. **resistenza alla sommersione anche per periodi prolungati**: salici, *Populus alba* (pioppo bianco), frassini, *Alnus glutinosa* (ontano nero),
4. **capacità di emettere radici avventizie**: ontani, salici, pioppi, frassini, *Acer pseudoplatanus* (acero montano), *Corylus avellana* (nocciolo), *Euonymus europaeus* (berretta da prete), *Viburnum tinus* (lentiggine), etc.
5. **capacità di riproduzione per via vegetativa**, ovvero per talea: tamerici, salici, pioppi, *Laburnum anagyroides* (maggiociondolo), *Ligustrum vulgare* (ligustro), sambuco (*Sambucus nigra*), *Phragmites australis, Arundo pliniana, Corylus avellana* (nocciolo, talea radicale), etc..

Le piante con elevata valenza biotecnica utili negli interventi di I.N. dovrebbero quindi possedere particolarmente le seguenti qualità:

Capacità di consolidare il terreno

La capacità di legare e consolidare il terreno mediante il sistema radicale della pianta deriva dalla forma della radice, dalla densità della radicazione e quindi dalla massa radicale, che si traduce in un aumento della resistenza al taglio e della coesione del terreno. Queste qualità possono essere in parte compensate da una corrispondente resistenza allo strappo. Particolarmente importante è il **rapporto fra il volume delle radici ed il volume dei getti** (Schiechtl, 1973) (Tab. 12.1.1)

Arbusti ed alberi

Salix glabra	2,4
Viburnum Lantana	2,3
Erica carnea	2,0
Salix eleagnos	1,8
Salix nigricans	1,8
Anlus viridis	1,6
Salix purpurea	1,5
Fraxinus exelsior	1,5
Ligustrum vulgare	1,2
Acer pseudoplatanus	1,1
Hippophae rhamnoides	1,0
Berberis vulgaris	0,6
Salix alba	0,5

Piante erbacee

Stipa species	5-15
Equisteum arvense	5,5
Rumes scutatus	5,5
Deschampista caespitosa	1,6
Festuca ovina	1,1
Anthyllis vulneraria	0,8
Achillea millefolium	0,7
Lotus corniculatus	0,7

Tab. 12.1.1 - Rapporto tra il volume dell'apparato radicale e della parte aerea di diverse piante. Dal rapporto radici-parte aerea della pianta, possiamo trarre importanti indicazioni sulle attitudini biotecniche delle piante (da Florineth, 1993).

Nel caso delle piante mediterranee esiste una relazione tra le strategie di riproduzione e la struttura delle radici.

Le specie con capacità di ripresa vegetativa possiedono un apparato radicale più profondo e sviluppato che garantisce un miglior consolidamento del suolo di quelle con rigenerazione da seme.

Studi sulla distribuzione delle radici di piante legnose mediterranee per la definizione di modelli empirici sono in corso nelle università di Lisbona e Coimbra, in Portogallo (Silva, Rego e Martins-Loucao, 2003).

Resistenza degli apparati radicali

Le specie a radicazione estensiva, con un ampio sistema radicale strisciante e/o penetrante in profondità, formano sistemi orizzontali e verticali; suddivisi, nel caso di individui adulti, propagati per via sessuale a seconda della forma, **in radici fittonanti e fascicolate, con le varie forme di transizione**.

Le piante legnose moltiplicate agamicamente in sito, possono però essere difficilmente inquadrate in uno di questi schemi. Il gruppo delle specie a radicazione intensiva, con radici meno striscianti in profondità, molto ramificate e fittamente addensate, rappresenta il tipo delle graminacee. Nel caso delle leguminose è frequente il tipo a fittone.

Il consolidamento più efficace del terreno si ottiene, in ogni modo, quando la compenetrazione radicale nel corpo terroso avviene in diversi strati del terreno ed è, quindi, assolutamente necessario impiegare specie con diversi tipi di radici.

Affinché le radici delle piante impiegate per stabilizzare un terreno oppongano la giusta resistenza alle sollecitazioni meccaniche provocate dai movimenti del terreno è necessario che resistano agli sforzi di trazione e di taglio che ne derivano.

Laboratori scientifici in vari paesi studiano le proprietà meccaniche dei fusti e delle radici delle piante con le classiche prove di laboratorio per la resistenza dei materiali.

Fig. 12.1.1
Macchina per misurare l'elasticità delle piante presso l'Università di Vienna

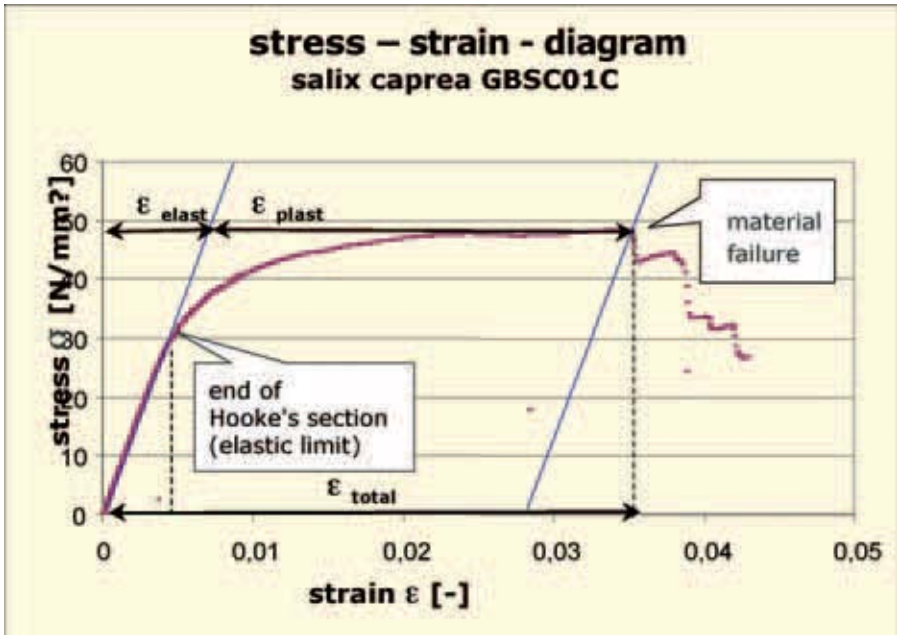


Fig. 12.1.2
Diagramma sforzi - deformazioni su Salix caprea (da Florineth "Efficacia e risposta alle sollecitazioni delle piante sui corsi d'acqua" nel convegno "Terza giornata di studio sull'applicazione delle tecniche a basso impatto ambientale nella Regione Lazio" Roma 20 febbraio 2002)

La resistenza alla rottura dell'apparato radicale è il prodotto dell'intensità di radicamento per la resistenza alla trazione delle singole radici.

Per quanto riguarda la resistenza a trazione delle radici si può fare riferimento a valori riportati in Tab. 12.2 ove sono riportati i valori medi relativamente a piante comuni del Lazio, con i più recenti risultati della ricerca.

La resistenza all'estirpamento delle piante è variabile, come si può vedere nelle tab.12.1.3 e 12.1.4.

Specie	Resistenza a trazione delle radici (Mpa, valori medi)
Spartium junceum	44,6
Salix purpurea	36
Euonymus europeus	34,6
Rhamnus alaternus	34
Quercus robur	32
Cytisus scoparius	32
Acer campestre	28,2
Viburmun tinus	23,6
Phillyrea latifolia	21,1
Coronilla emerus	19,2
Pistacia terebinthus	17,2
Salix eleagnos	15
Populus nigra	5 ÷12

Tab. 12.1.2 - Valori di resistenza a trazione delle radici di alcune piante comuni presenti lungo le sponde fluviali e sui versanti del Lazio (da Dallari et.al., in Manuale Lazio 2, e da Greenway 1987).

Specie	Numero	Resist. Min. [kN]	Resist. Mass. [kN]	Età da - a
Farxinus exelsior	14	1,204	**38,088**	**6-36**
Almus incana	25	0,957	**20,405**	**3-19**
Acer pseudopl.	22	0,958	**16,539**	**5-16**
Almus viridis	22	0,664	**11,371**	**6-13**
Salix eleagnos	78	1,063	**17,615**	**5-21**
Salix purpurea	7	2,176	**10,398**	**6-8**
Salix daphnoides	6	1,008	**6,937**	**5-14**
Salix appendiculata	7	1,098	**6,300**	**4-11**
Salix caprea	5	0,998	**6,008**	**4-6**
Salix myrsinifolia	22	1,024	**5,992**	**5-14**

Tab. 12.1.3 - Resistenza allo sradicamento - sintesi Weitzer et al. 1988 (da Florineth, 2003)

Specie	*Forza di trazione (N)*	*Diametro della radice ø mm*	*Tensione di trazione (N/cm²)*
Poa annua	1,04		
Agrostis stolonifera	1,24		
Festuca duriuscula	2,04		
Deschampsia caespitosa	2,9		
Lolium perenne	5,0		
Nardus stricta	7,6		
Bromus inernis	9,9		
Trifolium repens	3,5	0,9	547
Anthyllis vulneraria	86	3,5	901
Trifolium hybridum	125	3,1	1658
Lotus corniculatus	142	3,6	1404
Trifolium pratense	154	3,7	1438
Onobrychis sativa	350	10	443
Medicago sativa	3250	30	460
Salix caprea	5500	85	97
Betula pendula	3000	53	136
Carpinus betulus	4000	78	83

Tab. 12.1.4 - Resistenza all'estirpamento di piante erbacee e latifoglie (da Florineth, 1995)

Le resistenze al taglio di popolamenti di graminacee e popolamenti misti di leguminose e graminacee variano da 30 a 48 kN/m² (Tab. 12.1.5).

Sr: grado di saturazione dell'acqua nel terreno; t (20): resistenza al taglio calcolata con una tensione normale di 20 kN/m²; Dt(20): aumento della resistenza al taglio del terreno attraversato da radici in confronto ad uno privo di radici.

Prova n°	**Popolamenti di graminacee e leguminose**	**Sr (%)**	**τ (20) (kN/m²)**	**Δ τ (20) (kN/m²)**
1	Alopecurus geniculatus	63	48,7	0,9 23%
2	Poa pratensis	63	43,7	
3	Agrostis stolonifera	61	38,5	5,2 16%
4	Festuca pratensis Festuca rubra Poa pratensis Trifolium pratense, ecc.	84	37,8	13,4 55%
5	Poa pratensis	74	37,0	7,5 25%
6	Agrostis stolonifera	100	35,7	48 16%
7	Lolium multiflorum Agrostis stolonifera Poa annua Trifolium repens, ecc.	39	30,7	2,9 9%
8	Lolium multiflorum Agrostis stolonifera Poa annua Trifolium repens, ecc.	65	30,4	-0,6 -2%
9	Alopecurus geniculatus	100	30,1	

Tab. 12.1.5 - Resistenza al taglio di un terreno misurata come pressione laterale massima con un sovraccarico di 20kN/m² (da Florineth, 1995)

Capacità di resistenza alle sollecitazioni meccaniche

Si presenta in terreni franosi e in caso di erosione; questa resistenza è richiesta anche nei sistemi di costruzione più stabili, dove nei primi anni occorre tener conto di limitati movimenti sulla superficie del terreno, della caduta di sassi e/o dell'abrasione da neve.

La pianta è esposta a queste influenze anche quando è stata messa a dimora con gradonate, viminate, fascinate, sebbene abbia in tali casi una maggiore protezione (Schiechtl, 1973).

Studi delle università dell'Insubria e del Molise hanno evidenziato le modifiche dei parametri morfologici delle radici di *Spartium junceum e Fraxinus ornus* che crescono sulle scarpate rispetto a individui che crescono in piano. Tali specie sui pendii rinforzano l'ancoraggio al suolo con uno sviluppo di radici più ampie e più resistenti nella parte superiore della scarpata (Fig. 12.1.3), con una risposta morfologica analoga a quella delle sollecitazioni del vento (Chiatante, Sarnataro, Fusco, Di Iorio, Scippa, 2003).

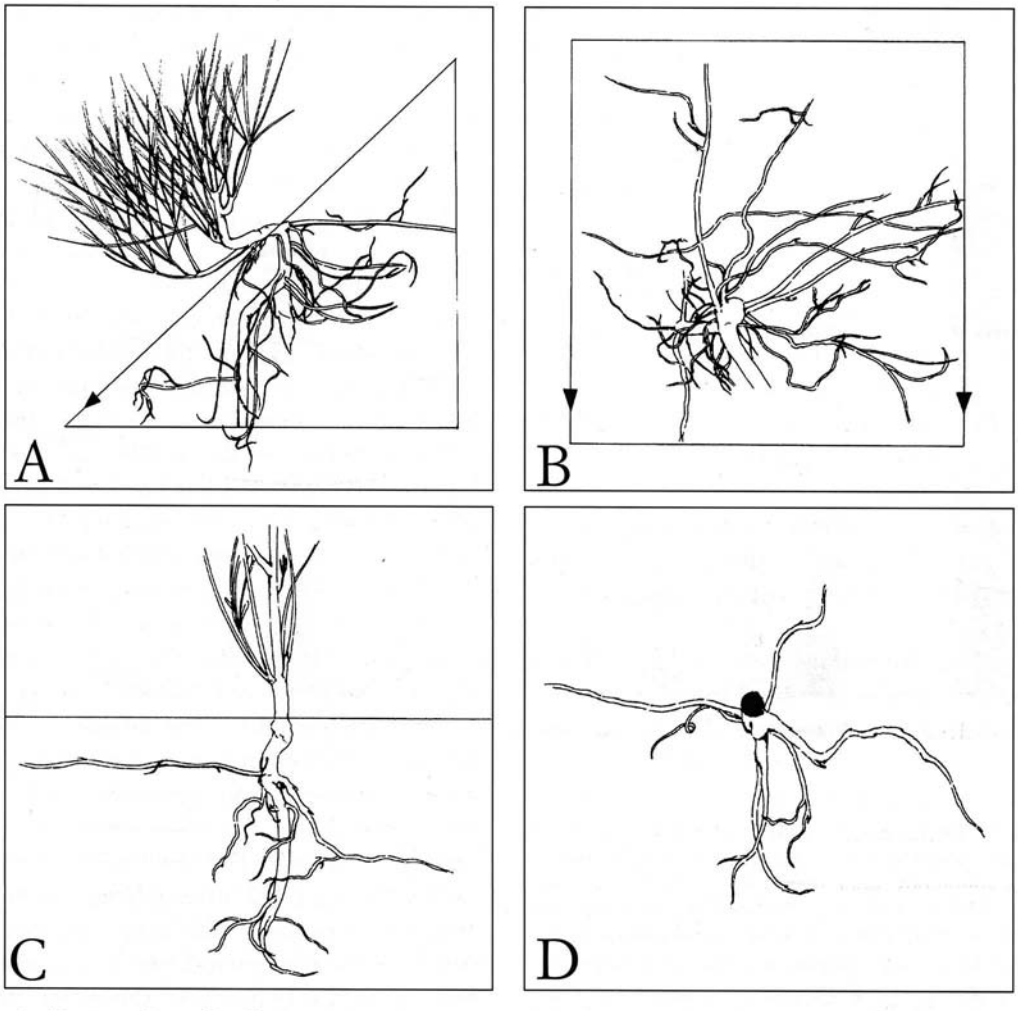


Fig. 12.1.3 - Sviluppo degli apparati radicali di Spartium junceum su scarpata (A e B) ed in piano (C e D) Sezione verticale (A e C) e vista dall'alto (B e D) (da Chiatante et. al., 2003).

Si riportano di seguito una serie di raffigurazioni di apparati radicali di specie erbacee e legnose comuni nel Lazio, che mettono in evidenza il volume di terreno coinvolto dalla stabilizzazione delle radici stesse.

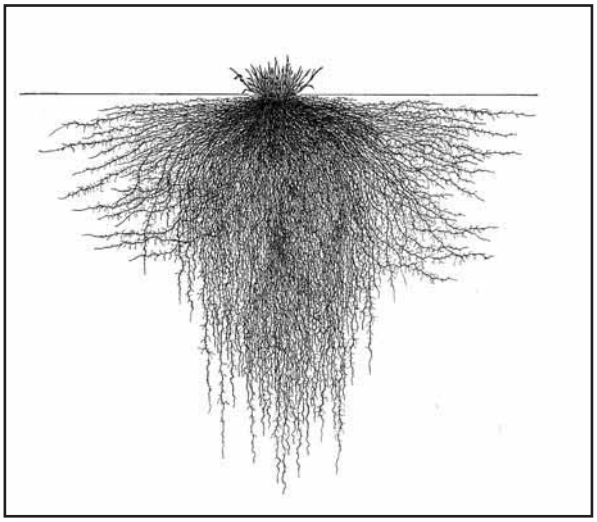


Fig. 12.1.4 - Lolium perenne (da Kutschera – Sobotik, 1997)

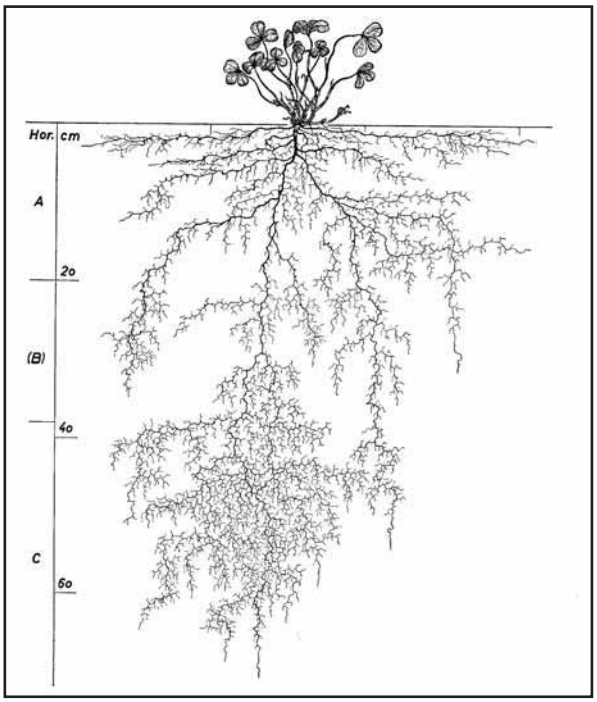


Fig. 12.1.6 - Trifolium repens (da Kutschera – Sobotik, 1997)

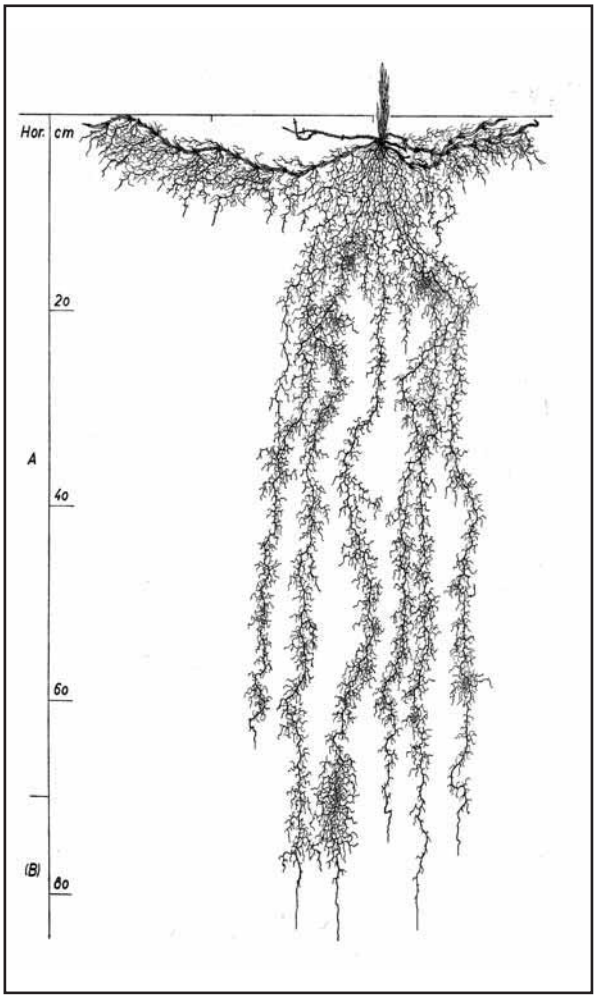


Fig. 12.1.5 - Agropyron repens (da Kutschera – Sobotik, 1997)

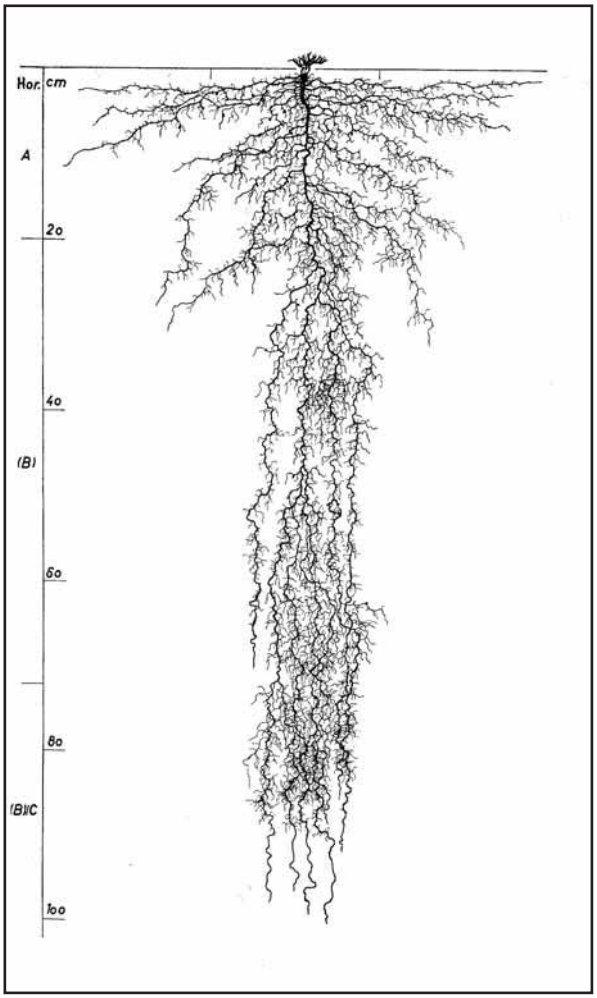


Fig. 12.1.7 - Lotus corniculatus (da Kutschera – Sobotik, 1997)

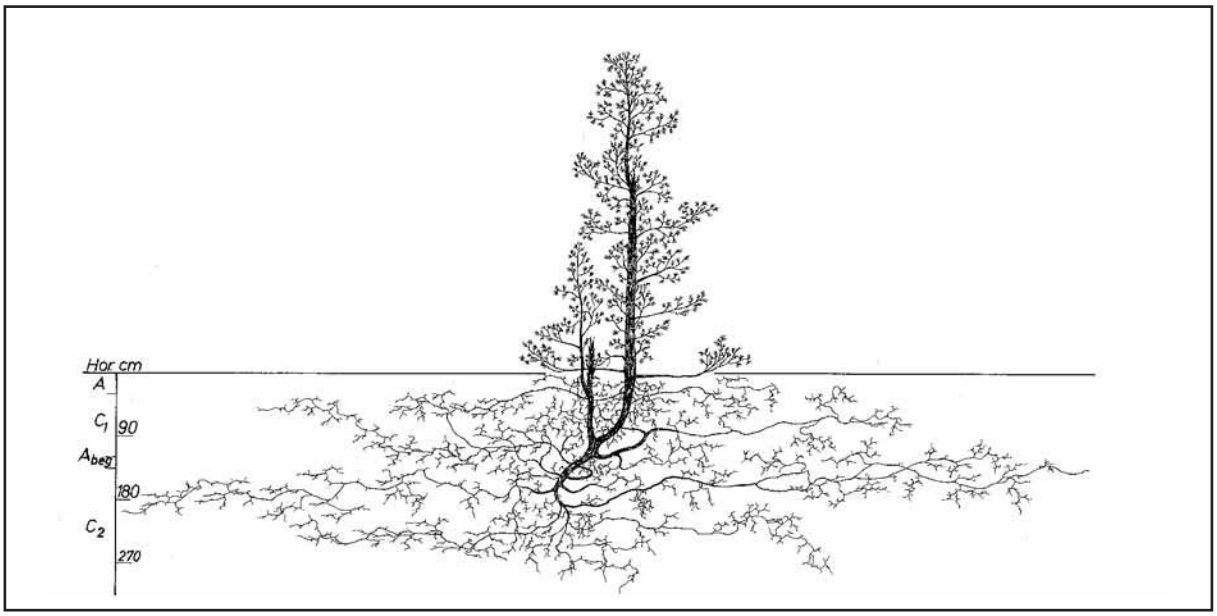


Fig. 12.1.8 - Juniperus communis ssp. Communis (da Wurzeln, 1997)

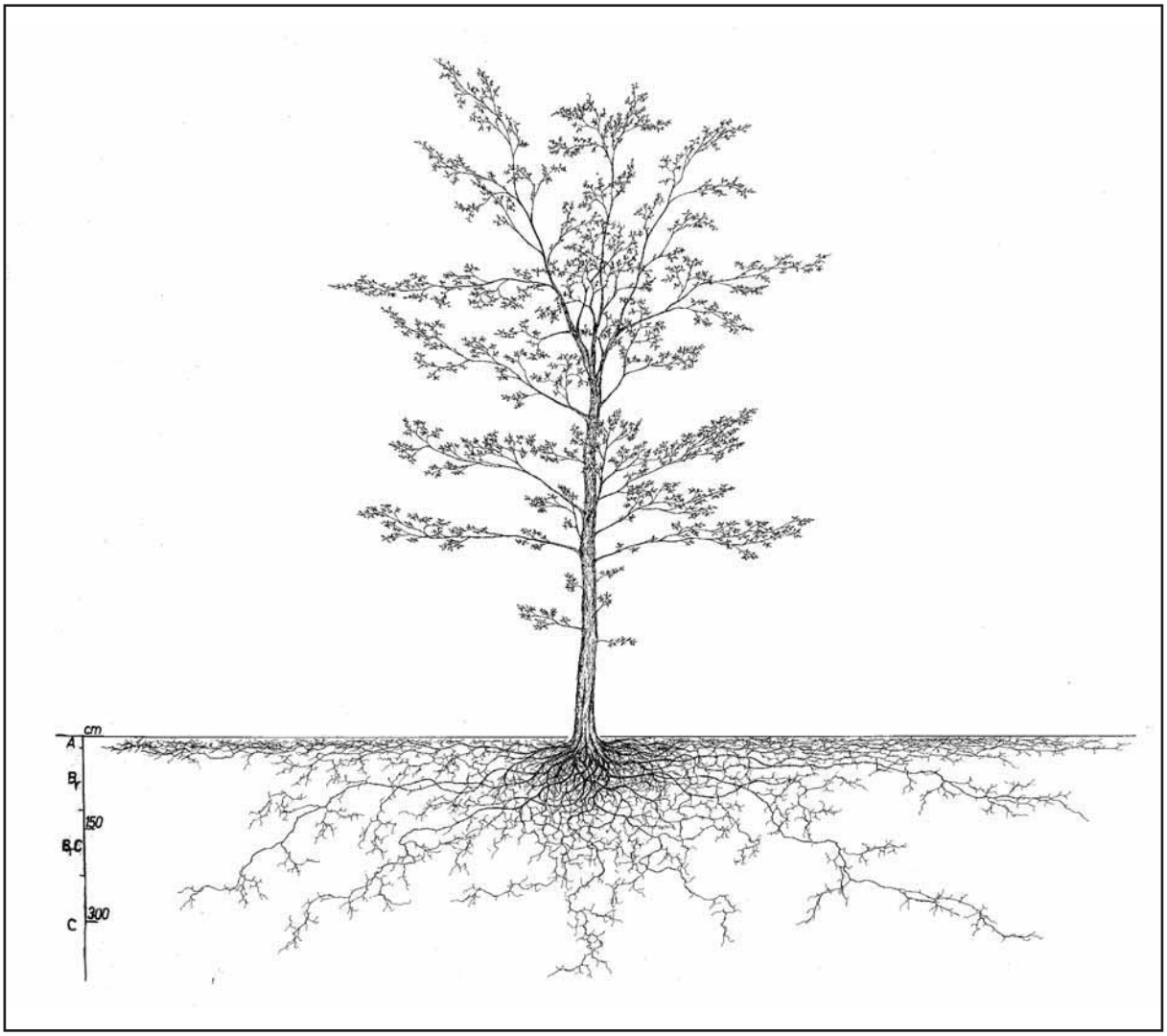


Fig. 12.1.9 – Carpinus betulus (da Kutschera – Sobotik, 1997)

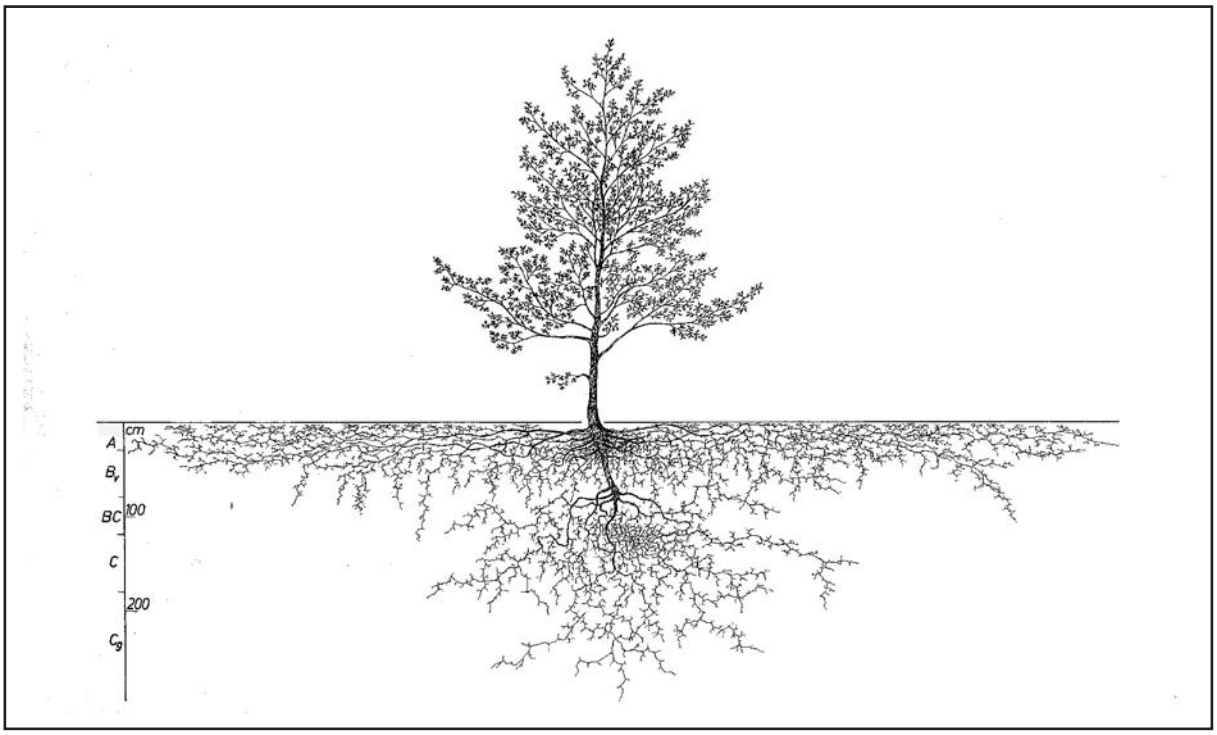


Fig. 12.1.10 – Quercus robur (da Kutschera – Sobotik, 1997)

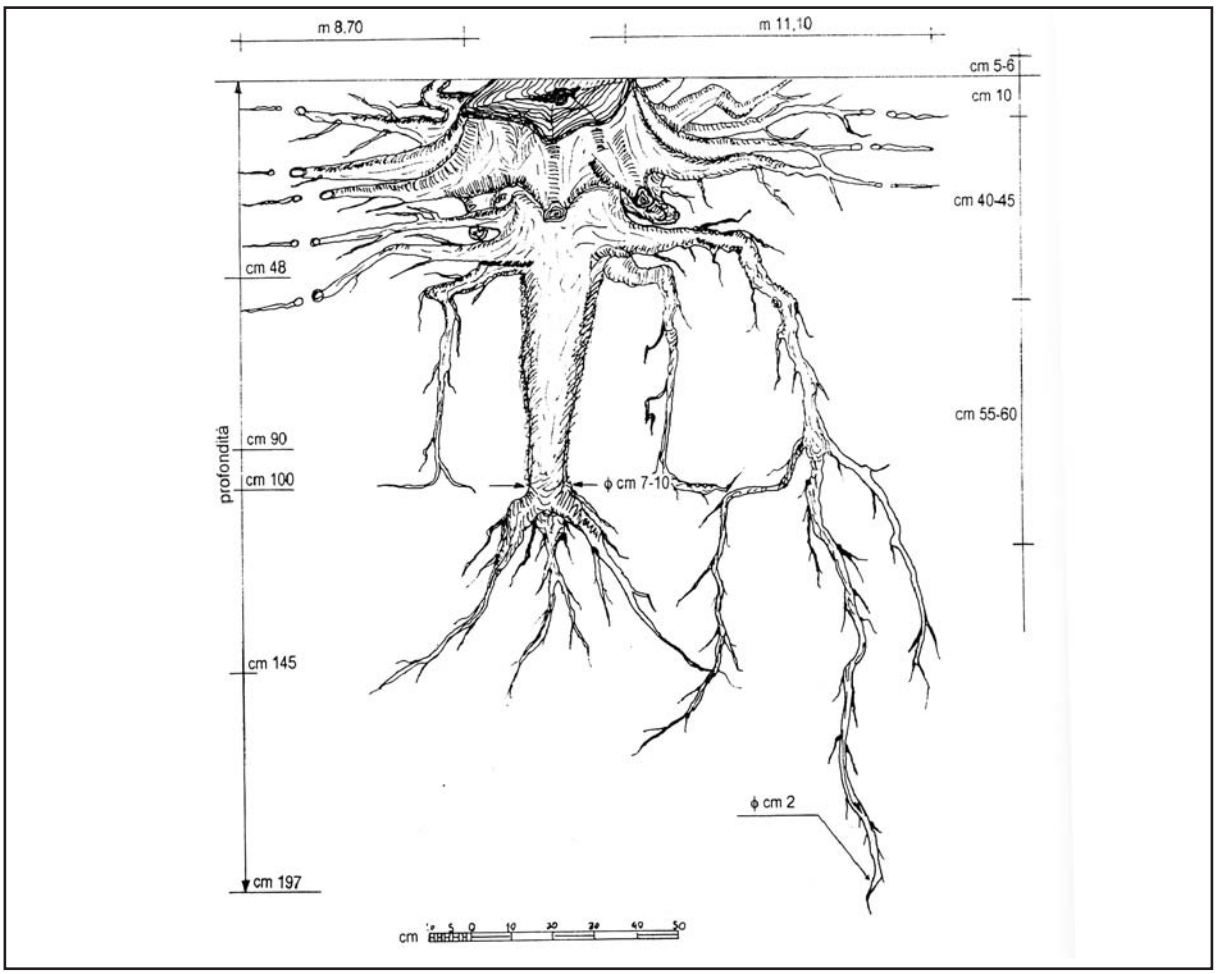


Fig. 12.1.11 - Apparato radicale di cerro di 45 anni del Parco Nazionale del Circeo (da Padula, 1998)

			Apparato radicale orizzontale superficiale					
Pianta	Età	Altezza	Radici	Profondità	Distanza[1] massima dal fittone	Superficie[1] di suolo esplorata	Area insidenza chioma	Profondità massima radici verticali
numero	anni	m	numero	cm	m	m^2	m^2	cm
1	32	13,10	17	48	4,20	51,50	47,80	130
2	(2) circa 75	17,30	18	65	11	346,18	89,00	225:230
3	19	10,90	5	30	4,15	54,07	27,30	120
4	15	6,65	10	42	4	38,46	9,35	132
5	26	7,72	13	45	5,10	65,00	11,90	120
6	(2) circa 56	13,50	18	48	11,10	307,70	89,90	197
7	(2) circa 45	12,00	(3)	40:45	7,50	122,60	44,17	210

(1) Dati non sicuri. Si è presunto che le radici orizzontali esaminate (le più grosse) raggiungessero la maggiore distanza dal fittone. Sia la distanza del fittone, sia la superficie esplorata sono, come minimo, quelle indicate; potrebbero semmai essere maggiori.
(2) L'esame degli anelli è risultato difficoltoso e non sicuro per i primi anni di vita della pianta.
(3) Conteggio non eseguito

Tab. 12.1.6 - Tabella riassuntiva delle caratteristiche morfologiche delle piante esaminate da Padula al Parco Nazionale del Circeo (Padula, 1998)

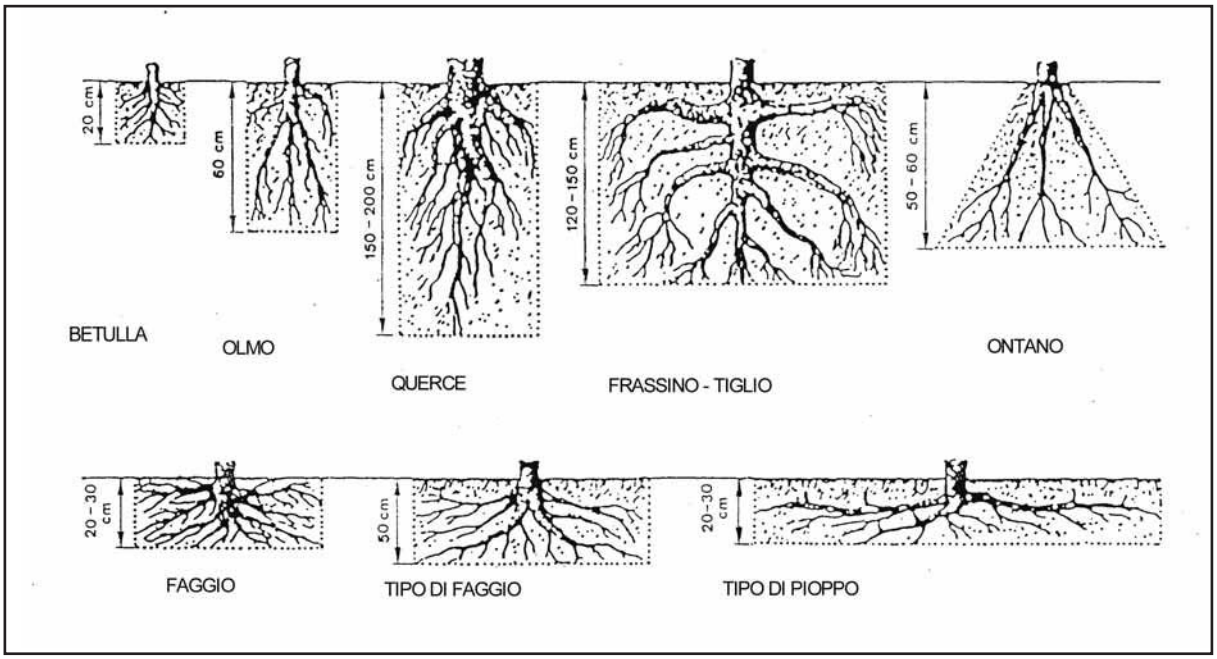


Fig. 12.1.12 - Confronto tra i diversi apparati radicali delle diverse specie di alberi (Mathey, 1929).

Resistenza contro la sommersione periodica od episodica.

Le brevi sommersioni della durata da varie ore fino a vari giorni possono verificarsi senza danni nelle associazioni riparali, anche più volte all'anno. Solamente poche specie arboree, *Alnus glutinosa* (ontano nero), *Populus alba* (pioppo bianco), *Populus nigra* (pioppo nero), *Salix sp. pl.* (salici), *Fraxinus excelsior* (frassino comune), sopportano un ristagno dell'acqua di durata da lunga a permanente. Una sommersione graduale viene sopportata più facilmente di un improvviso ristagno per l'intera altezza. In presenza di un ristagno artificiale permanente gli alberi dovrebbero venir schermati con pietrisco e ciottolame fin sopra lo specchio d'acqua, affinché si possano formare radici avventizie.

Per quanto riguarda la **resistenza alla sommersione dei salici**, si ammette che tutte le specie di salice centro-europee sopportano senza danni una sommersione di alcuni giorni, mentre la specie più sensibile alla sommersione è il salicone (*Salix caprea*).

Solo poche specie di salici sopportano una sommersione prolungata e perenne, quale si può verificare come conseguenza della costruzione dei bacini idroelettrici. Da osservazioni sperimentali risulta che il *Salix alba* (salice bianco), il *Salix fragilis* (salice fragile) e il *Salix pentandra* (salice odoroso) sopportano sommersioni prolungate e persino perenni. L'altezza della sommersione non deve superare i 2 metri e dipende evidentemente dall'altezza dell'albero al momento dell'inizio della sommersione.

Capacità di emettere radici dai fusti interrati

Sulle scarpate in ambito mediterraneo ove sono reali le difficoltà di uso di salici nelle opere di I.N., in quanto poco coerenti dal punto di vista ecologico, va privilegiata la ricerca di specie termo-xerofile **con capacità di sviluppo di radici avventizie dal fusto interrato** (Tab.12.1.7), da usare come piante radicate, ma con la stessa funzione delle talee.

Tale caratteristica biotecnica trova riscontro in natura nella resistenza all'inghiaiamento di alcune piante (Tab.12.1.8).

Austria e Alto Adige *(Florineth)*	**AIPIN Lazio** *(Dallari e Laranci)*
Idonee	
Almus glutinosa, A. incana e A. viridis	*Viburnum tinus*
Fraxinus ornus, F. exelsior	*Euonymus europaeus*
Acer pseudoplatanus	
Prunus padus	
Sorbus aucuparia	
Corylus avellana	
Lonicera xylosteum	
Euonymus europaeus	
Viburnum opulus, V. lantana	
Salix caprea	
Populus alba	
Poco idonee	
Acer campestre, A. platanoides	*Phillyrea latifolia*
Betula pendula	*Coronilla emerus*
Capinus betulus	*Rhamnus alaternus*
Cratageus monogyna	
Frangula almus	
Non idonee	
Acer campestre, A. platanoides	*Spartium junceum*
Sorbus domestica, S. torminalis, S.aria	*Acer campestre*
Tilia cordata, T. platyphyllos	*Pistacia terebintus*

Tab. 12.1.7 - Piante sperimentate in Alto Adige, Austria e Lazio sulla capacità di emettere radici avventizie dal fusto interrato

Tab. 12.1.8 - Piante radicate con capacità di sviluppo di radici avventizie (da Aipin sez. Bolzano, 1995)

Specie	Resistenza all'inghiaiamento	Resistenza agli slittamenti e movimenti di neve	Grande resistenza alla caduta dei massi	Buon consolidamento del terreno	Grande resistenza alla trazione
Acer pseudoplatanus	x	x	x	x	x
Acer platanoides				x	
Alnus incana	x		x	x	
Anlus viridis	x	x	x		
Sorbus aucuparia	x	x	x		
Sorbus aria		x	x		
Fraxinus exelsior		x	x	x	x
Populus tremula			x	x	
Anlus Glutinosa	x			x	
Castanea sativa			x		
Ulmus montana				x	
Quercus robur				x	
Salix spp.	(x)	x	x	(x)	x
Cornus spp.		x		x	
Ligustrum spp.	x	x	x	x	x
Sambucus spp.	(x)		x		
Viburnum opulus				x	
Berberis vulgaris	x	x	x		x

Un ricoprimento per sovralluvionamento provoca il deperimento progressivo della maggior parte delle specie. Di contro molte piante legnose sopportano questa colmata senza perdere la vitalità. I salici e anche i pini resistitono ad inghiaiamenti, fino oltre i 3,0 m (fino al 30% dell'altezza dell'albero) senza danni evidenti.

Salici

Data la prevalente distribuzione naturale dei salici nei biotopi umidi e, in generale, nei pressi dei corsi d'acqua, essi hanno costituito sin dai tempi più remoti, a causa della loro regolare e frequente presenza, un materiale da costruzione privilegiato per la stabilizzazione delle sponde.

Nelle sistemazioni con tecniche d'ingegneria naturalistica, i salici vengono utilizzati soprattutto perché hanno un'ottima attitudine biotecnica (Schiechtl, 1992) e una rapida propagazione vegetativa.

Nel dare **pratica esecuzione ai lavori di ingegneria naturalistica** si possono impiegare convenientemente solo quelle specie che hanno facoltà di propagazione agamica almeno nella misura del 70%, dal momento che alcune radicano e ricacciano in modo insufficiente quali il Salix caprea (salicone) (Schiechtl, 1992).

Dalle esperienze dei vari studiosi, sappiamo che **la facoltà di propagazione dei salici, dipende dal ritmo vegetativo interno**, cioè dalla fase di sviluppo delle piante nel corso dell'anno. Questo ritmo di vegetazione è specifico per la specie ed è **rilevante per la data del taglio**, non per il momento di messa a dimora. Per piante della stessa specie, tagliate a quote inferiori, il ritmo annuale è in genere più marcato rispetto a quelle situate a quote superiori.

Le curve annuali della propagazione agamica presentano, generalmente, un marcato picco durante il riposo vegetativo e due chiare depressioni fra fioritura e fruttificazione e durante l'alterazione cromatica autunnale delle foglie. **Questo ritmo di vegetazione non influisce solo sul risultato della radicazione, ma si riflette anche come effetto incrementale almeno nei primi tre anni di vita**. Nell'eseguire opere d'ingegneria naturalistica, pertanto, il taglio va effettuato nel periodo più favorevole.

Il successo nella radicazione e nell'accrescimento dipendono, quindi da diversi fattori:

- Età dei getti (solo in caso di specie di salici di difficile propagazione);
- Volume della talea: la talea più lunga e più grossa possiede, a causa di una maggiore riserva di rizocalina immagazzinata nelle cellule del cambio, una maggiore capacità d'accrescimento nei primi tre anni di vita.

La provvista del materiale deve essere pianificata a tempo debito, perché per le sistemazioni di ingegneria naturalistica sono necessarie grandi quantità di ramaglia viva.

Generalmente la maggior parte delle specie di salice è dotata di un sistema radicale espanso, vale a dire con radici che si estendono orizzontalmente, lunghe e resistenti allo strappo e che, spesso, si spingono anche molto in profondità nel terreno (fig. 12.1.13).

I salici, a differenza di specie vegetali più esigenti, hanno bisogno d'interventi colturali limitati; per loro natura, infatti, si insediano senza eccezioni su suoli sterili.

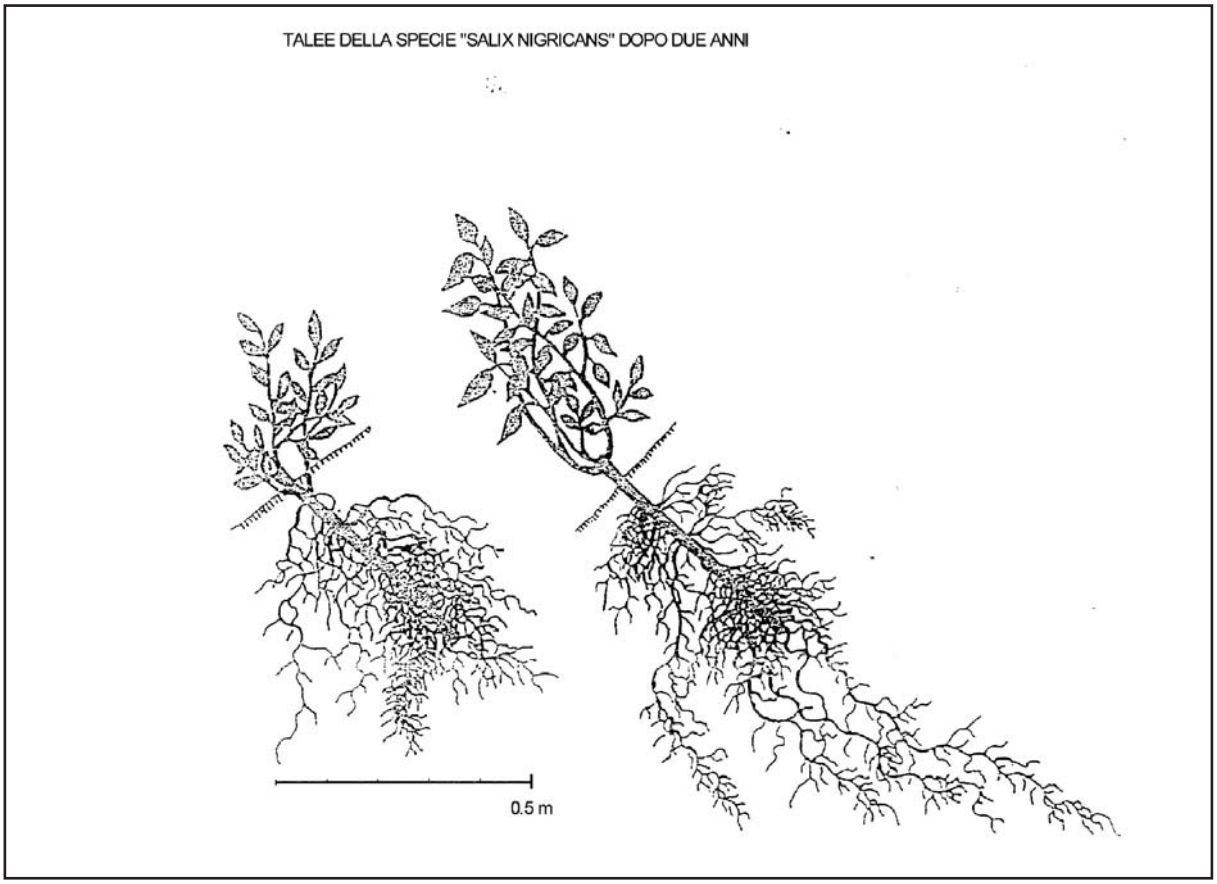


Fig. 12.1.13 - Apparato radicale nei Salici (da Schiechtl, 1975)

Le singole specie di salice hanno una distribuzione geografica molto diversa.

Alcune delle specie a **distribuzione molto estesa** (euriecie) sono:
- *Salix alba;*
- *Salix aurita;*
- *Salix caprea;*
- *Salix cinerea;*
- *Salix daphnoides;*
- *Salix fragilis;*
- *Salix purpurea;*
- *Salix repens;*
- *Salix viminalis*.

Alcune di queste specie sono attualmente più diffuse che in origine, perché sono state impiegate di frequente anche al di fuori del loro effettivo areale, come ad esempio il S*alix caprea, S. viminalis*, etc..

Alcune delle specie di salice con **areale strettamente delimitato** (stenoecie) sono:
- *Salix herbacea;*
- *Salix hastata;*
- *Salix reticulata;*
- *Tipiche delle zone di alta montagna*.

Il numero delle possibili specie utilizzabili non è molto grande e le specie di salici presenti nel Lazio (Anzalone, 1984) sono:
- ***Salix alba,***
- ***S. purpurea,***
- ***S. triandra,***
- ***S. eleagnos,***
- ***S. cinerea,***
- ***S. caprea***

Per la scelta delle specie, una volta individuate quelle più idonee dal punto di vista biogeografico ed ecologico, i seguenti parametri possono essere indicativi per un utilizzo efficiente:

1. **Capacità d'attecchimento, limiti di impiego, altezza delle piante;**
2. **Esigenza di umidità nel terreno;**
3. **Acidità del terreno;**
4. **Sciafilia.**

TIPOLOGIA	Specie	% attecchimento	limite altitudinale	sviluppo in altezza
SALICI	***Salix purpurea***	100%	- 1600 m	2 ÷ 6 m
	Salix cinera	75%	- 1300 m	2 ÷ 6 m
	Salix alba	75%	- 1000 m	fino a 24 m
	Salix eleagnos	70%	- 1100 m	fino a 10 m
NON SALICI	***Populus nigra***	65%	- 900 m	20 ÷ 25 m
	Lingustrum vulgare	65%	- 1200 m	fino a 2 m
Non adatti all'utilizzo come talee				
Salix caprea		5%	1300 m	fino a 5 m

Tab. 12.1.9 - Capacità d'attecchimento, limiti di impiego, altezza delle piante (da AIPIN Bolzano adattata alla Regione Lazio)

2. Esigenza di umidità nel terreno

Salix viminalis
Salix cinerea
Salix alba
Populus nigra
Salix pentandra
Salix nigricans
Salix daphnoides
Salix elaeagnos
Salix purpurea

ELEVATA

RIDOTTA

3. Acidità del terreno

Salix eleagnos
Salix purpurea
Salix daphnoides
Salix alba
Populus nigra
Salix nigricans
Salix viminalis
Salix pentandra
Salix cinerea

NEUTRO
SUBACISO

ACIDO

4. Sciafilia

Salix nigricans
Salix cinerea
Salix daphnoides
Salix pentandra
Salix viminalis
Populus nigra
Salix purpurea
Salix alba
Salix elaeagnos

(da AIPIN Bolzano)

ELEVATA

RIDOTTA

12.2 Possibilità di propagazione, tecniche vivaistiche e risvolti applicativi

La scelta delle specie secondo la più facile **possibilità di propagazione**, è il primo presupposto per l'utilizzazione di una pianta. In molti casi però l'ambiente ecologico d'intervento può far individuare specie che abbiano sistemi di moltiplicazione più complessi, che richiedano dei trattamenti di stimolazione per essere efficientemente utilizzate.

Le piante possono riprodursi per via sessuale (riproduzione o propagazione gamica) dove al seme è demandata la continuità della specie oppure riprodursi per via vegetativa (moltiplicazione o propagazione agamica).

I due tipi di riproduzione hanno permesso all'uomo d'individuare le tecniche più opportune per la produzione in massa di piantine da poter utilizzare nel settore vivaistico.

12.2.1 Propagazione gamica

La moltiplicazione che impieghi la riproduzione o propagazione gamica deve tenere presente due condizioni principali tipiche del seme:

1. la dormienza, che è legata alla maturazione del seme e che permette la sopravvivenza dello stesso anche in condizioni esterne non favorevoli.
   Tale quiescenza è dovuta, a seconda della specie, all'impermeabilità dei tegumenti all'acqua e/o all'ossigeno, alla presenza di sostanze che inibiscono il processo germinativo (es. acido abscissico) o all'immaturità dell'embrione.
   La dormienza può essere superata artificialmente con alcuni trattamenti del seme.
   Nel caso dell'impermeabilità dei tegumenti, la stimolazione della germinazione si effettua attraverso il processo della scarificazione chimica (che utilizza sostanze acide o basiche, quali acido solforico o soda caustica, per l'immersione dei semi per un certo periodo di tempo) o meccanica (dove i tegumenti del seme subiscono un'abrasione superficiale compiuta dal passaggio in speciali macchine che presentano al loro interno lime, cartavetrate, sabbia quarzosa a spigoli vivi, ecc.). In alcuni casi, alla scarificazione può essere sostituita un'immersione in acqua calda per circa due giorni.
   Dove la quiescenza è dovuta all'immaturità dell'embrione, bisogna adottare sistemi di stimolazione più complessi quali la stratificazione a freddo (o prerefrigerazione) e a caldo-freddo (estivazione-vernalizzazione). Il trattamento della stratificazione consiste sostanzialmente nel creare, in appositi contenitori areati, strati alterni di seme e di materiali che trattengano l'umidità, quali sabbia, torba, vermiculite, ecc. e di sottoporre tali strati a temperature di 2 - 4° C per un periodo di tempo variabile da 2 settimane a 3 - 4 mesi.
   Per alcune specie che presentano una doppia dormienza, è necessario utilizzare trattamenti misti (es. scarificazione -> stratificazione). Nel caso invece di semi che presentano un blocco metabolico, si ricorre a volte a metodi chimici particolari (impiego di acqua ossigenata, di nitrato di potassio, tiourea, varechina, ormoni, ecc.).

2. la germinazione del seme, che attraversa le seguenti fasi: imbibizione dell'acqua, attivazione di processi metabolici di respirazione ed assimilazione, accrescimento dei tessuti (fase mitotica) ed avanzamento del fusticino (epicotile) e della radichetta (ipocotile).
   Quindi le condizioni necessarie affinché avvenga la germinazione sono:
   • il seme deve essere vitale;
   • la condizioni ambientali favorevoli (umidità, temperatura, ossigeno e luce);
   • la dormienza deve essere superata.
   Risulta quindi fondamentale, per la riuscita, ad esempio, di semine dirette miste erbacee-arbustive o anche arboree con effetto protettivo sul suolo, l'accertamento o la conoscenza della germinabilità e vitalità del seme (parametri che nel caso di sementi certificate devono essere conformi alla legislazione comunitaria e dichiarati sull'etichetta come facoltà germinativa o attraverso il test di vitalità con saggi biochimici, prove al taglio, ecc.), la verifica delle condizioni ambientali e la conoscenza degli eventuali meccanismi di dormienza, che possono ritardare la germinazione.

L'utilizzo della moltiplicazione per via gamica rispetto a quella agamica ha importanti risvolti sotto il punto di vista genetico (individui tutti diversi), morfofisiologico (ad esempio, l'attitudine rizogena è più elevata nelle piante provenienti da seme), sanitario (virus e micoplasmi si trasmettono in misura limitata dalle piante genitrici) e tecnico (purezza tecnologica).

Inoltre, nel caso in cui il materiale vegetale da impiegare nei lavori debba provenire da popolamenti di aree ecologicamente simili a quelle d'intervento o, nei casi più estremi, dagli stessi popolamenti limitrofi e quindi quando il tipo di seme non è reperibile sul mercato, è necessario verificare i metodi di conservazione applicati alle partite di seme, metodi che si distinguono in base alla conservabilità stessa del seme. I semi sotto quest'aspetto vengono detti **ortodossi** quando conservano la loro vitalità per un lungo periodo in contenitori ermetici a basse temperature dopo essere stati essiccati fino al 5-10% di umidità (es. genere *Pinus, Fraxinus, Olea* o, tra gli arbusti, le gine-

stre). Si definiscono **recalcitranti** invece quei semi che perdono la loro vitalità quando il contenuto idrico scende sotto il 20-40% e se mantenuti in ambiente controllato che regoli l'umidità idonea alla sopravvivenza, iniziano a germinare.

Nei climi temperati, ad esempio, appartengono a questa classe le ghiande quercine e i semi del genere *Castanea*.

Dal punto di vista operativo, l'impiego diretto del seme per la diffusione di piantine è utilizzato nelle semine dirette e per la **produzione in vivaio** di giovani piante.

• *Semine dirette:*

Piante legnose: l'impiego diretto di semi di piante legnose singolarmente o in i miscugli richiede particolare esperienza in quanto non tutte le specie si riproducono convenientemente tramite semina, soprattutto per la presenza di meccanismi di dormienza sopra descritti, la perdita repentina della vitalità del seme e per i danni che possono subire dalla fauna selvatica.

Quindi l'impiego diretto di semi di piante legnose deve essere limitato a condizioni e situazioni particolari. Inoltre, nell'impiego di miscugli finalizzati alla protezione del suolo, ai semi delle piante legnose devono essere di norma aggiunti anche semi di specie erbacee, che sono quelli che svolgono in maniera più efficace e veloce la funzione di protezione antierosiva.

Il miscuglio di specie legnose ed erbacee inoltre va oculatamente scelto, quando non sussistono necessità di protezione specifica del suolo, in modo tale da ridurre la presenza di specie erbacee con elevata capacità competitiva che possono svilupparsi determinando una concorrenza negativa per le piante legnose.

Nella pratica, nel caso dei salici e dei pioppi è d'obbligo usare la via di propagazione vegetativa, perché i loro semi inaridiscono rapidamente (a causa della presenza di tegumenti molto sottili) e conservano la vitalità solo per pochi giorni.

Quindi la semina di tali specie è possibile solo se effettuata immediatamente dopo la raccolta, in ambienti ad elevata umidità edafica.

La semina di piante legnose attraverso l'idrosemina è generalmente poco frequente ed è effettuata quasi esclusivamente nel caso di scarpate ripide, poco accessibili e ricche di scheletro, dove la messa a dimora di giovani piantine diventa molto difficoltosa. Anche per le limitazione ecologiche, si preferisce introdurre solo alcune specifiche specie arbustive.

Anche la semina localizzata manuale utilizzando il seme di specie legnose arboree è attualmente molto ridotta, per le difficoltà riscontrate nella riuscita e nella gestione degli impianti.

In passato semine in pieno campo (a strisce, a piazzole, ecc.) venivano realizzate soprattutto per le querce e in misura minore per le conifere, gli aceri e i frassini.

Graminacee ed erbe non graminoidi: in questa categoria vi sono molte piante adatte all'ingegneria naturalistica, ma solo un numero ridotto si trova in commercio come semente. La diffusione di miscugli per la creazione di "prati paesaggistici" e dell'idrosemina sta portando alla diffusione sul marcato di una più ricca presenza di specie, anche se il loro costo è ancora elevato. La scelta dei miscugli di seme adatti alle caratteristiche ecologiche stazionali è molto importante per raggiungere il risultato desiderato, soprattutto nelle situazioni difficili. Secondo Schiechtl (1973) una vegetazione ricca di specie è più stabile e resistente di una povera per cui è necessario comporre dei miscugli tanto più ricchi di specie quanto più estreme si presentano le condizioni stazionali, in quanto una comunità monospecifica, già di per se rara in natura, è maggiormente sensibile ad eventuali variazione pedo-climatiche e a calamità patologiche. Inoltre le stazioni estreme non si possono confrontare con i terreni prativi o agrari, dove bastano dei miscugli costituiti da poche specie. Nella pratica, nelle zone dove è difficoltoso il reperimento di specie tipiche, si definisce un miscuglio standard con elevate capacità biotecniche (composto soprattutto da graminacee e leguminose), ecologicamente adatto alla stazione, e si lascia alla disseminazione naturale il compito di colonizzare le superfici stabilizzate, da parte di specie minori o particolari. In alcuni casi si può prevedere l'integrazione del miscuglio con fiorume locale, proveniente dallo sfalcio, ad esempio, di superfici pascolive limitrofe all'area d'intervento (sempre che i lavori di recupero siano eseguiti in maniera pianificata con le fasi fenologiche delle piante) o inserire nelle zone da trattare ecocelle provenienti dal trapianto di zolle erbacee.

Le tecniche più impiegate per la "disseminazione" artificiale solo la semina a secco (manuale o meccanica) o umida (idrosemina). In ambedue i casi, visti i campi d'intervento dell'I.N., risulta necessario proteggere il seme dal dilavamento e dagli eccessi delle condizioni climatiche, favorendone la germinazione e la radicazione, attraverso materiali agrari specifici quali biostuoie, biofeltri, fertilizzanti, ammendanti, biostimolanti e collanti, da valutarsi a seconda delle caratteristiche dell'area d'intervento (tipo di suolo, pendenza, esposizione, ecc.) e della stagione climatica.

• *Produzione in vivaio di specie provenienti da seme*

La maggiore parte delle specie arboree utilizzate nel campo dell'IN in Italia vengono riprodotte da seme in vivaio, ossia in appositi luoghi dove la germinazione e le prime fasi di crescita vengono controllate, attraverso il trattamento del seme, il condizionamento delle caratteristiche ambientali e del substrato di crescita.

Le più comuni tecniche di produzione possono prevedere:

- una semina diretta in pieno campo, su terreni appositamente preparati e lavorati, effettuata di solito a righe o a strisce con uno o più trapianti per portare la densità delle piantine a quella di vendita;
- una semina in contenitore, dove la piantina cresce fino alle dimensioni o all'età commerciabili (piantine forestali di 1-3 anni) o dove la piantina viene successivamente rinvasata in contenitori con volumi di terra più grandi, per raggiungere dimensioni maggiori o per essere stoccata in vivaio.

Nel primo caso generalmente si producono piante a radice nuda o in zolla (dove parte dell'apparato radicale estratto è compenetrato e avvolto dal terreno di crescita) e in alcuni casi anche piante poi vendute in vaso, anche se tale pratica del trapianto da pieno campo in contenitore è sempre meno utilizzata.

Nel secondo caso si hanno semenzali con pane di terra, il quale pane presenta volumi, dimensioni e caratteristiche fisico-chimiche differenti, a seconda del tipo di contenitore e del substrato di crescita utilizzato (Tab.12.2.1)

Le caratteristiche del pane di terra divengono molti importanti negli interventi d'I.N. e nei recuperi ambientali, in quanto da esse, e dai metodi di coltivazione, dipende la riuscita dell'impianto.

In linea generale, nell'impiego di piantine di 1 - 3 anni vanno sempre preferiti i contenitori dove le dimensioni in altezza siano maggiori di quelle in larghezza, al fine di assecondare lo sviluppo radicale. Inoltre il contenitore deve possedere alcuni accorgimenti al fine di evitare o contrastare il fenomeno dell'attorcigliamento radicale, molto evidente in alcune specie come le querce: tali accorgimenti vanno dalla presenza di setti longitudinali posti all'interno del vaso alla realizzazione di un fondo molto areato o aperto, che provoca l'autopotatura delle radici quando arrivano alla base.

Per quanto riguarda il volume del pane di terra è preferibile, come regola generale, non scendere sotto i 300 cm3 e non adoperare piante con volumi maggiori di 1 - 2 litri, La scelta all'interno di questo range va eseguita in funzione della specie (es. con specie pioniere si adoperano volumi più ridotti), delle caratteristiche stazionali d'impianto (dove maggiori sono le limitazioni edafiche, per specie più esigenti si possono scegliere volumi maggiori al fine di ridurre lo stress da trapianto) e delle dimensioni delle piante da impiegare (altezza delle piantine) e non ultima, dalle disponibilità del mercato.

L'utilizzo di semenzali di 1-3 anni con tali caratteristiche permette inoltre di ridurre i volumi di trasporto e agevola le operazioni di distribuzione nel cantiere.

Le caratteristiche dei substrati artificiali di crescita delle piantine in vaso comunemente impiegati tendono a favorire, nella maggior parte dei casi, lo sviluppo rapido delle sue parti ipogee ed epigee con il sostegno di fertilizzanti chimici (finalità produttiva) a discapito dell'autonomia fisiologica e nutrizionale della pianta. Sotto quest'aspetto è quindi necessario sviluppare e richiedere tipi di substrato che esaltino e favoriscano la frugalità e la rusticità di quelle piante da adoperare negli interventi d'I.N.

Nel clima mediterraneo, dove le variazioni udometriche e i massimi di temperatura possono essere maggiori, le piante in contenitore rispetto a quelle a radice nuda sono impiegate con maggior successo anche nel periodo vegetativo, in quanto l'apparato radicale è sempre protetto.

Al contrario le piante a radice nuda, presentano spesso un apparato radicale più sviluppato e meglio conformato e quindi, se adoperate nel giusto periodo (riposo vegetativo) e se messe a dimora correttamente, mostrano in confronto attecchimenti e accrescimenti maggiori dopo il trapianto definitivo. Inoltre, in alcune tipologie come la gradonata, le piante a radice nuda, almeno per alcune specie, sono spesso da preferire in quanto si adattano meglio alla tipologia costruttiva, occupando tutta la larghezza del gradone in relazione al loro maggiore sviluppo rispetto a piantine in vaso. Tale caratteristica va sfruttata integralmente se tali specie sono capaci di emettere radici avventizie dal fusto principale (Foto 12.2.1). La limitazione delle piante a radice nuda sta nella maggiore attenzione necessaria nel maneggiamento del materiale e nella limitazione d'uso durante l'arco dell'anno.

Anche nel caso dell'utilizzazione di piante da seme coltivate, proprio per ridurre gli scompensi che si creano con il passaggio da un ambiente controllato (vivaio) a quello non controllato della zona d'impianto, è spesso necessario supportare le piantine messe a dimora con alcuni materiali specifici, come dischi biodegradabili pacciamanti, ritenitori idrici, concimi a lenta cessione, micorrizze o shelter di protezione.

Infine l'uso di selvaggioni, cioè di singoli semenzali radicati e cresciuti nell'ambiente naturale, deve essere fortemente limitato a quei casi in cui non esista nessun'altra possibilità di procurarsi le piante. Infatti il materiale vegetale viene danneggiato durante l'estrazione in misura molto maggiore di quanto non avvenga nell'estrazione in vivaio ed, inoltre, esso non è uniforme per età e per crescita.

Anche le piante erbacee vengono spesso riprodotte per seme e sotto quest'aspetto subiscono nel ciclo produttivo trattamenti simili a quelli precedentemente descritti. Tali piante sono vendute nella maggior parte dei casi in piccoli vasetti (tondi o quadrati fino a cm 9 x 9 cm) e solo in casi eccezionali a radice nuda.

Nell'abito della produzione italiana, la diffusione di specie autoctone sia arboree che arbustive ha avuto una forte spinta sotto l'impulso degli incentivi previsti da alcuni regolamenti europei al rimboschimento delle

zone agricole, nell'ambito della PAC, e al recupero di aree degradate (es. LIFE). Attualmente sono disponibili sul mercato quasi tutte le specie arboree impiegabili nei diversi ambienti italiani, anche se spesso manca una programmazione a breve periodo che porta a produzioni a singhiozzo con esaurimento in breve tempo delle scorte di alcune specie oppure ad un reperimento difficoltoso (come nel caso di alcuni aceri: *Acer opalus e Acer monspessulanum*).

Per gli arbusti la situazione è più complessa soprattutto se si scende nelle specie a scala locale. Ad esempio per il Lazio, specie come *Styrax officinalis o Adenocarpus complicatus* sono prodotte solo da singoli amatori. D'altra parte oramai sono praticamente trovabili dappertutto specie "ubiquitarie" meso-termofile quali biancospini, prugnoli, le ginestre più diffuse, sanguinello, ecc. Le sclerofille sempreverdi e quelle xerofile invece non sempre sono reperibili facilmente (es. *Euphorbia dendroides*) e alcune specie del genere Cistus o Pyrus sono spesso confuse con altre ornamentali od esotiche oppure non si riescono a trovare con le caratteristiche dimensionali volute.

Per le specie erbacee, il mercato ha selezionato la produzione concentrandosi quasi esclusivamente su specie con caratteristiche ornamentali particolari, spesso provenienti da regioni e continenti extraeuropei, e quindi la scelta su specie autoctone della flora mediterranea è molto ridotta.

Un aspetto ancora oscuro è poi quello legato alla provenienza del seme, in quanto, ad eccezione di piante da utilizzare in rimboschimento finalizzati a scopi produttivi, non si ha mai la certezza e la certificazione delle partite di seme utilizzate per la produzione dei semenzali.

12.2.2 Propagazione agamica

La propagazione agamica si basa sull'attitudine che vari organi vegetativi di una pianta hanno di formare radici o di unirsi fra loro (innesto). Il vantaggio offerto da tale strategia è quello di superare lo stadio giovanile (fruttificazione precoce) e di avere una discendenza omogenea.

Possiamo distinguere i seguenti organi di partenza:

Rami e porzioni di germogli più o meno lignificati provvisti di foglie

L'emissione di radici da tali organi è dovuta alla possibilità di differenziare i primordi radicali che si possono sviluppare dal floema secondario, dal cambio e dai raggi parenchimatici. L'attitudine rizogena, cioè la possibilità di emettere radici avventizie, varia da specie a specie: quelle che radicano più facilmente posseggono iniziali radicali preformate nei rami o nelle branche, come molte specie di salice e di pioppo, il cotogno, il ribes, ecc. Inoltre è necessario che tali primordi radicali si sviluppino in tempo breve, in modo tale da prevenire processi fisiologici competitivi quali la schiusura delle gemme e la traspirazione (soprattutto nel caso di porzioni di germoglio poco lignificate).

Le tecniche di moltiplicazione che sfruttano questo processo di frammentazione prevedono la formazione di **talee, di astoni e di ramaglia** (Foto 12.2.2), cioè di porzioni distaccate della pianta provviste di gemme caulinarie che, nel caso degli interventi d'I.N., vengono messe a dimora in ambiente non controllato. Le specie capaci di emettere radici e di acquisire una vita autonoma in tali ambienti sono limitate e si riducono, allo stato delle conoscenze attuali, a poche specie dei generi *Salix, Populus, Tamarix, Ligustrum, Corylus, Hippophae, Laburnum, Opuntia*, ecc. con valori di attecchimento molto diversi (Tab. 12.2.2).

In tali interventi, le talee devono essere messe a dimora in autunno o al massimo all'inizio della primavera, per far sì che abbiano già formato, al sopraggiungere del periodo di aridità, delle radici sufficientemente lunghe. Nel caso di talee da impiegare in zone senza limitazioni idriche, è possibile realizzare le talee in un arco di tempo più ampio, compreso il periodo vegetativo. Bisogna ricordare però che in questo caso aumentano i fenomeni di disseccamento, ad esempio, nel trasporto e si riducono i tempi di immagazzinamento.

La facoltà di emettere getti e radici dipende da sostanze di crescita che sono immagazzinate nel tessuto vivente, nelle gemme e da qui vengono trasportate verso la superficie del taglio basale, dove si raccolgono e provocano la formazione di radici.

E' stato dimostrato che, nel caso dei salici, la talea più lunga e quella più grossa ovvero quella con maggiore età, mostra una capacità di crescita più elevata a causa della sua migliore condizione di partenza. Una maggiore radicazione si ha aumentando il volume ovvero la lunghezza delle talee, soprattutto se queste vengono poste inclinate e non verticali, come succede spesso nelle tipologie previste dall'I.N. Agli effetti pratici, lo spessore della talea è limitato solo dalla convenienza (difficoltà di trasporto e spese più elevate) e del problema del rifornimento da parte dei popolamenti naturali o dei vivai. E' quindi buona norma, dove è previsto l'impiego massiccio di talee, mescolare sempre rami giovani più sottili con rami grossi più vecchi.

Per quanto riguarda il periodo di prelievo o di moltiplicazione, bisogna tenere presente inoltre che la formazione delle radici e dei getti dipende dallo stato vegetativo della pianta e varia da specie e specie. Infatti esistono per i salici due periodi di riposo tra la fioritura e la maturazione del seme e tra il cambiamento di colore delle foglie e la loro caduta, dove si riduce drasticamente la capacità di emettere radici.

La lunghezza della talea, oltre ad influenzare il volume della stessa, è importante anche in relazione alla maggiore presenza delle gemme, dalle quali si producono alcune sostanze ormonali (es. auxina) che trasloca nelle

zone di taglio basale, dove generalmente si sviluppa la radice più grossa o dove sono presenti successivamente un numero maggiore di radici. Nelle epoche o nelle condizioni stazionali più sfavorevoli bisogna quindi aumentale il volume della talea, soprattutto nel senso della lunghezza, in modo tale che questa venga posizionata negli strati più profondi del terreno.

Inoltre, per ridurre le perdite di acqua per traspirazione, si consiglia di portare sul cantiere i rami interi e solo successivamente sezionarli per preparare le diverse talee o astoni, eliminando tutte le foglie se ci si trova nelle condizioni di utilizzare il materiale già germogliato.

I rami bassi delle piante legnose che si moltiplicano agamicamente radicano spesso laddove i rami vengono a contatto con il terreno, come nel caso del Rubus o come nel caso dei rami più bassi di alcune piante cespitose arbustive mediterranee (es. *Lavandula, Salvia, Rosmarinum*), che in seguito a contatto prolungato con il suolo formano radici avventizie.

Le tecniche di moltiplicazione si basano quindi sulla divisione, cioè sull'interruzione del collegamento con la piante madre una volta che si siano formate le radici a contatto con il substrato terroso, tagliandolo e ottenendo così una nuova pianta (**propaggini e margotte**).

Si può trarre vantaggio da questa particolarità, ad esempio, per rinfoltire ed espandere rapidamente gruppi di arbusti già esistenti.

Anche nel caso di rami lunghi, sottili e striscianti (**stoloni**) di alcune specie erbacee come la *Fragaria, Valeriana, Saxifraga, Ajuga*, ecc. si ha l'emissione di radici ad ogni nodo e se la continuità viene interrotta (**moltiplicazione per divisione**) si hanno individui indipendenti.

Infine molte specie erbacee producono fusti sotterranei metamorfosati (**rizomi**), che decorrono orizzontalmente nel suolo, che hanno la capacità di emettere continuamente radici e fusti avventizi. Anche in questo caso con la divisione di tali organi si possono moltiplicare ad esempio *Iris, Asparagus, Ruscus, Smilax*, alcune Graminacee e Labiate perenni, *Convolvolus* ecc.

Sempre per divisione, alcune piante messe allo scoperto per fenomeni di erosione o scoronamento, possono essere suddivise e nuovamente impiantate. Ciò si può fare in tutte quelle specie legnose ed erbacee che formano numerosi ricacci basali, la cui diramazione è posta al livello del terreno o immediatamente sotto di esso.

E' quindi possibile prelevare polloni radicali ad esempio di *Populus tremula* precedentemente tagliato alla base o più frequentemente tale divisione può essere utilizzata nelle graminacee e nelle piante erbacee perenni a forte crescita di tipo cespitoso (divisione dei cespi).

Radici

Possono essere allevate per la moltiplicazione come talee o polloni radicali, anche se non sempre danno dei risultati ottimali. Anche in questo caso si ottiene una maggior percentuale di radicazione e un più alto numero di radici usando delle talee vicine alla base rispetto a quelle lontane dal fusto, secondo il principio dell'ontogenesi della pianta.

Altri organi sotterranei (propagali extrafiorali)

La divisione, la squamatura o la scavatura di organi perenni quali i bulbi, che, derivando da una metamorfosi del fusto, svolgono una funzione di riserva ed assicurano la propagazione vegetativa della pianta, permette di moltiplicare specie come *Allium, Lilium, Uriginea, Gladiolus, Ornthogalum, Muscari* ecc.

Allo stesso modo è possibile la moltiplicazione di bulbilli (cioè di piccoli bulbi che si formano sullo stelo fuori dal terreno, in grado di staccarsi ed assumere vita autonoma come nel caso di alcune *Cardamine* che caratterizzano lo strato erbaceo delle nostre faggete appenniniche) e di bulbi-tubero in cui la zona di riserva è assunta solo dal fusto (es. nel genere *Crocus e Colchicus*).

Fusti erbacei (culmi)

Nelle sistemazioni d'I.N. lungo i corsi d'acqua e nel consolidamento delle dune sabbiose costiere, vengono spesso impiegati talee di culmi rispettivamente di *Phragmites* e di *Ammophila*. Anche altre piante palustri del genere *Cyperus e Juncus* vengono frequentemente moltiplicate per talea di fusti erbacei, fatti radicare in mini contenitori.

Piantine in contenitore	*Piantine a radice nude*
Possibilità di utilizzare il materiale durante tutto l'arco dell'anno	Limitazioni temporali per l'utilizzo delle piante
Media maneggaibilità	Elevata maneggaibilità
Problemi ridotti nel trasporto e nello stoccaggio in cantiere	Accuratezza nel trasporto e nella conservazione del materiale una volta estratto
Elevata variabilità dell'apparato radicale in funzione del tipo di contenitore	Apparato radicale meglio cnformato con radici fini maggiormente sviluppate
Piantine di minore dimensione in altezza	Piantine più sviluppate in altezza
Facilità di messa a dimora	Maggiore accuratezza nella messa a dimora
Ampia opportunità di scelta delle specie	Limitata possibilità di scelta delle specie
Minore possibilità di verifica della qualità dell'apparato radicale	Controllo diretto della qualità dell'apparato radicale
Forte difformità tra il pane di terra ed il terreno di impianto	Radici direttamente compenetrate dal terreno d'impianto
Radici sempre protette	Radici scoperte tra il periodo di estrazione e di impianto
Sress da trapianto generalmente minore se la massa a dimora adotta alcuni accorgimenti relativi alla copertura del pane di terra	Stress da trapianto generalmente maggiore che aumentano per una cattiva gestione del materiale dopo l'espianto dal vivaio, ma spesso con ritmi di sviluppo maggiori negli anni successivi
Possibilità di inoculazione controllata di funghi micorrizzici	Possibilità di inoculazione di funghi micorrizzici solo al momento del trapianto

Tab. 12.2.1 - Confronto tra materiale vivaistico con pane di terra e a radice nuda con età compresa tra 1 3 anni di età

Specie	*Propagazione vegetativa*	*Habitat*
Salix purpurea	molto buona 100%	sponde di corsi d'acqua e zone con suoli sabbiosi-argillosi, dal piano basale a quello montano
Salix alba	molto buona 90-100%	ripariale dal livello del mare a quello montano inferiore
Salix viminalis	molto buona 80-100%	introdotto per scopi colturali, su terreni limoso-sabbiosi lungo le rive di corpi idrici o di fossetti dal livello del mare a quello montano
Salix triandra	molto buona 70-90%	stazioni cldo umide dalla pianura all'area collinare e montana, su terreni alluvionali
Salix eleagnos	buona 70-80%	stazioni rivierasche con falda superficiale ma variabile, dal piano collinare a quello montano superiore
Salix cinerea	scadente 30-40%	su suoli umidi da limoso-sabbiosi a torbosi soprattutto nel piano basale con falda freatica superficiale
Salix caprea	molto bassa < 10%	pioniera dal pianobasale a quello montano superiore su terreni freschi di varia natura anche moderatamente aridi
Populus nigra	mediocre 60-70%	dal piano basale a quello montano su suoli drenati con falda superficiale
Populus alba	scadente 50-60%	dal piano basale a quello montano inferiore in stazioni umide o inondate lungo i fiumi e sulla riva dei laghi, con falda freatica oscillante
Ligustrum vulgare	mediocre 60-70%	dal piano basale a quello montano inferiore in boschi termo-xerofili
Corylus avellana	bassa 10-20%	sottobosco di foreste di latifoglie e aghifoglie dal piano basale a quello montano su terreni drenati
Sambucus nigra	bassa 10-20%	dal piano basale a quello montano inferiore su terreni da freschi a molto umidi permeabili
Tamarix africana	mediocre 60-70%	dune marittime, palude subsalse, argini, scarpate dal piano basale a quello collinare
Tamarix gallica	mediocre 60-70%	greti di torrenti, sabbie umide e subsalse, dal piano basale a quello collinare

Tab. 12.2.2 - Specie arboree ed arbustive che possono essere usate come talee e astoni nel Lazio a seconda degli ambienti ecologici

Foto 12.2.1: Emissione di radice avventizie lungo il fusto su pianta radicata di Euonymus europeus inserita in una gradinata

Foto 12.2.2: Talee di salice e piantine radicate inserite in sistemazioni a gradinata

I. Schiappa

12.3 Un vivaio di specie autoctone nel Parco naturale dei Monti Aurunci

Nel 2001 l'Ente Regionale Parco dei Monti Aurunci ha attivato il Programma Triennale di Tutela Ambientale '94-'96 - Intervento 210, finanziato dal Ministero dell'Ambiente e dall'Assessorato all'Ambiente della Regione Lazio, finalizzato prioritariamente alla realizzazione di interventi di recupero e di riqualificazione ambientale del territorio dell'area protetta.

Nell'ambito di questo programma è stata intrapresa anche un'iniziativa a carattere sperimentale attraverso la realizzazione e gestione di un "Vivaio di specie autoctone del Parco Naturale dei Monti Aurunci" Itri (LT).

Tra le motivazioni che hanno suggerito di iniziare una attività vivaistica così specializzata, quelle di:

- conservare e tutelare il patrimonio genotipico di alcune tra le circa 1900 specie che costituiscono la flora di tutto il comprensorio dei Monti Aurunci;
- ottenere materiale propagativo con caratteristiche che possano garantire maggiori percentuali di attecchimento, in quanto derivante da piante madri che nel tempo hanno sviluppato capacità di adattamento alle condizioni pedoclimatiche delle aree di intervento;
- recuperare aree degradate e dissestate con tecniche a basso impatto ambientale, utilizzando anche i metodi dell'ingegneria naturalistica;
- creare personale specializzato, con competenze specifiche e capacità professionali elevate, in grado di progettare e realizzare interventi non solo nel Parco Naturale dei Monti Aurunci ma anche nel sistema delle aree protette del Lazio e in tutti quegli ambiti territoriali interessati da attività di recupero e rinaturazione di aree degradate.

La fase iniziale di attivazione del Vivaio è stata caratterizzata da una buona dose di pionierismo e capacità di sperimentazione: l'identificazione, sul territorio del Parco, delle specie da riprodurre e la successiva raccolta di frutti e semi è stato il punto di partenza dell'attività.

L'operazione successiva è consistita nella lavorazione del prodotto raccolto: i frutti, sia secchi che carnosi, sono stati lavorati a mano o con l'ausilio di rudimentali piccole macchine.

La fase di *stratificazione*, ovvero il miscuglio dei semi con materiali più o meno torbosi e/o calcarei, è stata la tappa più ostica del percorso; la rimozione

della *dormienza*, che di fatto impedisce la germinazione dei semi, è una procedura assai controversa, e la durata dei tempi di stratificazione a freddo (vernalizzazione 5°) e a caldo (estivazione 20°) in ambienti difficili da monitorare, ha reso tutta l'operazione complessa e con un grado di incertezza a volte frustrante.

Le prime semine, effettuate in vasetti di PVC e in cassoni di legno - realizzati recuperando la materia prima da diradamenti di alcune pinete - e le successive germinazioni hanno provato infine la correttezza delle procedure seguite.

Un caso esemplare è stato il carrubo (*Ceratonia siliqua*), specie leguminosa con semi ad elevata dormienza e come tale bisognosa, per una pronta germinazione, di un passaggio in acqua calda (80°): i nostri semi non sottoposti ad alcun trattamento in acqua calda ma conservati in un contenitore di vetro hanno sviluppato un naturale processo di fermentazione, successivamente seminati hanno dato una alta percentuale di germinazione (superiore al 90%).

Tra le specie riprodotte va ricordato l'*Ulmus minor*, grazie al contributo in semi forniti dall'Olmo pluricentenario situato nella piazza centrale di Campodimele, un esemplare ormai famoso e attentamente monitorato dal Comune e ora anche dal Parco.

Al termine del primo anno di attività le piantine coltivate nel vivaio hanno raggiunto la cifra di circa centomila esemplari appartenenti a diverse decine di specie, alcune prodotte in grandi quantità, come ad esempio nel caso dell'Orniello (*Fraxinus ornus*).

L'esperienza vivaistica, sia pure tra mille difficoltà, è continuata con le fasi di raccolta, lavorazione e semina per la stagione 2002-2003, ed oggi si può confermare la correttezza di alcune procedure (soprattutto per quanto riguarda i criteri di lavorazione e stratificazione dei semi), dimostrata dai dati statistici in relazione alle elevate percentuali di germinazione ottenute (circa 80%).

FOTO DEL VIVAIO DI ITRI

Foto P. Carnevale

Foto P. Carnevale

Foto P. Carnevale

SORBO
DOMESTICO
Sem. 7-03-07
Foto P. Carnevale

Foto P. Carnevale

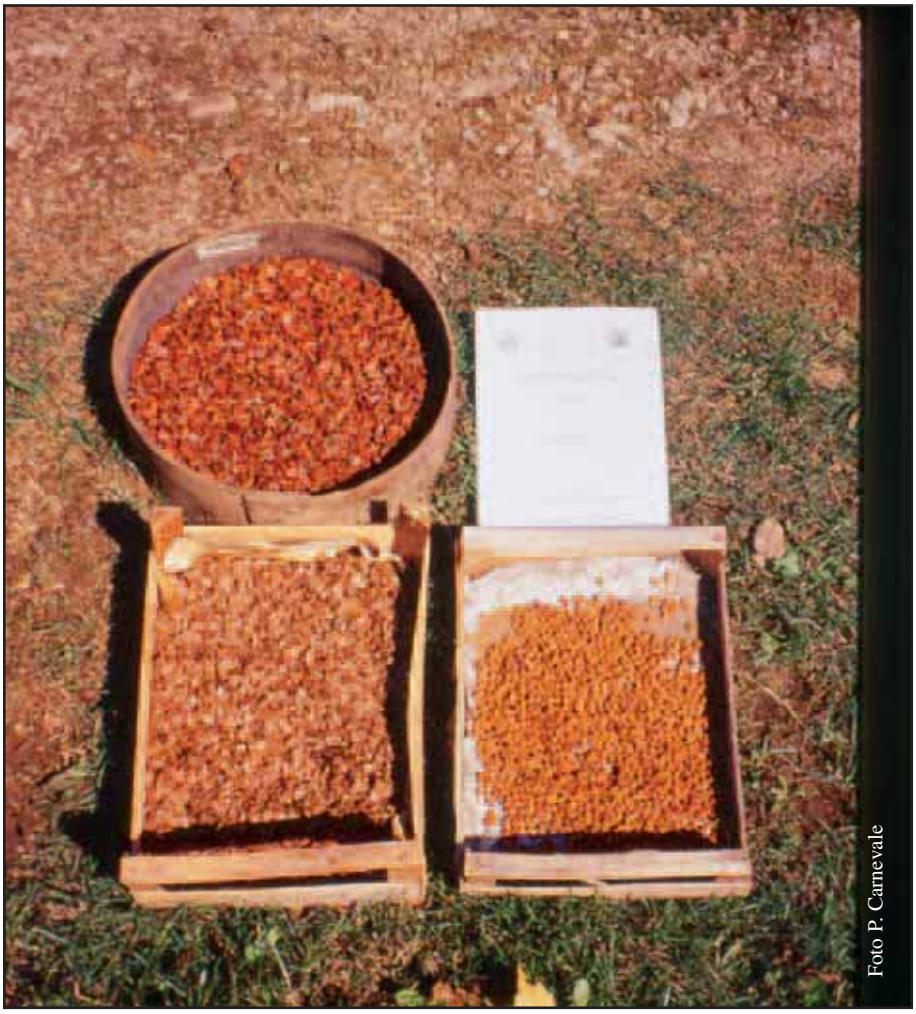


Foto P. Carnevale

Specie	Provenienza	Numero	Contenitori	Substrato di semina*
Roverella	Itri - valle d'Itri	4608	vasi piccoli 7*7*20 cm	2
Castagno	Spigno	468	vasi grandi 9*9*20 cm	3
Sughera	Itri vagnoli	653	vasi grandi 9*9*20 cm	1
Farnia	Fondi selvavetere	870	vasi grandi 9*9*20 cm	1
Cerro	Pico	700	vasi grandi 9*9*20 cm	1
Sughera	Itri vagnoli	6770	vasi grandi 9*9*20 cm	1
Sughera	Itri magliana	315	vasi tondi grandi con 2 o 3 piante cad.	1
Leccio	Itri valle d'Itri	2232	vasi piccoli 7*7*20 cm	2
Leccio	Campodimele	3100	vasi grandi 9*9*20 cm	2
Fagus sylvatica	Spigno	2073	vasi grandi 9*9*20 cm	1
Melo selvatico	Itri, Campello	37	vasi piccoli 7*7*20 cm	1
Sorbo torminalis	Pico	46	vasi piccoli 7*7*20 cm	1
Sorbo domestico	Itri	24	vasi piccoli 7*7*20 cm	1
Mele gialle picc.	Itri, Campello	3	vasi piccoli 7*7*20 cm	1
Tilia platiphillos	Itri, Campello	120	vasi grandi 9*9*20 cm	1
Acer opalus	Itri, Campello	12	vasi grandi 9*9*20 cm	1
Pirus communis	Esperia	205	vasi grandi 9*9*20 cm	1
Pirus piraster	Itri	216	vasi grandi 9*9*20 cm	1
Ceratonia siliqua	Itri	715	vasi grandi 9*9*20 cm	2
Laurus nobilis	Itri, valle d'Itri	3765	vasi grandi 9*9*20 cm	1
Laurus nobilis	Itri, valle d'Itri	394	vasi grandi tondi 20*20* con n°3 piante cad.	1
Pinus halepensis	Garganica	5000	vasi grandi 9*9*20 cm	2
Pinus pineaster	Campodimele, M.te Faggeto	160	vasi grandi 9*9*20 cm	2
Carpinus betulus	Itri, Campello	105	vasi grandi 9*9*20 cm	1
Carpinus orientalis	Campodimele	1000	vasi grandi 9*9*20 cm	2
Ostrya carpinfolia	Itri, M.te Fusco	830	vasi grandi tondi 20*20* con n°3 piante cad.	2
Ulmus minor	Campodimele (albero monumentale)	1300	vasi grandi 9*9*20 cm	2
Acer monspessulanum	Itri, Campello	1300	vasi grandi 9*9*20 cm	2
Fraxinus ornus	Campodimele, M.te Faggeto	30000	vasi grandi 9*9*20 cm	2
Alnus cordata	Fondi	1000	vasi grandi 9*9*20 cm	1
Evonimus europeus	Itri, Campello	170	vasi piccoli 7*7*20 cm	1
Prunus spinosa	Itri	529	vasi piccoli 7*7*20 cm	1
Prunus spp.	Itri, Campello	100	vasi piccoli tondi cm 10	1
Mirtus communis	Itri, valle d'Itri	3960	vasi piccoli tondi cm 10	1
Cercis siliquastrum	Fondi	8	vasi piccoli 7*7*20 cm	1
Arbustus unedo	Formia, Maranola	750	vasi grandi 9*9*20 cm	1
Coronilla emerus	Itri	40	vasi grandi tondi 20*20 cm	1
Crategus monogyna	Itri	5	vasi grandi 9*9*20 cm	1
Ligustrus vulgaris	Itri	47	vasi grandi tondi 20*20 cm	1
Cistus spp.	Itri	200	vasi cm 13	2
Juniperus communis	Fondi	40	vasi grandi 9*9*20 cm	1
Rosa semprevirens	Spigno Saturnia	110	vasi grandi tondi 20*20 cm	1
Rosa pimpinellifolia	Campodimele, M.te Faggeto	15	vasi grandi tondi 20*20 cm	1
Euphoria caracias	Itri	15	vasi piccoli 7*7*20 cm	1
Viburnustinus	Itri	84	vasi piccoli 7*7*20 cm	1
Fraxinus oxifillo	Fondi	22	vasi piccoli 7*7*20 cm	1
Abies alba	Itri, San Nicola	48	vasi piccoli 7*7*20 cm	1
Rosmarino	Itri	250	vasi piccoli 7*7*20 cm	2
Timo	Itri	60	vasi piccoli 7*7*20 cm	1
Salvia	Campodimele	3360	vasi tondi da 8 cm	1

Tab. 12.3.1 - Specie presenti nel Vivaio (semina 2001-2002)

* miscuglio di terriccio, sabbia calcarea, pozzolana nelle seguenti proporzioni:
terriccio 30 %, sabbia 30%, pozzolana 40 %;
terriccio 30 %, sabbia 45%, pozzolana 25 %;
terriccio 80 %, pozzolana 20 %;
** per la semina nei cassoni è stato utilizzato un'unica miscela a base di pozzolana (50 %),
sabbia (25 %) e terriccio (25 %).

Tab. 12.3.2 - Confronto sulla percentuale di germinazione delle leguminose

Specie	***annualità 2001/02***	***annualità 2002/03***	***Temperatura acqua***
Ceratonia siliqua	80%	80%	80°
Cersis siliquastrum	5%	70%	50°
Spartium junceum	1%	70%	50°
Coronilla emerus	2%	60%	40°
Teline monspessulana	Non seminato	70%	50°
Laburnum anagyroides	Non seminato	85%	50°

Note: nella prima annualità si è ricorso a semina diretta, mentre nella seconda annualità si è ricorso alla pratica dell'immersione dei semi in acqua calda a temperatura compresa tra i 40° e gli 80°.

Tab. 12.3.3 - Confronto sulla percentuale di germinazione di alcune specie pirofile

Specie	***annualità 2001/02***	***annualità 2002/03***
Cistus incanus	1,5%	60%
Cistus salvifolia	3%	70%
Cistus monspeliensis	1%	40%
Erica multiflora	2%	40%
Erica alborea	2%	45%
Rosmarinus officinals	1%	50%

Note: nella prima annualità si è ricorso a semina diretta, mentre nella seconda annualità si sono miscelati i semi a cenere molto calda, per sottoporli a shock termico quindi il giorno successivo sono stati seminati.

PARTE II - SPECIALISTICA

CAPITOLO 13

Le tecniche di Ingegneria Naturalistica

G. Sauli

Vengono di seguito presentate le schede di 39 tecniche di I.N. ritenute le più adatte alle sistemazioni dei versanti e della difesa del suolo nel Lazio, ma con validità nazionale.

Si è adottata la divisione classica già citata in: interventi antierosivi, interventi stabilizzanti, interventi combinati di consolidamento e interventi particolari. Non sono state riportate alcune tecniche più tipicamente utilizzabili in ambito idraulico e alle sistemazioni di strade, cave, discariche che sono state trattate nel I e nel II manuale.

Il repertorio delle tecniche è comunque aperto sia per la auspicabile introduzione di adattamenti e varianti regionali, sia per nuove tecniche, sia per miglioramenti quali - quantitativi sempre possibili nel settore dell'I.N.

Per la stesura delle schede ci si è basati sulle esperienze originali degli Autori e sui suggerimenti derivati dalla Bibliografia ed in particolare da Schiechtl, Florineth, Zeh, che qui ringraziamo.

La numerazione citata al titolo nelle voci di capitolato corrisponde a quella delle "Linee guida per capitolati speciali per interventi di ingegneria naturalistica e lavori di opere a verde" del Ministero dell'Ambiente (sett. '97 - ago. '05 in fase di stampa).

Sono stati anche visionati i manuali, gli elenchi e le analisi prezzi che risultano prodotti dalle singole Regioni italiane sul tema dell'I.N. (vedi tabella che segue).

REGIONI	M	P	A	L	C	note
ABRUZZO						
BASILICATA	x					
CALABRIA						
CAMPANIA	x	x	x	x		
EMILIA ROMAGNA	x	x	x	x	x	
FRIULI VENEZIA GIULIA		x*	x*	x	x	*in stampa
LAZIO	x	x	x	x	x	
LIGURIA	x			x	x	
LOMBARDIA	x			x	x	
MARCHE	x	x		x	x	
MOLISE						
PIEMONTE	x	x	x	x		
PUGLIA						
SARDEGNA						
SICILIA						
TOSCANA	x			x	x	
TRENTINO ALTO ADIGE	x	x	x	x	x	
UMBRIA	x**		x	x		**Prov. Terni
VALLE D'AOSTA		x				
VENETO	x	x	x	x		

LEGENDA
M = Manuale tecniche I.N.
P = Elenco prezzi interventi I.N.
A = Analisi prezzi interventi I.N.
L = Leggi regionali sull'argomento
C = Circolari sull'argomento

Le schede sono organizzate in:
• Parte descrittiva per argomenti:
- Descrizione sintetica
- Campi di applicazione
- Materiali impiegati
- Modalità di esecuzione
- Raccomandazioni
- Limiti di applicabilità
- Vantaggi
- Svantaggi
- Effetto
- Periodo di intervento
- Possibili errori
- Voce di capiolato
- Sezione tipo
- Vista prospettica (pro parte)
- Documentazione fotografica
- Analisi prezzi (per Provincia)basata sull'elenco prezzi della Regione Lazio del 2003 (in Appendice A)

Le schede sono organizzate in:

- Parte descrittiva per argomenti:
  - Descrizione sintetica
  - Campi di applicazione
  - Materiali impiegati
  - Modalità di esecuzione
  - Raccomandazioni
  - Limiti di applicabilità
  - Vantaggi
  - Svantaggi
  - Effetto
  - Periodo di intervento
  - Possibili errori
- Voce di capitolato
- Sezione tipo
- Vista prospettica (pro parte)
- Documentazione fotografica
- Analisi prezzi (per Provincia) basata sull'elenco prezzi della Regione Lazio del 2003 (in Appendice A)

Data la limitata esperienza sinora maturata in Lazio su interventi di I.N. tutti gli elementi tecnici e finanziari contenuti nelle schede sono da considerarsi in continuo aggiornamento sulla base delle risultanze dei numerosi cantieri in corso d'opera e in progettazione attualmente.

La documentazione grafica e fotografica è solo in parte derivata da esperienze regionali ed ha attinto a esperienze nazionali ed internazionali.

L'uso dei dati tecnici e finanziari contenuti nelle schede prevede da parte dei progettisti uno sforzo di adattamento ad ogni singolo progetto. Va escluso l'utilizzo pedissequo che impedisce la personalizzazione del progetto e induce in possibili errori con conseguenze in fase di appalto e di esecuzione.

I periodi di intervento, ad esempio, sono riferiti ad una condizione media climatica, mentre va tenuto conto delle notevoli variazioni derivanti dai fattori di esposizione, altitudine, ecc. di ogni singola stazione.

Si è cercato di riportare al titolo di ogni scheda eventuali sinonimie. Per certe tecniche la denominazione, legata a quella di certi materiali, è ancora in fase di assestamento. Certi materiali vengono ad esempio per invalso uso definiti reti, stuoie, biostuoie, biotessili, ecc. senza tenere conto delle corrette definizioni merceologiche (rete = annodata agli incroci, stuoia = solo intreccio).

Al di là della denominazione, che crea spesso confusione in sede internazionale nelle traduzioni, ma anche nazionale sull'identificazione, vale la descrizione e la sezione tipo. Vanno citati in tal senso il dizionario plurilingue dei termini di I.N. (AA.VV. 1996) ed il glossario figurato plurilingue delle tecniche di I.N. in preparazione da parte della Federazione Europea per l'Ingegneria Naturalistica (EFIB) con la partecipazione dell'AIPIN.

Va sottolineato che in tutto il manuale è stato usato il termine "piantagione" mentre è da considerarsi obsoleto il termine "piantumazione" ancora usato talvolta in certi progetti e capitolati.

Si deve precisare che nei disegni tridimensionali si perde la definizione dei particolari. Inoltre il disegno vuole essere schematico, una vista d'insieme non necessariamente realistica. Ciò che fa fede è invece la sezione tecnica.

CAPITOLO 14

I materiali

M. Comedini

In funzione dei problemi da risolvere o dei miglioramenti da apportare ad un ecosistema paranaturale, le tecniche d'ingegneria naturalistica utilizzano diversi materiali, seguendo il principio di associare materiali vivi (piante) e materiali inerti.

Attualmente, oltre ai materiali inerti naturali il mercato offre una vasta gamma di materiali industriali, perciò è opportuno suddividere i vari materiali disponibili in:

- Materiali vegetali vivi
- Materiali organici inerti naturali e artificiali
- Materiali organici e inorganici naturali
- Materiali inorganici industriali

14.1 Materiali vegetali vivi

Sono materiali provenienti dal mondo vegetale che hanno la capacità di rinnovarsi rapidamente rendendo più stabile il terreno:

1. *Sementi;*
2. *Semenzali e trapianti di specie arbustive o arboree;*
3. *Talee di specie arbustive o arboree:* la talea è un segmento di fusto separato dalla pianta madre capace di produrre radici avventizie e di rigenerare così un altro esemplare, a volte con sviluppi considerevoli ed in breve tempo (per es. salici, pioppi, noccioli).

Le talee possono presentarsi sotto diverse forme:

- *Culmo*: stelo di graminacea, in genere elofita, che produce un tallo;
- *Talea piccola*: fusto legnoso di 50 ∏ 100 cm di lunghezza ed un diametro < 1∏2 cm.
- *Talea grossa*: fusto legnoso di 1∏ 3 m di lunghezza ed un diametro di 2∏5 cm;
- *Astone*: fusto legnoso sino a 7 m di lunghezza ed un diametro di 4 ∏ 15 cm;
- *Ramaglia*: rami dai quali non vengono eliminate le ramificazioni secondarie;

4. *Rizomi e radici*: parti di organi sotterranei di riserva, in prevalenza di elofite, capaci di produrre nuove piante;
5. *Piote erbose (zolle)*: insieme compatto di radici e fusti erbacei, di origine naturale o prodotti in vivaio; vengono commercializzati in elementi di dimensioni variabili (0.3∏0.5x0.5∏2.5 m), hanno uno spessore di 1÷5 cm ed un peso di 20÷30 kg/m^2.

Particolare attenzione andrà posta per la salvaguardia della vegetazione arborea e arbustiva presente in loco, in quanto, se compatibile con i lavori previsti, consente di ottenere, a costo zero, un recupero ambientale, nonché idrogeologico, più immediato e sicuro.

Quando si opera con materiale vegetale vivente il grado di attecchimento richiesto può essere variabile a seconda che si utilizzino piantine a radice nuda o in contenitore. Esso varia anche in relazione alla densità di impianto.

Di seguito, si possono riportare alcuni valori ottimali, considerando l'attecchimento uniformemente distribuito sul terreno.

Al collaudo:
Piantina a radice nuda: non inferiore al 90%;
Piantine in contenitore: non inferiore al 100%.
Alla fine del periodo di garanzia:
Piantina a radice nuda: non inferiore all'80%;
Piantine in contenitore: non inferiore al 90%.

Qualora si eseguano dei recuperi ambientali in zone soggette al pascolo di animali domestici o selvatici è consigliato realizzare opportune recinzioni per la protezione delle piantine.

L'uso di mezzi meccanici idonei consente di ridurre l'impatto anche nelle importanti fasi di impianto del cantiere e di realizzazione dell'opera.

I recuperi ambientali si basano, oltre che su precise regole ecologiche, anche sul rispetto e sulla sensibilità nei confronti della flora e della fauna spontanea dell'ambiente in generale. Al termine dell'intervento è opportuno rimuovere tutti i residui di lavorazione ancora presenti nel cantiere (contenitori vari, parti di griglie o reti, filo di ferro).

1. Sementi

I principali obiettivi raggiungibili con l'impiego di idonei miscugli di sementi di specie erbacee sono di carattere idrogeologico (azione antierosiva), naturalistico e paesaggistico.

I campi d'applicazione degli inerbimenti sono vari:

- Versanti franosi;
- Piste da sci;
- Argini fluviali;
- Ex - cave;
- Discariche;
- Infrastrutture viarie o ferroviarie.

Particolare attenzione andrà posta nell'adeguato modellamento del terreno, nella corretta scelta del periodo d'intervento, ma soprattutto nella selezione del miscuglio delle sementi da impiegare in funzione delle condizioni pedoclimatiche e della vegetazione presente nella località in cui si intende intervenire.

Un buon miscuglio è composto da graminacee (ad azione radicale superficiale), da leguminose (ad azione radicale profonda e con capacità di arricchimento del terreno con azoto), e talvolta da specie arbustive o arboree.

Un ottimo prodotto può essere considerato il "fiorume" ricavabile dai fienili, anche se, il suo reperimento risulta difficoltoso, in quanto la fienagione avviene in un determinato periodo della stagione, precisamente prima che il seme raggiunga la piena maturità (questo per ottenere un prodotto di grande nutrimento per gli animali). Il taglio precoce delle piante, pertanto, non permette di ottenere una grande quantità di seme maturo (le quantità richieste di fiorume sono comunque elevate 0.5÷2 kg/m^2); se ne consiglia pertanto l'uso solo su piccole superfici di notevole valore naturalistico) ed elevata qualità di semi, che possono essere utilizzati per miscugli e idrosemine.

La semina del fiorume o del seme prodotto in vivaio, da effettuarsi preferibilmente durante il periodo vegetativo, può avvenire manualmente o meccanicamente ed appartenere alle seguenti diverse tipologie:

- **Semina a spaglio;**
- **Idrosemina**: le sementi di specie erbacee sono poste in soluzioni acquose contenenti concimi chimici o organici, sostanze miglioratrici del terreno, leganti, prodotti fito – ormonici fibre vegetali, pasta di cellulosa; diverse sono le soluzioni possibili, in relazione alla tipologia ed alla quantità delle sostanze impiegate:
- **idrosemina semplice**: costituita da seme, fertilizzante e collante. Crea un letto di germinazione ottimale su terreni in cui è presente abbondante frazione fine e colloidale, ma con inclinazioni non superiori a 20°.
- **idrosemina con mulch**: è come la precedente, con l'aggiunta di mulch di fibre e di legno o di pasta di cellulosa. E' adatta a terreni con le stesse caratteristiche dell'idrosemina semplice ma con inclinazioni fino a 35° e con presenza di fenomeni erosivi di media intensità.
- **idrosemina con mulch a fibre legate**: è una idrosemina con mulch in fibre di legno di lunghezza controllata in quantità elevata e collante naturale ad elevata viscosità. E' una idrosemina con un forte potere protettivo ed elevata capacità di ritenzione idrica. E' adatta a terreni fortemente erodibili con inclinazione fino a 50°-60° (1,2:141,7:1), mediamente poveri di materia organica e di frazione fine.
- **idrosemina a spessore**: è una idrosemina ricca di materiale organico (torba ed eventualmente compost) e mulch di fibre di legno. E' adatta alle situazioni in cui il substrato è particolarmente povero di materiale organico, è sassoso o roccioso. In condizioni difficili per forte pendenza e sulle terre rinforzate si miscela della paglia triturata da aggiungere all'ultimo passaggio per la formazione di una copertura che dovrà avere uno spessore variabile da 2 a 4 cm a seconda della quantità di materia organica.
- **Semina con coltre protettiva di paglia *(mulch)***: le sementi vengono distribuite sul terreno e poi ricoperte da materiale vegetale a funzione protettiva; è particolarmente idonea su superfici povere di humus;
- **Semina con coltre protettiva di paglia e bitume**: le sementi vengono coperte da sostanze vegetali (paglia) fissata da un'emulsione bituminosa a funzione protettiva.

E' comunque sempre consigliato l'inserimento di specie vegetali tipiche della zona, anche se l'azione miglioratrice del terreno di particolari specie pioniere transitorie può costituire un valido aiuto all'insediamento di quelle definitive più esigenti, assicurandosi che non siano presenti specie particolarmente espansive.

2. Semenzali

Semenzali e trapianti di specie arbustive o arboree: si possono impiegare sulle rive dei corsi d'acqua (al piede delle sponde le piante elofite, nell'alveo le idrofite) o sulle pendici instabili, anche ad integrazione del consolidamento effettuato con talee.

Gli alberi e gli arbusti possono essere acquistati a *radice nuda* (latifoglie), in *fitocella o con pane di terra* e l'apparato radicale dovrà essere proporzionato alle dimensioni della chioma; va sottolineato il fatto che, però, le piante a radice nuda non offrono le stese garanzie di attecchimento di quelle in fitocella o con pane di terra.

Per quanto concerne la messa a dimora delle piantine, il periodo più idoneo è quello del riposo vegetativo. Particolare cura dovrà essere posta sia nell'acquisto del materiale vegetale, verificando attentamente la provenienza, lo stato sanitario (assenza di malattie, parassiti, ferite..) e le dimensioni, sia durante il trasporto e la messa a dimora delle piante, al fine di evitare di procurare loro ferite, traumi, essiccamenti.

3. Talee e astoni

Diverse specie (*Salix spp., Populus spp.*) hanno la capacità di svilupparsi a partire da semplici rami o loro parti, denominate appunto talee (getti non ramificati, lignificati, della lunghezza da 25 a 60 cm) o astoni (getti diritti poco ramificati con una lunghezza lunghi 1-3 m). Con esse si possono realizzare alcune tra le tipologie di consolidamento del terreno più

importanti, quali:

- **La viminata**: talee intrecciate tra paletti;
- **La fascinata**: rami lunghi e raccolti a mazzi, di lunghezza > 1m (astoni); si possono così realizzare consolidamenti di pendici soggette ad erosione, nonché drenaggi;
- **La difesa spondale con ramaglia** (getti ramificati di almeno 60 cm di lunghezza e di differente spessore): fasci di rami stesi in una nicchia d'erosione di una sponda fluviale e trattenuti da pali di legno; l'effetto filtrante della struttura determina un deposito dei materiali fini trasportati in sospensione dalla corrente che aumenta la stabilità dell'opera, la quale protegge la sponda dall'azione erosiva dell'acqua;
- **La copertura diffusa con astoni (3 m)**: grosse talee disposte sulle sponde dei corsi d'acqua in modo da formare un rivestimento dell'intera superficie e svolgere così una funzione antierosiva;
- **Il rinverdimento dei manufatti**: le talee sono utilissime per poter rinverdire le opere di consolidamento, di sostegno o di difesa spondale quali: gabbioni, scogliere, muri di sostegno o palificate.

L'epoca del taglio e dell'utilizzo delle talee è legata al periodo di riposo vegetativo delle diverse specie e, quindi, a quello autunnale – primaverile; tutte le talee per potere radicare e svilupparsi, devono essere dotate di gemme laterali. Le talee, se poste orizzontalmente, producono una maggiore massa di radici, a differenza di quelle poste in senso verticale. Particolare attenzione andrà, infine, posta durante il trasporto e lo stoccaggio al fine di evitarne l'essiccamento.

Si dovrebbero impiegare parti di piante legnose quanto più grosse e lunghe possibili - adattate di volta in volta al metodo di costruzione, poiché il successo della radicazione e della cacciata aumenta col crescere del volume dei rami. In base all'esperienza, i risultati migliori si ottengono con porzioni della grossezza di un dito fino a quella di un braccio. Verghe e rami sottili disseccano facilmente e quindi vengono per lo più impiegati solo in combinazione con parti vegetali più grosse.

Per procacciarsi le quantità occorrenti di parti vegetali si hanno le seguenti possibilità a disposizione (*Schiechtl, Stern, 1994*):

- le parti di piante legnose possono essere ottenute da popolamenti naturali posti nelle vicinanze, affini dal punto di vista ecologico;
- nel corso di interventi colturali gli arbusti possono essere tagliati da sistemazioni già esistenti, eseguite con materiale idoneo e le parti legnose che ne derivano possono essere utilizzate;
- in caso di bisogno le parti vegetali necessarie possono essere ottenute anche da vivai, nel caso non siano disponibili o lo siano solo difficilmente;
- margotta: tecnica che consiste nel piegamento di un ramo o di un pollone e nel suo successivo interramento: in tali condizioni vengono emesse nuove radici e, una volta che il ramo viene separato dalla pianta madre, si ha un nuovo esemplare
- rizomi: si possono ottenere individui arborei o arbustivi anche utilizzando rizomi o loro pari.

4. Piote o zolle erbose

Piote o zolle erbose: servono a proteggere le sponde o i pendii sistemati di recente. La posa in opera delle zolle può avvenire in diversi modi: a scacchiera, a linee oblique, a cordoni orizzontali, in modo continuo o isolatamente; gli eventuali spazi vuoti verranno chiusi naturalmente dalla vegetazione spontanea con il passare del tempo, anche se, a volte si potranno verificare difficoltà in tal senso. In relazione agli elevati costi d'impianto, gli interventi che prevedono al copertura totale potranno essere effettuati solo su piccole superfici o in zone molto importanti da un punto di vista naturalistico laddove l'impiego di specie autoctone risulti essere indispensabile; va sottolineato il fatto che l'utilizzo di zolle provenienti da località limitrofe è una garanzia d'idoneità del materiale di propagazione utilizzato.

Tappeto erboso: assolve alle stesse funzioni delle piote erbose naturali, ma la sua produzione in vivaio offre alcuni vantaggi: maggiore disponibilità, maggiore uniformità e relativo migliore attecchimento.

14.2 Materiali organici inerti naturali e artificiali

I materiali di origine organica, ma senza capacità vegetativa, vengono detti inerti o "morti"; il loro uso può rendersi necessario, quando sia richiesta una efficacia immediata dell'intervento, che non possa essere garantita dalle piante a causa dei tempi necessari al loro sviluppo

Legname (tronchi, ramaglia, sciaveri): viene impiegato con funzione di consolidamento temporaneo in attesa che la vegetazione subentri in tale ruolo. Si usano vari tipi di essenze: abete, larice, castagno sono i materiali più diffusi. Spesso ai fini di aumentarne la durata vengono scortecciati. Le dimensioni, sia lunghezza che diametro, variano a seconda degli impieghi: palificate vive, grate vive, palizzate vive, cordonate, copertura diffusa ecc.

Concimi organici: da impiegarsi qualora il substrato sia povero di sostanze nutritive.

Ammendanti: sostanze miglioratrici del terreno: idonee su substrati poveri di sostanze nutritive o con una struttura ed una tessitura del terreno non ottimali.

Mulch di legno, pasta di cellulosa vergine o riciclata: per impieghi nelle miscele da idrosemina.

Stuoie o reti di juta, fibra di cocco o di altri vegetali (es. paglia, sisal, kenaf): sono strutture a maglie aperte realizzate mediante tessitura (o annodatura) di fibre vegetali;

Biostuoie: sono materassini di fibre vegetali (legno, paglia, cocco), contenute in reticelle poliolefiniche o organiche (ad esempio juta), in commercio sono disponibili anche stuoie preseminate o preseminate e preconcimate;

Stuoie, reti e biostuoie possono essere impiegate in svariate condizioni, prevalentemente con funzione di controllo dell'erosione, nelle opere di:
- Consolidamento di versanti franosi;
- Consolidamento di dune costiere;
- Consolidamento di piste da sci;
- Recupero di ex – cave;
- Consolidamento di rilevati artificiali (discariche, infrastrutture viarie e ferroviarie...);
- Costruzione di barriere antirumore;
- Realizzazione di parchi urbani ed impianti sportivi.

Questi materiali offrono svariati vantaggi:
- riduzione dell'erosione superficiale di origine idrica o eolica durante il delicato periodo post – intervento di sistemazione in attesa che la copertura vegetale si affermi; sono particolarmente utili in zone caratterizzate da notevoli avversità ambientali;
- non ostacolano, bensì favoriscono l'inerbimento delle superfici interessate le superfici interessate dall'intervento, sia grazie alla capacità di trattenuta delle particelle più fini utili allo sviluppo della vegetazione, sia per la costituzione di un supporto per le specie vegetali pioniere;
- riduzione dell'evaporazione idrica del terreno e capacità di conservazione di un certo grado di umidità del suolo: alcuni prodotti di origine naturale possono assorbire 2÷3 l/m^2 di acqua;
- formazione di un benefico "effetto-serra" con conseguente trattenuta di calore;
- capacità di drenaggio superficiale degli accumuli di acqua nel terreno;
- disponibilità di una vasta gamma di prodotti con trama, struttura e resistenze diverse che si prestano all'applicazione in diverse condizioni.
- competitività economica rispetto a soluzioni tradizionali, in relazione ai costi di produzione, di trasporto e di posa in opera.
- capacità di incrementare la fertilità del terreno in seguito alla loro decomposizione e conseguente apporto di sostanza organica; esse sono totalmente biodegradabili, in quanto costituite da cellulosa e lignina (si decompongono completamente in 1÷6 anni) ed inoltre non sono dannose per piante ed animali.

14.3 Materiali organici e inorganici naturali

I materiali naturali usati tradizionalmente nell'ingegneria naturalistica sono:
- *Terreno vegetale* (organico)

In relazione al valore ecologico intrinseco del terreno vegetale, eventualmente presente, nell'area oggetto di un qualsiasi intervento sul territorio che prevede un successivo recupero ambientale, è consigliato provvedere alla rimozione ed allo stoccaggio del suddetto terreno che in seguito, potrà essere utilizzato in loco al fine di costituire un prezioso substrato per la messa a dimora di specie vegetali.

Il terreno vegetale eventualmente utilizzato e proveniente da altro sito dovrà rispondere a determinate caratteristiche, quali:
- Assenza di corpi estranei;
- Assenza di pietrame;
- Presenza di materiale inerte grossolano, avente un diametro > 2 mm, in quantità inferiore al 25% del volume totale;
- Assenza di materiale legnoso (tronchi, rami, radici);
- Assenza di agenti patogeni della vegetazione;
- Assenza di sostanze tossiche;
- Presenza della parte organica (batteri, micorizze, microfauna, ecc.)

A tal fine l'analisi del suolo consentirà di evidenziare le caratteristiche fisico – chimiche del materiale.

E' importante non eccedere nella quantità di terreno vegetale adoperato in quanto le radici delle piante tenderebbero a colonizzare lo strato fertile, ma incoerente, senza ancorarsi al substrato roccioso, con possibili conseguenze di smottamenti per sovraccarico; è consigliato, quindi riportare uno strato di terreno non superiore a 5÷10 cm di spessore.
- *Fertilizzanti, compost*, ecc. (organici)
- *Pietrame, altri inerti* (inorganici)

viene impiegato spesso per opere di protezione, di consolidamento e, più raramente, di sostegno, nonché per la realizzazione di opere trasversali quali le rampe di risalita per pesci;

14.4 Materiali inorganici industriali

Esistono diversi prodotti industriali che consentono di integrare efficacemente le tecniche "biologiche" e svolgere diverse funzioni in maniera permanente:
- controllo dell'erosione superficiale dovuta agli agenti meteorici
- controllo dell'erosione in ambito fluviale
- contenimento e rinforzo per la realizzazione di opere di sostegno
- rinforzo del terreno: aumento della resistenza al taglio del terreno al fine di aumentarne la stabilità e di realizzare pendii e opere di sostegno
- drenaggio
- separazione e filtrazione
- impermeabilizzazione
- contenimento e rafforzamento superficiale
- funzioni accessorie (fissaggio e collegamento)
- correzione ed integrazione delle proprietà chimico-fisiche dei terreni.

Questi materiali sono realizzati con acciaio, polimeri e sostanze chimiche di varia natura:

Geogriglie: materiale polimerico sia deformabile che non, conformato a forma di griglia realizzato connettendo tra di loro e fissando nelle giunzioni i materiali polimerici stessi. Ne esistono di tre tipi: estruse, tessute e a nastri sovrapposti e saldati.

Possono essere realizzate con poliestere, polipropilene, polietilene; possono essere dotate di rivestimento protettivo o meno. Sono materiali dotati di resistenze a trazione significative e di basse deformabilità, pertanto vengono usate prevalentemente nel rinforzo dei terreni (Opere di sostegno e pendii rinforzati) e per la ripartizione di carichi su terreni a bassa portanza.

Geotessuti: sono strutture piane e regolari formate dall'intreccio di due o più serie di fili costituiti da fibre sintetiche, che consentono di ottenere aperture regolari e di piccole dimensioni. In relazione al telaio utilizzato si distinguono in tessuti: a trama e ordito , a maglia a catenella (warp knitted). Possono essere in poliestere o polipropilene (più raramente poletilene). Vengono usati con funzione di rinforzo, filtrazione e separazione nelle opere idrauliche e stradali e di consolidamento.

Geotessili non tessuti: materiali costituiti da fibre polimeriche coesionate mediante agugliatura o termosaldatura. Ne esistono con caratteristiche idrauliche e meccaniche anche molto diverse e vengono usati con funzione di filtrazione e separazione nelle opere idrauliche, stradali e di consolidamento.

Reti metalliche a doppia torsione a maglie esagonali in filo d'acciaio: vengono realizzate mediante la tessitura di trafilato d'acciaio. Per aumentarne la durabilità il filo viene galvanizzato con lega di zinco ed alluminio ed eventualmente plasticato. Possono avere diverse resistenze a seconda delle combinazioni diametro filo/tipo maglia. Sono reti per uso ingegneristico dotate di elevata resistenza e caratterizzate dalla capacità di confinare localmente le eventuali rotture o strappi.

Si utilizzano per molteplici applicazioni: realizzazione di elementi per rinforzo dei terreni, realizzazione di rivestimenti vegetativi (in abbinamento con biostuoie o geostuoie) per il controllo dell'erosione su scarpate ripide, realizzazione di gabbioni e materassi da riempire con pietrame che sono utilizzati nelle difese fluviali e nelle opere di sostegno.

Geostuoie tridimensionali: sono costituite da filamenti di materiali sintetici (polietilene ad alta densità, poliammide, polipropilene o altro), aggrovigliati in modo da formare uno strato molto deformabile dello spessore di 10-20 mm, caratterizzato da un indice dei vuoti molto elevato (> 90%). Possono essere saturate con materiali naturali (ghiaia, bitume) e sintetici (gomme) per applicazioni particolari. Le geostuoie possono venire rinforzate mediante reti metalliche a doppia torsione e geogriglie.

Geocompositi drenanti: sono costituiti dall'associazione (in produzione) di uno strato di georete (o di geostuoia) racchiuso tra uno o due strati di geotessile (o tra una membrana e un geotessile).Lo spessore complessivo del geocomposito può variare tra 5 e 30 mm. Svolgono funzione filtrante e drenante nelle trincee drenanti e nei dreni a tergo di opere di sostegno.

Geomembrane: svolgono la funzione di barriere idrauliche per impermeabilizzare bacini, argini, canalette ecc. Possono essere polimeriche (HDPE, PVC, PP) o bentonitiche (argilla bentonitica intrappolata tra due geotessili).

A titolo riassuntivo possiamo elencare i materiali utilizzati per l'Ingegneria Naturalistica, nel seguente schema:

Materiali	**Massa acquea** g/mq	**Durabilità** (anni)		**Resistenza alla torsione** (kN/m)	
		Minima	Massima	Minima	Massima
Stuoia di Juta (o Rete di Juta)	200-500	1	2	1	2
Stuoia di cocco (o Rete di cocco)	400-900	5	8	5	10
Bistuoia di cocco	300-400	0.5	1	0.3	0.5
Bistuoia paglia	300-400	0.3	0.5	0.3	0.4
Bistuoia in legno	500-800	1	2	1.8	2.2
Geostuoia tridimensionale	500-800	> 5		1.3	1.8
Geostuoia tridimensionale rinforzata	1.500-2.500	> 5		38	200
Geogriglie	300-2.200	20	120	30	1000
Geotessuti	80-1.000	10	50	10	500
Reti metalliche a doppia torsione	1.200-1.750	30	> 100	27	65

CAPITOLO 15

Schede delle tecniche

G. Sauli, C. Loss, V. Zago

15.1 Interventi antierosivi di rivestimento

1 Semina a spaglio
2 Semina a paglia e bitume
3 Idrosemina
4 Semina a strato con terriccio
5 Semina con fiorume
6 Semina di piante legnose
7 Biotessile in juta (geojuta)
8 Biostuoia in paglia, in cocco, in cocco e paglia
9 Biotessile in cocco (sin. Stuoia di cocco)
10 Biostuoia in trucioli di legno
11 Geostuoia tridimensionale in materiale sintetico
12 Geostuoia tridimensionale in materiale sintetico bitumata in opera a freddo
13 Geocelle a nido d'ape in materiale sintetico
14 Rete metallica a doppia torsione
15 Rivestimento vegetativo in rete metallica a doppia torsione zincata (e plastificata) e biofeltri – biostuoie
16 Rivestimento vegetativo a materasso
a) realizzato in opera
b) preconfezionato

N.B.
La numerazione citata al titolo nelle voci di capitolato corrisponde a quella delle "Linee guida per capitolati speciali per interventi di ingegneria naturalistica e lavori di opere a verde" del Ministero dell'Ambiente (sett. '97 - gennaio '06 in fase di stampa).

Semina a spaglio	1

Descrizione sintetica

Spargimento manuale di miscele di sementi, di origine certificata, su superfici destinate alla rivegetazione in accordo con le condizioni stazionali sia pedoclimatiche che biologiche.
Laddove ve ne sia la necessità, la semina è abbinata allo spargimento di concimanti organici e/o inorganici.

Campi di applicazione

Superfici piane o con pendenze inferiori a 30°.
Rinverdimenti temporanei per evitare erosione da ruscellamento ed eolica e limitare l'essiccamento.

Materiali impiegati

- Sementi di specie erbacee in composizioni strettamente legate alla località ed al contesto ambientale (suolo, roccia, microclima, analisi vegetazionale e floristica) e in quantità variabili da 30 a 60 g/m^2
- Concimanti organici e/o inorganici

Modalità di esecuzione

- Preparazione del terreno mediante allontanamento del materiale più grossolano
- Spargimento manuale a spaglio della miscela di sementi, che dovranno essere leggermente ricoperte da terreno
- Spargimento manuale o con mezzo meccanico di sostanze concimanti e ammendanti in quantità tale da garantire nutrimento alle sementi nella prima fase di crescita
- Manutenzione mediante sfalcio per evitare che le specie erbacee a rapido accrescimento soffochino le specie arboree e arbustive eventualmente messe a dimora
- Una semina a strisce può essere impiegata nel caso di quantità di sementi insufficienti: in tal caso non si ha nel primo anno una copertura completa, tuttavia la presenza di spazi liberi da vegetazione erbacea può favorire l'accrescimento delle eventuali specie legnose

Prescrizioni

- La scelta delle sementi deve essere effettuata in seguito all'analisi stazionale, comprendente sia l'esame delle condizioni pedoclimatiche sia della composizione floristica e vegetazionale
- La miscela di sementi deve essere accompagnata da certificazione riguardante: origine specie, composizione della miscela, grado di purezza, grado di germinabilità

Semina a spaglio	1

Limiti di applicabilità

- Pendenze eccessive
- Stazioni sottoposte a forte rischio di ruscellamento
- Substrati troppo poveri che richiedono apporto di nutrienti, fibra organica, concimanti, ecc.

Vantaggi

Copertura rapida, di facile realizzazione, basso costo. Non sempre è necessaria la copertura con terreno vegetale.
Se la semina viene effettuata con prevalenza di leguminose, si ottiene un arricchimento del terreno in azoto e pertanto una preparazione del terreno.

Svantaggi

Limitato effetto in profondità.
La crescita rapida delle specie vegetali può compromettere lo sviluppo di eventuali specie arboree e arbustive, qualora la base delle stesse non sia protetta da dischi pacciamanti.
Non esercita una immediata azione di difesa.

Effetto

Effetto antierosivo superficiale attraverso il reticolo radicale approfondito nel terreno (10 - 30 cm per le leguminose).

Periodo di intervento

Quello relativo alle semine, da marzo a ottobre (nel Lazio), con esclusione dei periodi di siccità estiva e di gelo invernale.

Possibili errori

- Semina fuori stagione
- Sementi scadute, qualità e numero di specie non corrispondenti alla certificazione
- Quantità in grammi non sufficiente

Semina a spaglio	1

Voce di Capitolato

1 Semina a spaglio

Rivestimento di superfici di scarpate o sponde soggette ad erosione con inclinazione non superiore a 30° mediante spargimento manuale a spaglio o con mezzo meccanico di idonea miscela di sementi e di eventuali concimanti organici e/o inorganici in quantità e qualità opportunamente individuate.
L'esecuzione dovrà prevedere:
- preparazione del terreno mediante allontanamento del materiale più grossolano;
- spargimento della miscela di sementi che dovrà essere leggermente ricoperta dal terreno;
- spargimento delle sostanze concimanti ed ammendanti in quantità tale da garantire il nutrimento alle sementi nella prima fase di crescita;
- manutenzione mediante sfalcio per evitare l'esplosione delle infestanti e che le specie erbacee soffochino le specie arboree ed arbustive eventualmente messe a dimora.
La composizione della miscela, ove possibile di sementi autoctone, e la quantità di sementi per metro quadro (in genere valgono quantità da 30 a 60 g/m^2) sono stabilite in funzione del contesto ambientale ovvero delle caratteristiche geolitologiche, pedologiche, microclimatiche, floristiche e vegetazionali della stazione. Dovranno essere certificate la provenienza delle sementi, la composizione della miscela, il grado di purezza e il grado di germinabilità.

Semina a spaglio	1

Foto

Semina a spaglio *Foto P. Cornelini*
Ca' i Fabbri - Pesaro, 1996

Semina a paglia e bitume	2

Descrizione sintetica

Semina manuale che prevede la stesura di pacciamatura con paglia sul terreno e fissaggio della stessa con una emulsione bituminosa spruzzata a freddo.
E' possibile ancorare maggiormente la paglia al terreno impiegando picchetti in legno o talee collegate tra loro con filo di ferro o juta o reti in nylon.
L'intervento è stato brevettato oltralpe con il nome di metodo Schiechteln®.

Campi di applicazione

Substrati poveri di sostanza organica, suoli poco profondi e aridi situati a quote elevate.
Risistemazione di cumuli, discariche minerarie, superfici di crollo recente.

Materiali impiegati

- Paglia o fieno a fibra lunga (da 300 a 1.000 g/m^2)
- Concimi e fertilizzanti
- Miscela di sementi (30-60 g/m^2)
- Soluzione idrobituminosa (75 g/m^2)
- Talee (non per piste da sci)
- Filo di ferro o corda (spago, juta) (non per piste da sci)
- Eventuali additivi fitormonici (non per piste da sci)

Modalità di esecuzione

- Preparazione del terreno ed eventuale riporto di terreno vegetale
- Posa di talee
- Stesura sul terreno di fieno o paglia a fibra lunga
- Collegamento delle talee con il filo di ferro
- Spargimento manuale della miscela di sementi
- Spargimento di concimi e fertilizzanti
- Spargimento della soluzione bituminosa

Prescrizioni

- La quantità di concimi e fertilizzanti varia a seconda del periodo di intervento: in primavera sarà maggiore poiché la stagione consente alle piante di utilizzarne la maggior parte; in autunno minore per evitare il dilavamento della quantità non utilizzata dalle piante per l'arrivo della stagione fredda
- La paglia utilizzata deve essere perfettamente asciutta per evitare che il seme rimanga attaccato allo stelo

Semina a paglia e bitume	2

Limiti di applicabilità

Zone con prolungati periodi di siccità, pendii soggetti a movimento del terreno, in ambito mediterraneo solo per zone montane per esaltazione dell'effetto riscaldamento del bitume.

Vantaggi

Riduzione dell'erosione superficiale sia eolica che idrica; formazione di un particolare microclima (sia per temperatura che per umidità) in prossimità del terreno; riduzione della quantità di sementi asportata per dilavamento o per predazione da parte degli animali.

Svantaggi

- Molta mano d'opera
- Lavorazione poco gradita dalle maestranze perché molto imbrattante
- Difficoltà di approvvigionamento della paglia a fibra lunga

Effetto

Rivestimento rapido e immediato di versanti soggetti a erosione superficiale, anche con scarsità di terreno vegetale.
Tecnica adatta a aree soggette a erosione eolica.

Periodo di intervento

Per un miglior risultato la semina deve avvenire durante la primavera o l'autunno, con esclusione dei mesi caratterizzati da aridità.

Possibili errori

- Scelta errata del periodo di intervento
- Scelta errata della miscela di sementi
- Scelta errata della stazione a quote troppo basse o troppo soleggiate
- Semina fuori stagione
- Sementi scadute, qualità e numero di specie non corrispondenti alla certificazione
- Quantità in grammi non sufficiente
- Non usare sementi di provenienza autoctona, ma di provenienza esotica

Semina a paglia e bitume	2

Voce di Capitolato

3 Semina a paglia e bitume

Rivestimento di superfici povere di sostanza organica mediante:
- spargimento manuale di paglia a fibra lunga a formare uno strato continuo di 2 - 4 cm di spessore;
- semina a spaglio con miscela di specie idonea alle condizioni locali;
- concime organico e/o inorganico in quantità tali evitare l'effetto "pompaggio" iniziale e successivo deficit delle piante;
- bitumatura a freddo mediante soluzione idrobituminosa spruzzata a pressione atta a formare una pellicola protettiva e di fissaggio della paglia e dei semi. Quantità di circa 75 g/m^2.

Il sistema è particolarmente adatto in ambiente montano – alpino laddove le basse temperature richiedano di sfruttare al massimo l'irraggiamento solare disponibile e l'applicazione deve essere preceduta da ripulitura della superficie da trattare mediante allontanamento di sassi e radici. La composizione della miscela e la quantità di sementi per m^2 sono stabilite in funzione del contesto ambientale ovvero delle condizioni edafiche, microclimatiche e dello stadio vegetazionale di riferimento (in genere si prevedono 30-60 g/m^2). Dovranno essere certificate la provenienza delle sementi, la composizione della miscela, il grado di purezza e il grado di germinabilità.

Semina a paglia e bitume	2

Foto

Semina a paglia e bitume *Foto F. Florineth*

Idrosemina	3

Descrizione sintetica

Rivestimento di superfici mediante lo spargimento con mezzo meccanico di una miscela di sementi e acqua.
Lo spargimento avviene mediante l'impiego di un'idroseminatrice dotata di botte, nella quale vengono miscelati sementi, collanti, concimi, ammendanti e acqua.
La miscela così composta viene sparsa sulla superficie mediante pompe con pressione adeguata al fine di non danneggiare le sementi stesse.

Campi di applicazione

Superfici caratterizzate da assenza o comunque scarsità di humus, superfici acclivi, aree di notevole sviluppo superficiale.

Materiali impiegati

- Sementi con certificazione di origine (30 – 60 gr/m^2)
- Acqua
- Concimi
- Ammendanti
- Collanti
- Paglia, fieno o cellulosa

Modalità di esecuzione

- Ripulitura della superficie da idroseminare con allontanamento di sassi, radici
- Spargimento della miscela a strati dello spessore da 0,5 a 2 cm

Prescrizioni

- La percentuale dei componenti da impiegare per la preparazione della miscela varia da caso a caso. E' necessario pertanto effettuare un'analisi stazionale che consenta altresì di valutare la miscela dei materiali e lo spessore che è necessario spruzzare per ottenere un'adeguata copertura
- Per evitare la sedimentazione gravitativa delle sementi è necessario mantenere mescolata la miscela nell'autobotte
- E' da limitare l'uso di specie erbacee a rapido accrescimento ed effetto immediato, in quanto potrebbero esercitare una forte concorrenza nei confronti di quelle con ciclo vegetativo più lento

Idrosemina	3

Limiti di applicabilità
Non conveniente per piccole superfici o in aree difficilmente raggiungibili dal mezzo meccanico.
Vantaggi
Rapido e facile rinverdimento di superfici. Consente il rinverdimento di superfici ripide o scarsamente accessibili, anche con scarso terreno vegetale.
Svantaggi
Azione antierosiva della superficie limitata a una profondità sino a 30 cm.
Effetto
Effetto antierosivo attraverso il reticolo radicale approfondito nel terreno (10 - 30 cm) Copertura a verde dell'intera superficie ottenibile in tempo breve. La presenza dei collanti garantisce la protezione delle sementi durante la prima fase della germinazione. Viene instaurato nel breve periodo un ambiente idoneo per la microfauna.
Periodo di intervento
Periodo vegetativo, da marzo a ottobre, con esclusione dei periodi di siccità estiva.
Possibili errori
• Semina fuori stagione • Sementi scadute, qualità e numero di specie non corrispondenti alla certificazione • Quantità in grammi non sufficiente • Utilizzo di pompe o ugelli che danneggiano i semi

Idrosemina	3

Voce di Capitolato

4 Idrosemina

Rivestimento di superfici estese più o meno acclivi mediante spargimento meccanico per via idraulica a mezzo di idroseminatrice a pressione atta a garantire l'irrorazione a distanza e con diametro degli ugelli e tipo di pompa tale da non lesionare i semi e consentire lo spargimento omogeneo dei materiali.
L'idrosemina eseguita in un unico passaggio contiene:
- miscela di sementi idonea alle condizioni locali;
- collante in quantità idonea al fissaggio dei semi e alla creazione di una pellicola antierosiva sulla superficie del terreno, senza inibire la crescita e favorendo il trattenimento dell'acqua nel terreno nelle fasi iniziali di sviluppo; la quantità varia a seconda del tipo di collante, per collanti di buona qualità sono sufficienti piccole quantità pari a circa 10 g/m^2;
- concime organico e/o inorganico in genere in quantità tali da evitare l'effetto "pompaggio" iniziale e successivo deficit delle piante;
- acqua in quantità idonea alle diluizioni richieste;
- altri ammendanti, fertilizzanti e inoculi.

L'esecuzione dovrà prevedere:
- ripulitura della superficie da trattare mediante allontanamento di sassi e radici;
- spargimento della miscela in un unico strato.

La composizione della miscela e la quantità di sementi per metro quadro sono stabilite in funzione del contesto ambientale ovvero delle caratteristiche geolitologiche, pedologiche, microclimatiche, floristiche e vegetazionali (in genere si prevedono 30 - 60 g/m^2).
La provenienza e germinabilità delle sementi dovranno essere certificate e la loro miscelazione con le altre componenti dell'idrosemina dovrà avvenire in loco, onde evitare fenomeni di stratificazione gravitativa dei semi all'interno della cisterna.

Idrosemina	3

Foto

Idroseminatrice *Foto T. Caldani*
Atina (FR) 2002

Idrosemina su terra rinforzata *Foto T. Caldani*
Atina (FR)

Idrosemina	3

Idrosemina su ghiaie sterili su tracciato di metanodotto in zona montana
Pontebba (UD), 2004 *Foto G. Sauli*

Idrosemina lungo strada montana *Foto G. Sauli*
Strada per Monte Osternig (UD)

Semina a strato con terriccio	4

Descrizione sintetica

Spargimento su superfici di una miscela composta da terriccio, ammendanti, collanti e sementi.
L'operazione viene effettuata in più fasi, fino al raggiungimento di uno spessore idoneo.

Campi di applicazione

Substrati privi di humus, strutture in terra rinforzata, rivestimenti vegetativi.

Materiali impiegati

- Terriccio in composizione variabile a seconda della stazione in cui si opera
- Collanti, ammendanti
- Concimi e fertilizzanti
- Miscela di sementi

Modalità di esecuzione

- Preparazione della miscela in loco (il terriccio è di composizione artificiale, costituito da materiali di origine vulcanica, bentonite, magnesite, ecc in percentuali variabili a seconda delle caratteristiche del sito)
- Spargimento del composto mediante idonea macchina a pressione

Prescrizioni

- La preparazione e miscelazione del composto da spruzzare deve avvenire in loco per evitare fenomeni di stratificazione gravitativa delle sementi
- La composizione del terriccio deve essere valutata in base alle indagini litologiche, geomorfologiche e pedologiche
- La scelta delle sementi deve avvenire in seguito ad analisi stazionale floristica e vegetazionale

Limiti di applicabilità

Dal punto di vista tecnico (inclinazione del substrato) non ci sono limiti. Rimane il limite di durata nel tempo di cotici erbosi su superfici troppo verticali.

Semina a strato con terriccio	4

Vantaggi
Consente la copertura anche di pareti subverticali e prive di copertura organica.
Svantaggi
Costo elevato, deperimento nel tempo se la superficie non è sufficientemente scabra o troppo pendente.
Effetto
Copertura immediata delle superfici.
Periodo di intervento
Per un miglior risultato la semina deve avvenire durante la primavera o l'autunno, con esclusione dei mesi estivi.
Possibili errori
• Scelta errata di composizione del terriccio • Scelta errata delle sementi • Quantità in grammi non sufficiente • Non usare sementi di provenienza autoctona, ma di provenienza esotica

Semina a strato con terriccio	4

Voce di Capitolato
6 Semina a strato con terriccio Rivestimento di scarpate, substrati minerali privi di copertura organica, strutture in terra rinforzata o rivestimenti vegetativi con georeti tridimensionali e reti metalliche, mediante spruzzatura in più passate di un substrato di terriccio artificiale autoportante di matrice organico-vegetale composto da: terriccio a matrice sabbiosa, compost a fibra organica, carbonati e silicati, minerali argillosi, resina, polimeri, ritentori idrici, fertilizzanti e concimanti organici e miscela di sementi in quantità minima di 50 g/m^2. La composizione del terriccio come quella della miscela e la quantità per metro quadro vanno stabilite in funzione del contesto ambientale ovvero delle caratteristiche geolitologiche, pedologiche, microclimatiche, floristiche e vegetazionali. La provenienza e germinabilità delle sementi e la loro miscelazione con le altre componenti dovranno essere certificate; la miscelazione dovrà avvenire in loco, onde evitare fenomeni di stratificazione gravitativa dei semi all'interno della cisterna. La spruzzatura del composto avverrà in una o più fasi a seconda del substrato mediante idonea macchina a pressione, previa miscelazione dei componenti atta a garantire l'omogeneità e la plasticità del prodotto e con sistema di pompaggio che mantenga l'integrità delle sementi per ottenere almeno 15 cm di substrato.

Semina a strato con terriccio	4

Foto

Semina a strato con terriccio
Cavazzo (UD), 2003

Foto S. Sciolis

Semina con fiorume	5

Descrizione sintetica

Spargimento manuale di miscuglio naturale di sementi e relativi steli derivato da fiorume ossia fienagione, su superfici destinate alla rivegetazione in accordo con le condizioni stazionali sia pedoclimatiche che biologiche.
Laddove ve ne sia la necessità, la semina è abbinata allo spargimento di concimanti organici e/o inorganici.

Campi di applicazione

- Superfici piane o con pendenze inferiori a 30°.
- Rinverdimenti per evitare erosione da ruscellamento ed eolica e limitare l'essiccamento in aree di pregio o soggette a tutela particolare.

Materiali impiegati

- Miscuglio naturale di sementi e relativi steli derivato da fienagione in quantità variabili a seconda del contesto ambientale (ovvero delle caratteristiche geolitologiche, pedologiche, microclimatiche, floristiche e vegetazionali della stazione) in genere tra i 0,5-2,0 kg/m^2 includendo anche la fienagione di raccolta.
- Concimanti organici e/o inorganici

Modalità di esecuzione

- Preparazione del terreno mediante allontanamento del materiale più grossolano
- Spargimento manuale a spaglio del fiorume.
- Eventuale spargimento manuale o con mezzo meccanico di sostanze concimanti e ammendanti in quantità tale da garantire nutrimento alle sementi nella prima fase di crescita
- Manutenzione mediante sfalcio per evitare che le specie erbacee a rapido accrescimento soffochino le specie arboree e arbustive eventualmente messe a dimora
- Una semina a strisce può essere impiegata nel caso di quantità di sementi insufficienti: in tal caso non si ha nel primo anno una copertura completa, tuttavia la presenza di spazi liberi da vegetazione erbacea può favorire l'accrescimento delle eventuali specie legnose

Prescrizioni

Semina con fiorume	5

Limiti di applicabilità

- Pendenze eccessive
- Stazioni sottoposte a forte rischio di ruscellamento
- Substrati troppo poveri che richiedono apporto di nutrienti, concimanti, ecc.

Vantaggi

- Impiego di specie autoctone non reperibili in commercio, ottimale per interventi in aree di pregio o soggette a tutela particolare
- Copertura rapida, di facile realizzazione, basso costo.

Svantaggi

- Reperimento solo laddove vi siano prati falciabili nelle vicinanze del cantiere
- Reperimento in quantità modica
- Limitato effetto in profondità.
- La crescita rapida delle specie vegetali può compromettere lo sviluppo di eventuali specie arboree e arbustive, qualora la base delle stesse non sia protetta da dischi pacciamanti.
- Non esercita una immediata azione di difesa.

Effetto

Effetto antierosivo superficiale attraverso il reticolo radicale approfondito nel terreno (10 - 30 cm per le leguminose).

Periodo di intervento

Quello relativo alle semine, da marzo a ottobre (nel Lazio), con esclusione dei periodi di siccità estiva e di gelo invernale.

Possibili errori

- Semina fuori stagione
- Quantità in grammi non sufficiente
- Raccolta in una sola epoca di maturazione

Semina con fiorume	5

Voce di Capitolato
2 Semina con fiorume Rivestimento di superfici di scarpata soggette ad erosione, su versanti e su sponde, mediante lo spargimento manuale a spaglio di fiorume unitamente agli steli (ovvero miscuglio naturale di sementi e relativi steli derivato da fienagione, ove necessario ripetuta per raccogliere le maturazioni di epoche diverse, su prati stabiliti naturali dell'area d'intervento) e di eventuali concimanti organici e/o inorganici in quantità e qualità opportunamente individuate. L'intervento è raccomandato qualora si voglia intervenire con specie autoctone non reperibili in commercio, ad esempio in aree di pregio o soggette a tutela particolare. L'applicazione deve essere preceduta da ripulitura della superficie da trattare mediante allontanamento di sassi e radici. La quantità di fiorume per m^2 è stabilita in funzione del contesto ambientale ovvero delle caratteristiche geolitologiche, pedologiche, microclimatiche, floristiche e vegetazionali della stazione ed è in genere tra i 0,5-2,0 kg/m^2 includendo anche la fienagione di raccolta.

Semina con fiorume	5

Foto

Sfalcio per raccolta fienagione ne fiorume Foto: L. Raggi
Metanodotto del Carso

Semina di piante legnose	6

Descrizione sintetica

Spargimento di semi di specie legnose in genere arbustive.
La semente costituita da semi grossi, come le ghiande o le nocciole, deve essere eventualmente sparsa in distinte fasi lavorative, possibilmente a mano, separatamente o in aggiunta ai miscugli di semi di piante erbacee.
Dovranno essere impiegate specie autoctone di provenienza locale raccolte dal selvatico, corredate da certificazione di origine.

Campi di applicazione

Su stazioni estreme date da pendii sassosi, rocciosi e dirupati.

Materiali impiegati

Semi di latifoglie, conifere e arbusti. Le quantità di semente dipendono dalla grandezza del seme e dalla percentuale di germinazione. Semi piccoli possono essere mescolati con sabbia o segatura, al fine di contenere il consumo entro i limiti.
Prima della semina su terreni grezzi, i semi dovrebbero venire inoculati con i loro specifici simbionti radicali.
Dovranno essere impiegate specie autoctone di provenienza locale raccolte dal selvatico, corredate da certificazione di origine.
Date le notevoli difficoltà di germinazione, specialmente nei climi aridi, vanno impiegate quantità notevoli di semi (sino a 700 pz./m^2).

Modalità di esecuzione

Si hanno diversi metodi a disposizione:

- Semina a spaglio: i semi vengono sparsi a mano o a macchina in modo da coprire la superficie. Tale semina si presta particolarmente per semi piccoli e/o leggeri.
- Idrosemina: il miscuglio di semi (piante legnose, graminacee e altre piante erbacee) viene spruzzato assieme al concime, alle sostanze additive e all'agglomerante emulsionato in acqua in un'unica fase di lavoro.
- Semina a buche: con un a vanga vengono preparate buche di 10 cm di diametro e profondità. Nelle buche vengono posti da 1 a 5 semi grandi, o una presa di semi piccoli e ricoperte da 1- 2 cm di terra.
- Semina a piazzole: la semina avviene su aree grandi da diversi dm^2 fino a un m^2.
- Semina a righe: i semi vengono sparsi nelle righe tracciate a mano o a macchina e ricoperti con terra.

Semina di piante legnose	6

Limiti di applicabilità

- Pendenze eccessive
- Stazioni sottoposte a forte rischio di ruscellamento
- Substrati troppo poveri che richiedono apporto di nutrienti, fibra organica, concimanti, ecc.

Vantaggi

Metodo semplice e conveniente. Buona selezione dovuta ad un più elevato numero di individui e di specie rispetto alle piantagioni.

Svantaggi

- Difficile approvvigionamento di semente garantita, conforme alla stazione.

Effetto

A difesa della vegetazione già creata, una semina di piante legnose può svilupparsi in maniera analoga, quasi come succede con la rinnovazione naturale in bosco. La varietà di piante legnose risulta aumentata e così anche la varietà di future strutture vegetazionali.

Periodo di intervento

Quello relativo alle semine, da marzo a ottobre (nel Lazio), con esclusione dei periodi di siccità estiva e di gelo invernale.

Possibili errori

- Semina fuori stagione
- Sementi scadute, qualità e numero di specie non corrispondenti alla certificazione
- Quantità in grammi non sufficiente

Semina di piante legnose	6

Voce di Capitolato
8. Semina di piante legnose Separatamente o in aggiunta ai miscugli di semi di piante erbacee di cui ai punti precedenti, potranno essere aggiunti alle idrosemine anche semi di specie legnose in genere arbustive ove le condizioni di intervento siano difficilmente accessibili ad una normale piantagione e consentano la germinazione e la crescita delle stesse. La semente costituita da semi grossi, come le ghiande o le nocciole, deve essere eventualmente sparsa in distinte fasi lavorative, possibilmente a mano. Dovranno essere impiegate specie autoctone di provenienza locale raccolte dal selvatico, corredate da certificazione di origine. Date le notevoli difficoltà di germinazione, specialmente nei climi aridi, vanno impiegate quantità notevoli di semi (sino a 700 pz./m^2).

Biotessile in juta (geojuta)	7

Descrizione sintetica

Materiale impiegato negli interventi antierosivi di rivestimento di scarpate soggette a erosione eolica e meteorica.
La stuoia viene stesa e fissata al substrato mediante picchetti di varia forma. Viene normalmente abbinata a semina e messa a dimora di talee e/o arbusti.

Campi di applicazione

Scarpate a bassa pendenza, substrati denudati o di neoformazione anche irregolari possibilmente con substrato terroso in superficie.

Materiali impiegati

- Stuoie biodegradabili in juta, maglia minima 1x1 cm, massa areica non inferiore a 400 g/m^2
- Staffe o picchetti in ferro acciaioso piegati a U ø 8 ÷ 12 mm, L = 20 ÷ 40 cm o in legno L = 50 ÷ 70 cm o talee di L minima 50 cm
- Miscela di sementi (40 g/m^2)
- Talee e arbusti autoctoni

Modalità di esecuzione

- Regolarizzazione ove possibile della scarpata mediante allontanamento di eventuali apparati radicali ed eliminazione di avvallamenti e dossi
- Formazione di un solco di 20 / 30 cm a monte della scarpata
- Posizionamento di un'estremità della stuoia all'interno del solco, fissaggio con staffe e copertura del solco con terreno
- Semina
- Stesura della stuoia lungo la scarpata e sovrapposizione dei teli contigui di almeno 10 cm
- Fissaggio della stuoia con staffe a U o picchetti o talee lungo le sovrapposizioni dei vari teli utilizzati e al centro della stessa. La densità dei picchetti aumenta all'aumentare della pendenza della scarpata: < 30° 1 picchetto per m^2, ≥ 30° 2-3 picchetti per m^2 ed è in funzione della consistenza del substrato
- Ricopertura dei bordi e fissaggio della stuoia al piede della scarpata
- Messa a dimora di talee mediante infissione e di arbusti mediante taglio a "L" della stuoia o allargamento delle maglie
- Eventuale semina di rincalzo, concimazione e irrigazione qualora si intenda abbinare la messa a dimora di arbusti autoctoni, è necessario intervenire sulla stuoia stesa con un taglio a croce o a L che consenta la formazione dello scavo per la messa a dimora della pianta
- Le stuoie fino alla messa in opera devono essere conservate in ambiente idoneo, onde evitare l'umidità e l'imbibizione di acqua

Biotessile in juta (geojuta)	7

Prescrizioni

- Qualora si intenda abbinare la messa a dimora di arbusti autoctoni, è necessario intervenire sulla stuoia stesa con un taglio a croce o a L che consenta la formazione dello scavo per la messa a dimora della pianta
- Le stuoie fino alla messa in opera devono essere conservate in ambiente idoneo, onde evitare l'umidità e l'imbibizione di acqua

Limiti di applicabilità

La stuoia in juta non è idonea all'impiego su scarpate a forte pendenza, substrati aridi e a eccessivo drenaggio, scarpate in roccia.

Vantaggi

Protezione immediata della superficie dall'erosione meteorica ed eolica, facilità di impiego, adattamento a superfici irregolari e completa degradazione della stuoia nel breve periodo. L'acqua si infiltra, ma non ristagna e non erode.

Svantaggi

Scarsa durata (1 o 2 anni), scarsa resistenza a sollecitazioni (caduta massi, debris flow).

Effetto

Protezione immediata della superficie. Le maglie della stuoia consentono alle piante di crescere, assicurando in tal modo la protezione della superficie una volta che la stuoia ha subito la completa degradazione.
Il materiale terroso sottostante la stuoia viene trattenuto, impedendone così il trasporto verso valle.

Periodo di intervento

Le stuoie possono in teoria essere posizionate in qualsiasi periodo dell'anno, sono però abbinate a semine e a piantagioni, pertanto i periodi di riferimento sono quelli primaverili-autunnali.
Sono da evitarsi i periodi di gelo invernale e di aridità estiva.

Biotessile in juta (geojuta)	7

Possibili errori
• Insufficiente picchettatura della stuoia al terreno • Utilizzo di materiale deteriorato da lunga permanenza in ambiente umido • Errata o insufficiente sovrapposizione dei teli contigui • Scelta errata delle sementi e delle specie arbustive

Biotessile in juta (geojuta)	7

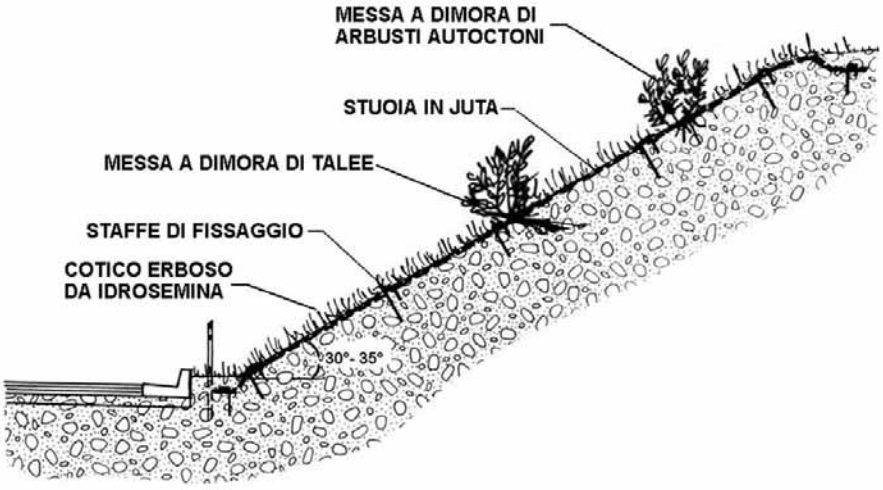
Voce di Capitolato

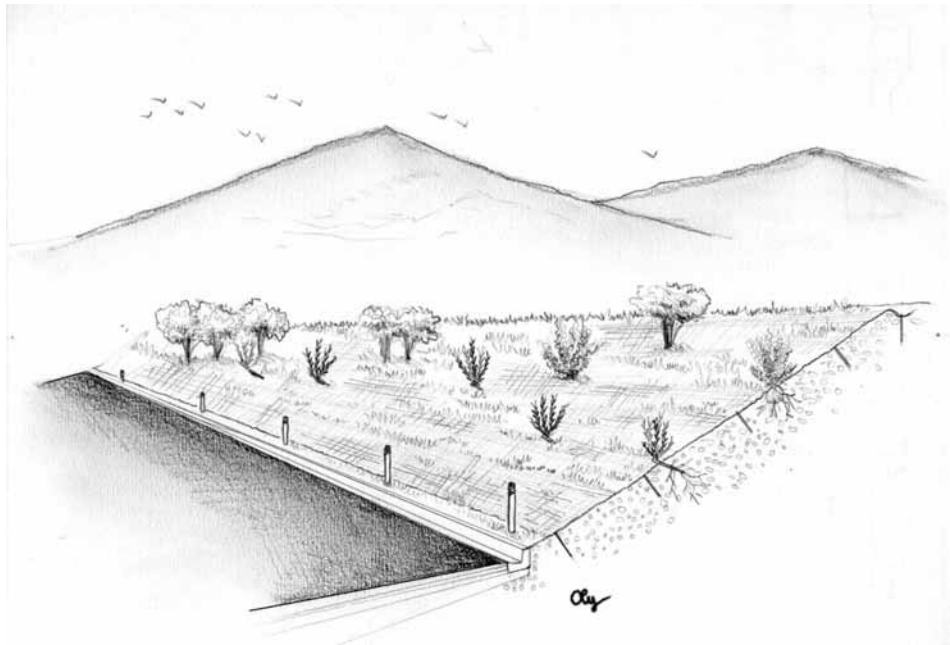
9 Biotessile in juta (geojuta)

Rivestimento di scarpate mediante stesura di un biotessile biodegradabile in juta, a maglia aperta di minimo 1x1 cm, massa areica non inferiore a 400 g/m^2. Il rivestimento verrà fissato alle estremità, a monte e al piede della sponda o della scarpata, in un solco di 20 - 30 cm, mediante staffe e successivo ricoprimento col terreno precedentemente predisposto. La geojuta verrà posata srotolandola lungo le linee di massima pendenza e fissandola alla scarpata, con picchetti a T o staffe realizzate con tondino ad aderenza migliorata in ferro acciaioso piegato a "U" ∅ 8 mm, L = 20 – 40 cm, in ragione di 2 o più picchetti per m^2 in maniera da garantire la stabilità e l'aderenza della stuoia sino ad accrescimento avvenuto del cotico erboso; i teli contigui saranno sormontati di almeno 10 cm e picchettati ogni 50 cm. La posa del rivestimento dovrà avvenire su scarpate stabili precedentemente regolarizzate e liberate da radici.
Tali rivestimenti devono essere sempre abbinati ad una semina o idrosemina con miscela di sementi (40 g/m^2), con le modalità di cui ai punti precedenti, e possono essere seguiti dalla messa a dimora di specie arbustive autoctone, corredate da certificazione di origine, previa opportuna esecuzione di tagli a croce nel rivestimento.

Biotessile in juta (geojuta)	7

Sezione tipo





Biotessile in juta (geojuta)	7

Foto

Particolare stuoia in juta *Foto G. Sauli*

Biostuoia in paglia, in cocco, in cocco e paglia	8

Descrizione sintetica

Materiale impiegato negli interventi antierosivi di rivestimento di scarpate soggette a erosione eolica e meteorica.
La stuoia viene stesa e fissata al substrato mediante picchetti di varia forma. Viene normalmente abbinata a semina e messa a dimora di talee e/o arbusti.

Campi di applicazione

Scarpate a pendenza sino a 40° ÷ 45° in rocce sciolte (ghiaie, argille) in genere su superfici regolarizzate.

Materiali impiegati

- Stuoia biodegradabile in paglia, cocco o fibra mista paglia e cocco con massa areica minima pari a 400 g/m^2 abbinata a una rete fotoossidabile biodegradabile, con maglia minima 1x1 cm (meglio 2x2 cm); oppure carta cucita con filo sintetico biodegradabile o con fibra vegetale, eventualmente preseminata
- Staffe o picchetti in ferro acciaioso piegati a U ø 8 mm, L = 20 ÷ 40 cm o in legno L = 50 ÷ 70 cm o talee di L minima 50 cm
- Talee e arbusti autoctoni
- Miscela di sementi (40 g/m^2) (anche se la stuoia è preseminata) da seminare preferibilmente mediante idrosemina

Modalità di esecuzione

- Regolarizzazione della scarpata mediante allontanamento di eventuali apparati radicali e eliminazione di avvallamenti e piccoli dossi (irregolarità superficiali)
- Formazione di un solco di 20 / 30 cm a monte della scarpata
- Posizionamento di un'estremità della stuoia all'interno del solco, fissaggio con staffe e copertura del solco con terreno
- Semina
- Stesura della stuoia lungo la scarpata e sovrapposizione dei teli contigui di almeno 10 cm
- Fissaggio della stuoia con staffe a U o picchetti o talee lungo le sovrapposizioni dei vari teli utilizzati e al centro della stessa. La densità dei picchetti aumenta all'aumentare della pendenza della scarpata: < 30° 1 picchetto per m^2, ≥ 30° 2-3 picchetti per m^2 ed è in funzione della consistenza del substrato
- Ricopertura dei bordi e fissaggio della stuoia al piede della scarpata
- Messa a dimora di talee e arbusti autoctoni mediante infissione mediante taglio a croce della stuoia o allargamento delle maglie
- Eventuale semina di rincalzo, concimazione e irrigazione

Biostuoia in paglia, in cocco, in cocco e paglia	8

Prescrizioni

- Qualora si intenda abbinare la messa a dimora di arbusti autoctoni, è necessario intervenire sulla stuoia stesa con un taglio a croce o a L che consenta la formazione dello scavo per la messa a dimora della pianta
- Le stuoie fino alla messa in opera devono essere conservate in ambiente idoneo, onde evitare l'umidità e l'imbibizione di acqua
- Questa raccomandazione diventa assoluta se la stuoia è preseminata

Limiti di applicabilità

Scarpate a forte pendenza, substrati aridi e a eccessivo drenaggio e soleggiamento, scarpate in roccia, superfici di intervento molto irregolari.

Vantaggi

Tecnica di esecuzione rapida e semplice, consente il rinverdimento di superfici acclivi, con terreni a scarsa dotazione fisico-organica, sulle quali non è possibile intervenire con piantagione o altro.
Protegge la scarpata dall'erosione meteorica ed eolica, migliora l'equilibrio idrico e termico al suolo, apporta sostanza organica al suolo. La durata è maggiore della stuoia in juta.
La fibra di cocco in particolare dura sino a 5 – 6 anni.

Svantaggi

La stuoia, specie se di sola fibra di cocco, drena l'acqua e non si presta quindi in situazioni climatiche di forte aridità.

Effetto

Protezione immediata della superficie.
Le fibre della stuoia consentono alle piante erbacee di crescere, assicurando in tal modo la protezione della superficie ed apportando fibra e sostanza organica man mano che la stuoia si degrada.
Il materiale terroso sottostante la stuoia viene trattenuto, impedendone così il trasporto verso valle.

Biostuoia in paglia, in cocco, in cocco e paglia	8

Periodo di intervento

Relativo a quello delle semine, primavera - autunno con esclusione dei periodi di siccità estiva e gelo invernale. In caso di applicazione fuori stagione la semina va comunque effettuata e ripetuta nel periodo più idoneo successivo.
L'eventuale messa a dimora di talee deve avvenire nel periodo di riposo vegetativo e nel periodo primaverile-autunnale per gli arbusti radicati.

Possibili errori

- Insufficiente picchettatura della stuoia al terreno (tipo di picchetto, lunghezza, quantità al m^2)
- Errata sovrapposizione dei teli contigui
- Utilizzo di materiale deteriorato da lunga permanenza in ambiente umido
- Scelta errata delle sementi e del periodo di semina

Biostuoia in paglia, in cocco, in cocco e paglia	8

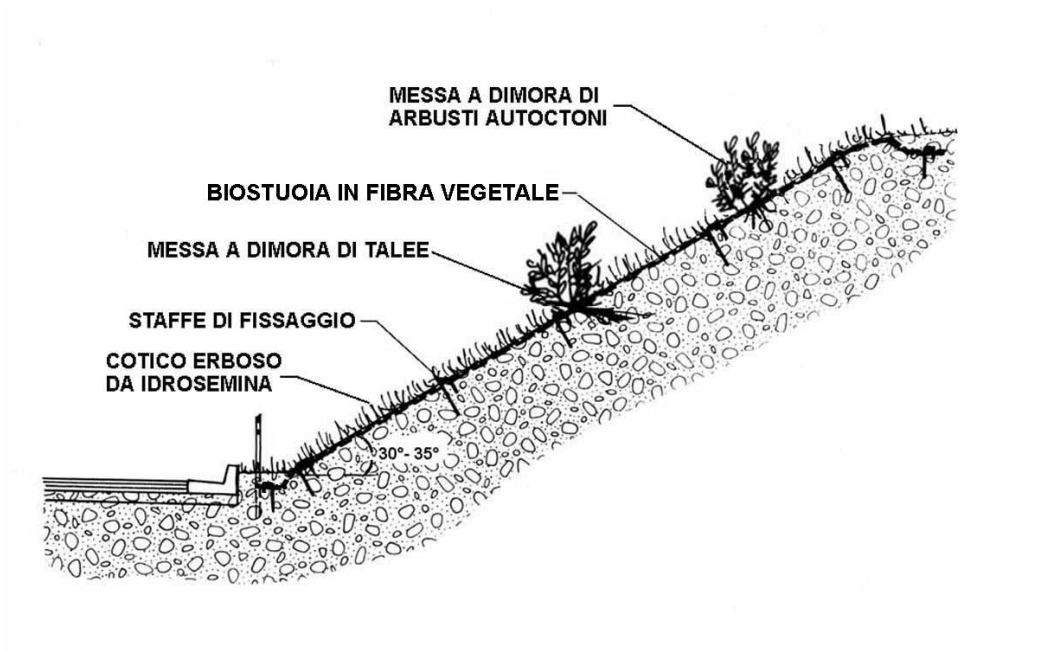
Voce di Capitolato

10 Biostuoia in paglia

Rivestimento di scarpate mediante stesura di una biostuoia in paglia di massa areica minima 400 g/m^2, rinforzata e contenuta mediante rete fotossidabile e biodegradabile di maglia minima 1x1 cm o con carta cucita con filo sintetico biodegradabile o in fibra vegetale. Il rivestimento verrà fissato alle estremità, a monte e al piede della sponda o della scarpata, in un solco di 20 - 30 cm, mediante staffe e successivo ricoprimento col terreno precedentemente scavato. La biostuoia verrà posata srotolandola lungo le linee di massima pendenza e fissandola alla scarpata, con picchetti a T o staffe realizzate con tondino ad aderenza migliorata in ferro acciaioso piegato a "U" ∅ 8 mm, L = 20 – 40 cm, in ragione di 2 o più picchetti per m^2 in maniera da garantire la stabilità e l'aderenza della stuoia sino ad accrescimento avvenuto del cotico erboso; i teli contigui saranno sormontati di almeno 10 cm e picchettati ogni 50 cm. La posa del rivestimento dovrà avvenire su scarpate stabili precedentemente regolarizzate e liberate da radici.
Tali rivestimenti devono essere sempre abbinati ad una semina o idrosemina con miscela di sementi (40 g/m^2), con le modalità di cui ai punti precedenti, e possono essere seguiti dalla messa a dimora di specie arbustive autoctone, corredate da certificazione di origine, previa opportuna esecuzione di tagli a croce nel rivestimento.

Biostuoia in paglia, in cocco, in cocco e paglia	8

Sezione tipo



Biostuoia in paglia, in cocco, in cocco e paglia	8

Foto

Biostuoia in cocco e paglia *Foto G. Sauli*

Biotessile in cocco	9

Descrizione sintetica

Tessuto in filo di cocco di notevole resistenza. Il materiale viene impiegato negli interventi antierosivi di rivestimento di scarpate soggette a erosione.
La stuoia viene stesa e fissata al substrato mediante picchetti di varia forma. Viene normalmente abbinata a semina e messa a dimora di talee e/o arbusti.

Campi di applicazione

Scarpate a pendenza sino a 40° ÷ 45° in rocce sciolte (ghiaie, argille).
Sin dall'installazione e per i primi mesi dell'applicazione presenta notevole resistenza.

Materiali impiegati

- Stuoia in filo di cocco intrecciato
- Staffe o picchetti in ferro acciaioso Ø 8 mm piegati a U, L = 20 ÷ 40 cm o in legno
- Talee
- Arbusti autoctoni
- Miscela di sementi (40 g/m^2)

Modalità di esecuzione

- Regolarizzazione della scarpata mediante allontanamento di eventuali apparati radicali ed eliminazione di avvallamenti e piccoli dossi (irregolarità superficiali)
- Formazione di un solco di 20 / 30 cm a monte della scarpata
- Posizionamento di un'estremità della stuoia all'interno del solco, fissaggio con staffe e copertura del solco con terreno
- Semina
- Stesura della stuoia lungo la scarpata e sovrapposizione dei teli contigui di almeno 10 cm
- Fissaggio della stuoia con staffe a U o picchetti o talee lungo le sovrapposizioni dei vari teli utilizzati e al centro della stessa. La densità dei picchetti aumenta all'aumentare della pendenza della scarpata: < 30° 1 picchetto per m^2, ≥ 30° 2-3 picchetti per m^2 ed è in funzione della consistenza del substrato
- Ricopertura dei bordi e fissaggio della stuoia al piede della scarpata
- Messa a dimora di talee mediante infissione e/o arbusti mediante taglio a croce della stuoia
- Eventuale semina di rincalzo, concimazione e irrigazione

Biotessile in cocco	9

Prescrizioni

- La stuoia di cocco è più facilmente abbinabile a talee che non alla messa a dimora di arbusti per la relativa difficoltà dell'operazione
- Le stuoie fino alla messa in opera devono essere conservate in ambiente idoneo, onde evitare l'umidità e l'imbibizione di acqua

Limiti di applicabilità

Scarpate a substrato litoide e con pendenza superiore ai 45°.

Vantaggi

Protezione immediata della superficie, robustezza del materiale che ne facilita l'impiego, notevole durata nel tempo (minima 5-6 anni) ma completa degradazione finale della stuoia.

Svantaggi

Maggiore rigidità rispetto alle altre biostuoie e quindi necessità di superfici più regolarizzate.
La stuoia drena l'acqua e non si presta quindi in situazioni climatiche di forte aridità.

Effetto

Protezione immediata della superficie e media durata del materiale. Le maglie della stuoia consentono alle piante erbacee di svilupparsi pur garantendo la funzione meccanica antierosiva data la media durata del materiale.
Il materiale terroso sottostante la stuoia viene trattenuto, impedendone così il trascinamento verso valle.

Periodo di intervento

Le stuoie possono essere posizionate in qualsiasi periodo dell'anno.
Qualora vi siano abbinate semine e piantagioni i periodi di riferimento sono quelli primaverili-autunnali. Sono da evitarsi i periodi di gelo invernale e aridità estiva.

Biotessile in cocco	9

Possibili errori
• Insufficiente picchettatura della stuoia al terreno (tipo di picchetto, lunghezza, quantità al m^2) • Errata sovrapposizione dei teli contigui • Utilizzo di materiale deteriorato da lunga permanenza in ambiente umido • Scelta errata delle sementi e delle specie arbustive • Errato periodo di semina e quindi rischio di distacco

Biotessile in cocco	9

Voce di Capitolato

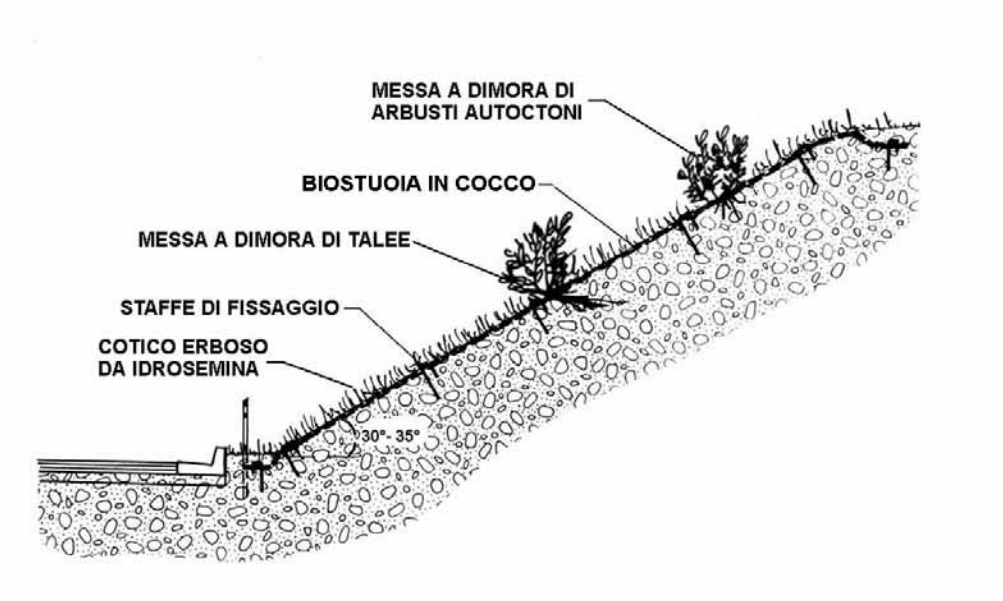
14 Biotessile in cocco

Rivestimento di scarpate mediante stesura di stuoia biodegradabile in fibra di cocco con le seguenti caratteristiche minime:
- massa areica 400 g/m^2;
- resistenza longitudinale a trazione 10 kN/m;
- maglia 1x1 cm.

Il rivestimento verrà fissato alle estremità, a monte e al piede della sponda o della scarpata, in un solco di 20 - 30 cm, mediante staffe e successivo ricoprimento col terreno precedentemente scavato. La biostuoia verrà posata srotolandola lungo le linee di massima pendenza e fissandola alla scarpata, con picchetti a T o staffe realizzate con tondino ad aderenza migliorata in ferro acciaioso piegato a "U" ∅ 8 mm, L = 20 – 40 cm, oppure con talee di lunghezza minima 50 cm, in quantità e di qualità tali da garantire la stabilità e l'aderenza della biostuoia sino ad accrescimento avvenuto del cotico erboso. A tale proposito, la densità dei picchetti dovrà essere direttamente proporzionale alla pendenza della scarpata ed in funzione della consistenza del substrato (<30°, 1 picchetto per m^2, ≥30°, 2-3 picchetti al m^2). I teli contigui saranno sormontati di almeno 10 cm e picchettati ogni 50 cm, nel caso di sponde con sormonti effettuati a tegola tenendo conto della direzione di scorrimento dell'acqua. La posa del rivestimento dovrà avvenire su scarpate stabili precedentemente regolarizzate e liberate da radici.
Tali rivestimenti devono essere sempre abbinati ad una semina o idrosemina con miscela di sementi (40 g/m^2), con le modalità di cui ai punti precedenti, e possono essere seguiti dalla messa a dimora di specie arbustive autoctone, corredate da certificazione di origine, previa opportuna esecuzione di tagli a croce nel rivestimento.

Biotessile in cocco	9

Sezione tipo



Biotessile in cocco	9

Foto

Stuoia in fibra di cocco *Foto G. Sauli*
Tresa – Canton Ticino, 2004

Biostuoia in trucioli di legno	10

Descrizione sintetica

Materiale impiegato negli interventi antierosivi di rivestimento di scarpate soggette a erosione eolica e meteorica.
La stuoia viene stesa e fissata al substrato mediante picchetti di varia forma. Viene normalmente abbinata a semina e messa a dimora di talee e/o arbusti.

Campi di applicazione

Scarpate a pendenza sino a 40° ÷ 45° in rocce sciolte (ghiaie, argille) in genere su superfici anche irregolari in zone montane con tenore di umidità molto alto.

Materiali impiegati

- Stuoia biodegradabile in trucioli lunghi di legno (almeno l'80 % dovrà avere lunghezza non inferiore a 15 cm) e arricciati, di massa areica minima pari a 500 g/m^2
- Staffe o picchetti in ferro acciaioso piegati a U ø 8 mm, L = 20 ÷ 40 cm o in legno L = 50 ÷ 70 cm o talee di L minima 50 cm
- Talee e arbusti autoctoni
- Miscela di sementi (40 g/m^2)

Modalità di esecuzione

- Regolarizzazione della scarpata mediante allontanamento di eventuali apparati radicali e eliminazione di avvallamenti e piccoli dossi (irregolarità superficiali)
- Formazione di un solco di 20 / 30 cm a monte della scarpata
- Posizionamento di un'estremità della stuoia all'interno del solco, fissaggio con staffe e copertura del solco con terreno
- Semina
- Stesura della stuoia lungo la scarpata e sovrapposizione dei teli contigui di almeno 10 cm
- Fissaggio della stuoia con staffe a U o picchetti o talee lungo le sovrapposizioni dei vari teli utilizzati e al centro della stessa. La densità dei picchetti aumenta all'aumentare della pendenza della scarpata: < 30° 1 picchetto per m^2, ≥ 30° 2-3 picchetti per m^2 ed è in funzione della consistenza del substrato
- Ricopertura dei bordi e fissaggio della stuoia al piede della scarpata
- Messa a dimora di talee e arbusti autoctoni mediante infissione mediante taglio a croce della stuoia o allargamento delle maglie
- Eventuale semina di rincalzo, concimazione e irrigazione

Biostuoia in trucioli di legno	10

Prescrizioni

- Qualora si intenda abbinare la messa a dimora di arbusti autoctoni, è necessario intervenire sulla stuoia stesa con un taglio a croce o a L che consenta la formazione dello scavo per la messa a dimora della pianta
- Le stuoie fino alla messa in opera devono essere conservate in ambiente idoneo, onde evitare l'umidità e l'imbibizione di acqua

Limiti di applicabilità

Scarpate a forte pendenza, substrati aridi e a eccessivo drenaggio e soleggiamento, scarpate in roccia, superfici di intervento molto irregolari.

Vantaggi

Tecnica di esecuzione rapida e semplice, consente il rinverdimento di superfici acclivi, con terreni a scarsa dotazione fisico-organica, sulle quali non è possibile intervenire con piantagione o altro.
Protegge la scarpata dall'erosione meteorica ed eolica, migliora l'equilibrio idrico e termico al suolo, apporta sostanza organica al suolo. La durata è maggiore degli altri tipi di stuoia; la fibra di legno per degradarsi richiede un tenore di umidità medio alto ed è quindi adatta su versanti montani.

Svantaggi

La stuoia drena l'acqua e non si presta quindi in situazioni climatiche di forte aridità.

Effetto

Protezione immediata della superficie.
Le fibre della stuoia consentono alle piante erbacee di crescere, assicurando in tal modo la protezione della superficie ed apportando fibra e sostanza organica man mano che la stuoia si degrada.
Il materiale terroso sottostante la stuoia viene trattenuto, impedendone così il trasporto verso valle.

Biostuoia in trucioli di legno	10

Periodo di intervento

Relativo a quello delle semine, primavera - autunno con esclusione dei periodi di siccità estiva e gelo invernale. In caso di applicazione fuori stagione la semina va comunque effettuata e ripetuta nel periodo più idoneo successivo.
L'eventuale messa a dimora di talee deve avvenire nel periodo di riposo vegetativo e nel periodo primaverile-autunnale per gli arbusti radicati.

Possibili errori

- Insufficiente picchettatura della stuoia al terreno (tipo di picchetto, lunghezza, quantità al m^2)
- Errata sovrapposizione dei teli contigui
- Utilizzo di materiale deteriorato da lunga permanenza in ambiente umido
- Scelta errata delle sementi e del periodo di semina

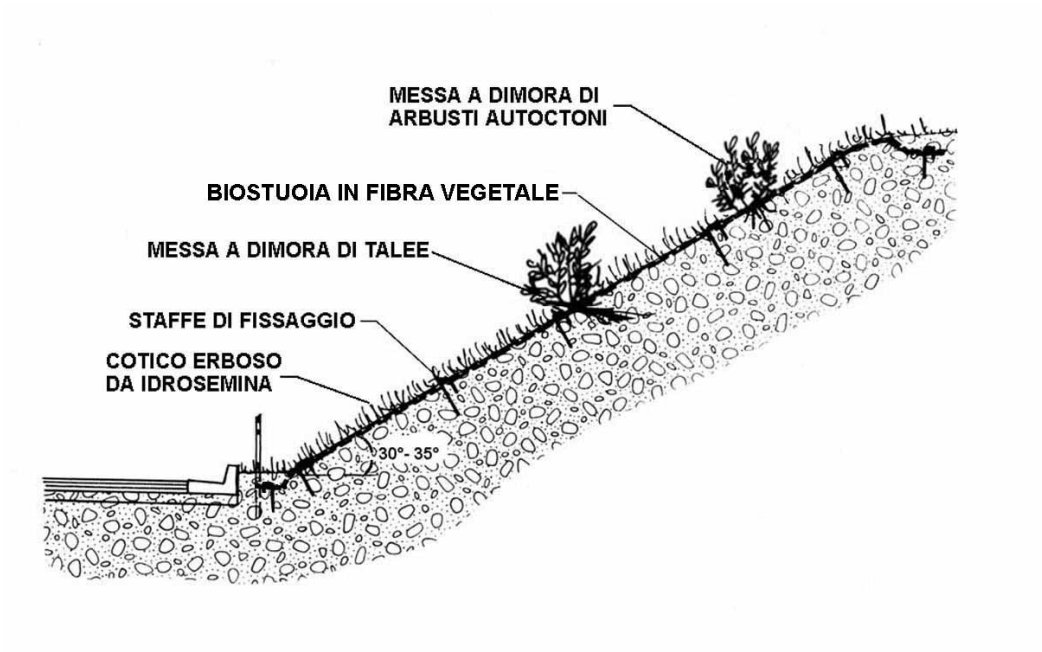
Voce di Capitolato

13 Biostuoia in trucioli di legno

Rivestimento di scarpate mediante stesura di una biostuoia in trucioli lunghi di legno (almeno l'80 % dovrà avere lunghezza non inferiore a 15 cm) e arricciati, di massa areica minima pari a 500 g/m^2. I trucioli saranno contenuti e rinforzati su entrambi i lati della biostuoia mediante una rete di plastica estrusa, foto-degradabile. Il materiale non dovrà contenere nessun additivo chimico. Il rivestimento verrà fissato alle estremità, a monte e al piede della sponda o della scarpata, in un solco di 20 - 30 cm, mediante staffe e successivo ricoprimento col terreno precedentemente scavato. La biostuoia verrà posata srotolandola lungo le linee di massima pendenza e fissandola alla scarpata, con picchetti a T o staffe realizzate con tondino ad aderenza migliorata in ferro acciaioso piegato a "U" ∅ 8 mm, L = 20 – 40 cm, in ragione di 2 o più picchetti per m^2 in maniera da garantire la stabilità e l'aderenza della stuoia sino ad accrescimento avvenuto del cotico erboso; i teli contigui saranno sormontati di almeno 10 cm e picchettati ogni 50 cm. La posa del rivestimento dovrà avvenire su scarpate stabili precedentemente regolarizzate e liberate da radici.
Tali rivestimenti devono essere sempre abbinati ad una semina o idrosemina con miscela di sementi (40 g/m^2), con le modalità di cui ai punti precedenti, e possono essere seguiti dalla messa a dimora di specie arbustive autoctone, corredate da certificazione di origine, previa opportuna esecuzione di tagli a croce nel rivestimento.

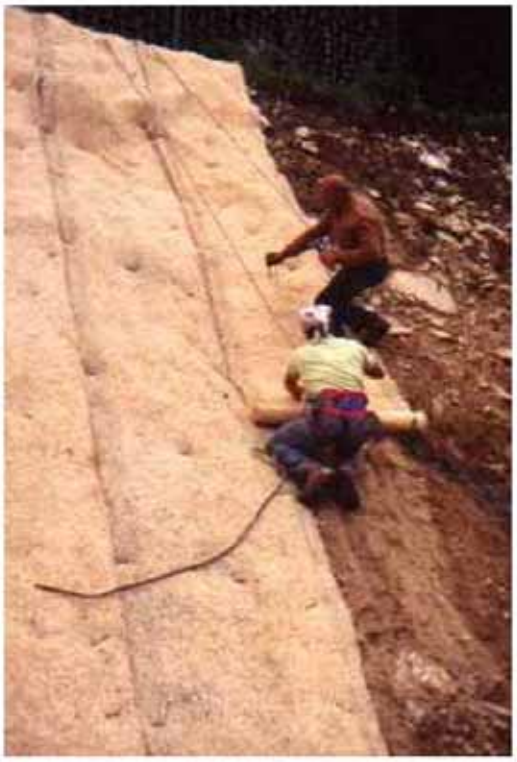
Biostuoia in trucioli di legno	10

Sezione tipo



Biostuoia in trucioli di legno	10

Foto



Messa in opera di biostuoia in trucioli di legno, Barcis (PN) *Foto G. Sauli*

Biostuoia in trucioli di legno	10

Foto

Biostuoia in trucioli di legno dopo due anni, Barcis (PN) *Foto G. Sauli*

Geostuoia tridimensionale sintetica	11

Descrizione sintetica

Rivestimento di scarpate soggette a erosione superficiale con stuoia tridimensionale costituita da filamenti sintetici aggrovigliati in modo da trattenere le particelle di materiale inerte terroso.
La stuoia viene assicurata al terreno mediante l'infissione di picchetti e interrata in solchi appositamente approntati sia a monte che a valle del versante.
La stuoia deve essere abbinata ad un intasamento con materiale inerte terroso e ad una semina o idrosemina.
Possono essere messe a dimora anche talee ed arbusti autoctoni.

Campi di applicazione

Rivestimento di scarpate molto regolari, prive di asperità e con scarsità di terreno vegetale.
Zone a contatto costante con acqua.

Materiali impiegati

- Geostuoia sintetica tridimensionale in fili aggrovigliati di nylon, polipropilene, polietilene e polietilene ad alta densità di spessore da 9 mm a 25 mm (EN 965), annerita al nero fumo per attenuare l'aggressione da parte dei raggi UV
- Picchetti in ferro o staffe metalliche ad U Ø min. 6 mm
- Inerte terroso fine
- Sementi (40 g/m^2)
- Arbusti o talee

Geostuoia tridimensionale sintetica	11

Modalità di esecuzione

- Regolarizzazione della scarpata mediante allontanamento di eventuali apparati radicali e eliminazione di avvallamenti e piccoli dossi (irregolarità superficiali)
- Formazione di un solco di almeno 30 cm di profondità a monte della scarpata
- Posizionamento di un'estremità della geostuoia all'interno del solco, fissaggio con staffe e copertura del solco con terreno
- Stesura della geostuoia lungo la scarpata e sovrapposizione dei teli contigui di almeno 10 cm, assicurandosi che la stessa sia a contatto con il terreno sottostante, senza essere troppo tesa
- Fissaggio della stuoia con staffe o picchetti a U lungo le sovrapposizioni dei vari teli utilizzati e al centro della stessa. La densità dei picchetti aumenta all'aumentare della pendenza della sponda o scarpata: $< 30°$ 1 picchetto per m^2, $\geq 30°$ 2-3 picchetti per m^2 ed è in funzione della consistenza del substrato
- Ricopertura dei bordi e fissaggio della stuoia al piede della scarpata
- Semina
- Intasamento con inerte terroso
- Eventuale messa a dimora di talee mediante infissione e di arbusti mediante taglio della stuoia
- Eventuale semina di rincalzo, concimazione e irrigazione

Prescrizioni

- Geostuoie adiacenti devono essere sormontate lateralmente per almeno 10 cm
- L'operazione di intasamento della stuoia con inerte terroso a granulometria fine, va fatta con cura, infatti l'inerte va steso sulla stuoia con spazzoloni, in modo da intasare la stuoia stessa, senza seppellirla
- La stuoia lavora in abbinamento col cotico erboso ed è quindi necessario effettuare la posa nel periodo adatto alle semine. In caso di mancato o parziale attecchimento la semina va ripetuta

Limiti di applicabilità

Scarpate a substrato irregolare e con pendenza superiore ai 45°.

Vantaggi

Di rapida esecuzione; immediato e duraturo effetto antierosivo superficiale.

Geostuoia tridimensionale sintetica	11

Svantaggi

Maggiore rigidità rispetto ad altre stuoie e quindi necessità di superfici più regolarizzate; permanenza del materiale sintetico sul terreno; visibilità antiestetica della stuoia in caso di mancato sviluppo del cotico erboso; aggredibilità da parte dei raggi UV e dall'effetto gelo-disgelo, in particolare per le plastiche più scadenti e quindi scarsa durata nel tempo.

Effetto

Protezione immediata e permanente della superficie. Il rapporto pieno-vuoto della stuoia consente alle piante erbacee di svilupparsi completando la funzione meccanica antierosiva della stuoia.
Il materiale terroso sottostante la stuoia viene trattenuto, impedendone così il trascinamento verso valle.

Periodo di intervento

Le stuoie possono essere posizionate in qualsiasi periodo dell'anno.
Qualora vi siano abbinate semine e piantagioni i periodi di riferimento sono quelli primaverili-autunnali. Sono da evitarsi i periodi di gelo invernale e aridità estiva.

Possibili errori

- Mancato intasamento con inerte terroso
- Insufficiente picchettatura
- Inefficienti sormonti e fissaggi in testa o al piede
- Scelta errata delle sementi e delle specie arbustive
- Semine in periodo sbagliato e quindi rischio di distacchi

Geostuoia tridimensionale sintetica	11

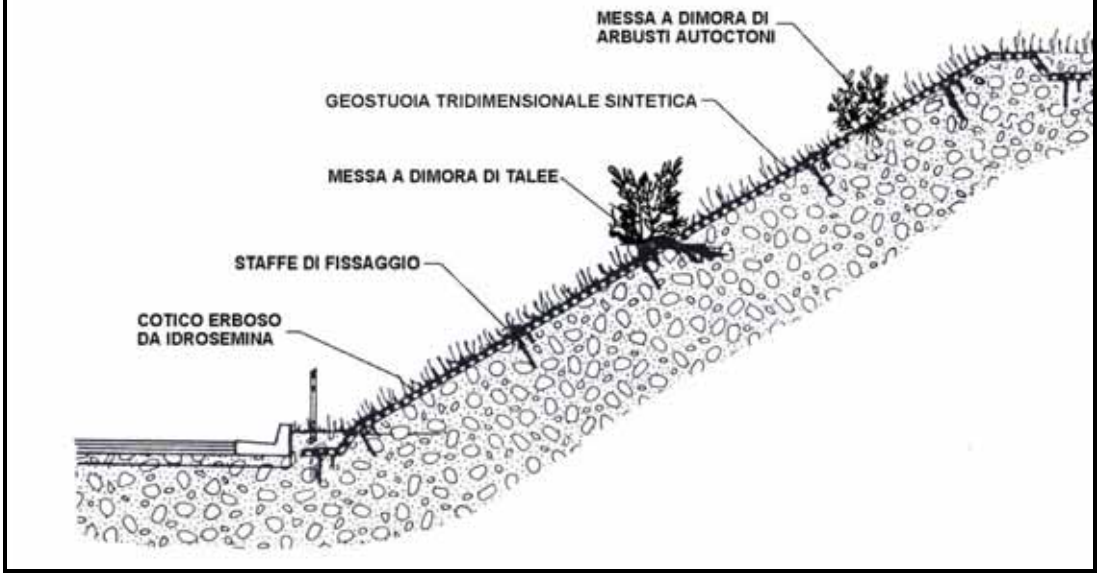
Voce di Capitolato

16 Geostuoia tridimensionale sintetica

a) nylon
b) polipropilene
c) polietilene
d) polietilene ad alta densità
Rivestimento di scarpate o di sponde mediante stesura di geostuoia tridimensionale in materiale sintetico (nylon, polipropilene, polietilene e polietilene ad alta densità) in possesso di totale inerzia chimica, con le seguenti caratteristiche minime:
- spessore variabile in funzione della pendenza della scarpata ed di altre condizioni locali da 9 mm a 25 mm (EN 965);
- grado di vuoto non inferiore al 90%;
- resistenza a rottura a trazione longitudinale non inferiore a 0,7 kN/m (EN ISO 10319);
resistenza a rottura a trazione trasversale non inferiore a 0,7 kN/m (EN ISO 10319);
limitata riduzione della flessibilità o della resistenza per una temperatura compresa tra -15° e + 60°;
con fissaggio della stessa mediante interro alle estremità in apposito solco per almeno 30 cm e picchettature con staffe o picchetti, di qualità, dimensioni e quantità tali da garantire la stabilità e l'aderenza della stuoia sino ad accrescimento avvenuto del cotico erboso, normalmente in ferro acciaioso piegati a "U" ∅ 6 – 12 mm, L = 15 – 50 cm, o in legno L = 30 – 70 cm, oppure con talee di lunghezza minima 50 cm. La densità dei picchetti dovrà essere direttamente proporzionale alla pendenza della scarpata ed in funzione della consistenza del substrato.
Nei casi di stesura per fasce parallele lungo sezione, dovrà essere garantita la continuità mediante sormonti laterali di almeno 10 cm effettuati a tegola tenendo conto della eventuale direzione di scorrimento dell'acqua. Tali rivestimenti devono essere sempre abbinati ad un intasamento con uno strato di terreno vegetale e ad una semina con miscela di sementi (40 g/m^2), con le modalità di cui ai punti precedenti e possono essere seguiti dalla messa a dimora di specie arbustive autoctone corredate da certificazione di origine, previa opportuna esecuzione di tagli a croce nel rivestimento.

Geostuoia tridimensionale sintetica	11

Sezione tipo



Geostuoia tridimensionale sintetica	11

Foto

Stesura geostuoia tridimensionale sintetica *Foto P. Cornelini*
Linea direttissima RM-FI, Valdarno 1991

Geostuoia tridimensionale in materiale sintetico bitumata in opera a freddo	12

Descrizione sintetica

Rivestimento di scarpate in stuoia tridimensionale costituita da filamenti sintetici aggrovigliati in modo da trattenere le particelle di materiale inerte terroso. In questa variante la stuoia (di spessore minimo 18 mm) viene intasata con ghiaino e bitumata a freddo in posto ed è impiegata per il rivestimento di scarpate frequentemente a contatto con l'acqua corrente.
La stuoia viene assicurata al terreno mediante l'infissione di picchetti e interrata in solchi appositamente approntati sia a monte che a valle del versante. La stuoia deve essere anche abbinata ad una semina da effettuarsi sia prima che dopo la stesura del ghiaino e prima della bitumatura.
Normalmente non vengono messe a dimora talee ed arbusti, almeno sulle superfici dove si prevede il libero scorrimento dell'acqua.

Campi di applicazione

Rivestimento di scarpate molto regolari a bassa pendenza.
Canalette e fossi di sgrondo o di infiltrazione in genere.

Materiali impiegati

Geostuoia tridimensionale in fili sintetici aggrovigliati in nylon, polipropilene, polietilene, polietilene ad alta densità, in possesso di totale inerzia chimica. Stuoia di spessore minimo 13 mm (EN 965); grado di vuoto non inferiore al 90%; resistenza a rottura a trazione longitudinale non inferiore a 1,4 kN/m (EN ISO 10319);

- Staffe metalliche ad U Ø min. 8 mm
- Ghiaino per intasamento
- Emulsione idrobituminosa a freddo
- Miscela di sementi (40 g/m^2)
- Talee
- Arbusti autoctoni

Geostuoia tridimensionale in materiale sintetico bitumata in opera a freddo	12

Modalità di esecuzione

- Regolarizzazione della scarpata mediante allontanamento di eventuali apparati radicali ed eliminazione di avvallamenti e piccoli dossi (irregolarità superficiali)
- Formazione di un solco di almeno 30 cm di profondità a monte della scarpata
- Posizionamento di un'estremità della geostuoia all'interno del solco, fissaggio con staffe e copertura del solco con terreno
- Semina
- Stesura della geostuoia lungo la sponda o scarpata e sovrapposizione dei teli contigui di almeno 10 cm, assicurandosi che la stessa sia a contatto con il terreno sottostante, senza essere troppo tesa
- Fissaggio della stuoia con staffe o picchetti a U lungo le sovrapposizioni dei vari teli utilizzati e al centro della stessa. La densità dei picchetti aumenta all'aumentare della pendenza della sponda o scarpata: $< 30°$ 1 picchetto per m^2, $\geq 30°$ 2-3 picchetti per m^2 ed è in funzione della consistenza del substrato
- Ricopertura dei bordi e fissaggio della stuoia in un solco al piede della scarpata
- Intasamento con ghiaino
- Semina di rincalzo
- Bitumatura a freddo con emulsione idrobituminosa
- Eventuale messa a dimora di talee mediante infissione e di arbusti mediante taglio della stuoia

Prescrizioni

- I sormonti laterali dovranno essere di almeno 10 cm
- Per la realizzazione di canalette e fossi di sgrondo i solchi per l'interramento e fissaggio della stuoia sono laterali e paralleli alla direzione della canaletta stessa

Limiti di applicabilità

Periodi di sommersione troppo prolungati e tali da impedire la crescita e il perdurare del cotico erboso.

Vantaggi

Copertura immediata della superficie e mantenimento della sagoma nelle canalette.
Consente la realizzazione di canalette di scorrimento, ma anche di fossi di infiltrazione.
La tecnica può essere in molti casi sostitutiva di analoghi rivestimenti in cls.

Geostuoia tridimensionale in materiale sintetico bitumata in opera a freddo	12

Svantaggi

Costi elevati di installazione; necessità di manutenzione periodica (sfalcio con decespugliatore a filo, pulizia in genere del sedimentato).

Effetto

Effetto funzionale antierosivo immediato e duraturo senza impatto visivo in quanto struttura verde.

Periodo di intervento

Stesura della geostuoia e bitumatura possono essere in teoria eseguite in qualsiasi periodo dell'anno.
L'abbinamento obbligato con le semine vincola l'esecuzione al periodo autunno – primavera, con esclusione dei periodi di aridità estiva e di gelo invernale; l'eventuale messa a dimora di specie arbustive dovrà avvenire durante il periodo di riposo vegetativo con esclusione dei periodi di gelo invernale.

Possibili errori

- insufficiente fissaggio con staffe della georete al substrato, evidente nei casi di eventi meteorici eccezionali
- insufficiente o assente risvolto e fissaggio della georete nei solchi
- errata bitumatura, in genere eccesso che impedisce alle specie erbacee di svilupparsi
- periodo stagionale non adatto alle semine
- scelta errata delle sementi e delle specie arbustive

Geostuoia tridimensionale in materiale sintetico bitumata in opera a freddo	12

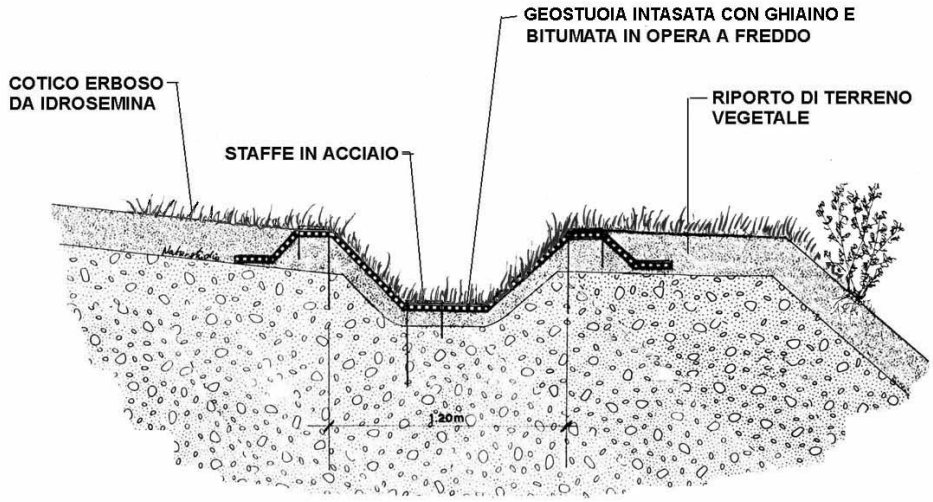
Voce di Capitolato

17 Geostuoia tridimensionale sintetica bitumata in opera a freddo

a) nylon
b) polipropilene
c) polietilene
d) polietilene ad alta densità
Rivestimento di superfici generalmente a contatto con l'acqua (canalette, fossi di guardia, sponde di canali e corsi d'acqua, ecc.) mediante stesura di geostuoia tridimensionale in materiale sintetico a fondo piatto (nylon, polipropilene, polietilene e polietilene ad alta densità a seconda del prodotto) in possesso di totale inerzia chimica, con le seguenti caratteristiche minime:
- limitata riduzione della flessibilità o della resistenza per una temperatura compresa tra -15° e + 60°;
- spessore non inferiore a 13 mm (EN 965);
- grado di vuoto non inferiore al 90%;
- resistenza a rottura a trazione longitudinale non inferiore a 1,4 kN/m (EN ISO 10319);
- resistenza a rottura a trazione trasversale non inferiore a 0,7 kN/m (EN ISO 10319);
fissaggio della stessa mediante interro alle estremità in apposito solco per almeno 30 cm e picchettature con staffe metalliche di diametro minimo 6 mm, in quantità tali da garantire la stabilità e l'aderenza della geostuia sino ad accrescimento avvenuto del cotico erboso. A tale proposito, la densità dei picchetti dovrà essere direttamente proporzionale alla pendenza della scarpata ed in funzione della consistenza del substrato. Dovrà essere accurato il fissaggio di eventuali fasce parallele di geostuoia tenendo conto in particolare della direzione del flusso. Tale rivestimento sarà intasato con ghiaino e bitumato a freddo in almeno due passate ghiaia/bitume alternate, con peso complessivo non inferiore a 15 Kg/m^2 e dovrà essere abbinato ad una semina in doppia passata con miscela di sementi (40 g/m^2), che preceda e segua l'intasamento e la bitumazione, con le modalità di cui ai punti precedenti. Possono essere eseguiti, a posteriori, dei tagli a croce per la messa a dimora di specie arbustive autoctone corredate da certificazione di origine.

Geostuoia tridimensionale in materiale sintetico bitumata in opera a freddo	12

Sezione tipo



Geostuoia tridimensionale in materiale sintetico bitumata in opera a freddo	12

Foto

Canaletta in geostuoia tridimensionale sintetica bitumata, dopo tre mesi
Ferrovia Pontebbana, imbocco I, San Leopoldo (UD), 2000

Foto G. Sauli

Geocelle a nido d'ape in materiale sintetico	13

Descrizione sintetica

Rivestimento di versanti in terra mediante struttura sintetica tridimensionale a forma di celle esagonali, che nel complesso rappresentano una struttura a "nido d'ape".
Le celle vengono completamente riempite con terreno vegetale e successivamente viene eseguita una semina ed eventualmente messi a dimora arbusti autoctoni e talee.

Campi di applicazione

Versanti ripidi, con scarso terreno vegetale e limitato spazio a disposizione.

Materiali impiegati

- Geocelle in non tessuto poliestere o in polietilene estruso
- Picchetti di ferro acciaioso sagomati ad U di lunghezza 40-50 cm
- Terreno vegetale
- Semina
- Arbusti autoctoni in zolla o talee prelevate dal selvatico

Modalità di esecuzione

- Regolarizzazione della superficie e allontanamento di apparati radicali, pietrame, ecc.
- Formazione di uno scavo a monte del versante
- Fissaggio delle strisce all'interno del solco con picchetti sagomati a U
- Stesura delle strisce di geocelle lungo il versante e loro apertura a fisarmonica
- Fissaggio delle celle lungo il versante con picchetti sagomati a U (dovranno risultare celle di forma esagonale)
- Riempimento con terreno vegetale
- Semina a spaglio o idrosemina
- Messa a dimora di specie arbustive autoctone in zolla o per talea con prelievo in loco dal selvatico

Prescrizioni

- La quantità minima di picchetti deve essere di 1 ogni 2 celle
- Ulteriori ancoraggi saranno effettuati lungo il versante in ragione di almeno due ancoraggi/m^2

Limiti di applicabilità

Pendenza della scarpata superiore a 40°

Geocelle a nido d'ape in materiale sintetico	13

Vantaggi
Struttura elastica, che si adatta al terreno. E' un rivestimento di tipo elastico.
Svantaggi
Limitata altezza costruttiva.
Effetto
Contenimento e rinforzo del terreno superficiale.
Periodo di intervento
Le geocelle possono essere posizionate in qualsiasi periodo dell'anno. Qualora vi siano abbinate semine e piantagioni i periodi di riferimento sono quelli primaverili-autunnali. Sono da evitarsi i periodi di gelo invernale e aridità estiva.
Possibili errori
• Insufficiente picchettatura

Geocelle a nido d'ape in materiale sintetico	13

Voce di Capitolato

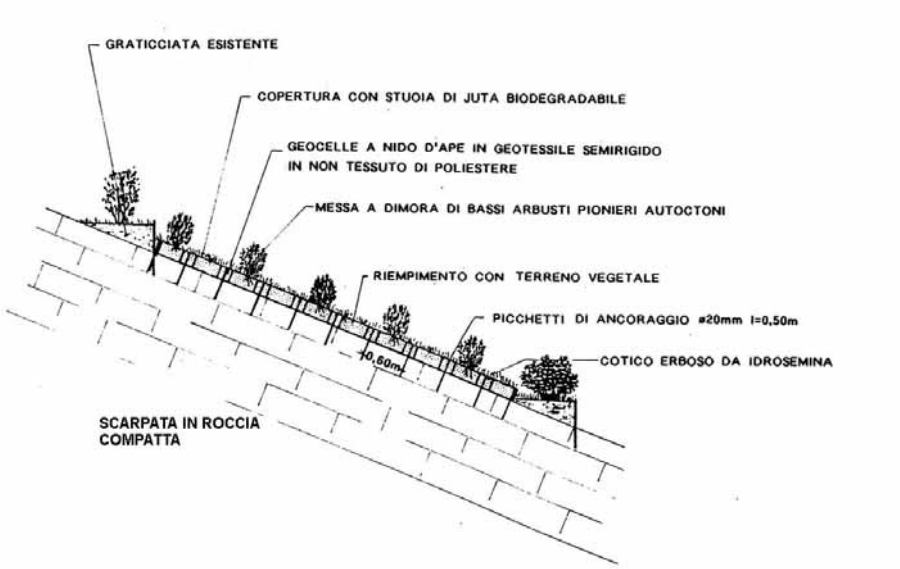
19 Geocelle a nido d'ape in materiale sintetico

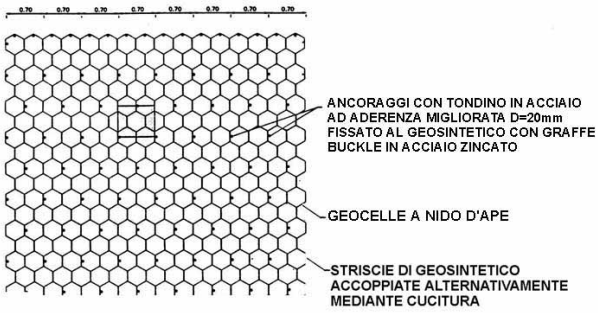
a) non tessuto poliestere
b) polietilene ad alta densità estruso

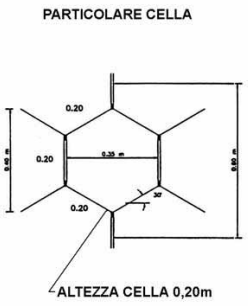
Protezione di scarpate in terra mediante struttura sintetica a geocelle a nido d'ape costituita da strisce di altezza minima 100 mm apribili a fisarmonica e collegate tra loro a formare una struttura tridimensionale a celle di forma ovoidale, romboidale o esagonale aventi diametro compreso tra 100 e 500 mm. La connessione tra strisce adiacenti dovrà essere di tipo aperto, in modo da consentire il collegamento idraulico tra le celle ed impedire il ristagno dell'acqua. La posa delle geocelle dovrà avvenire su scarpate stabili precedentemente regolarizzate e liberate da radici, pietre, ecc. I pannelli andranno fissati in trincea in sommità con picchetti di ferro acciaioso sagomati ad "U" o "L" di diametro non inferiore a 14 mm e in quantità variabile da 1 a 5 per m^2 e di dimensioni tali da garantire la stabilità e l'aderenza della geostuoia sino ad accrescimento avvenuto delle piante. Effettuata la posa si procederà al completo riempimento con terreno vegetale e quindi alla semina con le modalità di cui ai punti precedenti. In determinate condizioni di pendenza e di granulometria del terreno di riempimento le geocelle andranno rivestite in superficie con una stuoia di juta con funzione antierosiva. L'intervento va di regola abbinato con la messa a dimora di specie arbustive autoctone in zolla corredate da certificazione di origine o per talea con prelievo in loco dal selvatico.

Geocelle a nido d'ape in materiale sintetico	13

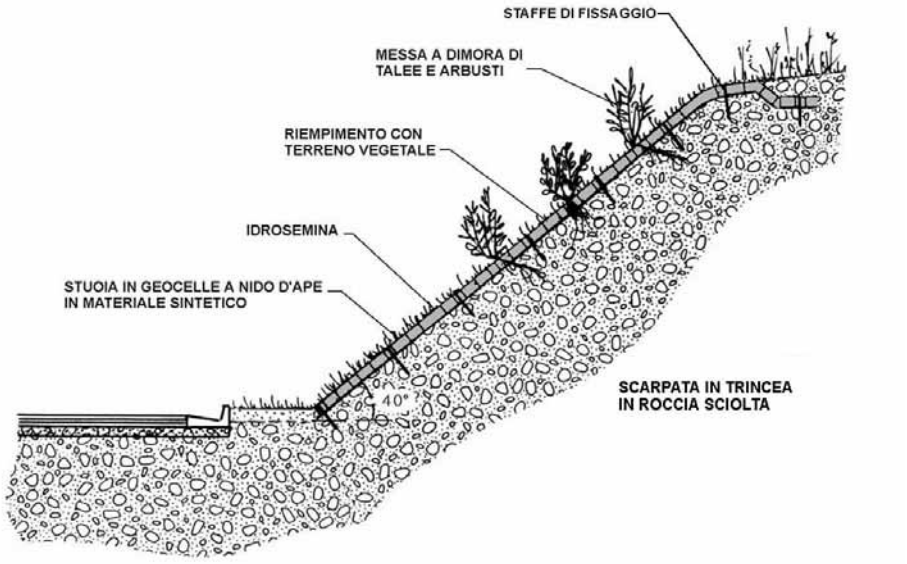
Sezione tipo

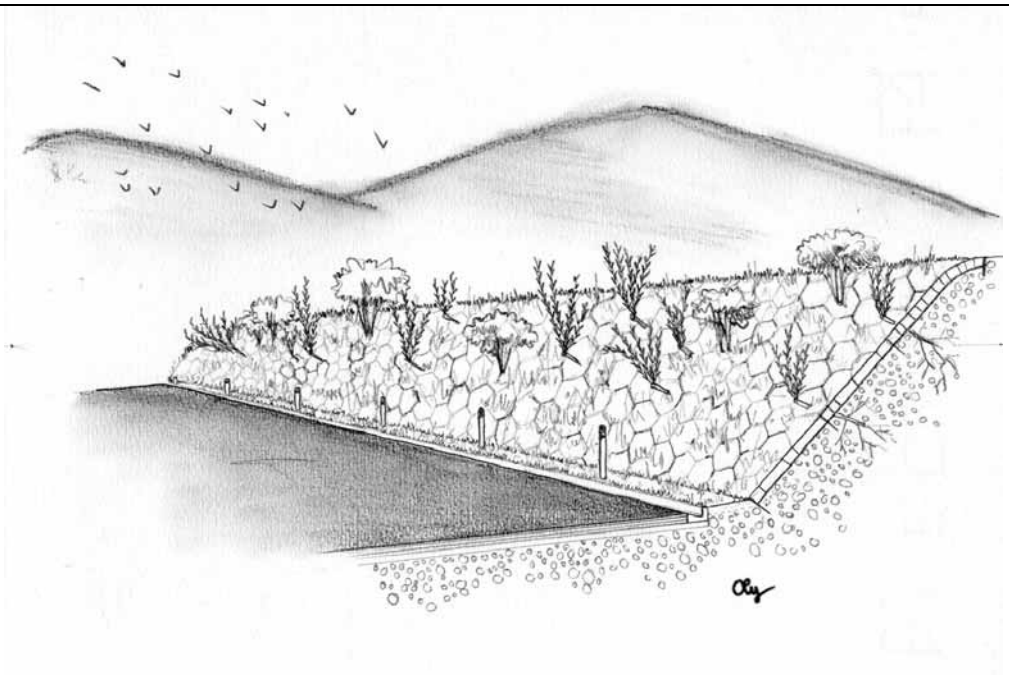






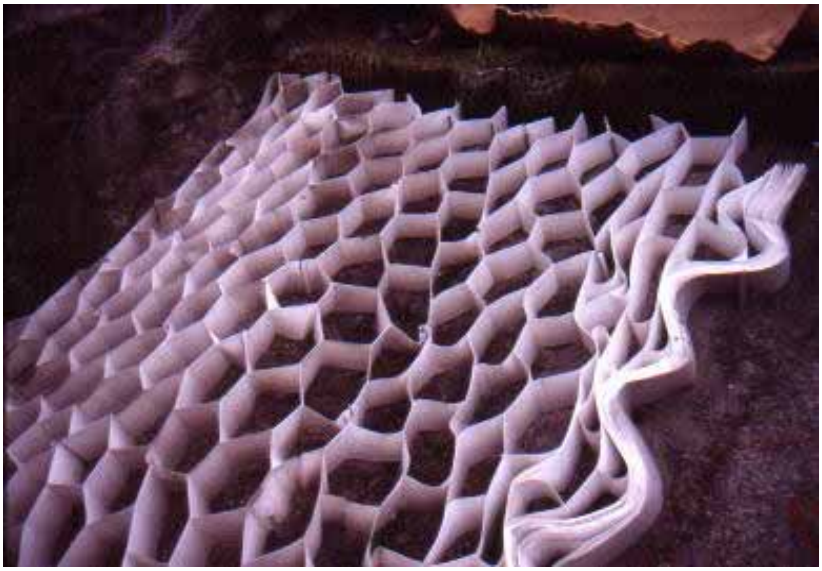
Geocelle a nido d'ape in materiale sintetico	13





Geocelle a nido d'ape in materiale sintetico	13

Foto



Stesura geocelle a nido d'ape *Foto G. Sauli*

Geocelle a nido d'ape su rilevato *Foto V. Zago*
Caresana (TS), 2003

Geocelle a nido d'ape in materiale sintetico	13

Foto

Geocelle a nido d’ape *Foto G. Sauli*
Strada per Flumendosa (CA), 2003

Rete metallica a doppia torsione	14

Descrizione sintetica

Rivestimento di scarpate in roccia soggette a erosione, con distacco di materiale lapideo di varie dimensioni mediante stesura di rete metallica zincata e/o plastificata, adeguatamente ancorata al substrato con tondini di ferro ad aderenza migliorata.
Gli ancoraggi possono essere collegati da funi in acciaio per aumentare l'efficacia dell'intervento e contrastare le sollecitazioni a cui è sottoposta la rete per il distacco di materiale roccioso.

Campi di applicazione

Scarpate formate da ammassi rocciosi particolarmente instabili soggetti ad alterazione.

Materiali impiegati

- Rete metallica a doppia torsione
- Chiodi in tondino di ferro acciaioso, ad aderenza migliorata di diametro minimo 24 mm, aventi lunghezza infissa non inferiore a 40 cm e con l'estremità libera sagomata ad "U" o barre filettate con flangia e dado
- Boiaccatura con miscela acqua e cemento
- Funi d'acciaio
- Idrosemina a spessore o semina a strato

Modalità di esecuzione

- Regolarizzazione della superficie con allontanamento del materiale più instabile
- Stesura della rete lungo la scarpata
- Fissaggio della rete in testa mediante chiodi e corda d'acciaio
- Fissaggio della rete lungo la scarpata mediante chiodi in ferro eventualmente assicurati al substrato con malta cementizia
- Sovrapposizione dei teli contigui e loro unione con filo di ferro
- Eventuale collegamento dei punti di ancoraggio con una fune in acciaio
- Eventuale fissaggio della parte di rete al piede della scarpata
- Idrosemina a spessore

Rete metallica a doppia torsione	14

Prescrizioni

- La rete deve essere ben adattata alle irregolarità della superficie
- La quantità di ancoraggi varia a seconda del substrato, e non deve comunque essere inferiore a 1 ancoraggio/m^2
- È necessaria una periodica pulitura della parte bassa della rete, dove si ha l'accumulo del materiale sciolto
- Il dimensionamento delle maglie della rete deve essere valutato in rapporto alle dimensioni del materiale che si vuole intercettare

Limiti di applicabilità

Distacco di massi troppo grossi o di quantità eccessive di roccia anche sciolta.

Vantaggi

Fuzionalità immediata. Vengono intercettati e trattenuti i sassi che si staccano dal pendio.

Svantaggi

Presenza permanente della rete metallica con pericolo per gli animali su scarpate a bassa pendenza.

Effetto

Protezione immediata della superficie rocciosa.

Periodo di intervento

Le reti possono essere posizionate in qualsiasi periodo dell'anno. Qualora vi siano abbinate le semine i periodi di riferimento sono quelli primaverili-autunnali.
Sono da evitarsi i periodi di gelo invernale e aridità estiva.

Possibili errori

- Insufficiente ancoraggio della rete alla superficie rocciosa
- Non sovrapposizione e cucitura dei teli contigui

Rete metallica a doppia torsione	14

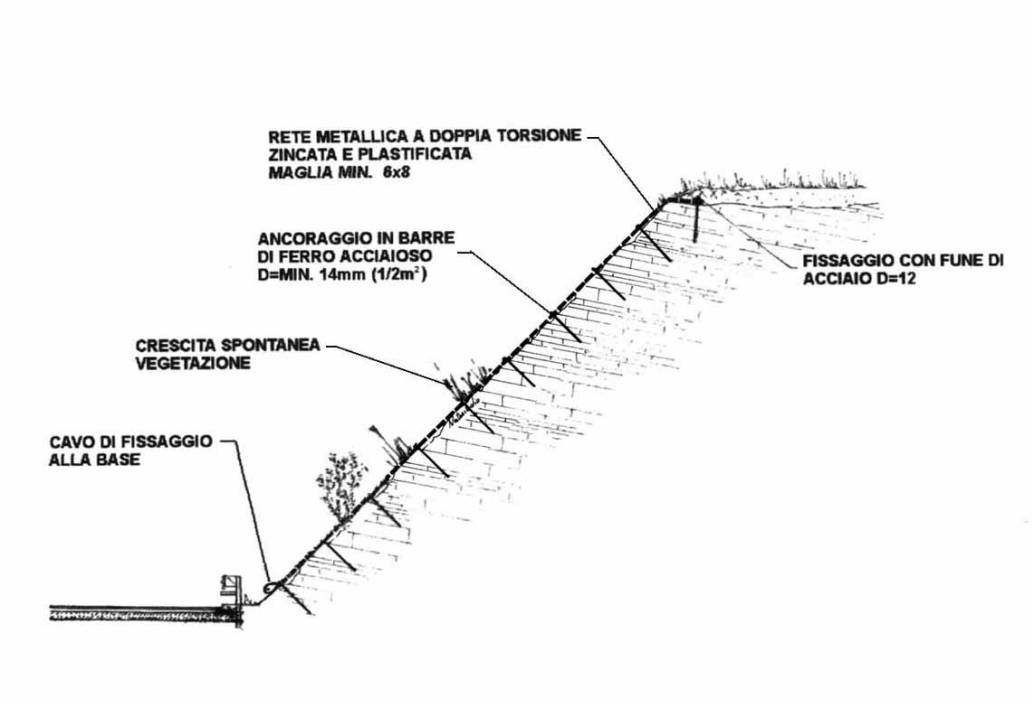
Voce di Capitolato

20 Rete metallica a doppia torsione

Rivestimento di superfici in rocce poco compatte, più o meno degradate superficialmente e soggette ad erosione accelerata, mediante stesura di rete metallica a doppia torsione di maglia tipo 8x10 (conforme alle UNI EN 10223-3) e filo di diametro 2,7/3,7 mm (conforme alle UNI EN 10218) protetto con galvanizzazione in lega Zn-Al 5% MM (conforme alle UNI EN 10244-2 Classe A tab 2, minimo 255 gr/m^2) e plasticatura (conforme alle UNI EN 10245-2 e/o 3), il tutto debitamente teso ed ancorato al substrato. L'ancoraggio sarà a mezzo di barre in tondino di ferro acciaioso, ad aderenza migliorata di diametro minimo 24 mm, inserite in fori praticati nella roccia fino ad approfondirsi nel livello compatto per una lunghezza non inferiore a 40 cm e con l'estremità libera filettata su cui viene montata una piastra con relativo bullone per il fissaggio in aderenza della rete. Le barre verranno solidarizzate alla roccia mediante boiaccatura con miscela acqua e cemento. Gli ancoraggi andranno realizzati con densità tale da garantire la stabilità e l'aderenza della rete ed inoltre il fissaggio in testa e al piede andrà garantito anche a mezzo fune d'acciaio ∅ 12 mm, al fine di trasferire correttamente le sollecitazioni dalla rete agli ancoraggi e consentire lo svuotamento quando necessario. Lungo le giunzioni tra teli contigui dovrà essere garantita la continuità mediante cuciture con filo di ferro zincato/plastificato di diametro uguale al filo della rete o con punti metallici meccanizzati per le operazioni di legatura che saranno costituiti sempre in acciaio a forte zincatura con diametro 3,00 mm e carico di rottura minimo pari a 170 Kg/ mm^2 .
Tale rivestimento andrà abbinato con idrosemina a spessore ed ha unicamente una funzione di stabilizzazione superficiale finalizzata al controllo dell'erosione.

Rete metallica a doppia torsione	14

Sezione tipo



Rete metallica a doppia torsione	14

Foto

Rete metallica con funzione antierosiva *Foto G. Sauli*
Nuova SS195, Km per Pula (CA) - 2003

Rivestimento vegetativo in rete metallica a doppia torsione galvanizzata (e plastificata) e biostuoie	15

Descrizione sintetica

Copertura di versanti soggetti a erosione mediante la stesura di biostuoie - biofeltri sormontati da una rete metallica a doppia torsione zincata e plastificata.
Rete e stuoie vengono fissati al terreno mediante picchetti o barre metalliche, legati a monte e a valle con una fune di acciaio. Nel caso di versanti molto ripidi e particolarmente friabili, tutti i picchetti della superficie vengono collegati mediante fune d'acciaio per migliorare l'aderenza al substrato.
Il rivestimento viene abbinato a idrosemina a spessore e messa a dimora di arbusti autoctoni e di talee di specie con capacità di propagazione vegetativa.

Campi di applicazione

Versanti in roccia molto ripidi o in roccia friabile con terreni poco evoluti.

Materiali impiegati

- Biotessili di grammatura minima 300 g/m^2 (possono anche essere preseminati)
- Picchetti in acciaio (di dimensioni dipendenti dal tipo di substrato)
- Rete metallica a doppia torsione di maglia minima 8x10 (conforme alle UNI EN 10223-3) in filo di diametro minimo 2,7 mm (conforme alle UNI EN 10218)
- Fune di acciaio
- Idrosemina a mulch o a spessore
- Talee e/o arbusti autoctoni

Modalità di esecuzione

- Regolarizzazione del versante con allontanamento di radici, massi, riduzione dossi e riempimento avvallamenti
- Stesura per file parallele dei teli di biostuoia, avendo cura di sovrapporre lateralmente i teli per almeno 10 cm
- Fissaggio della stuoia a monte e lungo il versante mediante picchetti in acciaio, secondo quantità variabili dipendenti dalla pendenza del versante stesso
- Stesura e fissaggio della rete metallica a doppia torsione al disopra della geostuoia
- Qualora si renda necessario per motivi di ancoraggio dei tondini, gli stessi dovranno essere posti in opera previa perforazione e successiva boiaccatura con miscela di acqua e cemento
- Legatura dei tondini, dotati di anello, mediante fune di acciaio sia a monte che a valle del versante
- Idrosemina a mulch o a spessore con miscela di specie idonee alla località
- Messa a dimora di talee e arbusti, previa formazione nelle stuoie di un taglio a croce

Rivestimento vegetativo in rete metallica a doppia torsione galvanizzata (e plastificata) e biostuoie	15

Prescrizioni

- Biostuoie e rete metallica dovranno essere perfettamente aderenti al substrato
- Le idrosemine devono essere eseguite a rivestimento completato con miscela di specie idonee alla località
- Le talee devono al meglio avere una lunghezza non inferiore a 0,8-1 m, rispettando il verso di crescita
- La parte fuori terra dovrà essere potata a circa 10-15 cm dal terreno

Limiti di applicabilità

Gli interventi su roccia friabile e sino a 40° consentono oltre le semine, la messa a dimora di talee e piante radicate.
Gli interventi su rocce solidali consentono il solo impiego di idrosemine.

Vantaggi

Rivestimento rapido di versanti soggetti a erosione superficiale.

Svantaggi

Costo elevato e scarsa possibilità di rivegetazione

Effetto

Rivestimento immediato delle superfici e trattenimento del materiale lapideo sciolto e valido effetto visuale.

Periodo di intervento

Per un miglior risultato la raccolta e l'inserimento di talee di salice deve avvenire durante il periodo di riposo vegetativo.
La stesura di reti e biostuoie può avvenire in qualsiasi momento dell'anno, mentre le semine dovranno venire eseguite in primavera o autunno con esclusione dei mesi di aridità estiva e gelo invernale.

Rivestimento vegetativo in rete metallica a doppia torsione galvanizzata (e plastificata) e biostuoie	15

Possibili errori
• Insufficiente picchettatura della stuoia al terreno (tipo di picchetto, lunghezza, quantità al m^2) • Errata sovrapposizione dei teli contigui • Utilizzo di materiale deteriorato da lunga permanenza in ambiente umido

Rivestimento vegetativo in rete metallica a doppia torsione galvanizzata (e plastificata) e biostuoie	15

Voce di Capitolato

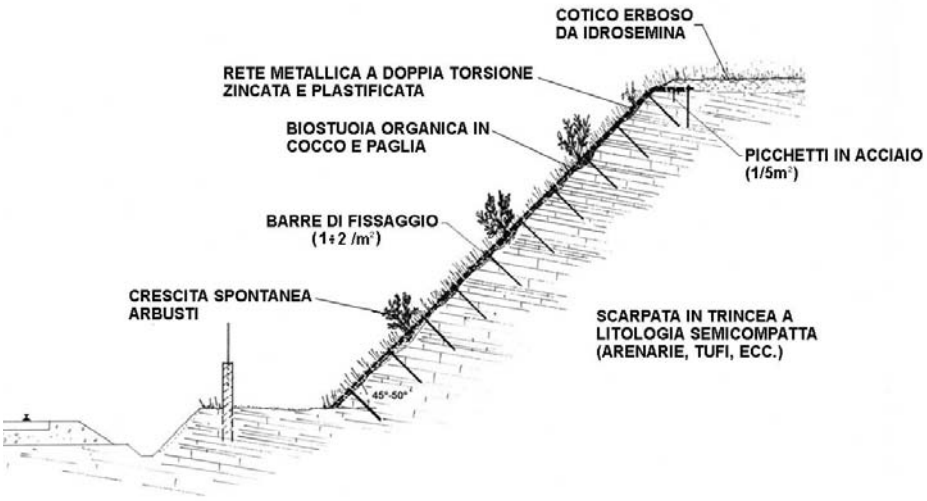
21 Rivestimento vegetativo in rete metallica a doppia torsione galvanizzata e plastificata e biostuoie

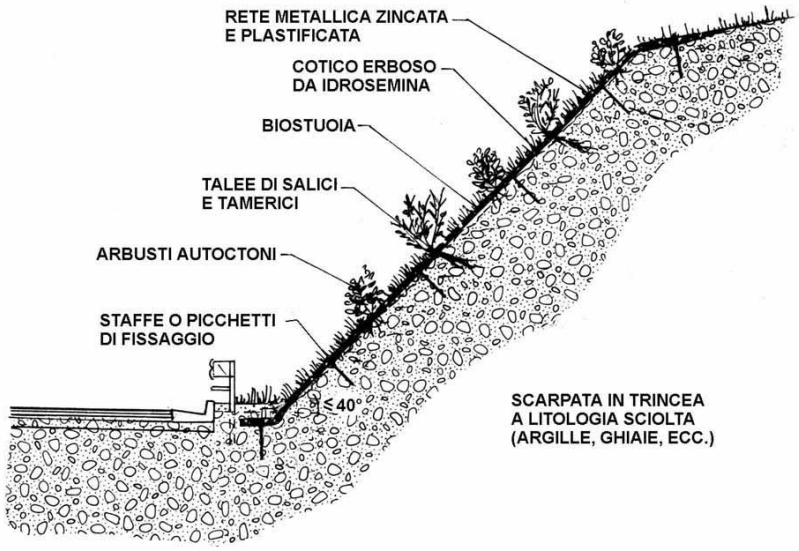
a) in paglia
b) in cocco
c) in fibre miste
d) in trucioli di legno

Rivestimento di superfici in rocce sciolte (21.1) o compatte più o meno degradate superficialmente (21.2), mediante stesura di biotessili di grammatura minima 300 g/m^2, eventualmente preseminati e preconcimati abbinati con rete metallica a doppia torsione e maglia esagonale tipo 8x10 (conforme alle UNI EN 10223-3) in filo di diametro minimo 2,7 mm (conforme alle UNI EN 10218) protetto con lega Zn-Al 5%-MM (conforme alle UNI EN 10244-2 Classe A tab 2, minimo 255 gr/m^2) ed eventuale rivestimento plastico (conforme alle EN 10245-2 e/o 3) di spessore nominale 0,4 mm.
Il biotessile potrà essere collegato alla rete metallica in fase di produzione della rete metallica stessa.
Le superfici da trattare per il rivestimento dovranno essere liberate da radici, pietre, ecc. ed eventuali vuoti andranno riempiti in modo da ottenere una superficie uniforme affinché la biostuoia e la rete metallica possano adagiarsi perfettamente al suolo.
In un primo tempo si stenderà sulla pendice la biostuoia che verrà picchettata a monte, mentre i teli verranno stesi verticalmente uno vicino all'altro con una sovrapposizione di circa 5-10 cm onde evitare l'erosione fra le fasce.
La picchettatura in scarpata sarà in ragione di 1-2 picchetti/m^2; gli stessi saranno metallici a forma di cambretta o a T, formati con tondino d'acciaio del ∅ di 6 mm e della lunghezza di 20 cm.
Successivamente verrà fissata al terreno la rete metallica: essa verrà picchettata a monte e lungo le fasce con picchetti d'acciaio a T, della lunghezza di 50 - 100 cm e dello spessore di 12 - 14 mm (in funzione della consistenza del terreno di posa); la picchettatura sulla rete metallica sarà in ragione di 1 -2 picchetti/m^2 a seconda della regolarità della superficie del terreno, inclusa eventuale perforazione e boiaccatura con miscela acqua e cemento, compreso il fissaggio in testa e al piede a mezzo fune d'acciaio; il tutto nelle quantità tali da garantire la stabilità e l'aderenza della rete alla scarpata. Nel caso di rocce particolarmente friabili verranno operate delle legature in fune d'acciaio anche tra i chiodi lungo la superficie a miglioramento dell'aderenza delle rete al substrato.
Tale rivestimento va in genere abbinato con un'idrosemina a mulch a forte spessore realizzata con le modalità descritte agli articoli precedenti, prima della posa del rivestimento.

Rivestimento vegetativo in rete metallica a doppia torsione galvanizzata (e plastificata) e biostuoie	15

Sezione tipo





Rivestimento vegetativo in rete metallica a doppia torsione galvanizzata (e plastificata) e biostuoie	15

Foto

Rivestimento vegetativo versanti in rete metallica e biostuoia *Foto G. Sauli*
Valbruna (UD), 2004

Rivestimento vegetativo a materasso realizzato in opera	16a

Descrizione sintetica

Materasso realizzato con una rete metallica zincata (e plastificata), rivestita internamente con una stuoia tridimensionale sintetica fissata in basso su scarpata rocciosa a pendenza massima 45°, distanziato e ammorsato alla roccia mediante barre metalliche a formare degli strati di inerte terroso di 20-40 cm di spessore. Il riempimento avviene dal basso verso l'alto, la roccia funge da base di supporto e la rete metallica con la geostuoia funge da coperchio.
La rete viene chiusa lateralmente e superiormente.
Le barre in ferro acciaioso zincato devono essere filettate per consentire l'efficace appressaggio del geocomposito costituito da rete e geostuoia.
La superficie viene seminata o idroseminata e vengono messe a dimora talee e arbusti radicati.

Campi di applicazione

Rivestimento di scarpate rocciose con superficie irregolare, in roccia compatta o superfici cementate; pendenza massima 45°.

Materiali impiegati

- Rete metallica zincata e plastificata
- Stuoia tridimensionale sintetica
- Barre filettate
- Flange e dadi
- Inerte terroso
- Talee di salice e/o arbusti radicati
- Sementi per semina a spaglio o idrosemina

Modalità di esecuzione

- Perforazione della roccia, posizionamento e boiaccatura delle barre filettate disposte a file orizzontali e sporgenti in funzione dello spessore del terreno
- Fissaggio del geocomposito nella parte bassa
- Riempimento con un primo strato di inerte terroso e fissaggio della rete sulla prima fila di barre
- Costipazione del terreno mediante battitura
- Riempimento e fissaggio per strati successivi dal basso verso l'alto e chiusura in testa
- Appressaggio delle flange mediante avvitamento dei dadi
- Semina a spaglio o idrosemina
- Inserimento a mazza delle talee di salice
- Messa a dimora di arbusti radicati, previo taglio di alcune maglie della rete

Rivestimento vegetativo a materasso realizzato in opera	16a

Prescrizioni

- Numero, diametro e profondità delle barre di fissaggio sono da calcolarsi in funzione della litologia di supporto e la sua inclinazione, lo spessore del materasso, la piovosità, ecc.
- Il terreno di riempimento va selezionato o costruito calibrando i rapporti granulometrici e di dotazione organica, con aggiunta di ammendanti organici, fibra vegetale, ecc.
- Le specie di arbusti radicati o per talea vanno selezionati accuratamente in funzione della necessità di uno spiccato pionierismo
- La parte fuori terra delle talee dovrà essere potata a circa 10 cm dalla superficie del materasso

Limiti di applicabilità

Inclinazione massima della scarpata: 45° sia per motivi geotecnici che soprattutto di superficie di esposizione all'apporto di acqua meteorica e quindi crescita delle piante.

Vantaggi

Strutture permanenti che garantiscono la crescita di specie arbustive ed erbacee su rocce nude altrimenti non rivegetabili.

Svantaggi

Realizzazione difficoltosa per tempi lunghi e modalità esecutive, difficoltà di ricarica del terreno, costi.

Effetto

La tecnica si presta a realizzare rivestimenti terrosi di dimensioni decrescenti a cuneo dalla base verso l'alto in genere con buon effetto di rivegetazione su superfici non altrimenti rinverdibili.

Periodo di intervento

La parte strutturale può essere realizzata durante tutto l'anno escludendo i periodi piovosi in funzione del movimento terra. Semine e messa a dimora di talee e piante radicate devono avvenire nel periodo stagionale più idoneo successivo.

Rivestimento vegetativo a materasso realizzato in opera	16a

Possibili errori

- Errata composizione del terreno di riempimento
- Scelta errata del periodo semina
- Scelta errata delle specie vegetali

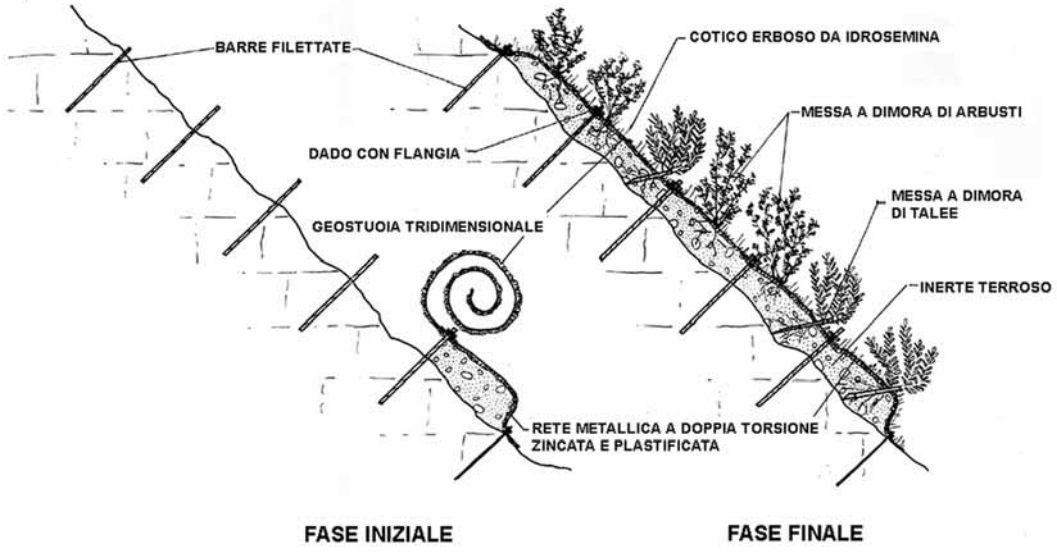
Voce di Capitolato

24 Rivestimento vegetativo a materasso confezionato in opera in rete metallica a doppia torsione galvanizzata e plastificata foderata con biostuoie o geostuoia tridimensionale

Rivestimento di superfici in rocce sciolte o compatte più o meno degradate superficialmente mediante formazione di un materasso realizzato con una rete metallica zincata e plastificata a doppia torsione di maglia tipo 8x10 (conforme alle UNI EN 10223-3) e filo di diametro 2,7 mm (conforme alle UNI EN 10218), protetto con lega Zn-Al 5% MM (conforme alle UNI EN 10244-2 Classe A tab 2, minimo 255 gr/m^2) e ricoperta da un rivestimento plastico (conforme alle EN 10245-2 e/o 3) di spessore minimo 0,4 mm, rivestita internamente con una stuoia tridimensionale di spessore minimo 18 mm, fissata in basso su scarpata rocciosa a pendenza massima 45°, distanziato e ammorsato alla roccia mediante barre metalliche di diametro 20 mm zincate e filettate, disposte in quantità di 1 – 2 per m^2, inserite nella roccia previa perforazione di profondità idonea a sostenere il peso del materasso e fissate mediante boiaccatura. Il riempimento a formare degli strati di inerte terroso di 20 – 40 cm di spessore avviene dal basso verso l'alto, la roccia funge da base di supporto e la rete metallica con la geostuoia funge da coperchio. La rete viene chiusa lateralmente e superiormente. Le barre in ferro acciaioso zincato, devono essere filettate per consentire l'efficace appressaggio, mediante flangia e dado, del geocomposito costituito da rete e geostuoia. Il tutto debitamente teso e ancorato mediante funi d'acciaio di diam. 12 – 16 mm. Il materasso verrà rivegetato mediante idrosemina e messa a dimora di talee e arbusti radicati di specie autoctone.

Rivestimento vegetativo a materasso realizzato in opera	16a

Sezione tipo



Rivestimento vegetativo a materasso realizzato in opera	16a

Foto

Rivestimento vegetativo a materasso *Foto G. Sauli*
Diga di Ridracoli (FO)

Rivestimento vegetativo a materasso preconfezionato	16b

Descrizione sintetica

Materassi in rete metallica di moduli 1,00 x 2,00 x 0,23 m o 2,00 x 4,00 x 0,23 m e diaframmi con interasse 1 m. La struttura viene montata sul posto ed è rivestita internamente con stuoie o feltri organici e viene riempita con materiale inerte, terreno vegetale, ammendanti e concimanti. Il coperchio del materasso è rivestito a sua volta internamente con una stuoia organica o sintetica.
I moduli e le parti dei moduli vengono tenuti assieme da punti metallici in acciaio zincato, in modo tale da costituire una struttura continua monolitica, ancorata al substrato con barre metalliche.
La superficie esterna viene seminata o idroseminata e vengono messe a dimora talee e arbusti radicati.

Campi di applicazione

Rivestimento di scarpate rocciose con superfici regolarizzate.
Versanti in roccia sciolta o compatta con pendenza massima 45°.
Scarpate ferroviarie e stradali.

Materiali impiegati

- Materassi in rete metallica
- Stuoie e feltri organici e sintetici
- Inerte e terreno vegetale
- Punti metallici
- Barre metalliche
- Miscela di sementi per semina a spaglio o idrosemina
- Talee di salice e/o arbusti radicati

Modalità di esecuzione

- Posizionamento della base del materasso e rivestimento con biofeltro (biostuoia)
- Riempimento con materiale inerte e terreno vegetale
- Chiusura del coperchio in rete metallica del materasso foderato internamente con una stuoia organica o sintetica
- Unione dei vari moduli mediante impiego di punti metallici
- Ancoraggio con barre metalliche in quantità tali da garantire la stabilità degli elementi
- Semina a spaglio o idrosemina
- Inserimento a mazza delle talee di salice sui substrati sciolti
- Messa a dimora di arbusti radicati, previo taglio di alcune maglie della rete

Rivestimento vegetativo a materasso preconfezionato	16b

Prescrizioni

- Talee e arbusti vanno inseriti in preferenza in concomitanza di scarpate in roccia sciolta (ghiaie, sabbie)
- La parte fuori terra delle talee dovrà essere potata a circa 10 cm dalla superficie del materasso
- Numero, diametro e profondità delle barre di fissaggio sono da calcolarsi in funzione della litologia di supporto, inclinazione, piovosità, ecc.

Limiti di applicabilità

Inclinazione scarpata.

Vantaggi

Copertura di superfici in roccia compatta.

Svantaggi

Costi elevati in rapporto al luogo di realizzazione. Eccessivo geometrismo soprattutto nel primo periodo.

Effetto

Visivo puntuale.

Periodo di intervento

Per un miglior risultato la raccolta e l'inserimento di materiale vegetale vivo deve avvenire durante il periodo di riposo vegetativo.

Possibili errori

- Errata composizione del terreno di riempimento
- Uso di non tessuti che impediscono la radicazione delle piante
- Scelta errata del periodo semina
- Scelta errata delle specie vegetali

Rivestimento vegetativo a materasso preconfezionato	16b

Voce di Capitolato

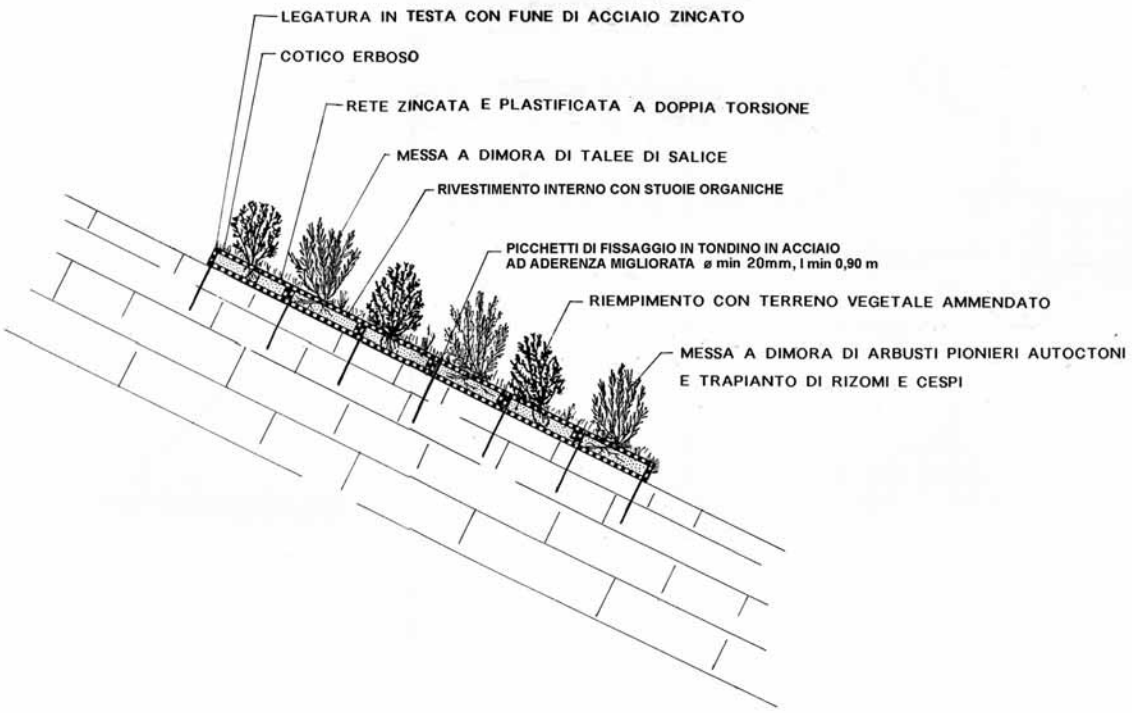
1.24 Rivestimento vegetativo a materasso preconfezionato in rete metallica a doppia torsione zincata (e plastificata) con:

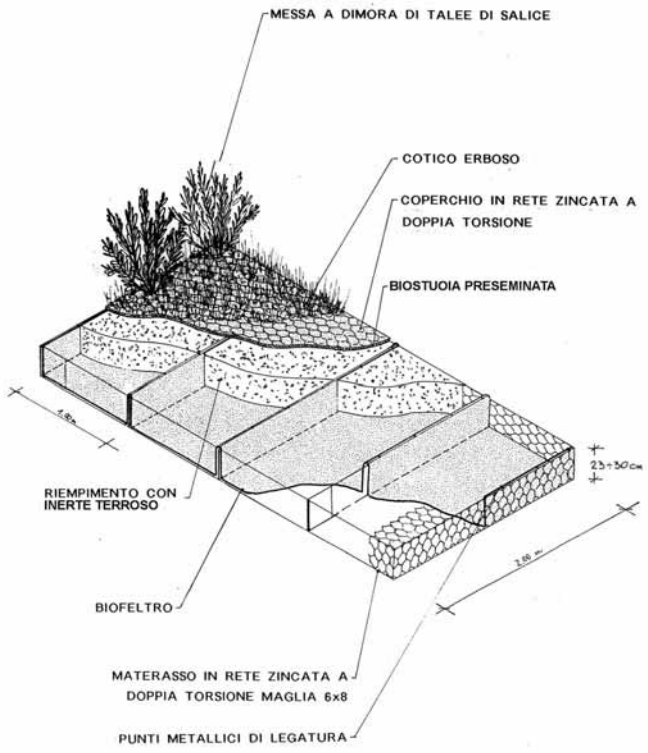
a) Geostuoie tridimensionali in materiale sintetico
b) Biostuoie - Biofeltri (paglia, cocco, fibre miste)

Rivestimento di superfici in rocce sciolte o compatte più o meno degradate superficialmente, mediante formazione di un materasso preconfezionato in rete metallica realizzato con una rete metallica zincata e plastificata a doppia torsione di maglia 8x10 cm e filo di diametro 2,7 mm, rivestito in PVC di spessore minimo di 0,4-0,5 mm. Il materasso avrà moduli di 1x 2 x 0,23 m o 2 x 4 x 0,23 m e diaframmi con interasse 1 m.
La struttura viene montata sul posto ed è rivestita internamente con stuoie o feltri organici e viene riempita con materiale inerte, terreno vegetale, ammendanti e concimanti. Il coperchio del materasso è rivestito a sua volta internamente con una stuoia organica o sintetica. I moduli e le parti dei moduli vengono tenuti assieme da punti metallici in acciaio zincato, in modo tale da costituire una struttura continua monolitica, ancorata al substrato con barre metalliche di diametro 20 mm zincate filettate, disposte in quantità di 1-2 per m^2, inserite nella roccia previa perforazione di profondità idonea a sostenere il peso del materasso e fissate mediante boiaccatura.
Le barre in ferro acciaioso zincato, devono essere filettate per consentire l'efficace appressaggio, mediante flangia e dado, del geocomposito costituito da rete e geostuoia. Il tutto debitamente teso ed ancorato.
Il materasso verrà rivegetato mediante idrosemina e messa a dimora di talee ed arbusti radicati di specie autoctone.

Rivestimento vegetativo a materasso preconfezionato	16b

Sezione tipo





Rivestimento vegetativo a materasso preconfezionato	16b

Foto

Rivestimento vegetativo a materasso *Foto G. Sauli*
Tarviso (UD), 2000

15.2 Interventi stabilizzanti

17 Messa a dimora di talee
18 Piantagione di arbusti
19 Piantagione di alberi
20 Trapianto dal selvatico di zolle erbose o ecocelle
21 Trapianto dal selvatico di cespi e rizomi
22 Viminata viva
23 Gradonata viva
24 Fascinata viva su pendio
25 Fascinata viva drenante su pendio
26 Cordonata viva
27 Cordonata orizzontale esterna viva con piloti

Messa a dimora di talee	17

Descrizione sintetica

Infissione di talee legnose e/o ramaglie di specie vegetali con capacità di propagazione vegetativa nel terreno o nelle fessure tra massi, inserimento in palificate vive, gabbioni e terre rinforzate.
E' classico l'impiego dei salici, ma anche di altre specie quali il ligustro e le tamerici, specie quest'ultima resistente a condizioni alterne di forte aridità e presenza di sali nel terreno.
Da non confondere con barbatelle e getti radicati che non consentono la lavorabilità della talea legnosa.

Campi di applicazione

Scarpate a pendenza limitata; interstizi e fessure di scogliere, muri, gabbionate, terre rinforzate; come picchetti vivi nella posa di reti, stuoie, fascinate, viminate.
Vasta applicabilità con esclusione di substrati litoidi e particolarmente xerici.

Materiali impiegati

- Getti non ramificati, di 2 o più anni, ø 2 ÷ 5 cm, L = 0,50 ÷ 0,80 m, di piante legnose in genere arbustive con capacità di propagazione vegetativa (salici) da infiggere nel terreno
- Ramaglie vive di L 1 ÷ 5 m e Ø 1-5 cm da inserire in fase di costruzione in strutture quali: palificate vive, scogliere, gabbionate, terre rinforzate
- Talee e ramaglie vive per la realizzazione di gradonate, cordonate, fascinate, viminate ecc.
- Per le tamerici vengono usate di preferenza le ramaglie in fronda mentre la talea vera e propria ha minori capacità di rigetto

Messa a dimora di talee	17

Modalità di esecuzione

- Infissione perpendicolare o leggermente inclinata delle talee nel terreno, mediante mazza in legno, previa eventuale formazione di un foro con una punta di ferro o previo taglio a punta della talea stessa
- L'infissione deve avvenire secondo il verso di crescita delle piante (parte più grossa verso il terreno)
- Dopo l'infissione o la messa in posto si pratica un taglio netto con cesoie da potatura
- Le talee devono sporgere dal terreno in genere per non più di 10-15 cm
- La densità di impianto varia a seconda della necessità di stabilizzazione (2 ÷ 10 talee per m^2)
- Qualora le talee vengano poste nelle fessure di muri o scogliere, le fessure dovranno essere intasate con materiale fine, non necessariamente terreno vegetale
- Nel caso di inserimento in materassi, gabbionate e palificate vive l'inserimento va effettuato durante il riempimento con disposizione sparsa sulla superficie dei gabbioni stessi e le talee devono avere lunghezza tale da raggiungere il terreno naturale retrostante la struttura
- Anche nelle terre rinforzate l'inserimento va effettuato durante la costruzione per consentire il massimo approfondimento (sino a 3-4 m ma almeno 1-2 m) e quindi garantire le migliori condizioni di radicazione e quindi di efficacia naturalistica e funzionale

Prescrizioni

- La densità di impianto aumenta all'aumentare della pendenza del terreno: da 2-5 talee/m^2 a 5-10 talee/m^2
- Se le talee vengono raccolte molto tempo prima della messa a dimora, dovranno essere conservate in celle frigorifere a basse temperature (4-5°C) e 90 % di umidità o sommerse in vasche di acqua fredda
- La messa a dimora va effettuata nei periodi di ripresa vegetativa con esclusione dei periodi di aridità estiva o gelo invernale

Limiti di applicabilità

Altitudine e condizioni pedoclimatiche limite relativamente alle specie impiegate.
Le varie specie di salici ad esempio coprono una vasta gamma di ambienti dal livello del mare sino ai 2000 m s.l.m. ed oltre, ma temono le condizioni di forte aridità dei climi stenomediterranei, la salinità del substrato (vicinanza al mare, terreni calanchivi), l'eccesso di ombreggiamento; le tamerici resistono meglio a tali condizioni ma non sono impiegabili a quote superiori ai 3-400 m s.l.m.

Messa a dimora di talee	17

Vantaggi

Rivegetazione e stabilizzazione di superfici di neoformazione a basso prezzo, di semplice realizzazione ed approvvigionamento, con azione puntuale inizialmente ma estesa e coprente dopo lo sviluppo (6 mesi ÷ 1-2 anni).

Svantaggi

La stabilità della scarpata e il consolidamento superficiale del terreno sono limitati sino allo sviluppo di un adeguato apparato radicale. Vanno eseguite saltuarie potature di irrobustimento e sfoltimento per evitare popolamenti monospecifici.
La intrinseca difficoltà di ritornare su opere collaudate può essere efficacemente superata programmando successivi approvvigionamenti per altre opere, prelevando appunto talee mediante potatura in aree di precedenti interventi.

Effetto

Copertura delle scarpate con cespugli.
Effetto di drenaggio (i salici sono delle vere e proprie "pompe dell'acqua") dovuto ad assorbimento e traspirazione del materiale vivo impiegato.
Più lunghe sono le talee conficcate nel terreno, maggiore è l'effetto stabilizzante/consolidante in profondità.

Periodo di intervento

Periodo di riposo vegetativo.

Possibili errori

- Talee troppo corte (lunghezza inferiore a 50-60 cm) e quindi destinate a morire per appassimento o gelo
- Diametro della talea eccessivamente piccolo (molti vivaisti sono abituati ad usare talee verdi di legni del primo anno il cui attecchimento è efficace solo in condizioni controllate)
- Periodo troppo lungo tra raccolta e messa a dimora, esposizione prolungata al sole. In genere le talee e ramaglie vanno tagliate e messe in opera in giornata
- Le talee non vengono infisse nel terreno in contropendenza rispetto alla scarpata
- Le talee vengono infisse nel verso contrario a quello di crescita
- La parte che rimane al di fuori del terreno si secca perché troppo lunga e quindi eccessivamente esposta agli agenti atmosferici (gelo, vento, sole)
- Scelta del periodo di raccolta e messa a dimora inadeguato (es. periodo di fruttificazione per i salici; periodi di aridità estiva in genere)

Messa a dimora di talee	17

Voce di Capitolato

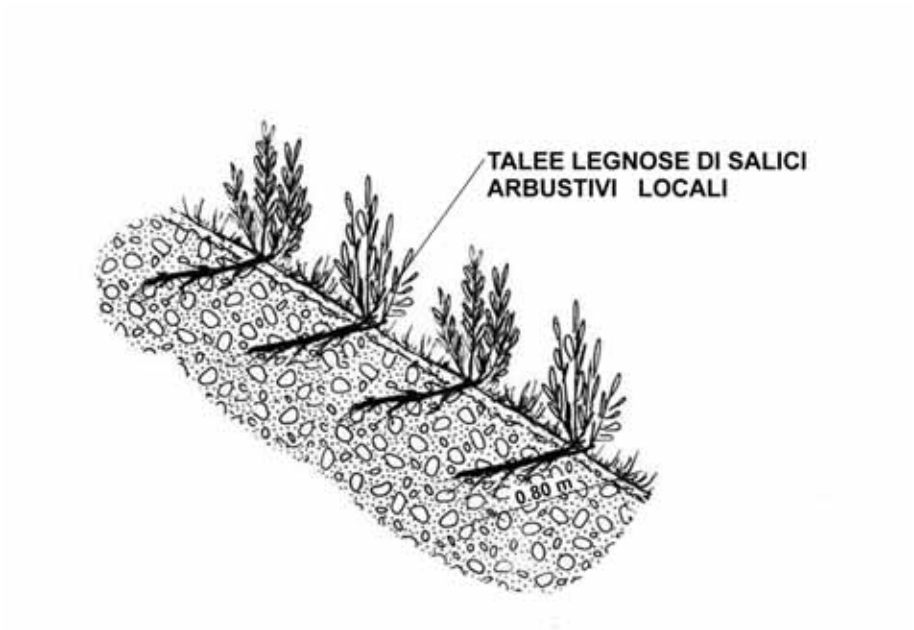
27. Messa a dimora di talee

a) Salici
b) Tamerici
c) altre specie

Fornitura e messa a dimora di talee legnose di specie arbustive idonee a questa modalità di trapianto vegetativo prelevate dal selvatico e messe a dimora nel verso di crescita previo taglio a punta e con disposizione perpendicolare o leggermente inclinata rispetto al piano di scarpata. I materiali impiegati constano di talee di due o più anni di età, L min. 50-80 cm e ∅ 2 – 5 cm e astoni (rami L 100-300 cm, dritti e poco ramificati) (Salici) e verghe e ramaglie vive (rami sottili L 1-5 metri e ∅ 1-3 cm) (Tamerici).
Le talee verranno infisse a mazza di legno o con copritesta in legno, previa eventuale apertura di un foro con punta di ferro, e dovranno sporgere al massimo per un quinto della loro lunghezza, ed in genere non più di 10-15 cm e con almeno 3 gemme fuori terra, adottando, nel caso, un taglio netto di potatura dopo l'infissione.
La densità d'impianto dovrà essere di 2-10 talee per m^2 a seconda delle necessità di consolidamento.
Le talee dovranno essere prelevate, trasportate e stoccate in modo da conservare le proprietà vegetative adottando i provvedimenti cautelativi in funzione delle condizioni climatiche e dei tempi di cantiere (copertura con teloni, immersione in acqua fredda, sotto la neve, in cella fredda-umida).
La messa a dimora dovrà essere effettuata di preferenza nel periodo invernale, con esclusione dei periodi di gelo, e a seconda delle condizioni stagionali anche in altri periodi con esclusione del periodo di fruttificazione.
La manutenzione prevederà un'attività di potatura saltuaria al fine di irrobustire gli apparati radicali e di periodici sfoltimenti per evitare popolamenti monospecifici. In seguito ad una possibile fallanza superiore al 30-40%, potrebbe rendersi necessaria un'opera di integrazione dopo 1-2 anni.

Messa a dimora di talee	17

Sezione tipo



Messa a dimora di talee	17

Foto

Messa a dimora di talee incrociate *Foto G. Sauli*
Sauris (UD), 2003

Particolare talee incrociate dopo sei mesi *Foto F. Domini*
Sauris (UD), 2003

Messa a dimora di talee	17

Gradonate vive con visione di una talea radicata *Foto G. Sauli*
S. Caterina (UD), 2004

Talea in ricaccio *Foto F. Boccalaro*
Cadibona, 1999

Piantagione di arbusti	18

Descrizione sintetica

Messa a dimora di giovani arbusti autoctoni in zolla o in vasetto, di produzione vivaistica.
La messa a dimora avviene in buche appositamente predisposte e di dimensioni opportune ad accogliere l'intera zolla o tutto il volume radicale della pianta. La piantagione deve avvenire secondo un sesto d'impianto irregolare e con specie diverse disposte a mosaico.
Per i primi anni le piante devono essere dotate di palo tutore, pacciamatura alla base per ridurre la concorrenza con le specie erbacee e cilindro in rete per protezione dalla fauna. Il trapianto a radice nuda, molto usato nell'Europa centrale ed anche nelle zone alpine italiane è poco proponibile nelle regioni centro-meridionali, Lazio incluso.

Campi di applicazione

Superfici a bassa pendenza con presenza di suolo organico.
Nei terreni privi di tale sostanza è opportuno preparare delle buche nel substrato minerale e riempirle con una certa quantità di terreno vegetale, fibra organica e fertilizzanti atte a garantire l'attecchimento delle piante; in tali terreni sarà comunque da preferire la scelta di piante a comportamento pioniero degli stadi corrispondenti della serie dinamica potenziale naturale del sito.
Gli arbusti sono anche da abbinare con le stuoie, rivestimenti vari, grate e palificate, terre rinforzate ecc.

Materiali impiegati

- Arbusti da vivaio in zolla o contenitore; altezza compresa tra 0,30 e 0,80 m
- Dischi pacciamanti, o strato di corteccia di pino, al fine di limitare la concorrenza con le specie erbacee
- Pali tutori
- Reti di protezione antifauna

Modalità di esecuzione

- Allontanamento dei materiali non idonei
- Formazione di buche di dimensioni prossime a quelle dell'apparato radicale o della zolla
- Eventuale apporto di terreno vegetale, fibra organica, fertilizzanti ed ammendanti
- Posizionamento dell'arbusto nella buca
- Copertura della buca con il terreno
- Rincalzo e formazione di invito per la raccolta d'acqua o per l'allontanamento della stessa a seconda delle condizioni pedo–climatiche
- Pacciamatura con biofeltri, dischi pacciamanti, corteccia di resinose, ecc.

Piantagione di arbusti	18

Prescrizioni

- Se a radice nuda, l'intervento deve essere effettuato esclusivamente durante il periodo di riposo vegetativo
- Le specie devono essere autoctone e provenire da materiale da propagazione locale

Limiti di applicabilità

Assenza di terreno vegetale; eccesso di ombreggiamento; eccesso di aridità estiva.

Vantaggi

Esecuzione semplice, tecnica nota a qualsiasi impresa del verde.

Svantaggi

La stabilizzazione del terreno è limitata sino allo sviluppo di un adeguato apparato radicale e quindi tale condizione deve inizialmente essere garantita da altro materiale o tecnica.
Nei primi anni necessitano di cure colturali.

Effetto

Con il tempo si forma un fitto reticolo radicale e una copertura vegetale di protezione dall'erosione.
Aumenta la biodiversità, grazie anche all'instaurarsi di un ambiente idoneo ad ospitare numerose specie animali.

Periodo di intervento

Piante a radice nuda: durante il periodo di riposo vegetativo.
Piante in zolla o contenitore: anche durante il periodo vegetativo con esclusione dei periodi di aridità estiva e di gelo invernale.

Possibili errori

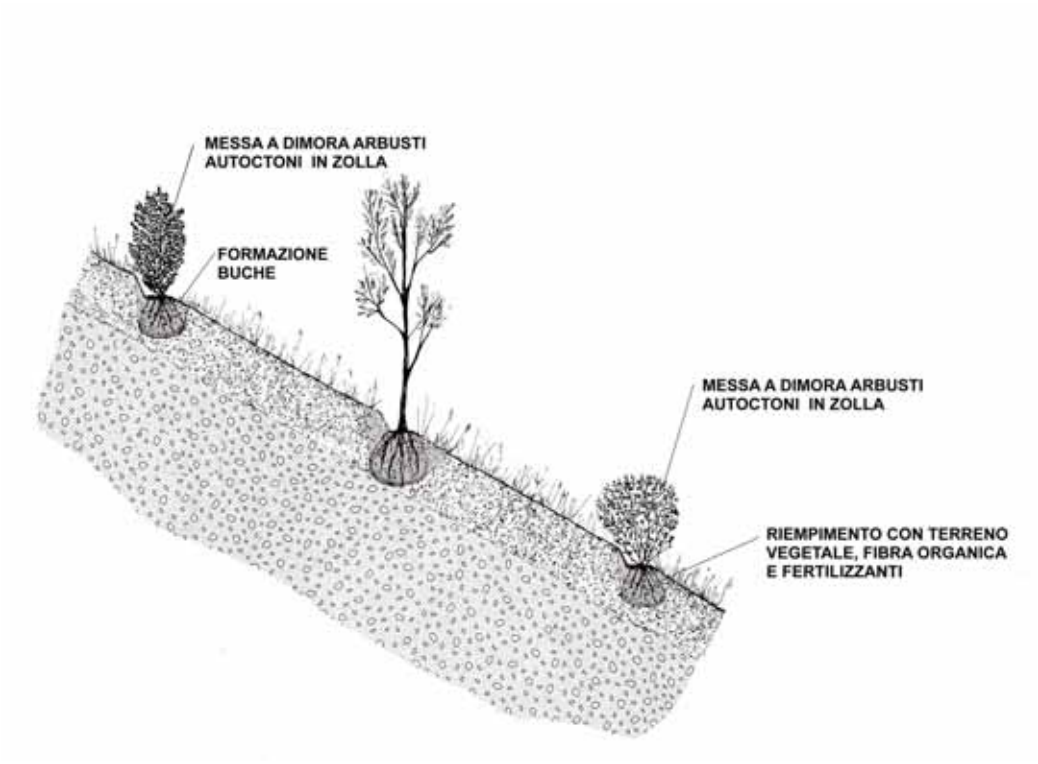
- Scelta errata delle specie rispetto alle condizioni pedo-climatiche, con conseguente elevata percentuale delle fallanze
- Scelta errata del periodo di posa del materiale vegetale vivo
- Mancate cure colturali iniziali (in genere necessita irrigazione di soccorso iniziale)
- Specie non autoctona o non proveniente da materiale da propagazione locale

Piantagione di arbusti	18

Voce di Capitolato
28. Piantagione di arbusti a) a radice nuda b) in zolla c) in contenitore d) in fitocella L'azione di rinforzo della vegetazione arbustiva si esercita a profondità variabili da qualche decimetro fino a circa 1,5 m. Su superfici di bassa pendenza tale tecnica può essere applicata anche da sola; su superfici più ripide può essere abbinata ad altri tipi di intervento per integrarne gli effetti stabilizzanti. In quest'ultimo caso gli arbusti sono messi a dimora insieme all'impiego di talee, stuoie, rivestimenti vari, grate, palificate, terre rinforzate, ecc. Si tratta della fornitura e messa a dimora di arbusti autoctoni da vivaio, con certificazione di origine del seme, in ragione di 1 esemplare ogni 2-10 m^2 aventi altezza minima compresa tra 0,30 e 1,20 m, previa formazione di buca con mezzi manuali o meccanici di dimensioni prossime al volume radicale per la radice nuda o dimensioni doppie nel caso di fitocelle, vasetti o pani di terra. Il terreno deve riempire la buca fino al colletto della pianta e deve essere compattato in modo che la pianta opponga resistenza all'estrazione. Successivamente, viene formata una piccola concavità intorno all'arbusto per una migliore captazione dell'acqua o un invito per l'allontanamento della stessa a seconda delle condizioni pedoclimatiche. Nella disposizione a siepe la quantità dovrà essere stimata al metro lineare, normalmente da 3 a 10 arbusti per metro. Si intendono inclusi: - l'allontanamento dei materiali di risulta dello scavo se non idonei; - il riporto di fibre organiche quali paglia, torba, cellulosa, ecc. nella parte superiore del ricoprimento, non a contatto con le radici della pianta; - il rincalzo con terreno vegetale con eventuale invito per la raccolta d'acqua o l'opposto a seconda delle condizioni pedoclimatiche della stazione; - la pacciamatura in genere con dischi o biofeltri ad elevata compattezza o strato di corteccia di resinose per evitare il soffocamento e la concorrenza derivanti dalle specie erbacee. Le piante a radice nuda potranno essere trapiantate solo durante il periodo di riposo vegetativo, mentre per quelle in zolla, contenitore o fitocella il trapianto potrà essere effettuato anche in altri periodi tenendo conto delle stagionalità locali e con esclusione dei periodi di estrema aridità estiva o gelo invernale. Nei primi anni potrebbero essere necessari un'irrigazione di soccorso e dei risarcimenti per fallanze, maggiori se sono stati utilizzati arbusti a radice nuda o reperiti in loco. Nell'arco di 3-7 anni sono da prevedere interventi ordinari di potatura sulle sponde per mantenere flessibili i rami e non creare ingombro nell'alveo. Nelle zone soggette a siccità estiva prolungata, va valutata la possibilità di impiegare ritenitori idrici a base di polimeri, il cui impiego però presenta le note controindicazioni legate alla pressione osmotica (il polimero estrae acqua dalle radici) se non viene ripristinata l'irrigazione nel momento giusto.

Piantagione di arbusti	18

Sezione tipo



Piantagione di arbusti	18

Foto

Particolare messa a dimora di arbusti con reti antifauna *Foto G. Sauli*
Carso triestino (TS), 2003

Piantagione di arbusti	18

Messa a dimora di arbusti *Foto G. Sauli*
Loc. Waldbach (BZ), 2004

Stabilizzazione di scarpate mediante messa a dimora di arbusti della gariga mediterranea *Foto G. Sauli*
Campo Pisano (CA), 2003

Piantagione di arbusti	18

Messa a dimora di arbusti *Foto P. Cornelini*
Villa Santo Stefano (FR)

Arbusti pronti per la messa a dimora *Foto MAGGI*
Falvaterra (FR)

Piantagione di arbusti	18

Messa a dimora di arbusti mediterranei *Foto P. Cornelini*
Spigno Saturnia (LT)

Piantagione di alberi	19

Descrizione sintetica

Messa a dimora di giovani alberi autoctoni in zolla o in vasetto, di produzione vivaistica. La messa a dimora avviene in buche appositamente predisposte e di dimensioni opportune ad accogliere l'intera zolla o tutto il volume radicale della pianta. La piantagione deve avvenire secondo un sesto d'impianto irregolare e con specie diverse disposte a mosaico. Per i primi anni le piante devono essere dotate di palo tutore, pacciamatura alla base per ridurre la concorrenza con le specie erbacee e cilindro in rete per protezione dalla fauna. Il trapianto a radice nuda, molto usato nell'Europa centrale ed anche nelle zone alpine italiane è poco proponibile nelle regioni centro-meridionali, Lazio incluso.

Campi di applicazione

Superfici a bassa pendenza con presenza di suolo organico.
Nei terreni privi di tale sostanza è opportuno preparare delle buche nel substrato minerale e riempirle con una certa quantità di terreno vegetale, fibra organica e fertilizzanti atti a garantire l'attecchimento delle piante; in tali terreni sarà comunque da preferire la scelta di piante a comportamento pioniero degli stadi corrispondenti della serie dinamica potenziale naturale del sito.
Gli alberi possono essere abbinati con le stuoie e rivestimenti vari, mentre non vanno assolutamente abbinati a grate e palificate, terre rinforzate ecc. per ovvi motivi di incompatibilità degli alberi nello stadio adulto con tali strutture.

Materiali impiegati

- Alberi da vivaio in zolla o contenitore; altezza compresa tra 0,50 e 2 m
- Dischi pacciamanti, o strato di corteccia di pino, al fine di limitare la concorrenza con le specie erbacee
- Pali tutori
- Reti di protezione antifauna

Piantagione di alberi	19

Modalità di esecuzione

- Allontanamento dei materiali non idonei
- Formazione di buche di dimensioni prossime a quelle dell'apparato radicale o della zolla
- Eventuale apporto di terreno vegetale, fibra organica, fertilizzanti ed ammendanti
- Posizionamento dell'albero nella buca
- Copertura della buca con il terreno
- Rincalzo e formazione di invito per la raccolta d'acqua o per l'allontanamento della stessa a seconda delle condizioni pedo–climatiche
- Posizionamento del palo tutore e legatura del fusto
- Pacciamatura con biofeltri, dischi pacciamanti, corteccia di resinose, ecc.

Prescrizioni

Se a radice nuda, l'intervento deve essere effettuato esclusivamente durante il periodo di riposo vegetativo.

Limiti di applicabilità

Assenza di terreno vegetale; eccesso di ombreggiamento; eccesso di aridità estiva.

Vantaggi

Esecuzione semplice, tecnica nota a qualsiasi impresa del verde.

Svantaggi

La stabilizzazione del terreno è limitata sino allo sviluppo di un adeguato apparato radicale e quindi tale condizione deve inizialmente essere garantita da altro materiale o tecnica.
Nei primi anni necessitano di cure colturali.

Effetto

Con il tempo si forma un robusto reticolo radicale e una copertura vegetale di protezione dall'erosione.
Aumenta la biodiversità, grazie anche all'instaurarsi di un ambiente idoneo ad ospitare numerose specie animali.

Piantagione di alberi	19

Periodo di intervento

Piante a radice nuda: durante il periodo di riposo vegetativo.
Piante in zolla o contenitore: anche durante il periodo vegetativo con esclusione dei periodi di aridità estiva e di gelo invernale.

Possibili errori

- Scelta errata delle specie rispetto alle condizioni pedo-climatiche, con conseguente elevata percentuale delle fallanze
- Scelta errata del periodo di posa del materiale vegetale vivo
- Mancate cure colturali iniziali (in genere necessita irrigazione di soccorso iniziale)
- Uso di specie non autoctone o non derivanti da materiale da propagazione locale

Piantagione di alberi	19

Voce di Capitolato

29. Piantagione di alberi

a) a radice nuda
b) in zolla
c) in contenitore
d) in fitocella

Fornitura e messa a dimora di alberi autoctoni da vivaio, con certificazione di origine del seme, in ragione di 1 esemplare ogni 5-30 m^2, aventi altezza minima compresa tra 0,50 e 1,50 m, previa formazione di buca con mezzi manuali o meccanici di dimensioni prossime al volume radicale per la radice nuda o doppie nel caso di fitocelle, vasetti o pani di terra. Il terreno deve riempire la buca fino al colletto della pianta e deve essere compattato in modo che la pianta opponga resistenza all'estrazione. Successivamente viene formata una piccola concavità intorno all'arbusto per una migliore captazione dell'acqua o un invito per l'allontanamento della stessa a seconda delle condizioni pedoclimatiche.

Si intendono inclusi:

- l'allontanamento dei materiali di risulta dello scavo se non idonei;
- il riporto di fibre organiche quali paglia, torba, cellulosa, ecc. nella parte superiore del ricoprimento, non a contatto con le radici della pianta;
- il rincalzo con terreno vegetale con eventuale invito per la raccolta d'acqua o l'opposto a seconda delle condizioni pedoclimatiche della stazione;
- la pacciamatura in genere con biofeltri ad elevata compattezza o strato di corteccia di resinose per evitare il soffocamento e la concorrenza derivanti dalle specie erbacee;
- 1 o più pali tutori.

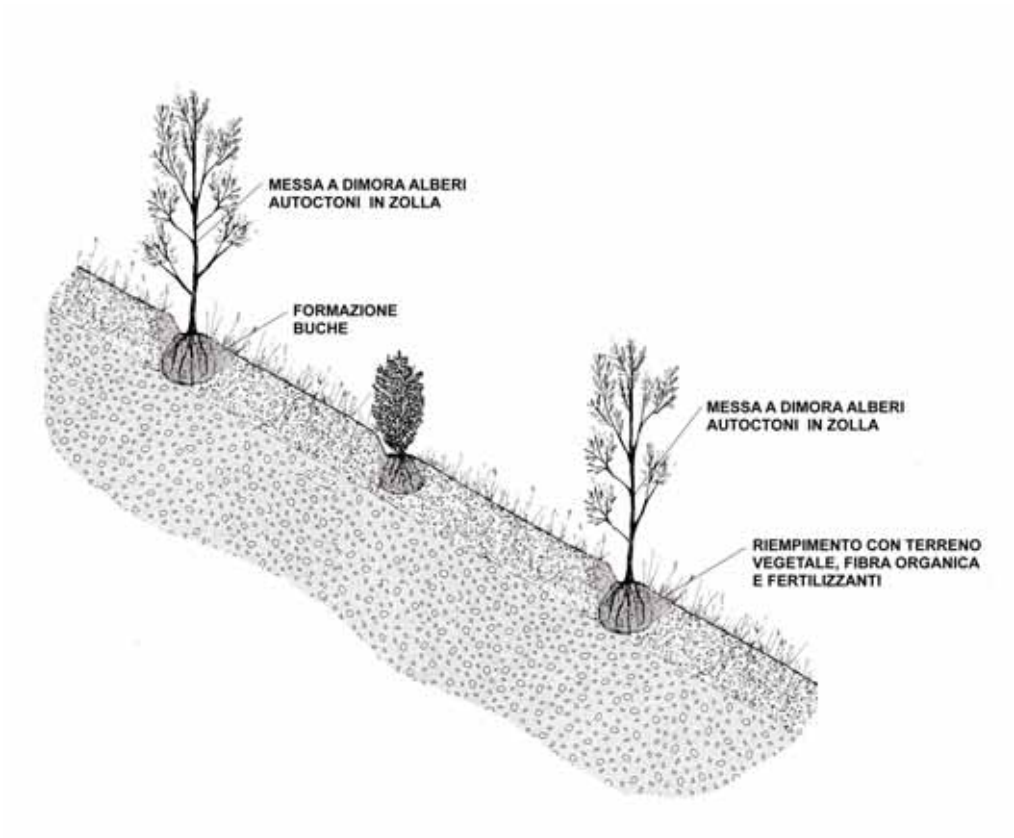
Le piante a radice nuda, utilizzabili prevalentemente in ambito montano, potranno essere trapiantate solo durante il periodo di riposo vegetativo, mentre per quelle in zolla, vasetto o fitocella il trapianto potrà essere effettuato anche in altri periodi, tenendo conto delle stagionalità locali e con esclusione dei periodi di estrema aridità estiva o gelo invernale.

Nei terreni privi di suolo organico sarà necessario preparare delle buche nel substrato minerale e riempirlo con una certa quantità di terreno vegetale, fibra organica e fertilizzanti atti a garantire l'attecchimento delle piante; in tali terreni sarà comunque da preferire la scelta di piante a comportamento pioniero della serie dinamica della vegetazione potenziale del sito.

Nei primi anni potrebbe essere necessaria un'irrigazione di soccorso e dei risarcimenti per fallanze, maggiori se sono stati utilizzati alberi a radice nuda.

Piantagione di alberi	19

Sezione tipo



Piantagione di alberi	19

Foto

Particolare messa a dimora di larici *Foto G. Sauli*
Loc. Waldbach (BZ), 2004

Messa a dimora di specie arboree (larici) *Foto G. Sauli*
Loc. Waldbach (BZ), 2004

Piantagione di alberi	19

Messa a dimora di alberi tra palizzate morte *Foto G. Sauli*
Loc. Coccau - Tarvisio (UD), 2003

Messa a dimora di alberi *Foto P. Cornelini*
Mandela (RM)

Trapianto dal selvatico di zolle erbose o ecocelle	20

Descrizione sintetica

Porzioni di vegetazione autoctona, delle dimensioni di 0,5-1 m^2, composte dal terreno compenetrato di radici, vegetazione erbacea, pedofauna e microrganismi, vengono prelevate dal selvatico e successivamente trapiantate in più punti di aree denudate e prive di vegetazione.
In tal modo viene dislocato un intero microhabitat; dalle ecocelle trapiantate a mosaico, con funzione di serbatoio genetico di diffusione e inoculo, partirà il processo di colonizzazione dell'intera superficie.

Campi di applicazione

Vaste aree con suoli polimineralì in superficie, privi di sostanza organica e di difficile rivegetazione.
Ampie superfici scarnificate o denudate, in cave, miniere, siti industriali da bonificare, ecc.

Materiali impiegati

- Mezzo meccanico atto a prelevare e trasportare zolle di almeno 1 m^2
- Zolle intere di manto erboso, comprendente sia parte epigea che ipogea
- Picchetti o geotessili
- Terreno vegetale e semina di rincalzo

Modalità di esecuzione

- Formazione di buche atte a ospitare zolle di diametro 1 m^2
- Prelievo dal selvatico di zolle di 1 m^2 comprendenti sia la parte aerea della vegetazione che quella radicale
- Trasporto della zolla fino alle buche appositamente approntate
- Inserimento della zolla nella buca
- Sistemazione della zolla e riempimento dei vuoti con terreno vegetale
- Irrigazione della superficie
- Eventuale ancoraggio con picchetti o geotessili
- Semine di raccordo tra una zolla e l'altra

Trapianto dal selvatico di zolle erbose o ecocelle	20

Prescrizioni

- Il prelievo e il trapianto dal selvatico vanno effettuati a macchina mediante asporto diretto di una grossa zolla di massimo 1 m^2 in genere radicata da 1 o più arbusti e numerose specie erbacee
- La zolla deve essere riposizionata in apposita buca di uguale dimensione nel più breve tempo possibile o essere messa a stoccaggio impilando più zolle o immagazzinandole in letti di sabbia
- Il materiale va reperito nei pressi del luogo di intervento per garantire la provenienza autoctona delle specie
- Tra una zolla e l'altra vanno effettuate semine di raccordo delle superfici denudate con eventuale impiego di inoculi batterici e micorrizici per consentire anche lo sviluppo delle leguminose e favorire i processi di organicazione del suolo

Limiti di applicabilità

Le superficie da rivestire non devono avere pendenze elevate e non deve essere presente alcun movimento del corpo terroso.

Vantaggi

La tecnica consente di evitare la fase critica della germinazione tipica nelle semine, inoltre le specie introdotte sono rapidamente edificatrici.
Tecnica impiegata nei casi in cui è difficile reperire materiale vegetale autoctono o difficilmente riproducibile per semina.

Svantaggi

La radicazione nei primi tempi non è così profonda come avviene per le specie nate da seme.
La rivegetazione è puntuale, rimangono pertanto libere aree soggette a erosione.

Effetto

Introduzione in vaste aree completamente denudate di parte di habitat in grado di sostenersi e avviare una rapida ed efficace ricolonizzazione del terreno, sia a livello di piante (fanerogame) che di microrganismi.
L'effetto finale è quello di un mosaico composto da zolle trapiantate e aree nude.

Trapianto dal selvatico di zolle erbose o ecocelle	20

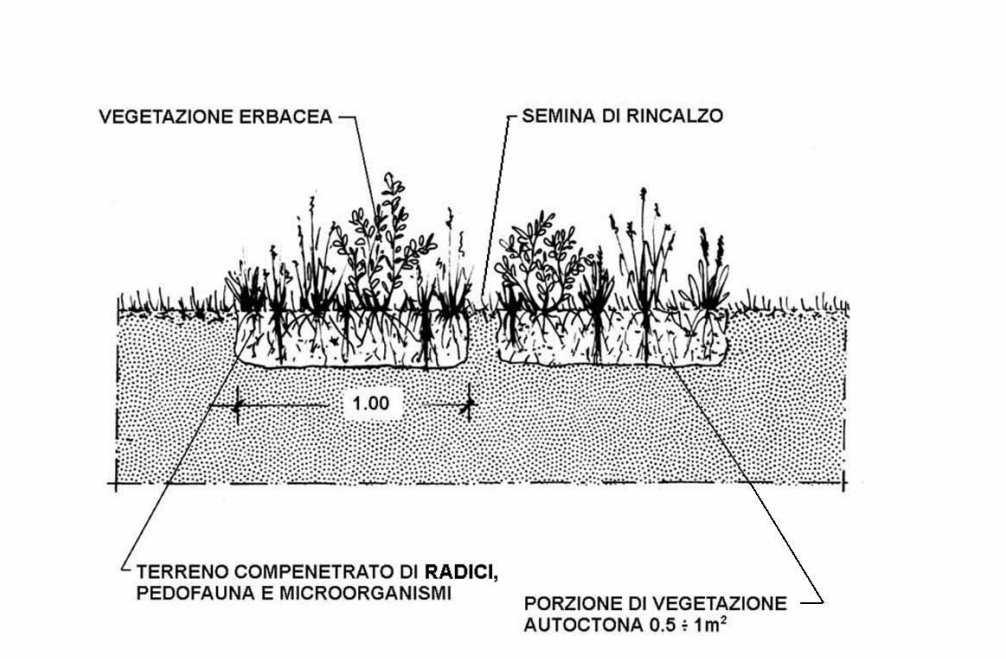
Periodo di intervento
Il trapianto deve essere effettuato all'inizio o al termine del periodo di riposo vegetativo.
Possibili errori

Trapianto dal selvatico di zolle erbose o ecocelle	20

Voce di Capitolato
31. Trapianto dal selvatico di intere ecocelle Trapianto di intere porzioni di vegetazione autoctona di 0,5-1 m^2, con il terreno compenetrato dalle radici. Attraverso lo spostamento di un'intera comunità vivente si possono creare delle isole verdi in aree prive di vegetazione; da questi punti isolati (ecocelle) partirà il processo di colonizzazione dell'area. Il principale vantaggio di questo tipo di intervento sta nel fatto che si trapiantano contemporaneamente la comunità vegetale - costituita da piante erbacee, suffrutici e arbusti singoli o a cespo - la pedofauna ed i microrganismi del terreno (funghi e batteri) così importanti nei processi di decomposizione e di mineralizzazione della sostanza organica. Il prelievo ed il trasporto verranno eseguiti a macchina e la collocazione in aree a ciò predisposte dovrà avvenire il più rapidamente possibile. L'attecchimento migliore si avrà durante lo stadio di riposo vegetativo. Il trapianto di ecocelle va effettuato in concomitanza di scavi, ad esempio minerari, che prevedono vaste superfici di scotico ed altrettante di ripristino. Le porzioni di scarpata tra le ecocelle verranno ricoperte di terreno vegetale che verrà seminato con miscele normali, in attesa della ricolonizzazione da parte delle specie autoctone sia vegetali che animali contenute nelle ecocelle stesse.

Trapianto dal selvatico di zolle erbose o ecocelle	20

Sezione tipo



Trapianto dal selvatico di zolle erbose o ecocelle	20

Foto

Trapiano zolle erbose *Foto G. Sauli*
Osoppo (UD), 2004

Trapiano zolle di *Phragmites* ed altre specie acquatiche *Foto G. Sauli*
Lago Maggiore (Locarno - CH), 2004

Trapianto dal selvatico di cespi e rizomi	21

Descrizione sintetica

Tecnica utilizzata per la propagazione delle specie di difficile reperimento in commercio e di difficile propagazione per seme, come *Phragmites australis* e *Typha* in zone palustri, graminacee selvatiche di vari generi e specie in zone montane.
Dal selvatico vengono prelevati rizomi e cespi in pezzi di alcuni centimetri. Questi vengono posti a dimora sul terreno e poi ricoperti con uno strato leggero di terreno, onde evitarne il disseccamento.

Campi di applicazione

Scarpate stradali o ferroviarie di neoformazione, in rilevato o in trincea.
Zone minerarie o di cava.
Stazioni estreme di alta montagna dove il periodo vegetativo è più breve.
Paludi costiere salmastre.
Aree caratterizzate da scarsa vegetazione e le cui sementi non sono reperibili in commercio.
Ambienti igrofili e substrati non drenanti.

Materiali impiegati

- Pezzi di rizomi di lunghezza 10-15 cm di specie vegetali adatte, prelevate dal selvatico (ad es. *Phragmites australis, Phalaris arundinacea*)
- Pani di terra di dimensioni 30 x 30 x 20 cm circa o porzioni di fango di canneto (*Phragmites australis)*
- Cespi di erbe graminoidi e non, che sviluppano più cauli e quindi possono essere suddivise in più pezzi, in grado di riprodursi vegetativamente (ad es. *Ampelodesmos mauritanicus, Oryzopsis miliacea, Carex pendula*)

Trapianto dal selvatico di cespi e rizomi	21

Modalità di esecuzione

- Prelievo dal selvatico di specie con rizomi e loro frammentazione
- Deposizione dei pezzi di rizoma sul terreno con una densità di impianto variabile a seconda della specie impiegata (in genere 3-5 pezzi per m^2)
- Ricopertura con un sottile strato di terra
- da zone paludose può spesso essere conveniente prelevare con mezzo meccanico parti superficiali di canneto con relativo substrato fangoso da spargere sulle superfici da ricolonizzare
- Dal selvatico possono essere prelevati anche cespi, da sistemare in buche poco profonde
- Per alcune specie vegetali è possibile ottenere talee di rizomi (rizomi fittonanti), da piantare verticalmente nel terreno
- Per le specie vegetali stolonifere, spesso di difficile reperimento in commercio, è possibile, partendo da un cespo, ottenere per suddivisione gli stoloni e i culmi con relative radici, poi coltivati in vivaio e quindi impiantati

Prescrizioni

- Rizomi e cespi devono di regola essere impiegati immediatamente dopo il prelievo. Possono essere immagazzinati per breve tempo in un luogo fresco (es. sotto uno strato di sabbia umida)
- Rispetto del periodo di intervento (in genere periodo invernale o in zone montane autunno-primavera)

Limiti di applicabilità

Ambienti eccessivamente drenanti ed aridi o viceversa con ristagni d'acqua per periodi eccessivamente lunghi.

Vantaggi

Introduzione di specie rapidamente edificatrici e di difficile reperimento commerciale.
Possibilità di sfruttare materiale reperibile nei pressi del luogo di intervento.
Viene evitata la fase critica della germinazione tipica delle semine.
Impiego in condizioni ambientali estreme, laddove il prelievo dal selvatico non vada ad arrecare danno ai biotopi esistenti.
Riutilizzo di associazioni vegetali non riproducibili artificialmente.

Trapianto dal selvatico di cespi e rizomi	21

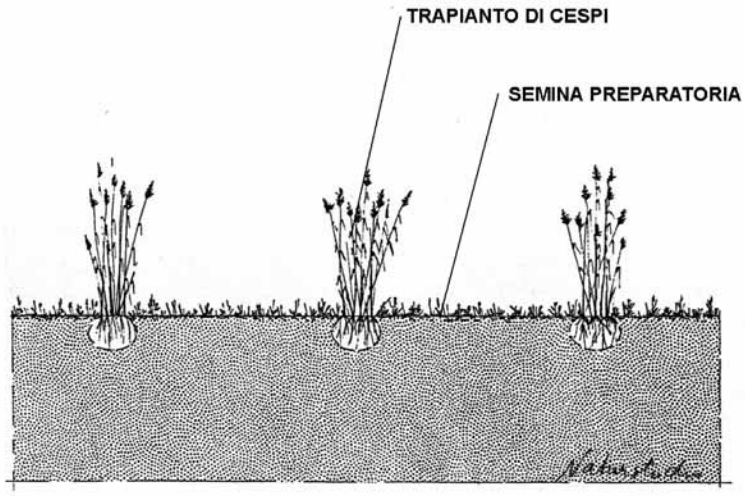
Svantaggi
Elevato consumo di materiale, lavoro lungo e impegnativo. E' possibile introdurre anche specie indesiderate.
Effetto
Immediata copertura vegetale, più efficace rispetto a quella ottenibile con la semplice semina.
Periodo di intervento
Trapianto all'inizio o al termine del periodo di riposo vegetativo.
Possibili errori
Scelta errata del periodo per la posa di materiale vegetale vivo.

Trapianto dal selvatico di cespi e rizomi	21

Voce di Capitolato
33. Trapianto di rizomi e di cespi a) divisi b) sminuzzati Prelievo dal selvatico di rizomi, stoloni e cespi di graminacee ed altre specie idonee in pezzi di circa 10-15 cm e loro piantagione (per i rizomi fittonanti ad es. *Phragmites*) per circa 4 cm o deposizione sul terreno sminuzzati od interi e ricopertura con un leggero strato di terreno vegetale per evitarne il disseccamento. Il trapianto va eseguito all'inizio o al termine del periodo di riposo vegetativo in ragione di 3-5 pezzi per m^2. Tale tecnica va utilizzata per la riproduzione di specie non esistenti in commercio e di difficile riproduzione per seme. La moltiplicazione può essere effettuata anche tramite vivaio e successivo trapianto, utilizzando contenitori a bivalve in cui vengono inseriti frammenti di cespi dalle graminacee selvatiche, che vengono ritrapiantati dopo un ciclo di sviluppo nelle aree da colonizzare.

Trapianto dal selvatico di cespi e rizomi	21

Sezione tipo



Viminata viva	22

Descrizione sintetica

Verghe di specie legnose con capacità di propagazione vegetativa, intrecciate attorno a paletti di legno.
Le viminate possono essere realizzate a file parallele lungo il versante oppure possono essere disposte diagonalmente a formare rombi, qualora sia necessario trattenere il terreno vegetale e ridurre il ruscellamento superficiale dell'acqua lungo il pendio.

Campi di applicazione

Versanti soggetti a movimento superficiale del terreno o a modesti franamenti ed erosioni.

Materiali impiegati

- Verghe elastiche di specie legnose, adatte all'intreccio e con capacità di propagazione vegetativa (salici, tamerici), poco ramificate, L min. 1,50 m e ø alla base non inferiore ai 3 – 4 cm
- Paletti in legno di resinosa o castagno ø 8 ÷15 cm L = 1,00 ÷ 1,50 m
- Filo di ferro cotto

Modalità di esecuzione

- Formazione di solchi profondi circa 30 cm
- Infissione dei paletti in legno lungo il versante, in modo tale che rimangano fuori terra circa 50 cm (o per i 2/3 della loro lunghezza), e con interasse massimo di 1,00 m
- Infissione dei picchetti in ferro, L = 40 ÷ 50 cm, interasse circa 30 cm
- Intreccio, attorno ai paletti e ai picchetti, di 3 – 7 verghe elastiche di specie con capacità di propagazione vegetativa, una sopra l'altra e ben appressate verso il basso
- Legatura delle verghe ai paletti mediante filo di ferro
- Ricopertura del solco con il terreno di scavo e rincalzo sia a monte che a valle della viminata, in modo tale che almeno le verghe inferiori risultino essere interrate (per un'altezza min. di 10 cm sotto terra e per un'altezza di 15 ÷ 25 cm fuori terra)
- I paletti non dovranno sporgere più di 5 cm sopra l'intreccio
- Le viminate possono essere realizzate a file parallele con interasse 1,2 ÷ 2,00 m oppure possono essere disposte diagonalmente a formare rombi, qualora sia necessario trattenere il terreno vegetale e ridurre il ruscellamento superficiale dell'acqua lungo il pendio

Viminata viva	22

Prescrizioni

- Le verghe al di sopra del terreno disseccano e muoiono
- L'effetto consolidante si ha solamente nel caso di viminate interrate e seminterrate per ridurre i fenomeni di sottoerosione e scalzamento
- Tecnica indicata per piccoli smottamenti e necessità di rapido effetto meccanico di trattenuta del terreno superficiale
- Per evitare fenomeni di ombreggiamento tra una fila e l'altra, viene preferita una disposizione a file inclinate rispetto al pendio, nel rispetto delle direzioni di deflusso superficiale delle acque

Limiti di applicabilità

La tecnica è prevalentemente indicata per versanti interessati da franamenti di piccola entità. Tecnica non utilizzabile su terreni sassosi o rocciosi.

Vantaggi

Rapida stabilizzazione sino a 50 cm di altezza; immediato contenimento del materiale; tecnica adattabile alla morfologia del versante.

Svantaggi

Lavoro che richiede notevole mano d'opera; non sempre sono reperibili verghe lunghe ed elastiche da intrecciare in quantità sufficiente; la radicazione è modesta rispetto alle quantità di materiale utilizzato.
Spesso accade che i paletti vengano spezzati per un eccessivo carico da monte o a causa dei sassi che precipitano dall'alto. In tal caso si rendono necessarie opere manutentive, sostituzione dei paletti spezzati.

Effetto

Consolidamento immediato degli strati superficiali di terreno, che migliora quando le verghe emettono radici.

Periodo di intervento

Durante il periodo di riposo vegetativo.

Viminata viva	22

Possibili errori
• Riporto di quantità insufficiente di terreno a tergo della viminata • Scelta errata del periodo per la posa di materiale vegetale vivo

Viminata viva	22

Voce di Capitolato

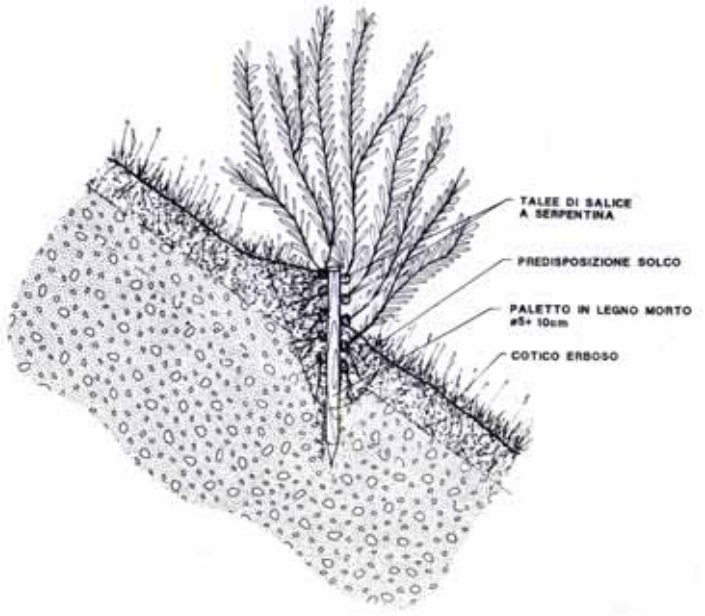
36. Viminata viva

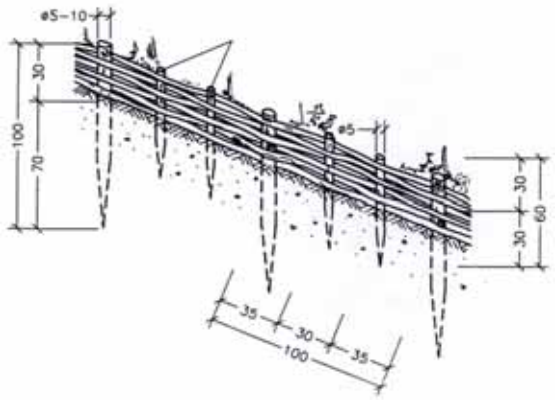
a) viminata viva
b) viminata viva con disposizione romboidale
c) viminata viva seminterrata

Stabilizzazione di pendio o scarpata mediante viminata formata da paletti di legno (Larice, Castagno, ecc.) di ∅ 3 - 10 cm o di ferro ∅ 12 - 14 mm, di lunghezza 80 - 100 cm infissi nel terreno lasciando una altezza fuori terra di 15 - 25 cm, alla distanza di 1 - 3 m uno dall'altro, intervallati ogni 30 cm da paletti o talee vive di 40-50 cm, collegati da verghe di salice vivo o altra specie legnosa con capacità di propagazione vegetativa, con l'estremità conficcata nel terreno, di almeno 150 cm di lunghezza, intrecciate sui paletti principali e secondari e legate con filo di ferro per un'altezza di 15 - 25 cm fuori terra ed una parte interrata di almeno 10 cm (l'infossamento ed il contatto con il terreno consentono il migliore attecchimento e radicazione delle piante e riducono i rischi di scalzamento della struttura). Le viminate verranno disposte sui pendii a file parallele distanti da 1,2 a 2 m. Delle varianti sono costituite da file diagonali a formare rombi o quadrati che aumentano la capacità antierosiva e dalla disposizione seminterrata in solchetti di 20 cm circa onde aumentare la percentuale di attecchimento in substrati aridi e aumentare l'effetto antiruscellamento. La messa in opera potrà avvenire solo durante il periodo di riposo vegetativo.
In caso di necessità, durante i primi mesi dopo l'intervento, può risultare necessario provvedere alla rincalzatura delle viminate scoperte per evitare gravi fallanze nell'attecchimento.

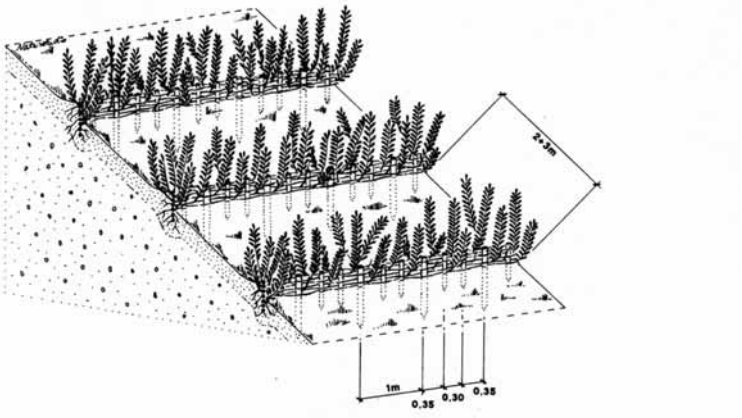
Viminata viva	22

Sezione tipo e particolari





Viminata viva	22



Viminata viva	22

Foto

Particolare viminata viva *Foto G. Sauli*

Viminata viva su discarica di inerti *Foto V. Zago*
Gemona (UD), 1999

Viminata viva	22

Viminate vive
Falvaterra (FR)

Foto MAGGI

Gradonata viva	23

Descrizione sintetica

Scavo di gradoni o terrazzamenti a file parallele su pendii con messa a dimora all'interno del gradone di ramaglia di piante legnose con capacità di riproduzione vegetativa (salici, tamerici, ecc.) e/o piante radicate di latifoglie e successiva copertura con materiale proveniente dagli scavi superiori.

Campi di applicazione

Pendii incoerenti e stabilizzazione di frane in materiale morenico o alluvionale.

Materiali impiegati

- Rami di specie con capacità di ricaccio (a)
- Latifoglie radicate (b) di 2 – 3 anni

Modalità di esecuzione

- Scavo di un gradone con profondità da 0,5 a 1,00 m e contropendenza interna di 5°-10° e trasversale di 10°
- Posizionamento all'interno dello scavo di 10-20 talee e/o 5-10 piantine radicate per metro
- Riempimento dello scavo con il materiale proveniente dal gradone superiore, realizzato a una distanza dal precedente variabile a seconda della pendenza della scarpata (da 1 a 3 m), assicurando il riempimento degli spazi tra i rami
- Tra un gradone e l'altro viene eseguita una semina

N.B.: è preferibile procedere lungo il pendio per fasce di circa 10 m dal basso verso l'alto

Prescrizioni

- Esecuzione manuale: dal basso verso l'alto
- Esecuzione a macchina: dall'alto verso il basso
- Le talee e gli astoni devono sporgere dal terreno per 10-15 cm
- Talee e astoni disposti incrociati all'interno dello scavo assicurano una radicazione maggiore
- Le piante radicate devono essere di specie vegetali resistenti all'inghiaiamento
- La distanza tra le file dipende da pendenza, altezza e stabilità della scarpata (da 1 a 3 m)
- Le gradonate saranno orizzontali su scarpate asciutte, oblique su scarpate umide

Gradonata viva	23

Limiti di applicabilità
Pendenza massima versante 40°.
Vantaggi
Tecnica eseguibile sia a mano che a macchina. Radicazione profonda con effetto di drenaggio, viene impedita sia l'erosione sia il movimento del terreno. La messa a dimora di latifoglie radicate consente di raggiungere più rapidamente uno stadio più stabile dell'associazione vegetale. Deflusso dell'acqua nel suolo e ruscellamento superficiale vengono rallentati.
Svantaggi
Inizialmente si ha una limitata stabilità tra le file. La vegetazione che si sviluppa dalle piantine radicate potrebbe soffocare quella da talee, per cui è preferibile un inserimento delle piantine tra le file. Tecnica costosa per l'elevato fabbisogno di materiale vegetale.
Effetto
Consolidamento immediato del terreno, effetto che aumenta dopo la radicazione.
Periodo di intervento
Durante il periodo di riposo vegetativo, escludendo i periodi di innevamento e gelo profondo. .
Possibili errori
Scelta errata del periodo per la posa di materiale vegetale vivo.

Gradonata viva	23

Voce di Capitolato

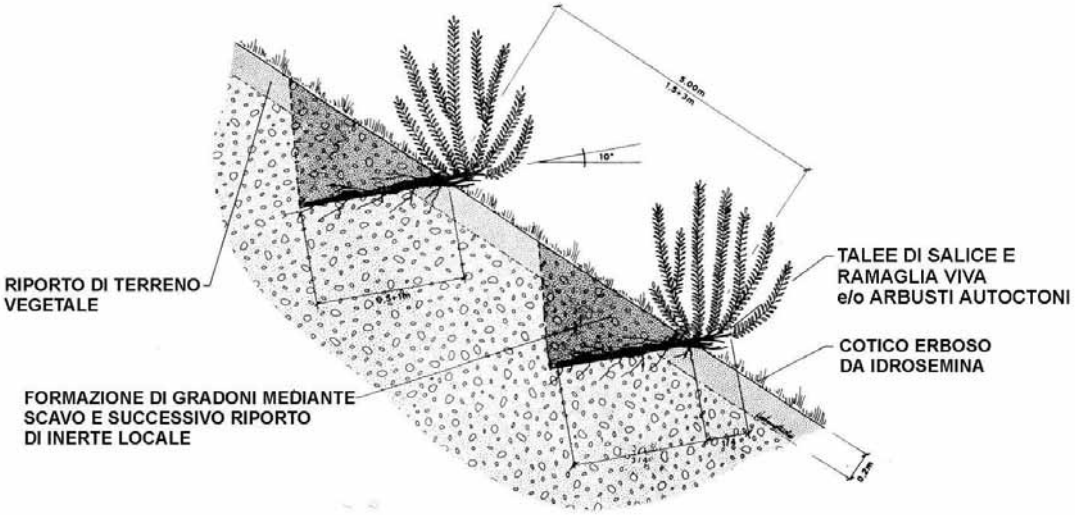
45. Gradonata viva

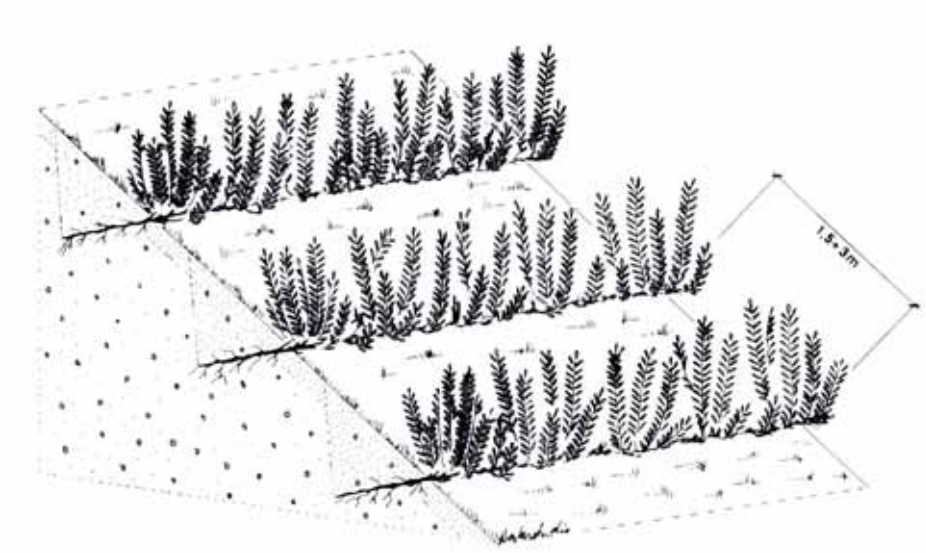
a) con ramaglia viva di salici, tamerici, ecc.
b) con latifoglie radicate
c) mista
d) su rilevato

Stabilizzazione di pendii mediante scavo di gradoni o terrazzamenti con profondità in genere di 0,5 ÷ 1 m con pendenza verso l'interno di 5°-10° e del pari contropendenza trasversale di almeno 10° e realizzazione di file parallele dal basso verso l'alto con interasse 1,5 - 3 m, riempiendo la gradonata inferiore con il materiale di scavo di quella superiore.
I gradoni possono venire realizzati secondo le curve di livello o leggermente inclinati a valle, in modo da favorire il drenaggio. Per inclinazioni del pendio di 25° - 30° si consiglia una distanza tra gradoni successivi di 1 - 1,5 m, mentre per inclinazioni inferiori a 20° una distanza pari a 2 - 3 m. La distanza reciproca tra i gradoni è inoltre funzione del grado di umidità del terreno: quanto maggiore è il tasso di umidità, tanto minore sarà l'interasse. Per quanto riguarda i materiali, le talee o la ramaglia di Salice (disposte a pettine) devono avere lunghezza > 100 cm (10 - 20 cm > della profondità dello scavo) e diametro di 1 - 7 cm; le piantine radicate di latifoglie resistenti (spesso Ontano) devono avere un'altezza di 100 cm (10 - 20 cm > della profondità dello scavo) e un diametro di 1- 3 cm.
a): con messa a dimora in appoggio al gradone di ramaglia con tutte le ramificazioni di piante legnose con capacità di riproduzione vegetativa (Salici, Tamerici, ecc. che favoriscono la diminuzione del contenuto d'acqua del terreno rendendolo più stabile) in numero di almeno 10 pz/m disposta in modo incrociato alternando le diverse specie e i diversi diametri (età) dei rami. I rami devono sporgere per almeno 1/4 della loro lunghezza e gli interstizi tra i rami devono essere accuratamente intasati di terreno per evitare eccessive circolazioni di aria e disseccamento.
b): con messa a dimora in appoggio al gradone di piante radicate di latifoglie resistenti all'inghiaiamento e in grado di formare radici avventizie, di 2 - 3 anni, in ragione di 5 - 20 piante per metro, a seconda della specie, ed aggiunta di terreno vegetale o paglia o compost di corteccia per il miglioramento delle condizioni di crescita. Le piante dovranno sporgere per almeno 1/3 della loro lunghezza.
c): vengono formate file alterne di gradonate con ramaglia e gradonate con piantine radicate con le modalità di cui alle varianti a) e b).
d): la messa a dimora della ramaglia viva avviene durante la costruzione a strati dei rilevati (ad esempio stradali, ferroviari o arginali). La ramaglia (10 – 30 rami per metro) viene appoggiata sul ciglio del rilevato, può avere lunghezza di 2 o più metri e viene ricoperta dallo strato successivo del rilevato. Indipendentemente dalla lunghezza i rami non dovranno sporgere più di 25 cm dal terreno. L'insieme funge anche da terra rinforzata aumentando la stabilità del rilevato.
Nel caso si utilizzino piantine radicate ed in presenza di forti stress idrici, sarà necessario provvedere ad irrigazioni di soccorso. Negli anni successivi all'intervento potrà essere inoltre necessario il reintegro delle fallanze delle piantagioni con nuove messe a dimora di piantine.

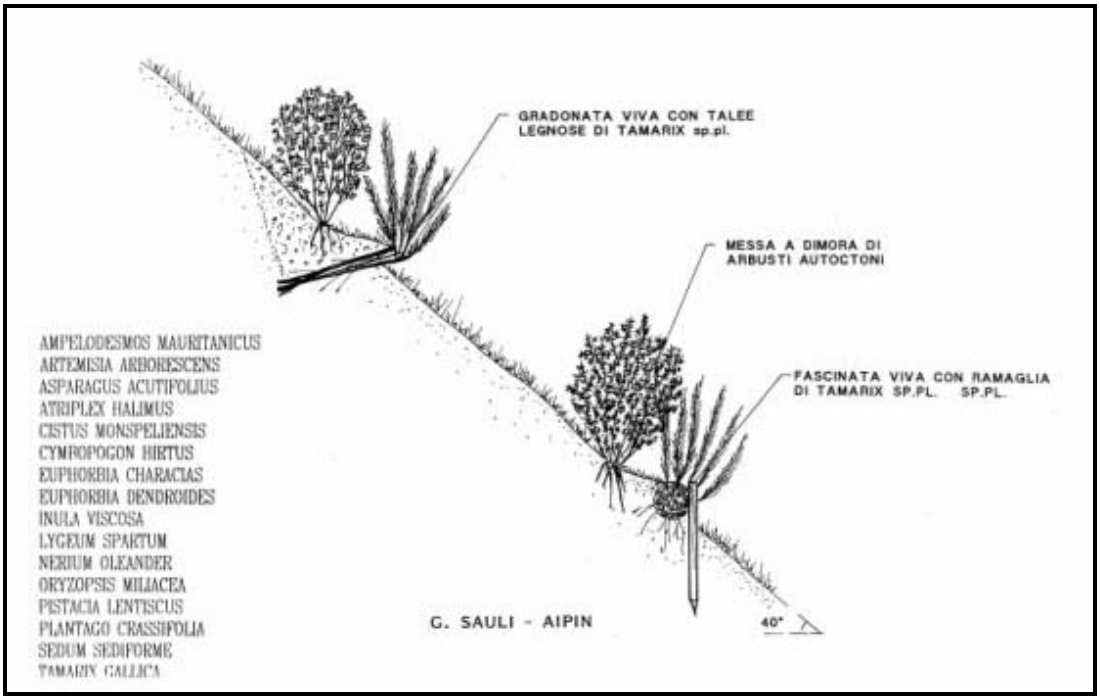
Gradonata viva	23

Sezione tipo





Gradonata viva	23



Gradonata viva	23

Foto

Formazione gradonate vive di tamerici *Foto G. Sauli*
Campo Pisano (CA), 1999

Stabilizzazione scarpate con gradonate vive *Foto G. Sauli*
di tamerici e arbusti di gariga mediterranea
Campo Pisano (CA), 2003

Gradonata viva	23

Formazione gradonate vive
S. Caterina (UD), 2003

Foto G. Sauli

Particolare gradonate vive
Malborghetto (UD), 2003

Foto G. Sauli

Fascinata viva su pendio	24

Descrizione sintetica

Messa a dimora di fascine vive di specie legnose con capacità di propagazione vegetativa (verghe legate assieme con filo di ferro) all'interno di un solco, assicurate con picchetti battuti attraverso le fascine o di fronte ad esse.

Campi di applicazione

Pendii con pendenza non superiore ai 35°, con necessità di drenaggio biotecnico.
Scarpate stradali e ferroviarie e di discarica.

Materiali impiegati

- Almeno 5 verghe di specie legnose con capacità di propagazione vegetativa (salici, tamerici) Ømin.1cm e L min. 2.00m
- Filo di ferro
- Paletti di legno ø5cm o picchetti in ferro ø 8 ÷ 14 mm L min 60
- Terreno di riporto

Modalità di esecuzione

- Recupero di verghe di specie legnose con capacità di propagazione vegetativa (salici, tamerici) ømin.1cm e loro assemblaggio (preferibilmente su cavalletti); la posa delle verghe dovrà avvenire in modo tale da garantire una disposizione equamente alternata degli apici e delle basi a formare fascine di ø 20÷30 cm e lunghezza min. 2,00 m; legatura non stretta con filo di ferro in almeno due punti distanti max 70 cm
- Formazione solco, di dimensioni tali da contenere 2/3 della fascina
- Posa delle fascine all'interno del solco con l'accorgimento di compenetrarne le estremità
- Fissaggio con picchetti, vivi o morti, distanziati al massimo di 0,80 m, in modo tale che l'estremità superiore dei picchetti coincida con il bordo superiore delle fascine. I picchetti saranno infissi verticalmente attraverso la fascina (*sec. Kraebel*) o a valle della fascina (*sec. Hofmann*)
- Ricoprimento delle fascine con uno strato di terreno tale da lasciare sporgere solo brevi segmenti di rami
- Nella variante con piantine, le fascine possono essere abbinate alla piantagione di essenze arbustive idonee, all'interno di un solco più ampio

Fascinata viva su pendio	24

Prescrizioni

- La realizzazione delle fascinate dovrà avvenire procedendo dal basso verso l'alto
- Un'opportuna inclinazione delle file favorisce lo sgrondo delle acque superficiali, mentre una disposizione orizzontale delle file di fascine ha funzione di immagazzinamento dell'acqua
- Le file distanziano tra loro 1,5÷2,00 m
- Affinchè si sviluppino le verghe, queste dovranno essere a contatto con il terreno e non profondamente interrate
- E' necessario reperire verghe poco ramificate e con rami non contorti

Limiti di applicabilità

Vantaggi

Stabilizzazione rapida e di facile esecuzione.
I costi sono contenuti anche per lo scarso movimento terra.

Svantaggi

L'effetto in profondità è limitato e le fascine sono sensibili alla caduta sassi.
I rami più esterni sono soggetti ad abrasione.
L'effetto consolidante e stabilizzante in profondità si ha solo a radicazione avvenuta.
L'effetto consolidante è inferiore a quello delle gradonate (Schiechtl).

Effetto

Funge da dreno biotecnico e facilita lo sgrondo delle acque.

Periodo di intervento

Durante il periodo di riposo vegetativo.

Possibili errori

- Scelta errata del periodo per la posa di materiale vegetale vivo
- Scarsa copertura delle fascine con terreno vegetale
- Condizioni stazionali estreme

Fascinata viva su pendio	24

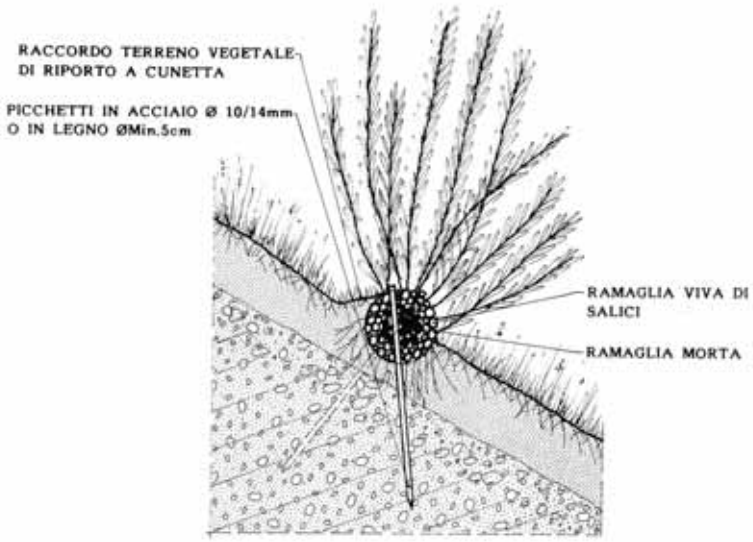
Voce di Capitolato

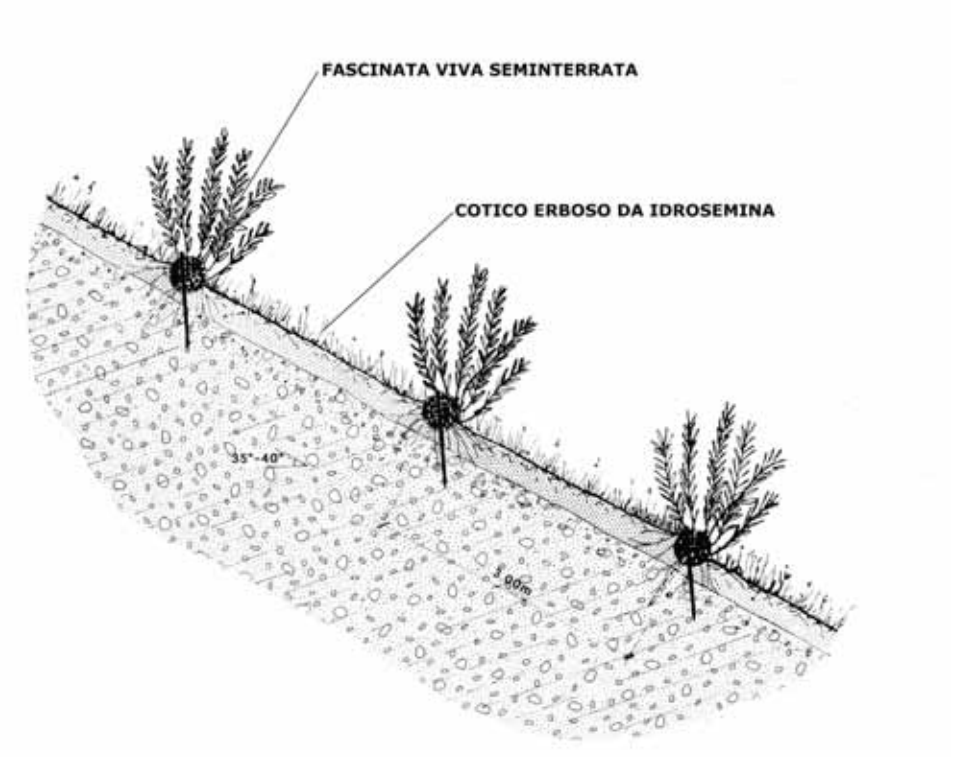
38. Fascinata viva su pendio

a) fascinata viva su pendio
b) fascinata viva su pendio con piantine
Stabilizzazione di pendio su pendenze massime di 30°- 35° e con necessità di drenaggio superficiale, con fascinate vive, mediante scavo di un fosso di 0,3 - 0,5 m di larghezza ed uguale profondità, posa nei solchi di fascine di specie legnose con capacità di propagazione vegetativa (Salici, Tamerici, ecc.), composte da 5 - 6 verghe di diametro minimo 1 cm con punti di legatura distanti circa 70 cm, fissaggio con paletti di legno vivo o morto (disposti uno ogni 80 cm circa) di almeno 60 cm e ∅ 5 cm o con aste in ferro ∅ 8 - 14 mm, infilati attraverso la fascina o a valle di essa, legati con filo di ferro, il tutto ricoperto con uno sottile strato di terreno. Le file di fascine saranno orizzontali (con funzione stabilizzante e di immagazzinamento dell'acqua) o avranno opportuna inclinazione (per aumentare la funzione di deflusso laterale) e disteranno 1,5 - 2 m l'una dall'altra. Esse creano uno spazio sotterraneo con un'elevata capacità di trattenuta dell'umidità e/o un effetto drenante. Nella variante con piantine le fascinate potranno essere abbinate a piantagioni di idonee specie arbustive radicate in ragione di 1 - 2 pezzi per metro avendo cura di tracciare solchi più larghi (0,30 - 0,60 m) che vengono riempiti, dopo deposta la fascina con terreno vegetale o compost.
La messa in opera potrà avvenire solo durante il periodo di riposo vegetativo.
Per migliorare la funzionalità dell'opera è necessario eseguire una periodica pulizia e rimodellamento dei canali di intercettazione delle acque di scolo.

Fascinata viva su pendio	24

Sezione tipo





Fascinata viva su pendio	24

Foto

Fascinata viva su pendio
Bagnoregio (VT), 2002

Foto P. Cornelini

Fascinata viva drenante su pendio	25

Descrizione sintetica

Messa a dimora all'interno di un solco di fascine di specie legnose con capacità di propagazione vegetativa, anche abbinate a ramaglia morta (non disseccata), assicurate con picchetti battuti attraverso le fascine.
Per drenaggi di acque non superficiali, è possibile abbinare la fascina viva a fascine morte sotterrate, a pietrisco drenante o eventualmente tubo drenante.

Campi di applicazione

Pendii con pendenza non superiore ai 35°, con necessità di drenaggio biotecnico.
Scarpate in scavo, piedi di scarpate, drenaggi diffusi in pendii lunghi.

Materiali impiegati

- Verghe di specie legnose con capacità di propagazione vegetativa (salici, tamerici) ø min 1 cm e L min 2 m
- Filo di ferro ø 1,5 ÷ 3 mm
- Paletti di legno ø 5 cm o picchetti in ferro ø 8 ÷ 14 mm L min 60 cm
- Terreno di riporto

Modalità di esecuzione

- Recupero di verghe di specie legnose con capacità di propagazione vegetativa (salici, tamerici) ø min. 1cm e loro assemblaggio (preferibilmente su cavalletti); in modo tale che le parti grosse delle verghe abbiano tutte il medesimo verso, opposto a quello di deflusso dell'acqua, fino a formare fascine di ø 20 ÷ 60 cm e lunghezza min 2 m; infine legatura con filo di ferro ø 8 ÷ 14 mm ad intervalli di circa 30 ÷ 50 cm
- Formazione di un solco, di dimensioni tali da contenere la fascina
- Posa delle fascine all'interno del solco con l'accorgimento di compenetrarne le estremità
- Posa dei picchetti, vivi o morti, distanziati al massimo di 1 m, a profondità tale che coincidano con il bordo superiore delle fascine; i picchetti verranno infissi obliquamente attraverso le fascine
- Ricoprimento delle fascine con uno strato di terreno tale da lasciare sporgere solo brevi segmenti di rami
- Qualora siano necessari drenaggi di acque a una profondità maggiore di 30 ÷ 40 cm, il fosso dovrà avere un'opportuna profondità e dovrà essere riempito con pietrisco drenante, eventuale tubo drenante, per uno spessore di 20 ÷ 60 cm, e infine sormontato dalla fascina viva. Sono possibili anche abbinamenti tra fascine morte (verghe non disseccate) sotterrate e fascine vive superficiali

Fascinata viva drenante su pendio	25

Prescrizioni

- Il drenaggio con fascine va collegato al collettore
- I drenaggi con fascine vanno posti sul percorso più breve lungo il pendio, poichè tale è il percorso seguito dall'acqua
- Nei punti di maggior pendenza, le fascine verranno rese più robuste con l'inserimento all'interno delle stesse di paleria o funi metalliche, onde evitare rotture
- E' necessaria una periodica manutenzione di potatura che mantenga la crescita a strisce dei salici e ne eviti l'ombreggiamento da parte delle specie cresciute spontaneamente

Limiti di applicabilità

Vantaggi

Prosciugamento biotecnico da parte dei salici.
E' possibile realizzare sistemi di drenaggi.
La realizzazione è rapida e di facile esecuzione.

Svantaggi

La realizzazione può avvenire esclusivamente nel periodo di riposo vegetativo.
Tecnica impiegata solo se l'acqua non è troppo profonda.
Limitato radicamento in profondità e sensibilità a caduta sassi e fenomeni franosi.

Effetto

Lo smaltimento dell'acqua si ha immediatamente dopo la posa in opera, appena comincia la radicazione subentra una attiva sottrazione di acqua da parte delle piante.
Immediata prevenzione di fenomeni erosivi.

Periodo di intervento

Durante il periodo di riposo vegetativo.

Possibili errori

Scelta errata del periodo per la posa di materiale vegetale vivo.

Fascinata viva drenante su pendio	25

Voce di Capitolato

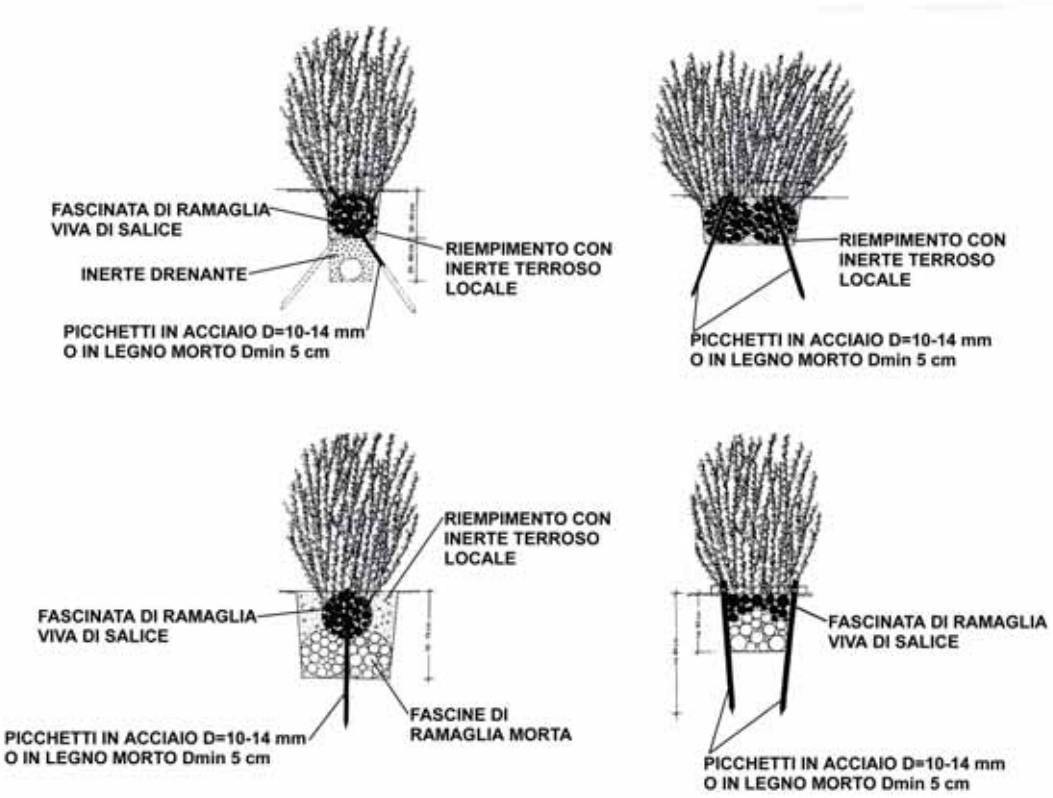
39. Fascinata viva drenante su pendio

Costituzione di drenaggi con fascine disposti lungo il percorso più breve che seguirebbe l'acqua lungo il pendio con eventuali diramazioni laterali per un prosciugamento diffuso. Le fascine saranno formate da verghe o rami lunghi e diritti di piante legnose con capacità di propagazione vegetativa, anche in combinazione con ramaglia "morta" (ma non disseccata), che viene posta nella parte bassa a contatto con il terreno, disponendo le parti grosse sempre dalla stessa parte (in direzione opposta al deflusso). Il tutto a costituire fascine continue di ∅ 0,20 - 0,60 m, legate ad intervalli di 50 cm con filo di ferro ∅ 1,5 - 3,0 mm e fissate in solchi di drenaggio predisposti lungo il pendio mediante paletti di legno ∅ 8 - 12 cm o di ferro ∅ 8-14 mm, con eventuale rinforzo longitudinale con fili di ferro o corde di acciaio per evitare rotture dovute ad eccessive sollecitazioni da trazione nei tratti più ripidi. Per drenaggi di acque che si trovano ad una profondità maggiore di 30 - 40 cm, verrà scavato un fosso ad opportuna profondità che verrà riempito con pietrisco drenante, eventualmente concomitante con un tubo di drenaggio, per uno spessore di 20 - 60 cm, sormontato a sua volta da una fascinata viva che raggiunge la superficie. Altri abbinamenti possono essere effettuati tra diverse fascinate vive (superficiali) e fascinate morte (sotterrate). I fossi drenanti con fascinate andranno collegati ai collettori di sgrondo.

La messa in opera potrà avvenire solo durante il periodo di riposo vegetativo.

Fascinata viva drenante su pendio	25

Sezione tipo



Fascinata viva drenante su pendio	25

Foto

Messa a dimora fascine drenanti di salice *Foto F. Florineth*
Vipiteno (BZ), 1989

Fascine drenanti dopo sei mesi *Foto F. Florineth*
Vipiteno (BZ), 1990

Cordonata viva	26

Descrizione sintetica

Messa a dimora di talee e ramaglia di salici all'interno di uno scavo. Talee e ramaglia poggiano su un tronco posto sul margine esterno dello scavo.
Parallelo al primo tronco è posto entro lo scavo stesso un secondo tronco, di rinforzo alla struttura.

Campi di applicazione

Stabilizzazione di terreni instabili, sia umidi (con ristagno di acqua), argillosi o limosi sia aridi.
Stabilizzazione di rilevati e scarpate di riporto in erosione.

Materiali impiegati

- Tronchi di resinosa o castagno ø 6 ÷ 14 cm
- Picchetti in ferro o legno
- Ramaglia
- Talee legnose di salici L > 60 cm, ø 3-8 cm
- Terreno vegetale

Modalità di esecuzione

- Formazione di una banchina con scavo a L, profondità minima 60 cm e contropendenza interna di minimo 10°. La larghezza della banchina sarà comunque in funzione dell'inclinazione e della stabilità del pendio
- Posa dei tronchi di resinosa o castagno in due file parallele, una all'interno dello scavo, una sul bordo esterno dello stesso. I tronchi esterni vengono fissati con i picchetti in ferro o legno
- Stesura di un letto di ramaglia di resinose
- Ricopertura della ramaglia con uno strato di circa 10 cm di terreno vegetale
- Messa a dimora di talee di salice in ragione di 10 ÷ 25 pezzi per metro, sporgenti verso l'esterno del pendio di 10 cm
- Ricopertura dello scavo con il materiale inerte proveniente dallo scavo della banchina superiore parallela alla precedente e distanziata da questa di non meno di 2 m

Cordonata viva	26

Prescrizioni

- Gli scavi devono essere realizzati dal basso all'alto a file parallele qualora vengano eseguiti a mano, dall'alto verso il basso nel caso di utilizzo di mezzi meccanici
- La realizzazione di file inclinate favorisce lo sgrondo delle acque superficiali
- Le dimensioni delle talee non devono essere inferiori a 60 cm con la parte sporgente verso l'esterno dello scavo di non più di 10 cm
- La distanza tra gli scavi è compresa tra i 2 e i 3 m e comunque in funzione della pendenza del pendii
- La larghezza della banchina sarà tanto più piccola quanto più pendente è la scarpata

Limiti di applicabilità

Scarpate con roccia affiorante e pendenze eccessive.

Vantaggi

La presenza di paleria, la ramaglia e il reticolo radicale determinano una sorta di rinforzo del terreno, garantendone in tal modo il consolidamento.
La presenza del reticolo radicale assicura una buona areazione del terreno.

Svantaggi

Tecnica tra le più costose sia dal punto di vista della realizzazione che per quanto riguarda la grande quantità di materiale necessario.

Effetto

In terreni umidi la cordonata ha un effetto drenante e di rinforzo grazie alla ramaglia e alla paleria.
In zone aride può consentire il ristagno dell'acqua.
Il microclima stazionale che viene creato consente lo sviluppo della vegetazione anche tra le file, favorendo in tal modo la successione vegetazionale.

Periodo di intervento

Durante il periodo di riposo vegetativo.

Cordonata viva	26

Possibili errori
• Scelta errata del periodo per la posa di materiale vegetale vivo • Inserimento delle talee nel verso contrario a quello di crescita • Dimensioni eccessivamente ridotte delle banchine • Realizzazione di banchine troppo ravvicinate con conseguente instabilità della scarpata

Cordonata viva	26

Voce di Capitolato

43. Cordonata viva

a) cordonata secondo Couturier;
b) cordonata secondo Praxl, con o senza piloti.

Si differenziano sia per il tipo di materiale vivo impiegato, sia per l'utilizzo di tondame e materiale morto (cordonata secondo Praxl).

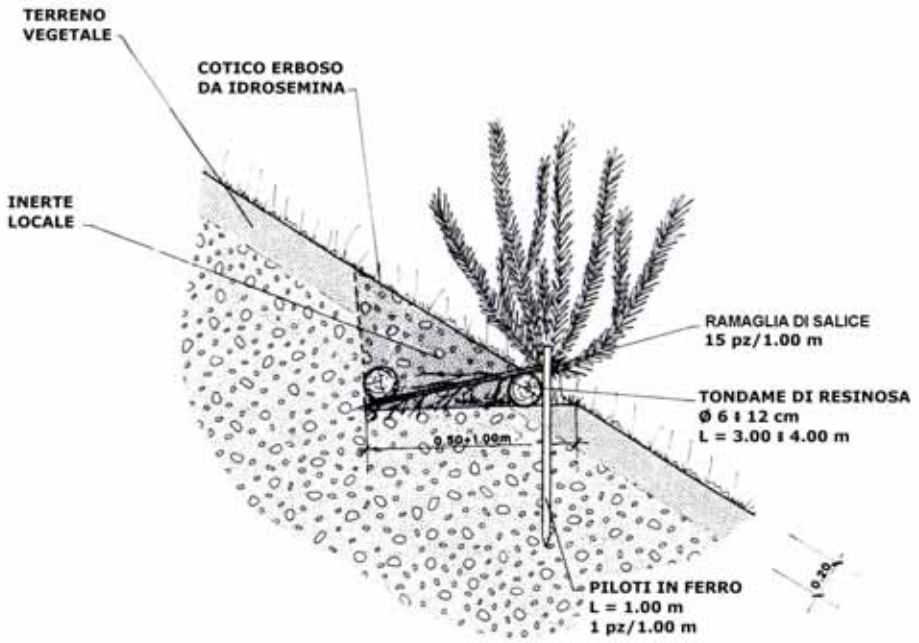
Nella cordonata di Couturier vengono impiegate piantine di due anni (Olmo, Acero, Nocciolo, Biancospino, ecc.).
Nella cordonata di Praxl viene usato stangame reperito in loco, preferibilmente di resinosa o castagno con corteccia, avente diametro di 6 - 12 cm e lunghezza superiore ai 2 metri, picchetti in legno di diametro di 12 - 15 cm o piloti in ferro profilati a "T" idonei a sostenere la struttura, tondini in ferro, filo di ferro zincato, talee in Salice (o altro) di lunghezza > 60 cm e ∅ 3 - 10 cm.
Entrambe le cordonate sono utilizzate per la stabilizzazione di pendii anche molto ripidi e su terreni instabili, ma non per scarpate in roccia o con roccia subaffiorante, mediante le seguenti operazioni nell'ordine:

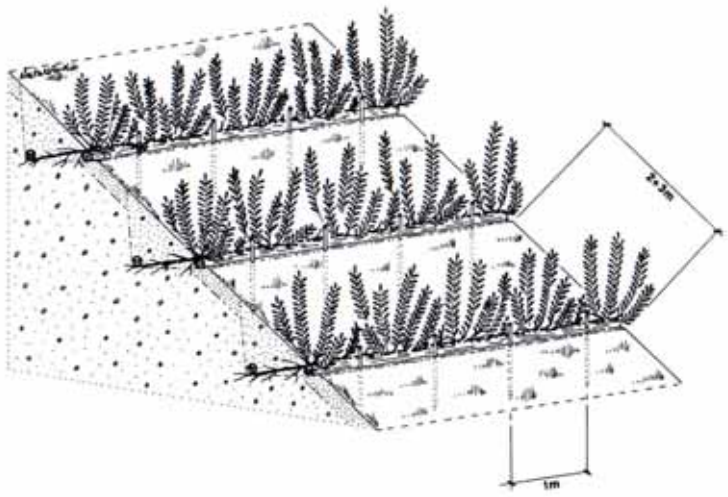
- formazione di banchine o terrazzamenti a L orizzontali di larghezza minima di 35 - 50 cm, con leggera contropendenza (minimo 10°) distanti circa 2 - 3 m l'uno dall'altro, su cui si dispone longitudinalmente dello stangame preferibilmente di resinosa o di Castagno con corteccia di ∅ 6 - 12 cm, su due file parallele, una verso l'esterno fissata con picchetti in legno o ferro e una verso l'interno dello scavo. La banchina deve avere profondità da 50 a 100 cm;
- stesura di un letto di ramaglia in preferenza di conifere sul fondo dello scavo;
- ricopertura con uno strato di terreno di circa 10 cm;
- collocazione a dimora di talee di Salice (od altra specie legnosa con capacità di riproduzione vegetativa) in ragione di 10 - 25 talee per metro, sporgenti verso l'esterno del pendio per almeno 10 - 20 cm;
- ricopertura del tutto con inerte proveniente dallo scavo superiore.

La messa in opera della cordonata potrà avvenire soltanto durante il periodo di riposo vegetativo e varierà in dipendenza alle condizioni climatiche dell'area d'intervento. Lungo le zone litoranee e limitrofe esso va da novembre a marzo (riposo vegetativo - inizio risveglio vegetativo); nel caso di stazioni montane o collinari interne, tale periodo si estende a tutto aprile. Si può tuttavia avere l'estensione dell'intervento a maggio attraverso l'utilizzo di piantine in fitocelle ed in funzione dell'andamento stagionale.
In casi di utilizzo di piantine radicate ed in presenza di forti stress idrici, si può provvedere ad irrigazioni di soccorso. Negli anni successivi all'intervento può essere inoltre necessario il reintegro delle fallanze delle piantagioni con nuove messe a dimora di piantine.

Cordonata viva	26

Sezione tipo





Cordonata viva	26

Foto

Cordonata viva con specie della gariga mediterranea *Foto G. Sauli*
Campo Pisano (CA), 2003

Cordonata viva in opera *Foto P. Cornelini*
Monte Aquilone (RI), 1996

Cordonata viva	26

Stabilizzazione versante mediante formazione di cordonate vive
Gisser , 2004

Foto G. Sauli

Cordonata viva di versante
Ligosullo (UD), 2003

Foto G. Sauli

Cordonata orizzontale esterna viva con piloti	27

Descrizione sintetica

Intervento per la stabilizzazione di scarpate consistente nella realizzazione di strutture in legname trasversali alla linea di massima pendenza, composte da due file sovrapposte di tronchi fissati con picchetti in ferro, messa a dimora di talee tra i due tronchi e messa a dimora di arbusti a monte nel gradone ottenuto.
Tale intervento è caratterizzato da una ampia valenza applicativa, limitatamente alla stabilizzazione superficiale dei versanti, sia in scavo che in rilevato.

Campi di applicazione

Scarpate in scavo, consolidamento di solchi di erosione, stabilizzazione superficiale di rilevati e/o accumuli di materiale sciolto, versanti percorsi da incendi.

Materiali impiegati

- Tronchi di castagno o conifere (escluso l'abete) ø 15 ÷ 25 cm, L = 2,00 ÷ 5,00 m;
- picchetti in ferro ø 14 (16) mm, L 40 ÷ 100 cm o in legno ø 8 - 10 cm, L 1 m
- talee legnose di salici;
- arbusti autoctoni, inerte;
- sementi autoctone.

Modalità di esecuzione

- Infissione dei picchetti
- posa dei tronchi orizzontali
- rincalzo a tergo con terreno locale
- messa a dimora delle talee
- messa a dimora delle piante radicate
- semina manuale

Prescrizioni

Limiti di applicabilità

Pendenza eccessiva

Vantaggi

Rapidità di esecuzione con materiale locale in versanti poco accessibili

Cordonata orizzontale esterna viva con piloti	27

Svantaggi

Facilità d'uso mediante picchetti in ferro che rimangono nel terreno

Effetto

Buon effetto immediato di limitazione dell'asporto del terreno

Periodo di intervento

Durante il periodo di riposo vegetativo, escludendo i periodi estivi o di innevamento e gelo profondo, per le talee.
In caso di impiego esclusivo di arbusti radicati, tutto l'anno ad esclusione dei periodi di gelo e di aridità estiva.

Possibili errori

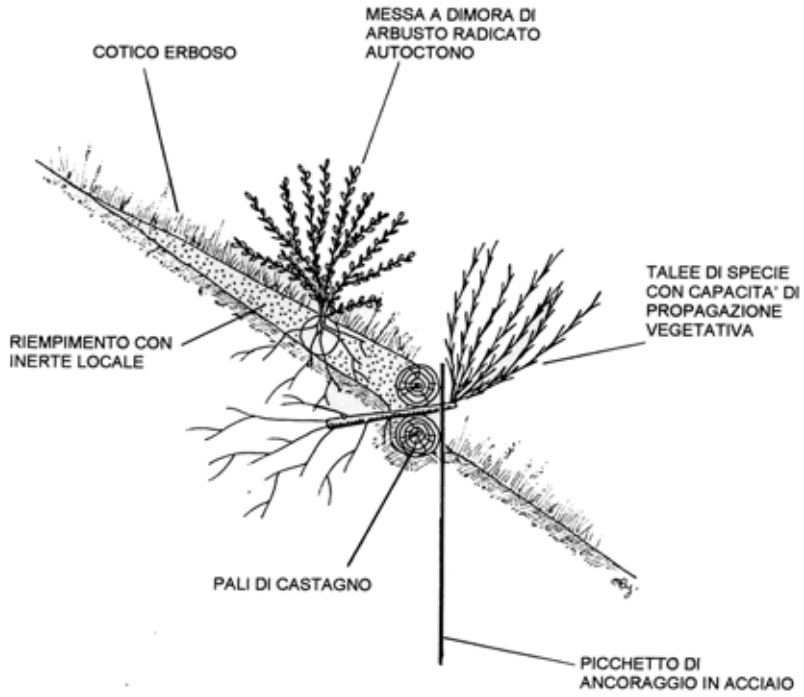
- Scelta errata del periodo per la posa di materiale vivo
- mancata o insufficiente chiodatura
- scelta errata delle piante

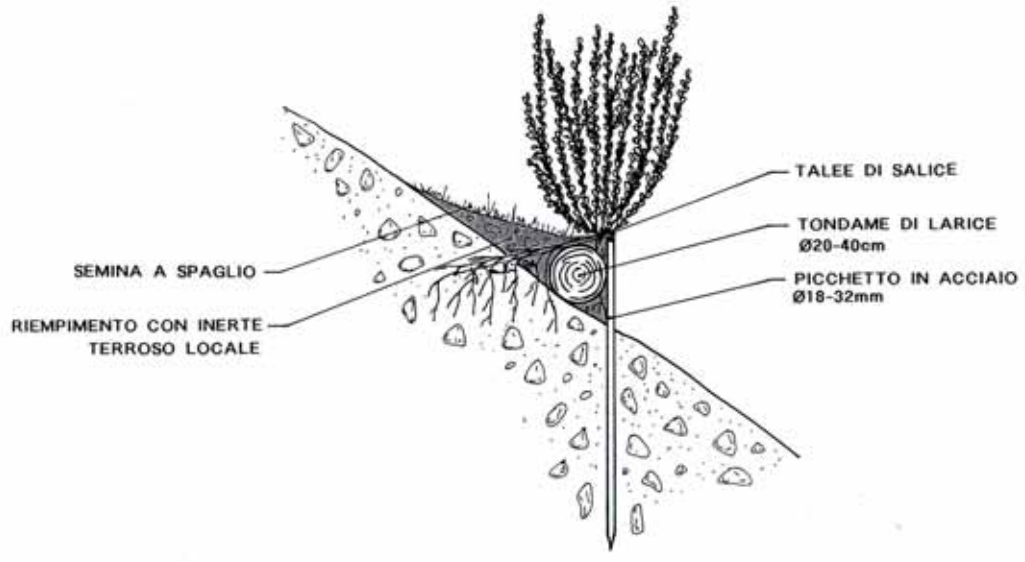
Voce di Capitolato

Stabilizzazione di pendii con cordonata costituita da tondame di Larice, altra resinosa o Castagno di ∅ 15 - 25 cm e lunghezza 2-5 m, appoggiata in orizzontale sul pendio, su file con disposizione alterna e distanti 2 - 3 m, fissata con piloti di ferro (a sezione tonda o a doppio T) o di legno (∅ 8 - 10 cm) infissi nel pendio per minimo 0,70 m e sporgenti per 30 cm. Sul tondame verranno appoggiate talee di specie con capacità di propagazione vegetativa, o piantine di latifoglie a radice nuda (ricoperte poi di terra), o inserite piantine in zolla in piccoli solchi ricavati a tergo dei tronchi.

Cordonata orizzontale esterna viva con piloti	27

Sezione tipo





Cordonata orizzontale esterna viva con piloti	27

25) Cordonata viva con piloti a lavori appena terminati; Val Passiria (BZ) Foto: F. Florineth

26) Cordonata viva con piloti dettaglio dopo 6 mesi; Val Passiria (BZ) Foto: F. Florineth

15.3 Interventi combinati di consolidamento

28 Grata viva su scarpata
29 Palificata viva di sostegno semplice
30 Palificata viva di sostegno a parete doppia
31 Palificata viva di sostegno Roma
32 Gabbionata in rete metallica zincata rinverdita
33 Terra rinforzata rinverdita
34 Muro a secco rinverdito
35 Cuneo filtrante
36 Scogliera rinverdita
37 Muro cellulare rinverdito
38 Briglia in legname e pietrame

Grata viva su scarpata	28

Descrizione sintetica

Struttura in tondame ottenuta mediante la posa su scarpate in erosione di tronchi verticali e orizzontali disposti perpendicolarmente tra loro. I tronchi orizzontali sono sovrapposti a quelli verticali e sono chiodati ad essi.
All'interno delle camere così ottenute, vengono poste in corso d'opera talee di salici e/o arbusti radicati e il tutto viene ricoperto con inerte terroso locale.

Campi di applicazione

Ricostruzione del profilo di smottamenti con pendenza tra 45° e 55° che non può essere ridotta. Scarpate di infrastrutture viarie.

Materiali impiegati

- Tronchi di castagno o conifere (escluso l'abete) ø 15 ÷ 25 cm, L = 2 ÷ 5 m
- Picchetti in ferro ø 14 mm, L min. 40 ÷ 100 cm
- Talee legnose di salici L min 1 m
- Inerte terroso locale di riempimento
- Sementi idonee
- Arbusti autoctoni
- Rete elettrosaldata e ramaglie di contenimento dell'inerte tra le camere

Modalità di esecuzione

- Formazione alla base della scarpata di fondazione: solco longitudinale o palificata o scogliera in massi
- Posa nel solco di un tronco quale appoggio al piede
- Posa degli elementi verticali con interasse di circa 1 m
- Fissaggio degli elementi verticali al substrato con picchetti in ferro
- Posa degli elementi orizzontali su quelli verticali con interasse 0,40 ÷ 1 m (in funzione della pendenza) e chiodatura
- Inserimento della rete elettrosaldata e della ramaglia
- Inserimento nelle camere così ottenute delle talee di salice
- Riempimento con inerte terroso locale
- Semina o idrosemina dell'intera superficie della grata
- Messa a dimora di eventuali piantine radicate di arbusti locali

Grata viva su scarpata	28

Prescrizioni

- L'interasse degli elementi orizzontali varia a seconda della pendenza della scarpata.
- Le altezze massime delle grate vive non superano i 4 - 5 m
- Le talee dovranno avere una lunghezza tale da raggiungere il terreno retrostante la grata
- A protezione della sommità può essere posto un foglio di carta catramata
- A protezione dei fronti con pendenze elevate e come metodo di contenimento del materiale può essere posta all'esterno una griglia metallica o una rete metallica a doppia torsione
- Una grata di piccole dimensioni può essere eseguita anche con l'impiego di astoni vivi

Limiti di applicabilità

Dimensioni ed inclinazione della scarpata ricostruita.
Altezza del pendio.
Natura del substrato.

Vantaggi

Immediata stabilizzazione della scarpata. L'effetto di stabilizzazione aumenta con la radicazione delle specie vegetali.
Le specie vegetali svolgono anche un'azione drenante in quanto assorbono l'acqua necessaria al loro sviluppo.

Svantaggi

Il legno col tempo marcisce, per cui oltre a buone chiodature, è necessario che le piante inserite nella struttura siano vive e radichino in profondità, così da sostituire la funzione di sostegno e consolidamento della scarpata una volta che il legno ha perso le sue funzioni.
Lunghi tempi di realizzazione.

Effetto

Immediata stabilizzazione mediante l'armatura di legno del pendio e quindi possibilità per gli arbusti di svilupparsi.
Effetto visivo notevole a breve scadenza.

Grata viva su scarpata	28

Periodo di intervento

Durante il periodo di riposo vegetativo, escludendo i periodi estivi o di innevamento e gelo profondo, per le talee.
In caso di impiego esclusivo di arbusti radicati, tutto l'anno ad esclusione dei periodi di gelo e di aridità estiva.

Possibili errori

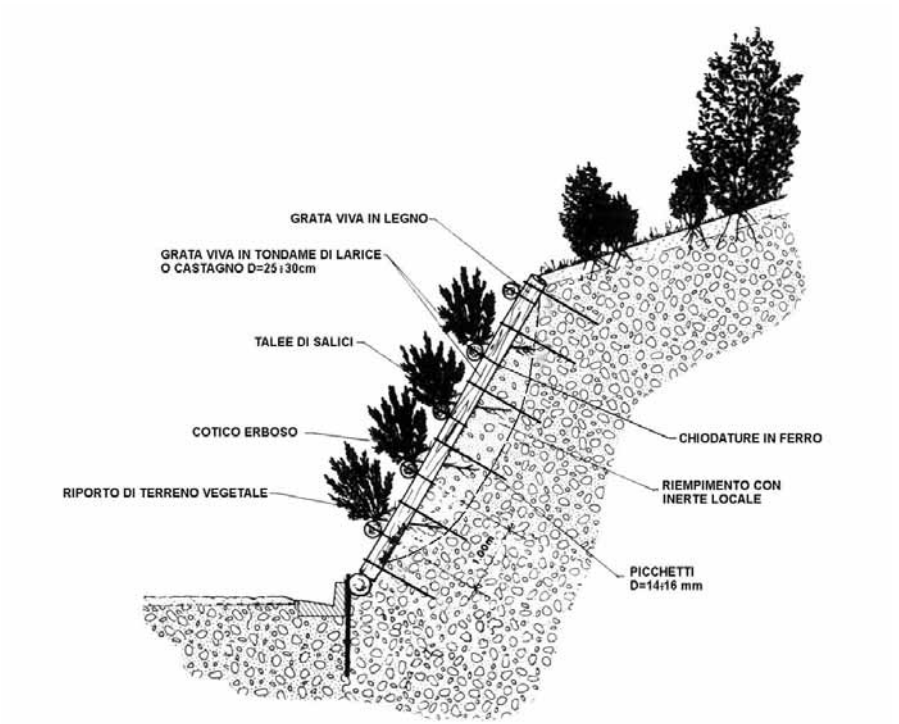
- Scelta errata del periodo per la posa di materiale vegetale vivo
- I correnti orizzontali vengono posti sotto i verticali, vanificando l'effetto di diminuzione della pendenza di ogni singola cella
- Mancata o insufficiente chiodatura, uso di cambre al posto dei tondini d'armatura o delle barre filettate
- Scelta errata delle piante
- Impiego di specie esotiche

Grata viva su scarpata	28

Voce di Capitolato
52. Grata viva a) di versante b) spondale Sostegno di scarpate e versanti in erosione molto ripidi con substrato compatto (che non deve essere smosso) con grata in tondame di larice, altra resinosa o castagno di ø 15 - 40 cm e lunghezza 2 - 5 m, fondata su un solco in terreno stabile o previa collocazione di un tronco longitudinale di base, con gli elementi verticali distanti 1 - 2 m e quelli orizzontali, chiodati ai primi, distanti da 0,40 a 1,00 m, con maggiore densità all'aumentare dell'inclinazione del pendio (in genere si lavora su pendenze di 45° - 55°); fissaggio della grata al substrato mediante picchetti di legno di ø 8 - 10 cm e lunghezza 1 m, o di ferro di dimensioni idonee per sostenere la struttura; riempimento con inerte terroso locale alternato a talee e ramaglia disposta a strati, in appoggio alle aste orizzontali con eventuale supporto di una griglia metallica per un miglior trattenimento del terreno. L'intera superficie verrà anche seminata e in genere piantata con arbusti autoctoni. La grata può essere semplice o doppia a seconda della profondità e forma dello scoscendimento. La radicazione delle piante si sostituirà nel tempo alla funzione di consolidamento della struttura in legname. L'altezza massima possibile per le grate vive non supera in genere i 15 - 20 m. Inoltre, risulta necessario proteggere la testa della grata da eventuali infiltrazioni di acqua che potrebbero creare problemi di erosione e portare allo scalzamento della struttura; a tale scopo si potrà realizzare una canalizzazione a monte.

Grata viva su scarpata	28

Sezione tipo



Grata viva su scarpata	28

Foto

Grata viva in costruzione *Foto G. Sauli*
Colle S. Michele – Cagliari

Grata viva dopo alcuni anni *Foto G. Sauli*
Colle S. Michele – Cagliari , 2003

Grata viva su scarpata	28

Grata viva su versante montano *Foto G. Sauli*
Loc. Ponte ad Arco – Tarvisio (UD), 2002

Grate viva di versante *Foto G. Sauli*
Loc. Ponte ad Arco – Tarvisio (UD), 2003

Grata viva su scarpata	28

Grate viva di versante *Foto G. Sauli*
Strada per lo Stelvio (BZ), 2004

Grata viva di versante *Foto P. Cornelini*
Bagnoregio (VT)

Grata viva su scarpata	28

Grata viva di versante
Spigno Saturnia (LT)

Foto P. Cornelini

Grata viva su scarpata	28

Grata viva doppia su scarpata in fase di realizzazione *Foto P. Cornelini*
Punta Ala (GR), 2001

Grata viva doppia su scarpata post operam *Foto P. Cornelini*
Punta Ala (GR)

Palificata viva di sostegno semplice	29

Descrizione sintetica

Struttura in tronchi costituita da un'incastellatura di tronchi a formare camere nelle quali vengono inserite talee di salici, caratterizzata da una sola fila orizzontale esterna ai tronchi e gli elementi più corti perpendicolari al pendio sono appuntiti e inseriti nel pendio stesso.
L'opera, posta alla base di una scarpata, è completata dal riempimento con materiale terroso inerte e pietrame. Il pietrame posto a chiudere le celle verso l'esterno garantisce la struttura dagli svuotamenti, le talee inserite in profondità sono necessarie per garantire l'attecchimento delle piante che negli ambienti mediterranei soffrono per le condizioni di aridità.

Campi di applicazione

Base di scarpate in frana in situazioni di spazio o di possibilità di scavo limitati.

Materiali impiegati

- Tronchi di castagno o resinosa scortecciati ø 20 ÷ 30 cm
- Chiodature metalliche ø 12 ÷ 14 mm
- Talee e ramaglie
- Pietrame
- Inerte terroso

Modalità di esecuzione

- Scavo di fondazione in contropendenza (10°÷15°)
- Posa della prima serie di tronchi correnti, paralleli al pendio
- Posa e chiodatura della prima serie di pali traversi con punta perpendicolare al pendio al di sopra del tronco orizzontale: tali pali vengono inseriti nel terreno a spinta mediante escavatore. Interasse massimo 2 m
- Inserimento delle talee vive di salici
- Riempimento con il materiale inerte proveniente dallo scavo
- Ripetizione delle operazioni 2, 3, 4, 5, fino al raggiungimento dell'altezza di progetto
- Riempimento con inerte terroso a completa copertura dell'opera e riprofilatura di raccordo con il terreno retrostante

Palificata viva di sostegno semplice	29

Prescrizioni

- Le talee dovranno avere una lunghezza tale da passare l'opera fino a toccare il terreno retrostante e in tal modo radicare, mentre nella parte frontale dovranno sporgere per circa 10 cm
- Il fronte della palificata dovrà avere una pendenza inferiore a 60° sull'orizzontale per consentire la crescita delle piante
- I tronchi trasversi andranno disposti alternati e non uno sopra l'altro per garantire una maggiore elasticità e resistenza della palificata stessa
- Va escluso l'impiego di non tessuti filtranti sul retro della struttura perché impediscono la radicazione delle piante; in caso di necessità verranno impiegati dreni di altra natura che non creino superfici di separazione
- La chiodatura dei pali va effettuata con tondini di ferro o barre filettate passanti i tronchi previa perforazione. Le eventuali cambre possono essere usate solo per fissaggi provvisori

Limiti di applicabilità

Vantaggi

Rapido e robusto consolidamento del piede di scarpata.
Applicabile anche nel caso di limitato spazio a disposizione, necessita di uno scavo inferiore rispetto a quello necessario per la palificata a parte doppia.

Svantaggi

Il legno col tempo marcisce, per cui oltre a buone chiodature, è necessario che le talee inserite nella struttura siano vive e radichino in profondità, così da sostituire la funzione di sostegno e consolidamento della scarpata, una volta che il legno abbia perso le sue funzioni.
Lunghi tempi di realizzazione.

Effetto

Il consolidamento della scarpata è immediato.
Effetto visuale immediatamente gradevole e di grande effetto paesaggistico legato al rapido sviluppo delle ramaglie.

Palificata viva di sostegno semplice	29

Periodo di intervento

Durante il periodo di riposo vegetativo.

Possibili errori

- Scelta errata del periodo per la posa di materiale vegetale vivo
- Diametro dei tronchi sotto dimensionato
- Mancate o insufficienti fondazioni o protezioni al piede
- Mancato inserimento di talee o scarsità di materiale vegetale vivo idoneo
- Inserimento troppo superficiale (a posteriori e non durante la costruzione) di talee
- Impiego di specie prive di capacità di ricaccio vegetativo
- Insufficiente chiodatura dei tronchi
- Uso di cambre al posto delle barre per l'assemblaggio dei tronchi

Palificata viva di sostegno semplice	29

Voce di Capitolato

54. Palificata viva di sostegno

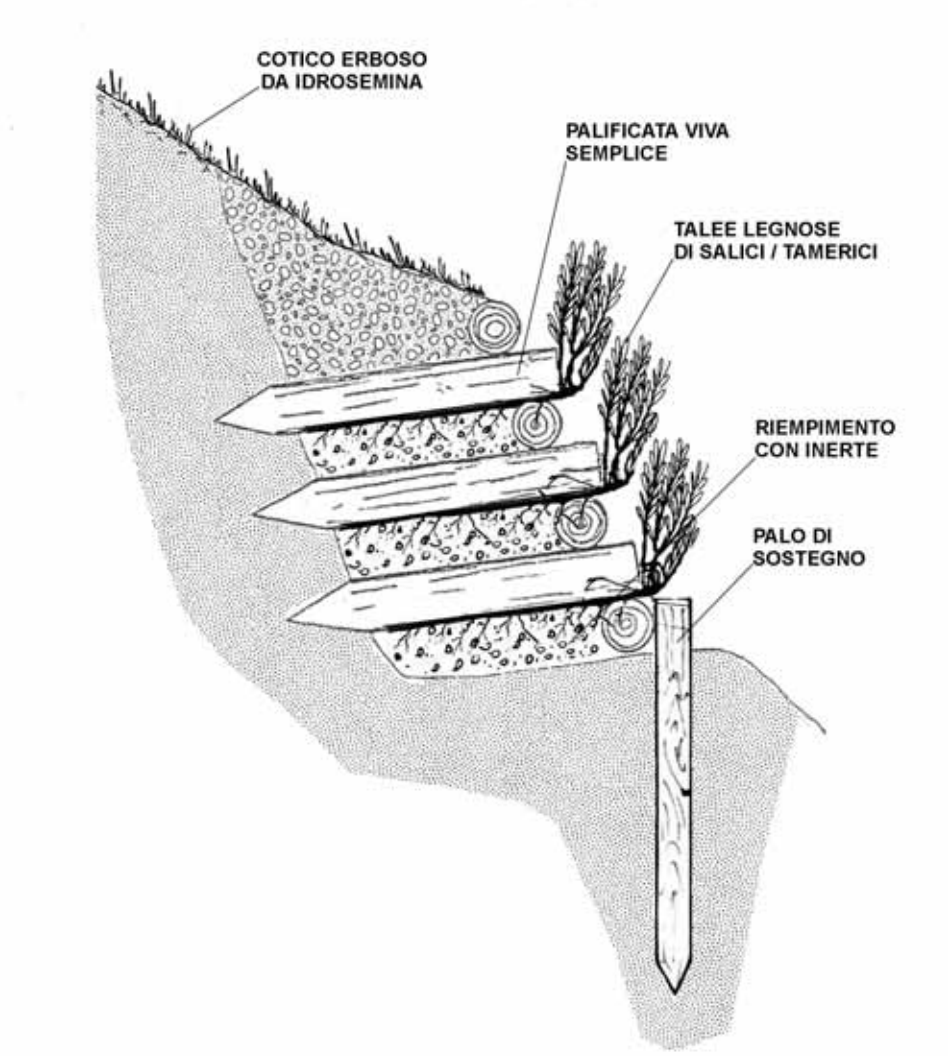
a) a parete semplice
b) a parete doppia
c) spondale

Consolidamento di pendii franosi con palificata in tondami di larice o castagno ø 20 - 30 cm posti alternativamente in senso longitudinale ed in senso trasversale (L = 1,50 - 2,00 m) a formare un castello in legname e fissati tra di loro con chiodi o tondini di ferro ø 14 mm e lunghezza di poco inferiore ai due tronchi sovrapposti; la palificata andrà interrata con una pendenza di 10° – 15° verso monte ed il fronte avrà anche una pendenza di 60° per garantire la miglior crescita delle piante; una fila di putrelle potrà ulteriormente consolidare la palificata alla base; l'intera struttura verrà riempita con l'inerte ricavato dallo scavo e negli interstizi tra i tondami orizzontali verranno collocate talee legnose di Salici, Tamerici od altre specie adatte alla riproduzione vegetativa nonché piante radicate di specie arbustive pioniere. Rami e piante dovranno sporgere per 10-25 cm dalla palificata ed arrivare nella parte posteriore sino al terreno naturale. Gli interstizi tra i tondami vengono riempiti con massi sino al livello di magra dell'argine:
a) a parete semplice: una sola fila orizzontale esterna di tronchi e gli elementi più corti perpendicolari al pendio sono appuntiti ed inseriti nel pendio stesso. L'altezza di questo tipo di palificata è in genere modesta (1 - 1,5 m).
b) a parete doppia: fila di tronchi longitudinali sia all'esterno sia all'interno. La palificata potrà essere realizzata per singoli tratti non più alti di 2 – 2,5 m, poiché la capacità consolidante delle piante si limita a 2 - 3 m di profondità.
c) di difesa spondale: una fila di massi posti al piede della palificata, a contatto con l'acqua, legati con una fune di acciaio di ø 16 mm e ulteriormente fissati con piloti in profilato metallico di lunghezza di 2 m, infissi nel fondo per almeno ¾ della lunghezza.
Per un fissaggio corretto con i tondini in ferro (passanti di ø 14 mm), bisogna perforare parzialmente i due tronchi da fissare, in modo da avere una salda presa senza il rischio di provocare rotture o fessurazioni del legno. Inoltre, il posizionamento sfalsato dei traversi è a favore della stabilità.

Il periodo d'intervento corrisponde al riposo vegetativo.
L'effetto consolidante della struttura in legno, una volta marcita, sarà sostituito dallo sviluppo dell'apparato radicale.

Palificata viva di sostegno semplice	29

Sezione tipo



Palificata viva di sostegno a parete doppia	30

Descrizione sintetica

Struttura in tronchi costituita da un'incastellatura di tronchi a formare camere nelle quali vengono inserite talee di salici.
L'opera è completata dal riempimento con materiale terroso inerte e pietrame. Il pietrame posto a chiudere le celle verso l'esterno garantisce la struttura dagli svuotamenti, le talee inserite in profondità sono necessarie per garantire l'attecchimento delle piante, che negli ambienti mediterranei soffrono per le condizioni di aridità.

Campi di applicazione

Piede di versanti in erosione.
La variante a una parete è preferibile in situazioni di spazio o di possibilità di scavo limitati.

Materiali impiegati

- Tronchi di castagno o resinosa scortecciati ø 20 ÷ 30 cm
- Chiodature metalliche ø 12 ÷ 14 mm
- Talee e ramaglie
- Pietrame
- Inerte terroso

Modalità di esecuzione

- Scavo di fondazione in contropendenza (10°÷15°)
- Posa della prima serie di tronchi correnti, paralleli al versante; nella variante a parete doppia (che di gran lunga la più usata anche per motivi di standard costruttivi) la fila interna è addossata alla parete dello scavo
- Posa della prima serie di tronchi trasversali al di sopra dei correnti e chiodati ad essi, con interasse massimo 2 m. Nella variante a una parete, posa e chiodatura della prima serie di pali con punta perpendicolarmente al versante al di sopra del tronco orizzontale: tali pali vengono inseriti nel terreno a spinta mediante escavatore
- Inserimento delle talee vive di salici e di specie con capacità di propagazione vegetativa e riempimento con inerte
- Ripetizione delle operazioni 3, 4, fino al raggiungimento dell'altezza di progetto
- Riempimento con il materiale inerte proveniente dallo scavo fino a completa copertura dell'opera e riprofilatura di raccordo con il versante

Palificata viva di sostegno a parete doppia	30

Prescrizioni

- Le talee dovranno avere una lunghezza tale da passare l'opera fino a toccare il terreno retrostante e in tal modo radicare, mentre nella parte frontale dovranno sporgere per circa 10 cm
- Il fronte della palificata dovrà avere una pendenza inferiore a 60° sull'orizzontale per consentire la crescita delle piante
- I tronchi trasversi andranno disposti alternati e non uno sopra l'altro per garantire una maggiore elasticità e resistenza della palificata stessa
- Va escluso l'impiego di non tessuti filtranti sul retro della struttura perché impediscono la radicazione delle piante; in caso di necessità verranno impiegati dreni di altra natura che non creino superfici di separazione
- La chiodatura dei pali va effettuata con tondini di ferro o barre filettate passanti i tronchi previa perforazione. Le eventuali cambre possono essere usate solo per fissaggi provvisori.

Limiti di applicabilità

Data la durata limitata nel tempo dei tronchi, altezza massima della struttura: 2,50 m.

Vantaggi

Rapido e robusto consolidamento del piede di versante.
Resistenza a spinte del terreno maggiori rispetto alla palificata a parete singola.

Svantaggi

Il legno col tempo marcisce, per cui oltre a buone chiodature, è necessario che le talee inserite nella struttura siano vive e radichino in profondità, così da sostituire la funzione di sostegno e consolidamento del versante, una volta che il legno ha perso le sue funzioni.
Lunghi tempi di realizzazione.

Effetto

Il consolidamento del versante è immediato.
Effetto visuale immediatamente gradevole e di grande effetto paesaggistico legato al rapido sviluppo delle ramaglie.

Periodo di intervento

Durante il periodo di riposo vegetativo.

Palificata viva di sostegno a parete doppia	30

Possibili errori

- Scelta errata del periodo per la posa di materiale vegetale vivo
- Diametro dei tronchi sottodimensionato
- Mancate o insufficienti fondazioni o protezioni al piede
- Mancato inserimento o scarsità di materiale vegetale vivo idoneo
- Inserimento troppo superficiale (a posteriori e non durante la costruzione) di talee
- Impiego di specie prive di capacità di ricaccio vegetativo
- Insufficiente chiodatura dei tronchi
- Uso di cambre al posto delle barre per l'assemblaggio dei tronchi

Palificata viva di sostegno a parete doppia	30

Voce di Capitolato

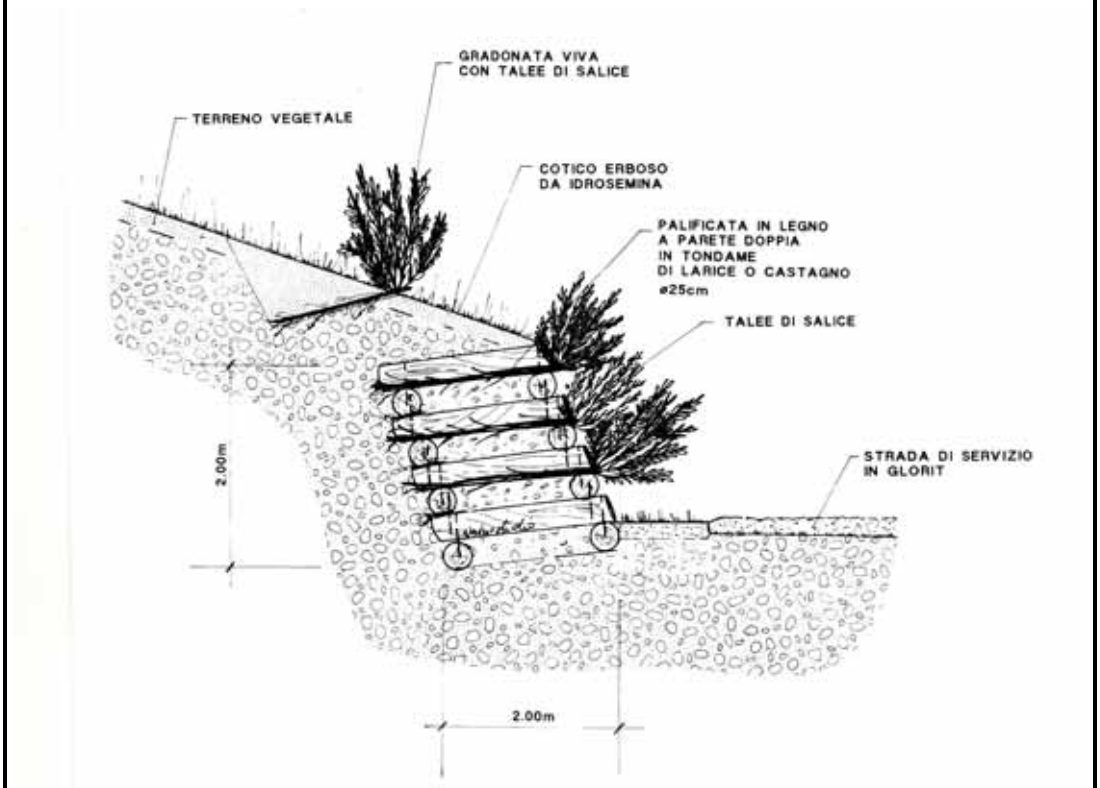
54. Palificata viva di sostegno

a) a parete semplice
b) a parete doppia
c) spondale

Consolidamento di pendii franosi con palificata in tondami di larice o castagno ø 20 - 30 cm posti alternativamente in senso longitudinale ed in senso trasversale (L = 1,50 - 2,00 m) a formare un castello in legname e fissati tra di loro con chiodi o tondini di ferro ø 14 mm e lunghezza di poco inferiore ai due tronchi sovrapposti; la palificata andrà interrata con una pendenza di 10° – 15° verso monte ed il fronte avrà anche una pendenza di 60° per garantire la miglior crescita delle piante; una fila di putrelle potrà ulteriormente consolidare la palificata alla base; l'intera struttura verrà riempita con l'inerte ricavato dallo scavo e negli interstizi tra i tondami orizzontali verranno collocate talee legnose di Salici, Tamerici od altre specie adatte alla riproduzione vegetativa nonché piante radicate di specie arbustive pioniere. Rami e piante dovranno sporgere per 10-25 cm dalla palificata ed arrivare nella parte posteriore sino al terreno naturale. Gli interstizi tra i tondami vengono riempiti con massi sino al livello di magra dell'argine:
a) a parete semplice: una sola fila orizzontale esterna di tronchi e gli elementi più corti perpendicolari al pendio sono appuntiti ed inseriti nel pendio stesso. L'altezza di questo tipo di palificata è in genere modesta (1 - 1,5 m).
b) a parete doppia: fila di tronchi longitudinali sia all'esterno sia all'interno. La palificata potrà essere realizzata per singoli tratti non più alti di 2 – 2,5 m, poiché la capacità consolidante delle piante si limita a 2 - 3 m di profondità.
c) di difesa spondale: una fila di massi posti al piede della palificata, a contatto con l'acqua, legati con una fune di acciaio di ø 16 mm e ulteriormente fissati con piloti in profilato metallico di lunghezza di 2 m, infissi nel fondo per almeno ¾ della lunghezza.
Per un fissaggio corretto con i tondini in ferro (passanti di ø 14 mm), bisogna perforare parzialmente i due tronchi da fissare, in modo da avere una salda presa senza il rischio di provocare rotture o fessurazioni del legno. Inoltre, il posizionamento sfalsato dei traversi è a favore della stabilità.
Il periodo d'intervento corrisponde al riposo vegetativo.
L'effetto consolidante della struttura in legno, una volta marcita, sarà sostituito dallo sviluppo dell'apparato radicale.

Palificata viva di sostegno a parete doppia	30

Sezione tipo



Palificata viva di sostegno a parete doppia	30

Foto

Palificata viva doppia di versante, *Foto G. Sauli*
con messa a dimora di piante radicate
(*Sorbus aucuparia,Prunus padus, alnus incana, Saliox caprea*)
Strada per lo Stelvio (BZ), 2004

Palificata viva di sostegno a parete doppia	30

Palificata viva appena realizzata *Foto G. Sauli*
S. Genesio (BZ), 1992

Palificata viva con piante di *Almus incana,* dopo 12 anni *Foto G. Sauli*
S. Genesio (BZ), 2004

Palificata viva di sostegno a parete doppia	30

Palificata viva di sostegno *Foto G. Sauli*
Loc. Montenars (UD)

Palificata viva dopo un anno *Foto G. Sauli*
Loc. Montenars (UD)

Palificata viva di sostegno a parete doppia	30

Palificate vive di versante
Loc. Coccau (UD), 2004

Foto G. Sauli

Palificata viva di versante
Concerviano (RI)

Foto P. Cornelini

Palificata viva di sostegno a parete doppia	30

Palificata viva di versante da poco realizzata *Foto P. Cornelini*
Spigno Saturnia (LT)

Palificata viva di versante in opera *Foto P. Cornelini*
Atina (FR), 2000

Palificata viva di sostegno a parete doppia	30

Palificata viva di versante appena realizzata *Foto P. Cornelini*
Atina (FR), 2000

Palificata viva di versante *Foto P. Cornelini*
dopo un anno dalla realizzazione
Atina (FR), 2001

Palificata viva di sostegno Roma	31

Descrizione sintetica

Struttura in legname costituita da un'incastellatura di tronchi a formare camere nelle quali vengono inserite talee di salici o tamerici e arbusti radicati autoctoni.
L'opera, posta alla base della scarpata, è completata dal riempimento con materiale terroso.
L'opera può essere realizzata con il telaio strutturale triangolare in travi di acciaio invece che
tronchi.

Campi di applicazione

Piede di versanti instabili, scarpate stradali.

Materiali impiegati

- Tronchi di castagno o resinosa scortecciati ø 20 ÷ 25 cm
- Chiodature acciaio a.m. ø 12 ÷ 14 mm e barre acciaio filettato con dadi e rondelle ø 12 ÷ 14 mm
- Rete metallica a doppia torsione zincata e plastificata 6 x 8 cm
- Talee L = 2-3 m ø 2÷5 cm
- Arbusti radicati autoctoni
- Inerte terroso

Palificata viva di sostegno Roma	31

Modalità di esecuzione

- Scavo di fondazione in contropendenza (10° ÷ 15°)
- Posa della prima serie di tronchi correnti, paralleli alla strada
- Posa della prima serie di tronchi trasversali al di sopra dei correnti e chiodati ad essi, con interasse 1,5 m; successivamente, dopo un riempimento con terreno, si posa sui trasversi una rete in acciaio zincata e plastificata di maglia 6 x 8 cm, per la ripartizione del carico del terreno di riempimento sulla fondazione (figure 1, 2 e 3)
- Al trasverso di base, dopo realizzazione di idonei fori nella rete zincata, verranno incernierati, il montante posteriore con una pendenza intorno ai 65° e, ad idonea distanza, il tirante di collegamento con la base, formando un triangolo con il lato prolungato oltre la cerniera superiore di collegamento. Tale disposizione consentirà il posizionamento dei correnti orizzontali successivi (il primo chiodato sul traverso, il secondo semplicemente appoggiato su un elemento distanziatore in legno di circa 20 cm, il terzo chiodato sul tirante e gli altri appoggiati sui distanziatori in legno senza chiodature)
- Successivamente sarà posizionato il montante anteriore, in aderenza al corrente di fondazione, con una pendenza intorno ai 65°, incernierato al trasverso di base ed al tirante di collegamento e fissato ulteriormente, per una migliore stabilizzazione della struttura, con barre filettate di acciaio al montante posteriore attraverso i correnti non ancora chiodati. Per tale operazione, si richiede l'uso di punte di trapano e barre filettate della lunghezza di almeno 60 cm
- Riempimento con inerte e inserimento delle talee di specie con capacità di propagazione vegetativa e degli arbusti radicati autoctoni
- Riempimento con il materiale inerte proveniente dallo scavo fino a completa copertura dell'opera e riprofilatura di raccordo con la scarpata

Prescrizioni

- Le talee dovranno avere una lunghezza superiore allo spessore dell'opera fino a toccare il terreno retrostante e in tal modo radicare, mentre nella parte frontale dovranno sporgere per 10 cm circa
- Il fronte della palificata dovrà avere una pendenza massima di 65° per consentire la crescita delle piante
- Sul fronte della palificata è possibile inserire biostuoie per il contenimento del materiale più fine

Limiti di applicabilità

Data la particolarità costruttiva la palificata Roma ha un campo ottimale di realizzazione per altezze da 1, 8 a 2,2 m

Palificata viva di sostegno Roma	31

Vantaggi

Rapido consolidamento della scarpata.
Rispetto alla tradizionale palificata doppia presenta un risparmio di legname e chiodature.

Svantaggi

Il legno col tempo marcisce, per cui oltre a buone chiodature, è necessario che le talee e le piante radicate inserite nella struttura siano vive e radichino in profondità, così da sostituire la funzione di sostegno e consolidamento della scarpata, una volta che il legno ha perso le sue funzioni.
Lunghi tempi di realizzazione.

Effetto

Il consolidamento della scarpata è immediato.

Periodo di intervento

Durante il periodo di riposo vegetativo, escludendo i periodi estivi o di innevamento e gelo profondo, per le talee.
In caso di impiego esclusivo di arbusti radicati, tutto l'anno ad esclusione dei periodi di gelo e di aridità estiva.

Possibili errori

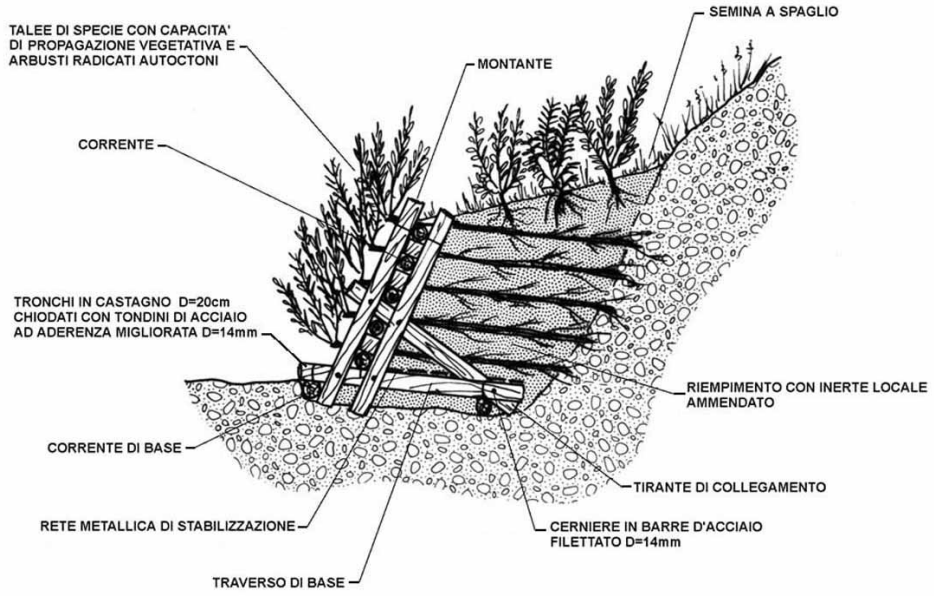
- Scelta errata del periodo per la posa di materiale vegetale vivo
- Diametro dei tronchi sottodimensionato
- Inserimento di un numero insufficiente di piante vive
- Impiego di specie prive di capacità vegetativa
- Insufficiente ed errata chiodatura dei tronchi con ø < 12 ÷ 14 mm
- Impiego di specie esotiche

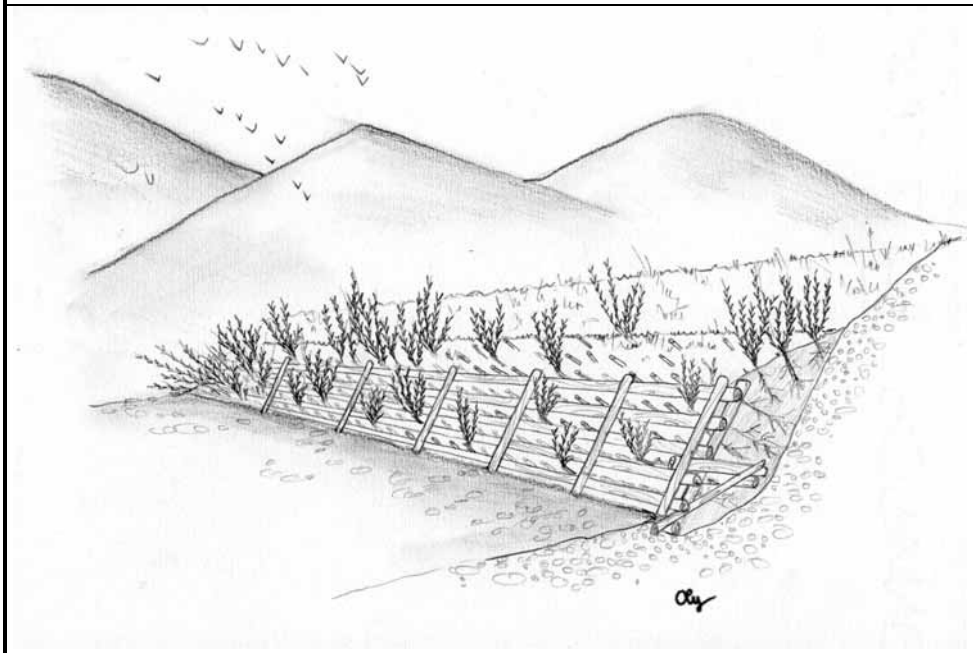
Palificata viva di sostegno Roma	31

Voce di Capitolato
55. Palificata viva *Roma*
a) su versante b) spondale
Consolidamento di pendii franosi o sponde in erosione con palificata in tondami di castagno o larice ø 20÷25 cm posti a formare una struttura triangolare in legname, con i montanti, i tiranti ed i traversi di L= 2,50 ÷3,00 m e fissati tra di loro con tondini e barre filettate in acciaio con dadi e rondelle ø 14 mm; la palificata andrà interrata con una pendenza del 10÷15 % verso monte ed il fronte avrà una pendenza di circa 65° per garantire la miglior crescita delle piante; una fila di pali infissi potrà ulteriormente consolidare la palificata alla base; sui trasversi di base sarà posata una rete in acciaio zincata e plastificata di maglia 6x8 cm., per la ripartizione del carico del terreno di riempimento sulla fondazione. Sarà effettuato l'inserimento di pietrame di pezzatura superiore al diametro del trasverso nelle camere al di sotto del livello medio dell'acqua sul fronte esterno ed un riempimento con inerte nella zona retrostante; analogamente sarà effettuato l'inserimento di fascine vive (di diametro superiore allo spazio tra i tronchi correnti) e talee di salici, tamerici od altre specie con capacità di propagazione vegetativa, nonché di piante radicate di specie arbustive pioniere nelle camere al di sopra del livello medio dell'acqua e riempimento con inerte nella zona retrostante fino a completa copertura dell'opera e riprofilatura di raccordo con la scarpata di sponda. Rami e piante dovranno sporgere circa 10 cm dalla palificata ed arrivare nella parte posteriore sino al terreno naturale. La palificata potrà essere realizzata per singoli tratti non più alti di 1,8÷2 m. b) Nel caso della difesa spondale sarà posta una fila di massi al piede della palificata, a contatto con l'acqua, legati con una fune d'acciaio di ø 16 mm e ulteriormente fissati con pali in legno o in profilato metallici di lunghezza di 2 m, infissi nel fondo per almeno 2/3 della lunghezza.

Palificata viva di sostegno Roma	31

Sezione tipo





Palificata viva di sostegno Roma	31

Foto

Palificata Roma con specie autoctone della gariga mediterranea
S. Stefano di Quisquina (AG), 2003 *Foto G. Sauli*

Palificata viva tipo Roma
Cà I Fabbri (PU), 2002 *Foto P. Cornelini*

Gabbionata in rete metallica zincata rinverdita	32

Descrizione sintetica

Gabbioni in rete metallica zincata a doppia torsione e maglia esagonale, riempiti in loco con ghiaione o pietrisco di pezzatura minima 15 cm, disposti a file parallele sovrapposte.
Talee di salice o tamerice vengono inserite all'interno dei gabbioni con disposizione irregolare o a file nella prima maglia del gabbione superiore (non tra un gabbione e l'altro).

Campi di applicazione

Piede di pendii umidi e instabili; versanti in erosione; briglie in golene allagate occasionalmente; sistemi di fitodepurazione; difesa e sostegno di sponde lacustri; ricostruzione e/o sostituzione di muri di sostegno in calcestruzzo in terreni instabili.
Nel loro impiego combinato con piante vive si prestano a varie applicazioni dell'ingegneria naturalistica che sono suscettibili di ulteriori evoluzioni data l'adattabilità dei materiali. Già il loro uso tradizionale presenta notevole plasticità dando adito nel tempo a processi di rinaturazione spontanea.
Vengono impiegate per costruire strutture di sostegno a gravità caratterizzate da una elevata flessibilità e permeabilità. Vanno dimensionate come opere di sostegno.

Materiali impiegati

- Pietrame o ciottoli di fiume ø 15 ÷ 30 cm
- Scatolare in filo di acciaio zincato (e plastificato se a contatto con l'acqua), maglia tipo 8 x 10 a doppia torsione
- Filo di ferro zincato ø 2,2 mm o punti metallici meccanizzati in acciaio ø 3,0 mm
- Talee di salice o tamerice di lunghezza tale da toccare il terreno naturale dietro il gabbione, in genere 1,5 – 2 m e di ø min 2 cm

Gabbionata in rete metallica zincata rinverdita	32

Modalità di esecuzione

- Preparazione dello scavo del piano di fondazione su cui posare lo scatolare prefabbricato, sua apertura e messa in scatola con la chiusura dei lati verticali, utilizzando filo di ferro ø 2,2 mm, oppure punti metallici applicati con un'apposita apparecchiatura pneumatica o manuale
- Riempimento con ciottoli (può essere effettuato meccanicamente ma il pietrame deve essere sistemato a mano in modo da ottenere un buon addensamento). Per garantire che la struttura non si deformi eccessivamente durante il riempimento, si mettono in opera due livelli di tiranti, realizzati col filo metallico di legatura, spaziati di 30 cm sia in senso orizzontale che verticale
- Chiusura della parte sommitale della fondazione
- Posizionamento della successiva fila di gabbioni, arretrata rispetto a quella sottostante di 0,50 m
- Inserimento di talee e ramaglia di salice o tamerice di lunghezza tale da toccare il terreno retrostante e inserite in corso d'opera (è impossibile inserirle a posteriori) a file nella prima maglia del gabbione o a disposizione più o meno irregolare (in genere su due file) durante il riempimento da effettuare in tre strati
- Posizionamento delle eventuali altre file secondo le modalità descritte

Prescrizioni

- Ramaglie e talee vanno sistemate in corso d'opera a disposizione irregolare all'interno del gabbione, se il riempimento viene fatto manualmente, o a file se il riempimento è meccanico
- Le talee dovranno essere potate a 10 – 15 cm circa dalla superficie del gabbione

Limiti di applicabilità

E' preferibile l'impiego in zone con disponibilità di materiale lapideo.
L'abbinamento con le talee condiziona i periodi stagionali di intervento con esclusione dei periodi estivi e di gelo invernale.

Vantaggi

Tecnica di esecuzione rapida e semplice, effetto di consolidamento immediato, utilizzo di materiali locali, opera di sostegno permeabile all'acqua e flessibile.
Adatta sia per sistemazioni lineari che per sistemazioni puntiformi.

Gabbionata in rete metallica zincata rinverdita	32

Svantaggi

Per un rinverdimento rapido bisogna mettere a dimora le piante in corso d'opera condizionando i periodi stagionali d'intervento; la realizzazione si basa sulla disponibilità in loco di idoneo materiale lapideo per i riempimenti; l'uso di materiale litoide alloctono incrementa i costi e non è coerente con il principio dell'impiego di risorsa locale e l'effetto paesaggistico.

Effetto

Struttura di sostegno elastica, molto adatta per sistemazioni in condizioni di forte pendenza e in spazi limitati; l'uso dei ciottoli locali garantisce una coerenza visuale della struttura; nell'arco di 1 – 2 anni le radici dei salici o tamerici aumentano la stabilità della struttura stessa che viene anche mascherata dallo sviluppo delle parti aeree.

Periodo di intervento

Durante il periodo di riposo vegetativo.

Possibili errori

- Mancato inserimento di talee e ramaglie di salice o tamerice o altri arbusti
- Esecuzione fuori stagione con scarse possibilità di attecchimento del materiale vegetale vivo
- Errato verso di inserimento delle talee
- Inserimento delle ramaglie tra i gabbioni con possibile "strozzatura" delle piante
- Mancata realizzazione dei tiranti e assestamento errato del pietrame con la conseguente deformazione dei gabbioni in fase di riempimento
- Se si realizzano opere di sostegno non si deve sgradonare la parte posteriore del muro
- Insufficienti fondazioni che vanno dimensionate ad esempio adottando gabbioni di spessore 0,5 m alla base per contenere le deformazioni
- Uso di materiale litoide alloctono
- Esaltazione del geometrismo ("effetto muraglia") con strutture troppo regolari per lunghi tratti
- Uso di materiale litoide di riempimento squadrato a blocchetti

Gabbionata in rete metallica zincata rinverdita	32

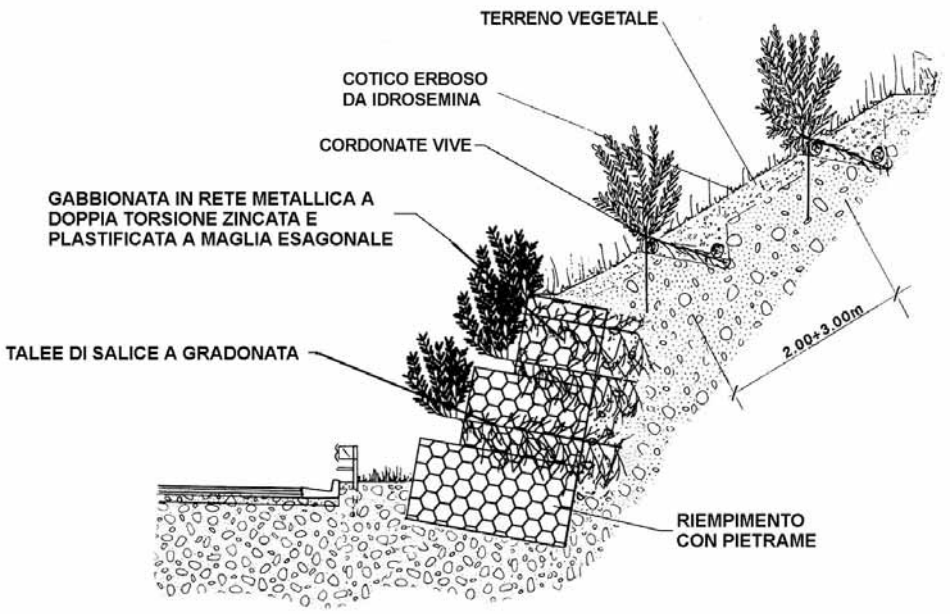
Voce di Capitolato

64. Gabbionata in rete metallica zincata rinverdita

Formazione di gabbionata verde per altezze di terreno non superiori ai 4 - 5 m, mediante impiego di normali gabbionate in rete metallica a doppia torsione di maglia esagonale tipo 8x10 (conforme alle UNI EN 10223-3) tessuta con filo di diametro minimo 2,7 mm (conforme alle UNI EN 10218) protetto con lega Zn-Al5%-MM (conforme alle UNI EN 10244-2 Classe A tab 2 minimo 255 gr/m^2); nel caso di ambienti aggressivi il filo di diametro 2,7 mm sarà ricoperto di rivestimento plastico (conforme alle EN 10245-2 e/o 3) di spessore nominale di 0,4, confezionato a parallelepipedo di varie dimensioni. Gli scatolari metallici verranno assemblati e collegati tra loro utilizzando per le cuciture ed i tiranti un filo metallico delle stesse caratteristiche di quello utilizzato per la fabbricazione della rete, con diametro di 2,2 mm. Nel caso di utilizzo di punti metallici meccanizzati per le operazioni di cucitura, questi dovranno essere in acciaio rivestito con lega zinco-alluminio 5% - MM, con diametro 3,00 mm e carico di rottura minimo pari a 170 Kg/mm^2.
Gli scatolari, una volta assemblati devono essere riempiti in loco con pietrame grossolano o ciottoli non friabili di pezzatura (generalmente ø 100 - 200 mm) non inferiore ad 1,5 volte la dimensione minima della maglia.
Sulle tipologie di abbinamento sinora operate valgono le seguenti indicazioni:
- inserimento di talee, ramaglia viva, piante e specie arbustive all'interno del gabbione o tra un gabbione e quello soprastante in fase di costruzione, dotate di capacità di riproduzione vegetativa, poste all'interno del gabbione o nella prima serie di maglie del gabbione sovrastante, in fase di costruzione.
- Le talee dovranno attraversare completamente il gabbione (generalmente L = 1,5 - 2,0 m e ø minimo 2 cm) ed essere inserite nel terreno dietro il gabbione stesso per una profondità che dia garanzia di crescita; tale operazione potrà avvenire solo durante il periodo di riposo vegetativo.

Gabbionata in rete metallica zincata rinverdita	32

Sezione tipo



Gabbionata in rete metallica zincata rinverdita	32

Foto

Gabbionata rinverdita — *Foto V. Zago*
Moggio Val Aupa (UD), 2002

Terra rinforzata rinverdita	33

Descrizione sintetica

Opera di sostegno realizzata mediante l'abbinamento di materiali di rinforzo orizzontale in reti sintetiche o metalliche plastificate, inerti di riempimento e rivestimento in stuoie sul fronte esterno, tali da consentire la crescita delle piante.
Sotto il profilo statico, la stabilità della struttura è garantita dal peso stesso del terreno consolidato internamente dai rinforzi; la stabilità superficiale dell'opera è assicurata dalle stuoie sul paramento e dalle piante.

Campi di applicazione

Sostegno di scarpate in riporto.
Consolidamento di scarpate stradali e ferroviarie.
Terrapieni antirumore, modellamento e ricostruzione nei casi di spazio limitato.

Materiali impiegati

- Geosintetici: rinforzo con geosintetici, ripiegati a sacco a chiudere frontalmente il materiale di riempimento. II contenimento durante la rullatura è garantito da casseri mobili, il cui posizionamento a scalare verso l'alto determinerà la pendenza finale del fronte. Per il trattenimento del terreno vegetale frontale vengono abbinate geostuoie tridimensionali sintetiche o biostuoie in fibra vegetale
- Griglia metallica e geosintetici: rinforzi con geosintetico resistente alla trazione; sul fronte esterno una rete metallica elettrosaldata, che funge da cassero, e rivestita internamente da stuoia sintetica o organica
- Griglia e armatura metallica: armature in lamine metalliche di lunghezza variabile, vincolate a griglie frontali in rete metallica elettrosaldata in acciaio zincato, inclinata di circa 63°, e che funge da cassero, rivestite internamente da una biostuoia o da una geostuoia tridimensionale sintetica
- Elementi preassemblati in rete metallica a doppia torsione: (pendenza massima 60°) elementi di armatura planari orizzontali in rete metallica a doppia torsione, provvisti di barrette di rinforzo zincate e plastificate, inserite all'interno delle maglie nella parte di rete risvoltata in corrispondenza del paramento, che frontalmente è provvisto di un elemento di irrigidimento interno assemblato in fase di produzione, costituito da un pannello di rete elettrosaldata e da un geocomposito antierosivo in fibra naturale. L'inclinazione a 60° è ottenuta grazie a elementi a squadra realizzati in tondino metallico e preassemblati alla struttura
- Punti metallici
- Materiale inerte di riempimento
- Terreno vegetale
- Talee vive di salice
- Arbusti radicati
- Idrosemine normali o a spessore

Terra rinforzata rinverdita	33

Modalità di esecuzione

- Formazione di un piano di fondazione per la posa degli elementi. Nei sistemi assemblati in opera si poseranno in successione: cassero a perdere o a recuperare, rinforzi e geosintetico antierosivo. Nei sistemi prefabbricati tutti gli elementi sono preassemblati ed in cantiere vengono posati in un'unica soluzione
- Inserimento delle talee di salice, tamerice, ecc. nella maglia inferiore e passanti la struttura
- Riempimento con materiale inerte di diametro superiore a quello della maglia della rete, lasciando uno spazio di almeno 50 cm dal paramento esterno per il riporto di terreno vegetale, e compattazione, per strati di circa 30 cm, del terreno per la formazione del rilevato strutturale
- Il materiale di riempimento viene lavorato a strati successivi e ogni strato viene ben compattato con un mezzo meccanico
- L'inserimento di una stuoia a tergo del cassero in rete metallica garantisce il trattenimento del materiale più fino, pur con il mantenimento dell'effetto drenante della struttura
- Riempimento nella parte frontale con terreno vegetale per uno spessore minimo di 50 cm
- Messa a dimora di arbusti radicati previo taglio di alcune maglie
- I moduli superiori e laterali vengono assicurati tra loro con punti metallici o cuciture adeguati
- Talee e arbusti possono essere piantati a posteriori, con minore efficacia dovuta al limitato inserimento in profondità
- Al termine della realizzazione della struttura viene eseguita una idrosemina, molto ricca di mulch in fibra di legno o paglia e di torba (idrosemina a spessore)

Prescrizioni

- Per un miglior risultato la raccolta e l'inserimento di materiale vegetale vivo deve avvenire durante il periodo di riposo vegetativo, in caso di talee, e in primavera o autunno per gli arbusti radicati
- Le talee devono al meglio avere una lunghezza tale da passare attraverso l'intera struttura e toccare il terreno retrostante, e comunque lunghezza non inferiore a 1,5-2 m
- Per una buona riuscita della vegetazione le talee devono essere inserite in fase di costruzione e poste alla base di ogni modulo
- Nel caso di forzata messa a dimora a posteriori delle talee, esse devono comunque essere inserite nella stagione adatta successiva alla costruzione. L'inserimento dovrà avvenire rispettando il verso di crescita e per almeno 50 cm di profondità. La parte fuori terra dovrà essere potata a circa 10-15 cm
- Il terreno di riempimento dovrà essere addensato sino a raggiungere il 95% della densità massima in condizioni di umidità ottimale secondo Proctor modificato

Terra rinforzata rinverdita	33

Limiti di applicabilità

Per garantire l'attecchimento e la crescita delle piante e del cotico erboso, i fronti dovranno avere pendenza massima di 60° - 65°, per consentire l'apporto di acque meteoriche.
Il cotico erboso deperisce nel tempo e non garantisce la funzione antierosiva del cuneo di terra vegetale frontale, che tende a dilavarsi quando le stuoie perdono la loro funzione, risulta pertanto indispensabile l'inserimento di talee e arbusti radicati e l'uso combinato di stuoie sintetiche permanenti.

Vantaggi

I manufatti risultano avere un'elevata durata temporale. Vengono riutilizzati inerti locali.
La costruzione per moduli consente di ottenere varie forme, adattate alle condizioni locali del terreno.
È la struttura artificiale a miglior resa per la rivegetazione ed effetto paesaggistico connesso.
Opera elastica e permeabile.

Svantaggi

Costi e ingombri maggiori che per le strutture murarie in cls.
È necessario reperire materiale di riempimento con caratteristiche geotecniche idonee.
Se questo dovesse risultare coesivo con contenuto d'acqua non idoneo è necessario usare rinforzi drenanti

Effetto

Struttura di sostegno molto adatta per sistemazioni in spazi limitati o in vicinanza di infrastrutture viarie.
La plasticità delle morfologie realizzabili e la totale rivegetabilità ne fanno una delle tecniche più facilmente reinseribili nel paesaggio a parità di funzionalità di consolidamento.

Periodo di intervento

Il materiale vivo dovrà essere inserito nel periodo di riposo vegetativo se talee, in primavera o autunno se arbusti radicati
La struttura delle terre rinforzate può essere realizzata in qualsiasi momento dell'anno anche se è raccomandabile l' inserimento delle talee e la piantagione di arbusti in fase di costruzione.

Terra rinforzata rinverdita	33

Possibili errori

- Scelta errata del periodo per la posa di materiale vegetale vivo mancata piantagione di specie arbustive
- Impiego di stuoie a rapido decadimento e conseguente innesco nel tempo di fenomeni di svuotamento
- Mancato o scarso inserimento del cuneo di terreno vegetale sul fronte esterno
- Mancata o scarsa rullatura e conseguenti cedimenti di assestamento dei terrapieni
- Mancato rispetto del limite di inclinazione del fronte, eccessiva verticalità
- Fondazioni poco profonde
- Insufficiente lunghezza e frequenza dei teli in rapporto alle loro caratteristiche (necessità di calcolo della stabilità)
- Rullatura troppo vicino al paramento con il risultato dell'aumento della pendenza del fronte

Terra rinforzata rinverdita	33

Voce di Capitolato

66. Terra rinforzata a paramento vegetato

a) Con geogriglie
b) Con griglia e armatura metallica
c) Con rete metallica a doppia torsione

Formazione di opere sostegno in terra rinforzata abbinando materiali di rinforzo di varia natura con paramenti sul fronte esterno realizzati in modo da consentire la crescita delle piante. Ciò si ottiene con varie tecnologie ma secondo le seguenti prescrizioni generali:
- pendenza massima del fronte esterno di 70° per consentire alle piante di ricevere almeno in parte l'apporto delle acque meteoriche;
- presenza di uno strato di terreno vegetale verso l'esterno a contatto con il paramento
- rivestimento verso l'esterno con una stuoia sintetica o biodegradabile che trattenga il suolo consentendo la radicazione delle piante erbacee.
- idrosemina con miscele adatte alle condizioni di intervento con quantità minima di seme di 40 g/m^2, collanti, ammendanti, concimanti e fibre organiche (mulch) in quantità tali da garantire la crescita e l'autonomia del cotico erboso.
- messa a dimora di specie arbustive pioniere locali per talee (10 x m lineare per ogni strato) o piante radicate in quantità minima di 1 ogni m^2, che svolgono nel tempo le seguenti funzioni: consolidamento mediante radicazione dello strato esterno della terra rinforzata; copertura verde della scarpata con effetto combinato di prato-pascolo arbustato che più si avvicina agli stadi vegetazionali delle scarpate naturali in condizioni analoghe; raccolta e invito delle acque meteoriche, sopperendo in tal modo all'eccessivo drenaggio dell'inerte e all'eccessiva verticalità.
- realizzazione di sistemi di drenaggio che non impediscano però la crescita delle radici.

L'impiego delle specie arbustive sulle terre rinforzate va considerato quindi una condizione importante per dare completezza naturalistica a questo tipo di interventi. Per le terre rinforzate a paramento vegetato valgono, e devono essere parte integrante della progettazione, i principi statici e costruttivi delle terre rinforzate con particolare riferimento a: verifica di stabilità interna e composta in assenza di pressioni interstiziali, verifica di stabilità esterna (schiacciamento del terreno di fondazione, ribaltamento, scivolamento lungo il piano di base) e quella globale dell'insieme struttura terreno; dimensionamento opportuno dei materiali di rinforzo in funzione della tensione e deformazione ammissibile e di esercizio della struttura in relazione all'altezza e profondità della terra rinforzata, spessore degli strati, pendenza, caratteristiche del rilevato; selezione degli inerti in base alle loro caratteristiche geomeccaniche e di drenaggio; compattazione degli stessi a strati di spessore massimo 0,35 m mediante bagnatura e rullatura con rullo vibrante con raggiungimento del fattore di compattazione almeno pari al 95 % dello standard Proctor.

a) con geogriglie: per il rinforzo delle terre vengono utilizzati geogriglie costituite da polimeri di varia natura (poliestere, polivinilalcool, poliaramide, polietilene e polipropilene) e aventi struttura piana con una distribuzione regolare delle dimensioni della maglia. Nella specifica del materiale di rinforzo da impiegare, oltre alle caratteristiche fisiche quali

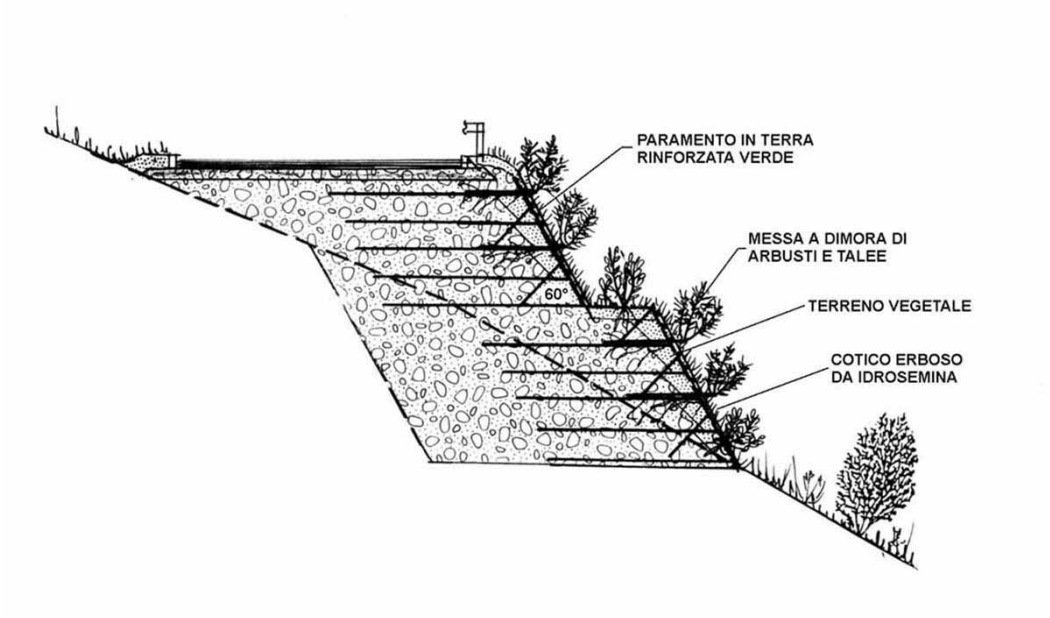
resistenza a trazione (da definire mediante calcolo e comunque non inferiore a 25 KN/m) e deformazione massima a rottura non superiore al 13% (EN ISO10319) compatibile con le deformazioni della struttura rinforzata, dovrà essere indicato il valore di tensione ammissibile del materiale (basato su un fattore di riduzione fm sul materiale di rinforzo non superiore a 2) che tenga in considerazione la natura del polimero, la qualità delle fibre impiegate, il comportamento al creep del materiale, il danneggiamento meccanico, chimico ed ai raggi UV e la durata di esercizio dell'opera: tali caratteristiche dovranno essere identificate in accordo con gli Standard di qualità conformi alle norme vigenti. Le geogriglie dovranno avere il marchio CE in conformità alle norme, rilasciato da un organismo accreditato. Le geogriglie dovranno inoltre essere certificate dall'ITC, dal BBA o altro equivalente istituto accreditato per garantire una durata di esercizio di almeno 120 anni. La geogriglia, oltre a fungere da rinforzo orizzontale, viene risvoltata attorno alla facciata chiudendo frontalmente il materiale di riempimento. Il contenimento durante la rullatura è garantito da casseri mobili o da cassieri in rete elettrosaldata fissi, il cui posizionamento a scalare verso l'alto determinerà la pendenza finale del fronte. L'impiego delle geogriglie, aventi maglia aperta, è migliorativo in funzione della crescita delle piante e del cotico erboso. Per problemi di trattenimento dello strato di terreno vegetale fronte esterno vengono abbinati alla geogriglia, geostuoie tridimensionali, biostuoie in fibra vegetale o geosintetici a maglia aperta.

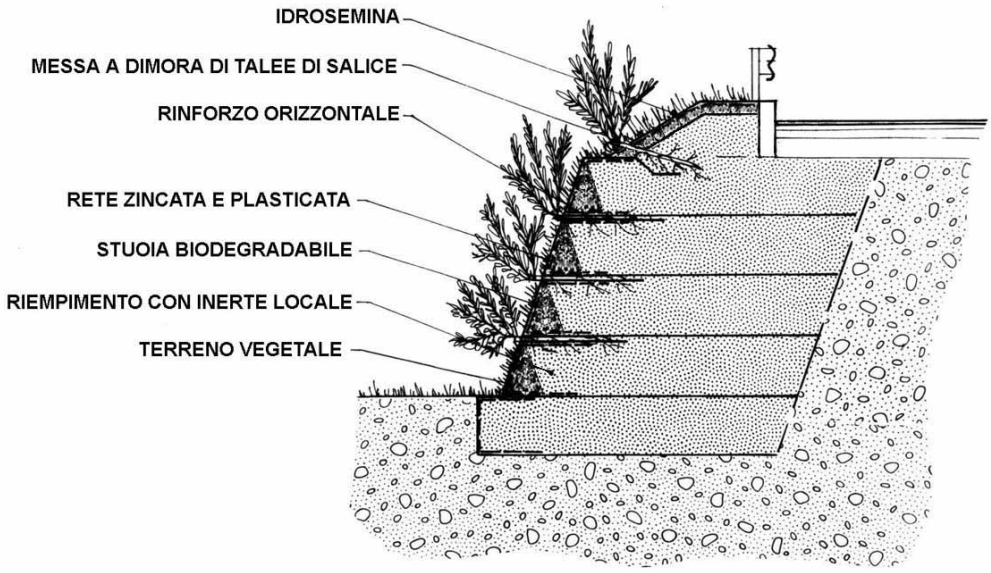
b) con griglia e armatura metallica: le armature vengono realizzate con lamine metalliche di lunghezza variabile, a aderenza migliorata mediante rilievi trasversali in numero non inferiore a 24/m su entrambe le facce, in acciaio zincato a caldo di sezione minima di 5 x 45 mm vincolate a griglie frontali in rete metallica elettrosaldata inclinata di circa 63°, che funge da cassero, in acciaio zincato a caldo con maglia minima di 10x10 cm di diametri differenziati da 6 mm a 14 mm, rivestite all'interno da una biostuoia e/o da una geostuoia tridimensionale in materiale sintetico con elevate caratteristiche di resistenza agli agenti chimici e atmosferici.

c) con rete metallica a doppia torsione: il paramento esterno (max 70°) e l'armatura orizzontale sono realizzati con elementi in rete metallica a doppia torsione con maglia esagonale minima 8x10 (conforme alle UNI EN 10223-3), tessuta con trafilato di ferro di diametro minimo 2,2 mm (conforme alle UNI EN 10218) protetto con lega Zn-Al5%-MM (conforme alle UNI EN 10244-2 Classe A tab 2) e successivo rivestimento plastico (conforme alle EN 10245-2 e/o 3) di spessore nominale 0,4 mm e diametro complessivo del filo 3,2 mm, avente resistenza nominale non inferiore a 35 kN/m; gli elementi sono di lunghezza variabile e costituiscono senza soluzione di continuità anche il paramento esterno verticale, a gradoni o inclinato, che è rinforzato da barrette metalliche inserite nella rete e da un ulteriore pannello in rete metallica a doppia torsione abbinato a un geosintetico o a un biostuoia-biofeltro che garantisca il trattenimento del materiale terroso e la crescita del cotico erboso e delle piante. Non sono necessarie manutenzioni specifiche ad esclusione della sostituzione delle piantine non attecchite e della ripetizione delle operazioni di idrosemina in caso di fallanza. L'opera può essere messa in crisi da svuotamenti accidentali dei vari strati di terreno compreso tra i fogli di rete, per cedimento delle biostuoie o per incendio del paramento.

Terra rinforzata rinverdita	33

Sezione tipo





Terra rinforzata rinverdita	33

Foto

Terra rinforzata verde in fase di costruzione *Foto S. Sciolis*
Pontecchio Marconi (BO), 2003

Terra rinforzata rinverdita	33

Terra rinforzata verde in fase di costruzione *Foto P. Cornelini*
Atina (FR), 2002

Terra rinforzata verde post operam *Foto P. Cornelini*
Atina (FR), 2003

Muro a secco rinverdito	34

Descrizione sintetica

Muratura a secco in pietrame squadrato e intasato con terreno vegetale.
Durante la costruzione vengono poste a dimora nelle fughe tra massi arbusti o talee di salice o tamerice, che dovranno sporgere al massimo di 10 cm dal muro.

Campi di applicazione

Stabilizzazione al piede di pendii, scarpate stradali.
Sistemazioni puntiformi e lineari.
Opere paravalanghe.

Materiali impiegati

- Massi a base larga e di varie dimensioni (ø min 80 cm)
- Terreno vegetale e/o materiale fine per l'intasamento
- Rami e talee di salice o tamerice L = 1m
- Arbusti radicati

N.B.: per muri di altezza limitata e in prossimità di strade
- Zolle erbose
- Semina a mulch

Modalità di esecuzione

- Scavo di fondazione
- Posa della prima fila di pietrame con inclinazione verso monte
- Messa a dimora di talee, ramaglia di salice o tamerice e arbusti radicati
- Eventuale messa a dimora di zolle erbose o semina
- Posa delle file successive di pietrame alternate alla ramaglia
- Intasamento con terreno vegetale e/o materiale fine
- ripetizione delle operazioni

Prescrizioni

- La posa delle pietre deve avvenire mantenendo una contropendenza verso monte
- Le talee non dovranno sporgere più di 10 cm dal muro per evitare il disseccamento all'aria
- Le talee dovranno essere passanti la struttura, fino a toccare il terreno retrostante
- Al termine della posa si provvederà alla potatura a misura

Muro a secco rinverdito	34

Limiti di applicabilità

Possono essere raggiunte al massimo altezze di 2 m.

Vantaggi

Consolidamento immediato del versante, struttura elastica e permeabile all'acqua.
Struttura economica e facilmente realizzabile. Può essere impiegato pietrame sgrossato e di varie dimensioni.
Durata nel tempo.
Opera di valenza ornamentale-paesaggistica.
Se necessario, è facilmente riparabile.

Svantaggi

Altezza limitata dell'opera (2 m).
Opera limitata a situazioni di dissesto superficiale e ridotta estensione.
Costi legati alla prevalenza di mano d'opera nelle lavorazioni.

Effetto

Effetto stabilizzante immediato.
Una volta cresciuta ramaglia e arbusti l'opera ha un effetto estetico migliore rispetto alle opere in "grigio".

Periodo di intervento

Durante il periodo di riposo vegetativo.
La costruzione con massi può avvenire in qualsiasi periodo dell'anno; la messa a dimora di materiale vivo solo durante il periodo di riposo vegetativo.

Possibili errori

- Scelta errata del periodo per la posa di materiale vegetale vivo
- Eccessiva esposizione all'aria delle talee e della ramaglia
- Eccessivo drenaggio o aridità da esposizione

Muro a secco rinverdito	34

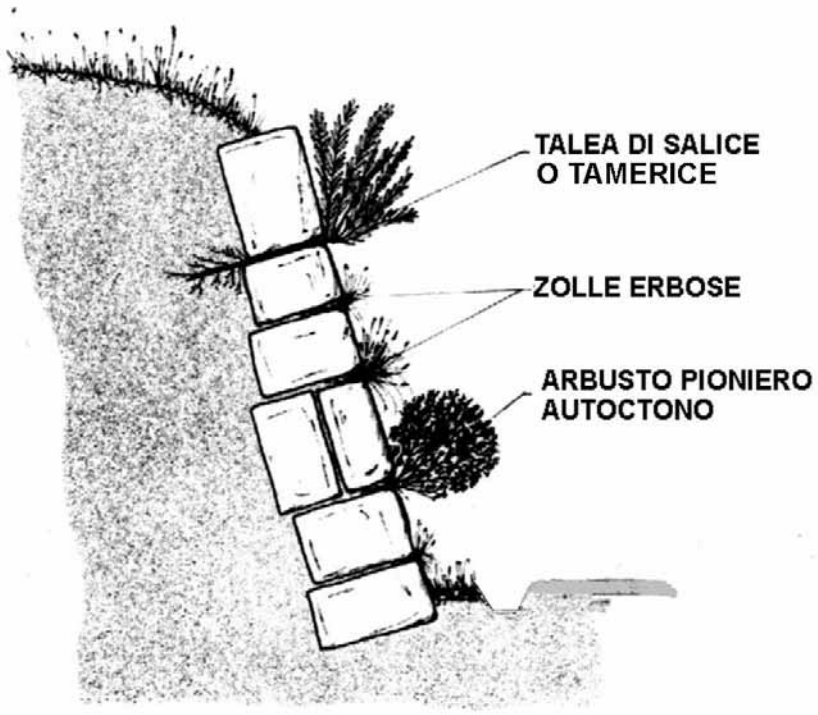
Voce di Capitolato

67. Muro a secco rinverdito

Formazione di muratura a secco con pietrame squadrato al grezzo con inserimento durante la costruzione di ramaglia viva (sino a 10 pezzi/m^2), o piante legnose radicate (2 - 5 pezzi/m^2) o zolle erbose. I rami non dovranno sporgere più di 30 cm dal muro nell'aria, per evitare disseccamenti, e in tal senso dovranno essere potati dopo la posa in opera. Le fughe tra i massi andranno intasate con terreno vegetale o almeno materiale fine tale da rendere possibile l'attecchimento delle piante. La costruzione potrà avvenire solo durante il periodo di riposo vegetativo, la presenza della vegetazione oltre a consolidare nel tempo la struttura, consentirà di ottenere un maggior drenaggio del terreno retrostante. Date le condizioni particolari è prevista una fallanza del 30 - 40%.

Muro a secco rinverdito	34

Sezione tipo



Muro a secco rinverdito	34

Foto

Muro in pietra con parziale cementatura *Foto G. Sauli*
Strada per monte S. Simeone (UD), 2003

Cuneo filtrante	35

Descrizione sintetica

Sistema di drenaggio costituito da un corpo in ghiaia e pietrisco, all'interno del quale sono inserite a strati talee e ramaglia viva di specie con capacità di propagazione vegetativa, piante radicate e zolle di canna.

Campi di applicazione

Drenaggio al piede di pendii. Drenaggio di frane di versante (fino a 3 m di spessore).

Materiali impiegati

- Ghiaie (2 - 10 cm) e sassi (10 - 30 cm)
- Talee
- Ramaglia viva
- Piante radicate
- Zolle di canna

Modalità di esecuzione

- posizionamento di uno o più tubi microforati drenanti lungo il corpo della frana
- stesura di un primo strato di pietrisco
- inserimento di talee e/o ramaglia viva al di sopra dello strato di ghiaia
- stesura dei successivi strati alterni di ghiaia e ramaglia fino al completamento dell'intervento
- la messa a dimora delle zolle di canna viene eseguita al termine dei lavori

Alla base del cuneo filtrante può essere anche realizzato un muretto a secco o una scogliera di altezza adeguata.

Prescrizioni

- talee e ramaglia devono avere lunghezze tali da poter toccare il terreno retrostante
- la scelta del materiale di riempimento viene effettuata in base alle caratteristiche geologiche del luogo
- la posa del materiale vivo va preferibilmente effettuata durante la stesura del materiale inerte, in modo tale da poter realizzare gradonate vive

Cuneo filtrante	35

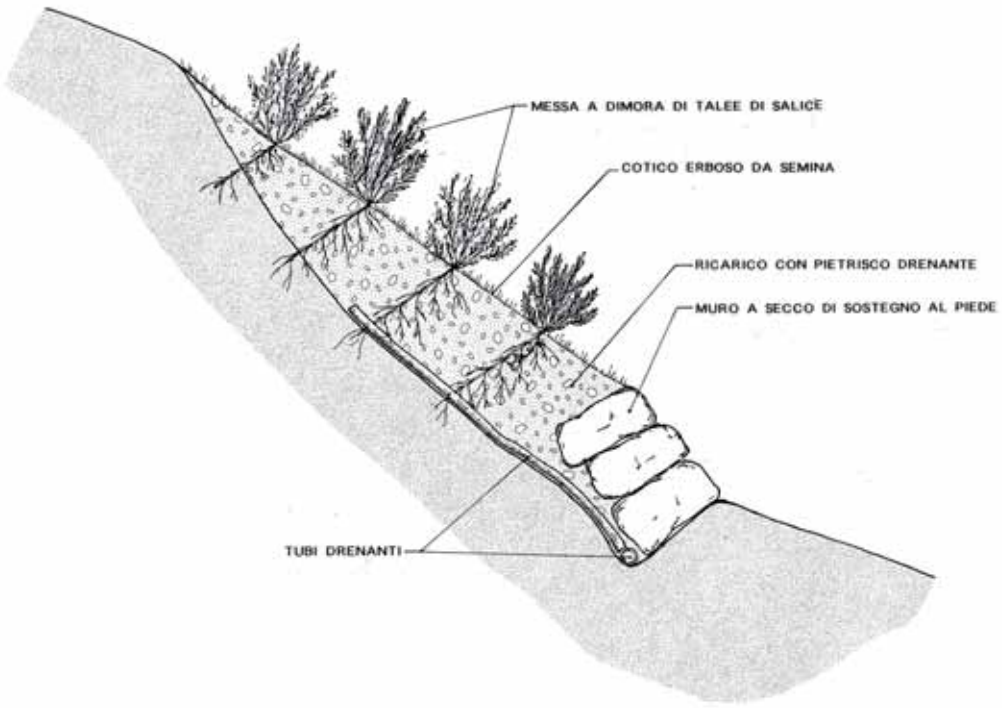
Limiti di applicabilità
Vantaggi
Intervento di semplice realizzazione, costi modesti, effetto immediato e duraturo.
Svantaggi
Realizzazione limitata alle zone con disponibilità di ghiaia. Vengono raggiunte altezze limitate.
Effetto
Opera di sostegno e di drenaggio fin dalla sua realizzazione. L'effetto aumenta man mano che le piante crescono.
Periodo di intervento
Durante il periodo di riposo vegetativo per la messa a dimora del materiale vivo; in qualsiasi stagione la stesura del materiale inerte.
Possibili errori
• Scelta errata del periodo per la posa di materiale vegetale vivo • Dimensioni ridotte delle talee e della ramaglia • Inserimento delle talee nel verso contrario a quello di crescita

Cuneo filtrante	35

Voce di Capitolato
68. Cuneo filtrante Formazione di un cuneo di inerte drenante a varia pezzatura (ghiaia, pietrisco) riportato a strati alternati a disposizione di ramaglia viva e talee, con capacità di ricaccio (che devono arrivare sino al substrato di base) piante radicate o zolle di canneto. Il tutto a ricostruire un tratto di versante franato ove vi sia presenza di acqua nel substrato, inserendo, se del caso, tubi drenanti alla base e lungo il pendio o realizzando un sostegno al piede in massi da scogliera o palificata viva o altra tecnica. La superficie esterna (in genere senza riporto di terreno vegetale) verrà inerbita con idonea miscela di sementi e tecnica di semina in funzione delle condizioni locali di intervento.

Cuneo filtrante	35

Sezione tipo



Cuneo filtrante	35

Foto

Cuneo filtrante in fase di realizzazione *Foto H. Zeh*

Cuneo filtrante dopo 1 anno *Foto H. Zeh*

Scogliera rinverdita	36

Descrizione sintetica

Difesa longitudinale per il consolidamento del piede di scarpate e pendii, realizzata con l'impiego di grossi massi e di talee di salice inserite nelle fessure tra i massi stessi.

Campi di applicazione

Consolidamento al piede di pendii.
Opere paravalanghe.

Materiali impiegati

- Massi ciclopici ø 0,5-1 m
- Talee di salice L min 1 m
- Inerte terroso per l'intasamento delle fughe

Modalità di esecuzione

- Disposizione irregolare dei massi lungo la scarpata, procedendo dal basso verso l'alto
- Contemporanea messa a dimora delle talee di salice di lunghezza tale da raggiungere il terreno retrostante i massi
- Intasamento delle fessure tra massi con materiale terroso fine (non necessariamente terreno vegetale)
- Nel caso di inserimento a posteriori delle talee di salice, sarà necessario provvedere alla realizzazione tra i massi di un foro, nel quale inserire la talea. In tal modo tuttavia si rischia di non far passare la talea da parte a parte fino a toccare il terreno retrostante la scogliera

Prescrizioni

- L' inserimento di talee dovrà avvenire preferibilmente durante la fase di costruzione
- Le talee dovranno essere passanti la struttura, in modo da toccare il terreno retrostante
- I massi dovranno essere di provenienza locale evitando litologie alloctone che sono non coerenti con quelle locali

Limiti di applicabilità

Scogliera rinverdita	36

Vantaggi

Opera massiccia con effetto protettivo immediato.
Una volta radicate le talee aumenteranno l'effetto ancorante dei massi al terreno.

Svantaggi

Elevata percentuale di fallanze nelle talee inserite a posteriori.

Effetto

Protezione immediata, che va aumentando con lo svilupparsi dell'apparato radicale delle talee.
Aspetto coerente solo in morfologie rocciose montane, molto visibile in morfologie a litologie sciolte (ghiaie, argille, sabbie).

Periodo di intervento

In preferenza durante il periodo di riposo vegetativo.

Possibili errori

- Scelta errata del periodo per la posa di materiale vegetale vivo
- Mancato inserimento delle talee in fase di costruzione
- Talee di dimensioni ridotte
- Mancato intasamento delle fughe tra i massi
- Sottodimensionamento dei massi
- Utilizzo su substrati litologici non idonei di pianura o collina
- Utilizzo di massi di provenienza alloctona

Scogliera rinverdita	36

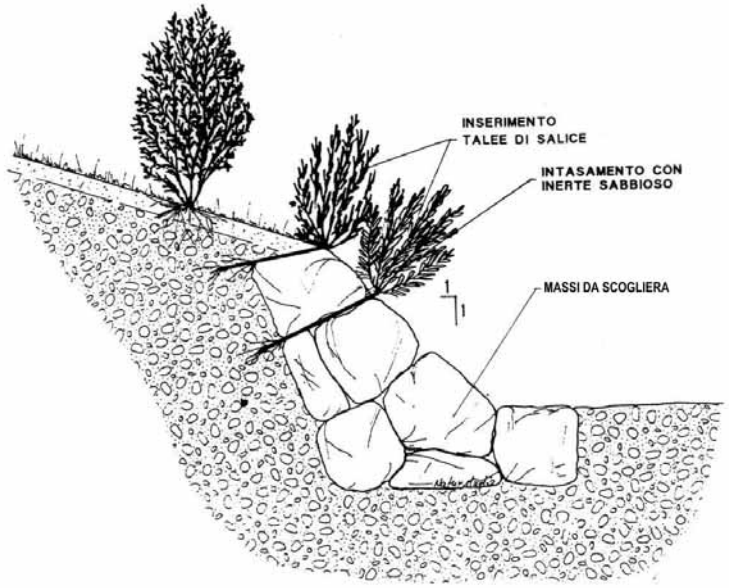
Voce di Capitolato

71. Scogliera rinverdita

Formazione di scogliera in grossi massi ciclopici rinverdita, di rivestimento e difesa di scarpate spondali, realizzata mediante:
- sagomatura dello scavo, regolarizzazione del piano di appoggio con pendenza non superiore a 35° (40°);
- eventuale stesa di geotessile sul fondo di peso non inferiore a 400 g/m^2 con funzione strutturale di ripartizione dei carichi e di contenimento del materiale sottostante all'azione erosiva;
- realizzazione del piede di fondazione con materasso o taglione (altezza di circa 2,0 m e interramento di circa 1,0 m al di sotto della quota di fondo alveo) in massi, ad evitare lo scalzamento da parte della corrente e la rimobilitazione del pietrame in elevazione. Il materasso di fondazione deve essere realizzato prevedendo eventuali soglie di consolidamento costruite sempre con grossi massi se del caso cementati, o anche con la realizzazione di piccoli repellenti;
- realizzazione della massicciata in blocchi di pietrame per uno spessore di circa 1,50 m, inclinati e ben accostati, eventualmente intasati nei vuoti con materiale legante (al di sotto della linea di portata media annuale) oppure legati da fune d'acciaio. I blocchi devono avere pezzatura media non inferiore a 0,4 m^3 e peso superiore a 5-20 q, in funzione delle caratteristiche idrodinamiche della corrente d'acqua e della forza di trascinamento. Le pietre di dimensioni maggiori vanno situate nella parte bassa dell'opera. Nel caso che il pietrame venga recuperato nell'alveo, è necessario fare in modo che non venga alterata eccessivamente la struttura fisica dello stesso (dimensione media del pietrame di fondo, soglie naturali, pendenza);
- impianto durante la costruzione di robuste talee di salice, di grosso diametro, tra le fessure dei massi (al di sopra della linea di portata media annuale), poste nel modo più irregolare possibile. In genere vanno collocate 2-5 talee/m^2, e su aree soggette a sollecitazioni particolarmente intense (es. sponda di torrenti con trasporto solido) da 5 a 10 talee/m^2 e di lunghezza tale (1,50-2 m) da toccare il substrato naturale dietro la scogliera. I vuoti residui devono essere intasati con inerte terroso.

Scogliera rinverdita	36

Sezione tipo



Scogliera rinverdita	36

Foto

Scogliera rinverdita *Foto V. Zago*
Loc. S. Caterina (UD), 2003

Muro cellulare rinverdito	37

Descrizione sintetica

Tecnica ai limiti dell'ingegneria naturalistica.
Struttura in calcestruzzo a elementi prefabbricati modulari, con funzione di sostegno.
Le camere tra elementi vengono riempite con terreno, dove può essere eseguita una semina e la messa a dimora di piante, per lo più a funzione tappezzante.

Campi di applicazione

Scarpate stradali e ferroviarie. Piede di pendii.

Materiali impiegati

- Elementi prefabbricati modulari semplici o doppi in calcestruzzo
- Ancoraggi
- Inerte drenante
- Terreno vegetale
- Semina o idrosemina
- Arbusti autoctoni

Modalità di esecuzione

- Formazione di una fondazione
- Montaggio degli elementi prefabbricati
- Riempimento con inerte drenante nella parte posteriore a contatto con il versante
- Riempimento con terreno vegetale nel primo quarto del fronte esterno
- Messa a dimora di piante erbacee o basso arbustive
- Semina o idrosemina

Prescrizioni

- Dovrà essere verificata sia la stabilità geomeccanica della base d'appoggio, sia la stabilità della struttura stessa
- La parte alveolare frontale dovrà avere almeno le dimensioni minime che consentano la crescita delle piante
- Altezza, inclinazione e forma dei paramenti esterni dovranno essere tali da garantire l'afflusso delle acque meteoriche (max 60°)
- Laddove non sia garantito l'afflusso delle acque meteoriche, è consigliabile la realizzazione di un sistema di irrigazione
- La messa a dimora di specie arbustive a comportamento pioniero e xeroresistenti è preferibile, soprattutto nelle regioni centro meridionali

Muro cellulare rinverdito	37

Limiti di applicabilità

Attecchimento e crescita delle specie vegetali sono rese più difficili per l'aumento di insolazione e il deficit idrico aggravato dalla presenza dei moduli in cls.

Vantaggi

Realizzazione rapida e semplice.
Struttura più permeabile rispetto a un muro in calcestruzzo.
Consente di raggiungere altezze anche notevoli.

Svantaggi

Di scarsa qualità estetica, almeno fino a quando erba e piante non hanno attecchito e si sono sviluppate.

Effetto

Immediata funzione stabilizzante.
Effetto drenante maggiorato ad opera delle piante.

Periodo di intervento

In qualsiasi periodo dell'anno per quanto riguarda la struttura; durante il periodo di riposo vegetativo per la messa a dimora di specie vegetali.
Dal momento che le specie vegetali dovranno essere inserite in fase di realizzazione della struttura, l'esecuzione dell'opera dovrà seguire i tempi e i modi che tengono conto del riposo vegetativo e dei periodi di aridità estiva.

Possibili errori

- Scelta errata del periodo per la posa di materiale vegetale vivo
- Non inserire terra vegetale nella parte esterna
- Non usare specie di provenienza autoctona, ma di provenienza esotica

Muro cellulare rinverdito	37

Voce di Capitolato

63. Muro cellulare (alveolare) rinverdito

a) In calcestruzzo
b) In legno
c) Spondale

Formazione di muri cellulari o alveolari con elementi prefabbricati in calcestruzzo (variante a) di varia forma e dimensioni (a trave, a tubo, a piastra, a contenitori sovrapposti, ecc.). Il metodo va considerato ai confini dell'Ingegneria Naturalistica in quanto la funzione statica è totalmente legata alla struttura in cls, mentre le piante consolidano solo il terreno di riempimento. Inoltre le superfici in cls dei moduli esaltano i problemi legati all'insolazione e al deficit idrico estivo limitando le possibilità di crescita delle piante. Questo limite d'impiego si aggrava nelle regioni centro meridionali. Pur nella notevole varietà costruttiva e strutturale dei diversi sistemi di muro prefabbricato in commercio, valgono alcune prescrizioni funzionali comuni:

- verifica della stabilità geomeccanica complessiva della base d'appoggio e della stabilità propria della struttura;
- dimensionamento minimo della parte alveolare frontale tale da consentire la crescita delle piante;
- riempimento con inerte drenante nella parte posteriore a contatto con il versante riempimento con terreno vegetale nel 1/4 fronte esterno;
- altezza e inclinazione del muro, forma dei paramenti frontali e sistemi di convogliamento acqua tali da garantire l'affluenza di acque meteoriche o di irrigazione nel fronte esterno;
- inerbimento e messa a dimora di specie arbustive a comportamento pioniero e xeroresistenti.

Nella variante b) gli elementi costruttivi prefabbricati del muro sono in legname squadrato, trattati con sali minerali impregnanti contro l'attacco di funghi ed insetti, che consente altezze da 1 a 8 m e durata dichiarata 40-50 anni.

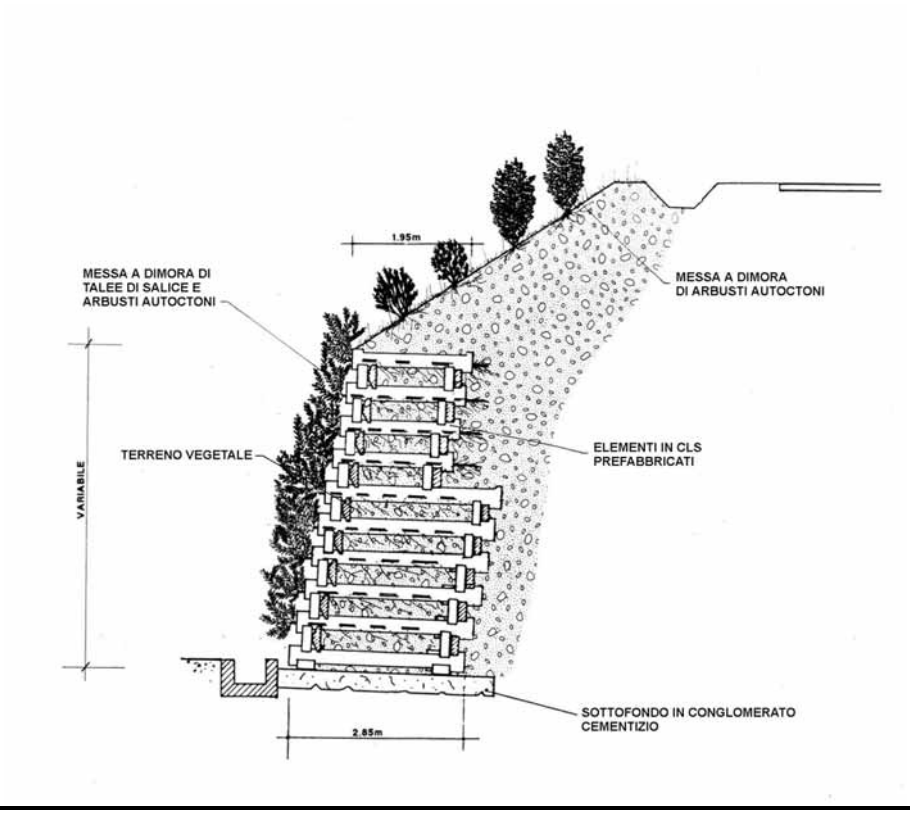
Per la natura dei materiali vi sono dei vantaggi rispetto al cls sia estetici che rispetto alla crescita delle piante. Vi è il rischio di alveoli di dimensione eccessivamente ridotta per certi elementi modulari con piccoli spessori e rapporti vuoto/pieno sfavorevoli alle piante.

Come consolidamento spondale (variante c) il muro cellulare si presta in condizioni di sezione ristretta senza possibilità di ampliamento o addolcimento della pendenza (tratti urbanizzati, adiacenze di infrastrutture, manufatti) ed è sostitutivo del muro in cls o della scogliera cementata. I muri cellulari potranno essere realizzati in qualsiasi stagione salvo la parte verde che sarà soggetta alle normali limitazioni stagionali delle semine e messe a dimora. Normalmente il piano di appoggio viene realizzato in contropendenza, con inclinazione definita in fase progettuale; per strutture di una certa entità è consigliabile realizzare una soletta in c.a.

Per una buona riuscita dell'opera è indispensabile che il materiale di riempimento, sia che si tratti di inerte, sia che si tratti di terreno, venga inserito strato per strato, in modo da poter essere adeguatamente compattato. Per le strutture che verranno riempite con terreno naturale sarà necessario realizzare il drenaggio a tergo. Dovrà inoltre essere realizzato un adeguato convogliamento delle acque raccolte. Questo tipo di opere non necessita di particolari manutenzioni, tuttavia è importante che durante i primi due anni venga controllata la crescita delle piante ed eventualmente si proceda a sostituire quelle morte.

Muro cellulare rinverdito	37

Sezione tipo



Muro cellulare rinverdito	37

Foto

Muro cellulare rinverdito *Foto G. Sauli*
Sequals (PN), 2000

Muro cellulare rinverdito *Foto P. Cornelini*
Autostrada dei Trafori (VB), 2001

Briglia in legname e pietrame	38

Descrizione sintetica

Opera in legname e pietrame realizzata trasversalmente al corso d'acqua, rinverdita mediante inserimento delle fascine vive di salici o talee di specie con capacità di propagazione vegetativa nelle camere al di sopra del livello medio dell'acqua e nelle parti laterali della briglia.

Campi di applicazione

Regimi torrentizi montani e collinari anche con notevole trasporto solido.

Materiali impiegati

- Tronchi di castagno o resinosa scortecciati ø 20 ÷ 30 cm
- Chiodature metalliche ø 12 ÷ 14 mm
- Tondini in metallo ø 10 ÷ 14 mm
- Talee e fascine vive di salice ø 20 ÷ 30 cm
- Pietrame
- Inerte terroso

Modalità di esecuzione

- Scavo di fondazione
- Fondazione in massi ciclopici
- Posa della prima serie di tronchi correnti, trasversali al corso d'acqua, in doppia la fila
- Posa della prima serie di tronchi longitudinali al di sopra dei correnti e chiodati ad essi, con interasse massimo 1,00 m
- Inserimento di pietrame nelle camere e riempimento con inerte
- Ripetizione delle operazioni 3, 4, 5 fino al raggiungimento dell'altezza di progetto (pendenza frontale non superiore ai 60° per garantire la crescita delle piante)
- Inserimento delle fascine vive di salici o talee di specie con capacità di propagazione vegetativa nelle camere al di sopra del livello medio dell'acqua e nelle parti laterali della briglia, riempimento con inerte
- La gaveta verrà realizzata impiegando tondame intero o mezzi tronchi
- Le fessure tra tondame nella gaveta verranno riempiti con bitume a freddo

Briglia in legname e pietrame	38

Prescrizioni

- La briglia dovrà essere adeguatamente ammorsata nelle sponde del corso d'acqua per evitare scalzamenti laterali
- La gaveta verrà dimensionata opportunamente in base ai calcoli idraulici del corso d'acqua
- I pali scortecciati hanno una durata temporale maggiore rispetto a quelli non scortecciati

Limiti di applicabilità

Possono essere realizzate opere di altezza e ampiezza limitata; non proponibili in regimi con trasporto solido di diametro elevato.

Vantaggi

Opere sostitutive di briglie cementizie realizzabili con materiali rinvenibili in loco.

Svantaggi

Durata limitata nel tempo scarsamente rivegetabile.

Effetto

Si ha una immediata diminuzione della pendenza del profilo del corso d'acqua. Pertanto viene meno l'effetto erosivo e favorito il deposito di materiale.
Aspetto gradevole legato all'uso di tronchi e pietrame (in aree montane).

Periodo di intervento

Qualsiasi periodo dell'anno per la struttura in legname e pietrame.
Se abbinata a materiale vivo il periodo è vincolato a quello della messa a dimora delle talee.

Possibili errori

- Fissaggio dei tronchi con cambre al posto delle barre passanti
- Diametro dei tronchi insufficiente
- Struttura troppo verticale per la crescita delle piante
- Insufficiente ammorsamento laterale (possibili scalzamenti laterali)
- Insufficiente ammorsamento di fondo (possibili sifonamenti)

Voce di Capitolato

Briglia in legname e pietrame	38

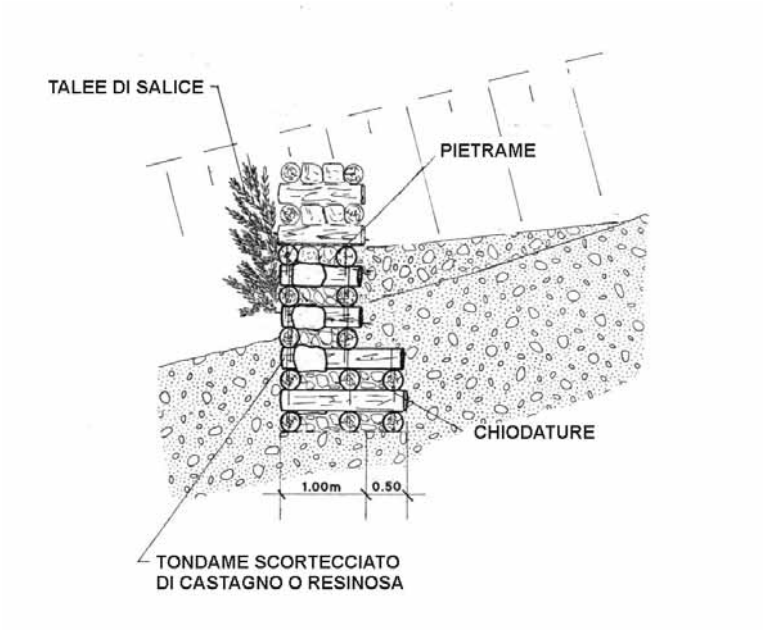
72. Briglia viva in legname e pietrame

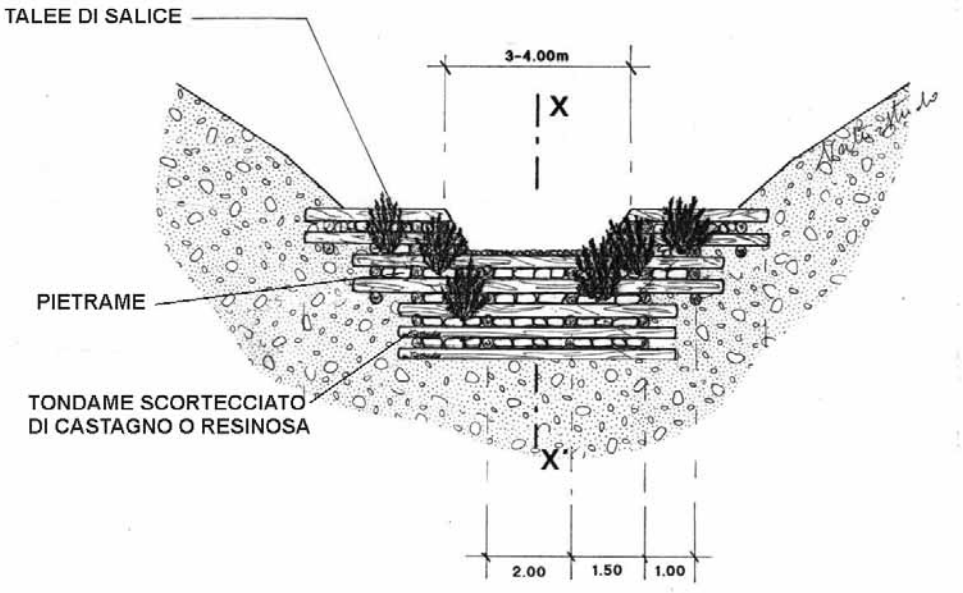
Briglia viva in legname e pietrame di consolidamento, in corsi d'acqua a carattere torrentizio, di modeste dimensioni trasversali, a struttura piena, realizzata mediante:
- incastellatura di legname a parete doppia (struttura a cassone o reticolare) in tondame di larice, di abete, di castagno o di pino (scortecciato ed eventualmente trattato), unito da chiodi e graffe metalliche zincate (ø 10 - 14 mm). La soglia sarà realizzata da tronchi di diametro minimo pari a 15 - 20 cm e di lunghezza 200 - 400 cm, opportunamente incastrate nelle spalle, ancorate ai pali di sostegno mediante tacche di ancoraggio e chiodi di ferro o nastri d'acciaio zincati. I pali trasversali vengono sistemati con interasse di circa 100 - 150 cm. Se necessario, la fondazione dovrà essere consolidata da pali. Il rivestimento della vasca tra il corpo briglia e la controbriglia verrà realizzato con pietrame reperito in loco;
- riempimento della briglia con materiale drenante di ciottoli o ghiaia e terreno drenante costipabile, o pareggiato con dei sassi;
- eventuale posizionamento sotto lo scivolo di invito della briglia, di geotessile per evitare sifonamenti;
- completamento della soglia durante il riempimento con deposizione fra i correnti delle ali laterali di rami lunghi 1,50 - 2,0 m, con capacità di propagazione vegetativa, e/o con talee di salice (1 - 5 pezzi/m), e/o con piante di latifoglie radicate. Per versanti con briglie di piccole dimensioni, si può alternare alle palificate file di viminate o fascinate vive.

Il periodo di intervento corrisponde ai periodi di magra o di secca del corso d'acqua, mentre la durata può raggiungere i 20 - 30 anni se il corso d'acqua è caratterizzato da un deflusso minimo costante, che possa evitare i cicli di disseccamento/imbibizione.

Briglia in legname e pietrame	38

Sezione tipo





Briglia in legname e pietrame	38

Foto

Briglie in legname e pietrame con talee — *Foto G. Sauli*
Ligosullo (UD), 2003

Briglia in legname e pietrame — *Foto P. Cornelini*
Celleno (VT)

15.4 Interventi costruttivi particolari

39 Graticciata in micropoli, rete e stuoia

Graticciata in micropali, rete e stuoia	39

Descrizione sintetica

Graticciata in micropali, reti, funi metalliche e stuoie sintetiche con funzioni di contenimento sia longitudinale che trasversale di impluvi e vallette fortemente incise a regime torrentizio su litologie sciolte granulari (marne, scaglia, tufi semilitoidi, ecc.) soggette a forte trasporto solido.
La graticciata è riempita lato monte dallo stesso inerte derivante dall'erosione e viene piantata e seminata ma si rinverdisce comunque spontaneamente nel breve periodo.

Campi di applicazione

Parti periferiche di bacini torrentizi in sezioni ristrette a forte pendenza su litologie friabili e soggette a continua erosione e trasporto solido a valle (marne, scaglia, tufi semilitoidi, ceneriti, ecc.)

Materiali impiegati

- Tubi in acciaio tipo CORTEN ø 114 mm, spessore 4 mm, L 4m
- Boiacca cementizia con additivi antiritiro
- Rete metallica zincata filo 2.2 mm, maglia 6 x 8
- Cavo in acciaio ø min. 10 mm
- Stuoia sintetica tridimensionale di minimo 18 mm
- Talee di ø 2 - 5 cm
- Semina o idrosemina

Modalità di esecuzione

- Perforazione verticale di fori di diametro massimo 200 mm e profondità di 3 m
- Posa dei tubi tipo CORTEN e esecuzione delle iniezioni a pressione di boiacca cementizia
- Posa del rivestimento in rete metallica foderata lato monte con stuoia tridimensionale sintetica e vincolata ai tubi mediante cavo in acciaio
- Riempimento lato monte con inerte a pezzatura fine locale
- Inserimento di talee di ø 2 - 5 cm sul fronte verticale della graticciata, previa eventuale taglio di maglie della rete, per una profondità minima di 50 cm
- Semina o idrosemina di tutte le superfici

Graticciata in micropali, rete e stuoia	39

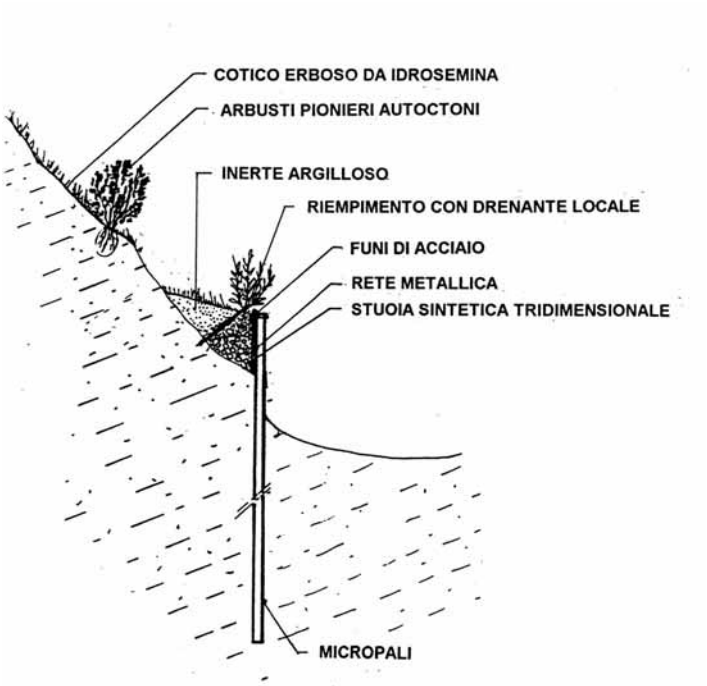
Raccomandazioni
Limiti di applicabilità
Applicabile convenientemente solo in particolari morfologie a forra e litologie a sfaldamento superficiale (marne, scaglia, tufi semilitoidi, ecc.) che consentono al contempo la perforazione con perforatrice montata su mezzi fuoristrada. Non applicabile in presenza di trasporto solido grossolano.
Vantaggi
Lunga durata, funzione di laminazione della portata solida e liquida in parti periferiche di bacini torrentizi su forti pendenze.
Svantaggi
Costo notevole.
Effetto
A distanza di pochi anni la parte strutturale viene completamente riassorbita dai dinamismi morfologici locali e mascherata dalla vegetazione.
Periodo di intervento
Indifferente.
Possibili errori

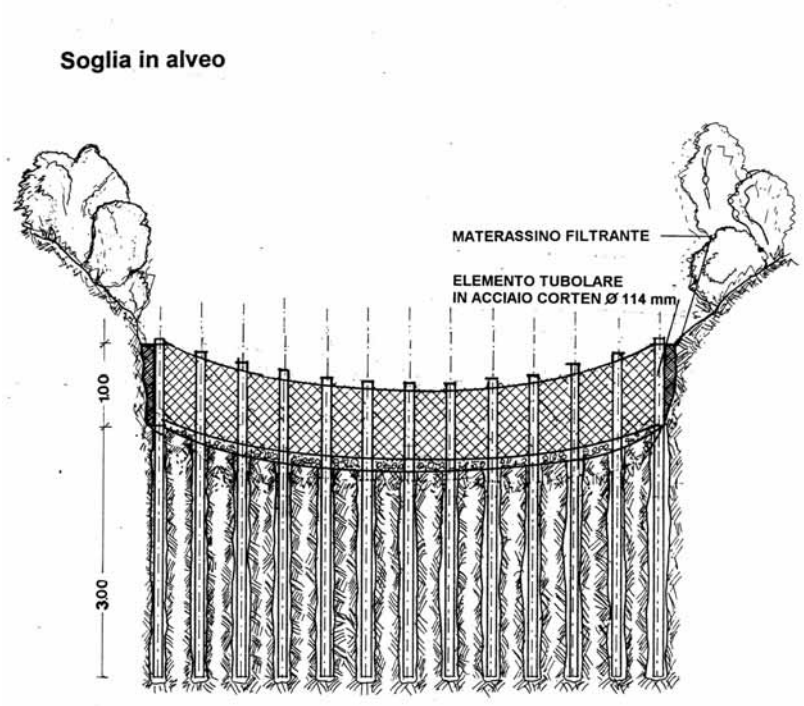
Graticciata in micropali, rete e stuoia	39

Voce di Capitolato
Graticciata in micropali, reti e stuoie sintetiche Formazione di graticciata metallica mediante perforazione verticale di fori di diametro massimo 200 mm e profondità di 3 m, posa di tubi tipo CORTEN ø 114 mm e spessore 4 mm ed esecuzione di iniezioni a pressione di boiacca cementizia composta con 100 kg di cemento tipo 325 e 50 litri d'acqua, oltre ad eventuali additivi antiritiro, posa del rivestimento in rete metallica foderata lato monte con stuoia tridimensionale sintetica e vincolata ai tubi mediante cavo in acciaio ø 10 mm, riempimento lato monte con inerte a pezzatura fine locale, inserimento di talee di ø 2 - 5 cm sul fronte verticale della graticciata, previa eventuale taglio di maglie della rete, per una profondità minima di 50 cm, semina o idrosemina di tutte le superfici

Graticciata in micropali, rete e stuoia	39

Sezione tipo e vista frontale





Graticciata in micropali, rete e stuoia	39

Foto

Graticciate in micropali
T. Giarina - Messina, 1992

Foto G. Sauli

PARTE III - CRITERI DI PROGETTAZIONE E CASISTICA

CAPITOLO 16

La progettazione degli interventi di Ingegneria Naturalistica

P. Cornelini, G. Sauli

16.1 Introduzione

Il progetto di ingegneria naturalistica nella sistemazione dei versanti si propone come un progetto multidisciplinare, dove l'esperto di ingegneria naturalistica e l'ingegnere lavorano insieme al geologo ed al topografo per individuare gli interventi di rinaturazione e di ingegneria naturalistica per le sistemazioni antierosive e di consolidamento, con l'obiettivo della difesa del suolo, della mitigazione degli impatti dell'opera sull'ambiente, dell'aumento della biodiversità del territorio e del miglioramento della rete ecologica esistente.

Nella considerazione che, nel caso di un progetto di I.N., anche le tradizionali analisi geologiche e topografiche vadano affinate ed approfondite, ad esempio:

- realizzando sezioni topografiche di dettaglio, in quanto la scelta di una tecnica di I.N. è influenzata anche da piccole variazioni di pendenza;
- riportando sulle sezioni topografiche di dettaglio gli strati litologici presenti per valutare la capacità biotecnica delle piante di realizzare la stabilizzazione od il consolidamento della scarpata.

in questa parte del manuale verranno approfonditi solo gli aspetti strettamente legati alla progettazione di opere di I.N. e, tra le indagini stazionali, l'analisi botanica.

Dall'analisi delle caratteristiche e delle tipologie del progetto, nonché dalle indagini topografiche, geomorfologiche, geotecniche e vegetazionali, è possibile individuare le tipologie degli interventi di ingegneria naturalistica e di rinaturazione, espresse anche come consorzi vegetazionali.

16.2 Analisi stazionale botanica

16.2.1 Introduzione

In un intervento di I.N. la capacità antierosiva e di consolidamento viene affidata, in ultima analisi, alle piante vive, delle quali è, quindi, essenziale conoscere le capacità e modalità di colonizzazione degli ambienti degradati.

Nel caso della palificata viva, ad esempio, l'opera ha lo scopo di garantire il consolidamento del piede di una scarpata in alternativa ad un muro di sostegno; a causa dei parametri morfologici ed ecologici, in tale situazione, le piante vive non sono in grado, da subito, di garantire il consolidamento, per cui unitamente ad esse, vengono utilizzati tronchi in legno chiodati tra loro. Con il tempo il legno si decomporrà e gli arbusti e le talee cresciuti sia nella parte aerea che nell'apparato radicale realizzeranno un cespuglieto con il raggiungimento dell'obiettivo progettuale del consolidamento unitamente alle finalità ecologiche e paesaggistiche tipiche delle tecniche di ingegneria naturalistica.

La scelta delle specie floristiche e delle tipologie vegetazionali:

- risulta quindi essenziale per il successo dell'intervento di I.N.;
- dipende dagli obiettivi progettuali che possono prevedere varie tipologie vegetazionali quali il prato, il cespuglieto, il bosco od una loro combinazione;
- richiede un accurato studio ecologico della stazione di intervento.

Tale studio ha il compito di individuare a livello microstazionale (ad esempio in quella particolare scarpata in erosione) i parametri ecologici per la individuazione delle specie e delle tipologie vegetazionali di progetto, unitamente alla serie dinamica evolutiva della vegetazione, con l'obiettivo dell' aumento della biodiversità.

La conoscenza della serie dinamica della vegetazione costituisce un elemento fondamentale nella scelta delle tipologie progettuali, dal momento che la vegetazione non è un sistema statico, ma un sistema vivente variabile con il tempo; tale evoluzione, osservabile, ad esempio, nella capacità di un bosco di riconquistare un campo abbandonato dalle coltivazioni, procede dalle forme più semplici erbacee verso quelle strutturalmente più complesse legnose; la conoscenza dei contatti seriali e catenali tra le varie tipologie vegetazionali presenti consente l'individuazione dello stadio dinamico di riferimento per il progetto e la previsione della sua evoluzione nel tempo tramite i necessari interventi di manutenzione; infatti, solo molto raramente, è possibile prevedere negli interventi di ingegneria naturalistica la vegetazione più evoluta (il bosco) per le limitazioni delle condizioni ecologiche (suoli primitivi, pendenza eccessiva, aridità, energia idraulica, etc.).

Foto 16.1: Processi dinamici di colonizzazione di una falda di detrito da parte della vegetazione mediterranea nella maremma grossetana

I passaggi dinamici, a partire dagli stadi pionieri erbacei fino a quelli arborei, non sempre si verificano nello stesso modo nelle varie situazioni ambientali ed è quindi essenziale, per il successo degli interventi di sistemazione delle aree degradate mediterranee, la ricostruzione, con idonee indagini di campagna, delle serie dinamiche reali della vegetazione nelle varie situazioni ecologiche e geomorfologiche dell'area di progetto, piuttosto che il riferimento a schemi generali.

1.6.2.2 Indagini botaniche per la scelta delle specie e delle tipologie vegetazionali di progetto

Un progetto di ingegneria naturalistica deve basarsi su una approfondita conoscenza naturalistica dell'area d'intervento, per individuare gli stadi vegetazionali più evoluti, compatibilmente con le caratteristiche ecologiche stazionali e con le necessarie caratteristiche biotecniche; per raggiungere tale obiettivo, nelle situazioni di dissesto idrogeologico, ove sono state completamente alterate le condizioni vegetazionali, morfologiche, pedologiche ed idrauliche iniziali, si utilizzano, in genere, fitocenosi non molto evolute, con caratteristiche pioniere, capaci di innescare il processo di rinaturalizzazione.

La conoscenza della vegetazione reale e potenziale dell'area, nonché la ricostruzione della serie dinamica della vegetazione, risultano quindi elementi fondamentali per la progettazione.

L'analisi botanica deve essere accompagnata da uno studio sui lineamenti climatici della zona di intervento reperendo le serie mensili dei dati di temperatura e precipitazioni.

Per la caratterizzazione del clima mediterraneo esistono vari indici climatici (De Martonne, Emberger, Mitrakos, Rivas Martinez, i principali) e diagrammi climatici. Tra questi ultimi va ricordato per la semplicità di realizzazione e per le informazioni ecologiche ricavabili il diagramma ombrotermico di Bagnouls e Gaussen (1957) migliorato da Walter e Lieth (1960-67, fig. 16.1). Viene costruito ponendo in ascisse i mesi dell'anno e sulle ordinate le precipitazioni in mm (a destra) e le temperature (a sinistra) riportate in una scala doppia delle precipitazioni (1°C = 2 mm). La modalità di realizzazione, empiricamente, evidenzia che, se la curva delle temperature incrocia, superandola, quella delle precipitazioni, siamo in presenza di un

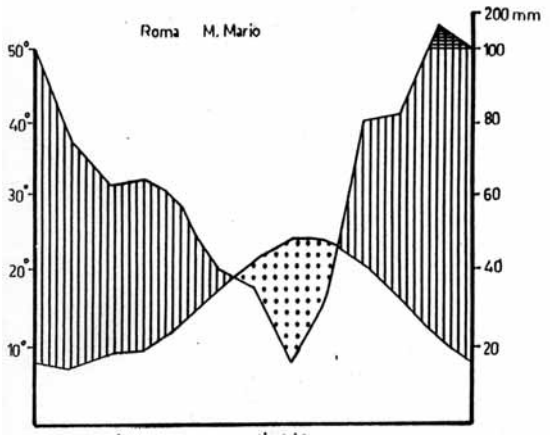


Fig. 16.1 Diagramma di Walter Roma M. Mario

periodo di aridità estivo, che è tipico del clima mediterraneo.

Così, ad esempio, nella fig. 17.1, ove in ascisse sono i mesi dell'anno, l'area a strisce evidenzia un periodo di surplus idrico, mentre quella punteggiata un deficit idrico.

Informazioni essenziali a riguardo sono contenute nella pubblicazione *Fitoclimatologia Del Lazio* (Blasi, 1994) che contiene la Carta del fitoclima del Lazio.

Nell'analisi stazionale botanica sono possibili due tipi di indagine:

1) Analisi floristica

E' una analisi più speditiva di quella fitosociologica e, quindi, da impiegarsi nelle situazioni più semplici, ove la limitata estensione dell'intervento e la omogeneità delle caratteristiche ecologiche possono rendere non necessarie ai fini progettuali le più dettagliate informazioni provenienti da una analisi di tipo vegetazionale.

L'analisi floristica si basa sulla determinazione delle entità floristiche presenti con il riconoscimento della loro autoecologia (ad esempio le specie igrofile o xeriche) unitamente alle forme biologiche ed ai tipi corologici, che servono per l'individuazione delle specie autoctone.

Dalla lista delle specie autoctone riscontrate vanno selezionate le specie di progetto.

Foto 16.2: Papaver rhoeas (rosolaccio), terofita comune in Italia

ALTITUDINE	730 m	640 m	550 m	550 m	550 m
ESPOSIZIONE	N-E	N-NW	W	W	W
INCLINAZIONE	25 °	35 °	25 °	35 °	35 °
SUBSTRATO	calcareo	scaglia bianca	calcareo	calcareo	calcareo
H ARBUSTIVO	2 - 6 m	0,5 - 3 m	0,5 - 3 m	0,5 - 1 m	0,5 - 1 m
TIPOLOGIA	Siepe stradale in bosco	Palificata Roma	Siepe stradale in lecceta	Grata viva	Palificata viva
LUMINOSITÀ	-	-	-	+	+
Ostrya carpinifolia	x	x	x	x	x
Corylus avellana	x				
Cornus sanguinea	x	x	x	x	x
Quercus ilex	x	x	x	x	x
Ligustrum vulgare	x				
Prunus spinosa	x		x		
Sorbus aria	x	x		x	x
Quercus pubescens	x		x		
Lonicera xylosteum			x	x	
Lonicera caprifolium	x				
Lonicera etrusca			x	x	
Fraxinus ornus	x		x	x	x
Acer campestre	x	x		x	
Crataegus monogyna	x	x		x	
Viburnum tinus		x		x	x
Cotinus coggygria			x	x	
Cytisus sessilifolius			x	x	
Juniper oxycedrus			x		
Sorbus domestica			x	x	x
Acer monspessulanum			x		
Sorbus torminalis		x			
Rosa canina	x			x	
Spartium junceum			x		

Tab. 16.1: Esempio di analisi floristica presso Cà i Fabbri (PU).

Elenco delle specie legnose presenti nell'area o nelle immediate vicinanze

Pinus nigra Arnold
Picea cfr. excelsa (Lam.) Link
Juniperus oxycedrus L.
• *Juniperus communis L.*
Juglans regia L.
Corylus avellana L.
Ostrya carpinifolia Scop.
Quercus cerris L.
Quercus pubescens Willd.
• *Castanea sativa Miller*
Ulmus minor Miller
Ficus carica L.
Clematis vitalba L.
Prunus mahaleb L.
Prunus spinosa L.
Rubus cfr ulmifolius Schott
Crataegus monogyna Jacq.
Rosa canina L.
• *Sorbus aria (L.) Crantz*
Spartium junceum L.
Coronilla emerus L.
• *Cytisus sessilifolius L.*
Acer campestre L.
Acer pseudoplatanus L.
Euonymus europaeus L.
Cornus sanguinea L.
Hedera helix L.
Fraxinus ornus L.
Sambucus nigra L.
Lonicera caprifolium L.

N.B. Le specie con il simbolo • non ricadono nell'area oggetto di studio ma nelle vicinanze.

Tab. 16.2: Progetto dei lavori di consolidamento sulla rupe di Offeio e rocca Beatrice Cenci, comune di Petrella Salto (RI)

FORME BIOLOGICHE

Le forme biologiche o di crescita delle piante rappresentano la possibilità di descrivere la struttura della vegetazione tramite i differenti adattamenti all'ambiente esterno (esempi intuitivi di forme biologiche sono l'albero, l'arbusto o la specie erbacea).
Il sistema utilizzato per classificare le forme biologiche è quello del botanico danese Raunkiaer (1902) che si basa sulla strategia assunta dalle piante per proteggere le gemme durante la stagione avversa (il freddo invernale o l'aridità estiva, a seconda del clima).
Le piante vascolari sono suddivise in 6 classi principali:

- **Terofite (T)**: piante annuali che superano la stagione avversa sotto forma di semi (ad es. ***Papaver rhoeas***, papavero)
- **Idrofite (I)**: piante perenni acquatiche con gemme sommerse durante la stagione sfavorevole (ad es. ***Potamogeton natans***, lingua d'acqua).
- **Geofite (G)**: piante perenni con organi ipogei (bulbi o rizomi) sui quali si trovano le gemme. (ad es, ***Phragmites australis***, cannuccia di palude).
- **Emicriptofite (H)**: piante perenni con le gemme a livello del suolo (ad es. ***Bellis perennis***, margherita).
- **Camefite (Ch)**: piante perenni, alla base legnose, con le gemme fino a 30 cm. da terra. (ad es. ***Helichrysum italicum***, elicriso).
- **Fanerofite (P)**: piante perenni legnose con le gemme a più di 30 cm. dal suolo (alberi ed arbusti).

Lo **spettro biologico** rappresenta la ripartizione percentuale delle varie forme biologiche della flora di un territorio ed evidenzia le relazioni tra clima e flora.
La conoscenza delle forme biologiche è di grande interesse applicativo nella progettazione degli interventi di I.N., in particolare nella scelta delle sementi per gli inerbimenti.

Foto 16.3: Hedysarum coronarium (sulla), emicriptofita tipica dei terreni argillosi

Foto 16.4: La fanerofita Prunus spinosa (prugnolo), si riconosce, a primavera, per la fioritura che precede lo sviluppo delle fogliei

TIPI COROLOGICI

Le specie floristiche non si distribuiscono nel territorio in maniera uniforme; alcune occupano un areale molto ristretto, altre regioni molto estese, fino a quasi tutta la superficie terrestre.

I **tipi corologici** della flora italiana, cioè i gruppi che rappresentano la distribuzione geografica delle specie, sono essenzialmente (Pignatti, 1982):

- **Endemiche**: specie ad areale ristretto, sono l'elemento più caratteristico di una flora. L'Italia è ricca di endemismi (732, pari al 13,5% della flora) per la sua conformazione geografica e per la storia evolutiva della flora (ad es. ***Primula palinuri***).
- **Mediterranee**: si dividono in stenomediterranee con areale lungo le coste del bacino mediterraneo come ***Arbutus unedo*** (corbezzolo) ed eurimediterranee che si estendono fino all'Europa media quali ***Fraxinus ornus*** (orniello).
- **Orofite sudeuropee**: specie differenziatesi sulle montagne dell'Europa meridionale dopo l'orogenesi terziaria come ***Abies alba*** (abete bianco).
- **Eurasiatiche**: diffuse nelle zone temperate dell'Europa e dell'Asia, in Italia predominano nella pianura padana e nella fascia di bassa montagna (ad es. ***Corylus avellana***, nocciolo).
- **Atlantiche**: specie con areale che gravita sulle coste atlantiche dell'Europa, legate ad un clima oceanico, con precipitazioni distribuite durante tutto l'anno e inverni non troppo freddi, ad es. ***Helleborus foetidus*** (elleboro puzzolente).
- **Settentrionali**: distribuite nelle zone più fredde del globo, in Italia si rinvengono soprattutto nelle zone montane, come, ad es., ***Vaccinium myrtillus*** (mirtillo).
- **Cosmopolite**: specie ad ampia distribuzione diffuse in tutti i continenti, si ritrovano soprattutto negli ambienti antropizzati, com***e Amaranthus retroflexus*** (amaranto comune).

L'analisi dei tipi corologici consente di individuare le specie autoctone per gli interventi progettuali.

Foto 16.5: Narcisus tazetta, neofita presente nella flora di Roma

2) Analisi fitosociologica

Tale analisi da impiegarsi, unitamente a quella floristica, nelle situazioni più estese ed articolate dal punto di vista ecologico è quella che fornisce le informazioni più complete nelle decodifica del messaggio che la copertura vegetale fornisce al progettista.

La fitosociologia è la branca della botanica che studia le comunità vegetali.

La sua caratteristica consiste nell'uscire da un ambito qualitativo per approdare ad un'analisi qualitativa-quantitativa che consente un confronto oggettivo tra situazioni fisionomicamente simili o diverse.

Il metodo, messo a punto da J. Braun Blanquet negli anni '20 dello scorso secolo ed adottato da tutta la scuola europea, si basa sul riconoscere la vegetazione formata da unità discrete caratterizzate da una certa composizione floristica: le associazioni.

L'associazione vegetale è definita da J. Braun Blanquet come "*un aggruppamento vegetale più o meno stabile ed in equilibrio con l'ambiente, caratterizzato da una composizione floristica, in cui alcune specie vegetali, che si rinvengono quasi esclusivamente in questo popolamento, rilevano con la loro presenza, una ecologia particolare ed autonoma*".

A partire dall'associazione è possibile riconoscere delle unità sintassonomiche superiori comprendenti la vegetazione di territori sempre più estesi.

L'elemento operativo fondamentale nell'indagine fitosociologica è il rilievo consistente nel censimento delle specie vegetali di una stazione opportunamente scelta all'interno di una zona fisionomicamente omogenea, accompagnato da una valutazione quantitativa sull'abbondanza di ogni specie, nonché delle principali caratteristiche ecologiche e strutturali della stazione stessa (altitudine, inclinazione, esposizione, stratificazione, etc.).

I rilievi possono poi essere elaborati con metodi statistici di analisi multivariata (classificazione e ordinamento) allo scopo di ottenere una tabella strutturata.

Tramite l'analisi fitosociologica viene individuato lo stadio dinamico evolutivo o degenerativo di una comunità vegetale, ottenendo elementi di previsione del suo sviluppo nel tempo.

L'analisi fitosociologica è uno strumento fondamentale nello studio di un territorio e nella progettazione degli interventi di ingegneria naturalistica, in quanto consente di classificare la vegetazione di una zona in unità organizzate gerarchicamente in relazione ai parametri ambientali e di individuare la serie dinamica evolutiva o regressiva di una comunità vegetale.

La redazione della carta della vegetazione costituisce inoltre la graficizzazione della sua distribuzione sul territorio secondo i fattori ambientali e consente di avere informazioni sulle caratteristiche ecologiche e strutturali delle varie fitocenosi, nonché sul dinamismo in atto.

Rilievo fisiologico delle formazioni erbacee a Helichrysum italicum e Dactylis glomerata

Località	**Petrella Stato**
N° di rielievo	2
Altitudine s.l.m. in m.	843
Esposizione	E
Inclinazione in °	35
copertura in %	80
Helichrysum italicum	2
Dactylis glometrata	2
Phleum ambiguum	2
Artemisia alba	1
Calamintha nepeta	1
Avena barbata	1
+ Poa bulbosa	1
Echium vulgare	1
Tordylium apulum	1
Trifolium repens	1
Trifolium campestre	1
Stachys germanica	1
Poa pratensis	1
Reichardia picroides	+
Cerastium arvense	+
Silene vulgaris	+
Sedum album	+
Geranium purpereum	+
Micromeria cfr. gracea	+
Aethionema saxatile	+
Ajuga chamaepitys	+
Sanguisorba minor	+
Scabiosa columbaria	+
Salvia verbenaca	+
Galium sp.	+
Erysimum pseudorhaeticum	+
Scrophularia canina	+
Hieracium cfr. pilosella	+
Helianthemum nummularium	+
Eryngium cfr. campestre	+

Tab. 16.3 -Progetto dei lavori di consolidamento sulla rupe di Offeio e rocca Beatrice Cenci, comune di Petrella Salto (RI)

16.2.3 Metodologia tipo di analisi botanica

Si riporta a titolo di esempio la metodologia di analisi floristica e vegetazionale utilizzata per un progetto delle opere di recupero ambientale dei versanti della galleria Pileggi presso Nazzano (RM)

Lo studio è stato eseguito secondo le seguenti fasi:
- esame delle cartografie e dei dati bibliografici esistenti sull'area;
- indagini floristiche ai fini del censimento delle specie vegetali; la determinazione è stata effettuata secondo la Flora d'Italia di Pignatti;
- indagini di campagna in prossimità dell'area di intervento con rilevamento delle tipologie vegetazionali presenti; le indagini vegetazionali nei popolamenti elementari nelle varie situazioni geomorfologiche sono state effettuate con i rilievi fitosociologici secondo la scuola di Braun- Blanquet;
- indagini di campagna estese alle formazioni vegetazionali presenti in un ambito più vasto, per la conoscenza delle specie, delle tipologie vegetazionali e della struttura delle formazioni, per la ricostruzione della serie dinamica della vegetazione autoctona;
- redazione della carta fisionomico-strutturale della vegetazione in scala 1:500. considerazioni sulla flora finalizzata alla individuazione di biotopi o stazioni di rilevante interesse naturalistico al fine della salvaguardia e protezione;
- valutazioni sulla naturalità delle fitocenosi presenti ai fini della valutazione della compatibilità ambientale degli interventi progettuali;
- redazione di una carta dello stato attuale della qualità ambientale in scala 1:1000;
- definizione del progetto botanico degli interventi di rinaturazione e di recupero ambientale;
- redazione di una carta dello stato della qualità ambientale dell'area dopo gli interventi progettuali a breve termine, in scala 1:1000;
- redazione di una carta dello stato della qualità ambientale dell'area dopo gli interventi progettuali a lungo termine, in scala 1:1000.

16.3 Il progetto botanico

Il progetto botanico deve individuare, a seguito delle analisi stazionali e con riferimento ai parametri ecologici microstazionali (ad esempio, riguardanti quella particolare scarpata in erosione), la lista con le quantità delle specie di progetto, strutturata secondo le tipologie vegetazionali

La specie vanno scelte tra quelle:
- coerenti con la flora autoctona a livello, almeno, regionale; nel caso di un'area protetta, il concetto di autoctono va interpretato in senso ancora più ristretto, limitandolo all'area protetta medesima;
- ecologicamente compatibili con i caratteri microstazionali (microclima, substrato, morfologia, etc.) dell'area di intervento;
- appartenenti allo stadio dinamico della serie della vegetazione potenziale, il più evoluto possibile in funzione delle caratteristiche ecologiche della stazione, così come artificialmente realizzate dall'intervento (ad esempio riportando suolo, diminuendo le pendenze, etc.);
- con le necessarie caratteristiche biotecniche.

Le piante, i materiali da costruzione delle tecniche di I.N., possono essere impiegate in varie forme quali semi, piante radicate, zolle, rizomi, talee, sfruttando, nell'ultimo caso, la capacità di alcune specie, quali e ad es. i salici o le tamerici, di conservare entro i tessuti specializzati alcune cellule meristematiche in grado di attivare i processi biologici di ricostruzione dell'intero individuo.

Le stazioni con caratteristiche ecologiche difficili, quali una scarpata instabile con suoli poco evoluti o assenti, in genere, sono poco idonee all'impianto degli alberi, che richiedono condizioni più favorevoli, e che, comunque, possono creare problemi di instabilità.

Le specie più adatte per gli interventi di stabilizzazione e consolidamento sono gli arbusti pionieri autoctoni; questi possiedono apparati radicali in grado di consolidare, in media, fino ad uno spessore di circa 1,5-2 metri di substrato; a tale azione puntuale o lineare di consolidamento va comunque unita un'azione di protezione antierosiva areale del pendio tramite inerbimento con le specie erbacee che agiscono tipicamente nei primi decimetri di suolo.

Le piante in ambito mediterraneo vivono in condizioni ecologiche meno favorevoli

di quelle delle regioni alpine caratterizzate da un clima più mesofilo; tali fattori limitanti sono determinati da:
- la presenza di un periodo estivo xerico con stress idrico, che determina nelle piante una serie di adattamenti biologici (sclerofillia, tomentosità, spinosità, etc.);
- la presenza di un periodo di riposo vegetativo più breve di quello delle regioni alpine, con conseguente periodo più breve per l'utilizzo delle specie con capacità di riproduzione vegetativa, quali i salici o le tamerici, il cui utilizzo ottimale è legato a tale periodo;
- la difficile reperibilità delle talee e del materiale vivaistico autoctono, sia dal punto di vista qualitativo che quantitativo.

L'utilizzo massiccio dei salici, specie in genere mesoigrofile, pur compatibile, dal punto di vista ecologico nelle stazioni umide mediterranee, quali quelle dei corsi

Foto 16.6: La biodiversità floristica è uno degli obiettivi di un progetto di ingegneria naturalistica

d'acqua o di montagna, va ben valutato nelle altre situazioni ambientali, ove spesso non è proponibile per limiti ecologici e climatici, per assenza di coerenza floristico-vegetazionale, e per le difficoltà di reperimento.

Emerge quindi la esigenza del reperimento di specie xerofile mediterranee erbacee, arbustive ed arboree, che non sempre il mercato vivaistico pubblico o privato è in grado di soddisfare.

Tale esigenza vale ancor più per le aree protette ove va garantita la provenienza del materiale vivaistico, per il pericolo dell'inquinamento genetico dovuto a razze, varietà o cultivar di regioni o addirittura nazioni, diverse.

Ne deriva la necessità di maggiori accorgimenti, tramite idonee analisi floristiche e vegetazionali, nella scelta delle specie vegetali per gli interventi di ingegneria naturalistica in ambito mediterraneo, in quanto le specie autoctone di comune impiego e maggiormente reperibili nei vivai non sempre garantiscono l'attecchimento nelle condizioni ecologiche difficili dell'ambiente mediterraneo.

Esiste un filone di ricerca sull'impiego delle piante radicate mediterranee negli interventi di ingegneria naturalistica, basato sull'osservazione del comportamento in natura di alcuni arbusti radicati che reagiscono alla messa a dimora suborizzontale e conseguente interramento con una radicazione estesa a tutto il fusto, in maniera quindi assimilabile a quella delle talee (vedi Cap.11).

1 Analisi floristica e vegetazionale con ricostruzione della serie dinamica della vegetazione
2 Individuazione dello stadio di progetto compatibile con le caratteristiche ecologiche della stazione
3 Selezione delle specie in base a:
  a) forme biologiche
  b) tipi corologici
  c) caratteristiche biotecniche
4 Confronto con le specie disponibili sul mercato
5 Reperimento delle specie nuove mediante:
  a) prelievo dal selvatico (talee, cespi, rizomi, semi, fiorume)
  b) produzione vivaistica ex novo

Tab. 16.4: Metodologia per l'individuazione ed il reperimento delle specie per l'inerbimento

Miscela delle sementi utilizzati per l'inerbimento

Famiglia Graminacee	**%**
Dactylis glometrata	10
Bromus erectus	14
Festuca arundinacea	10
Poa bulbosa	14
Poa pratensis	10
Melicia ciliata	8
Famiglia Leguminosae	
Anthyllis vulneraria	6
Lotus corniculatus	6
Medicago lupulina	6
Vicia sativa	3
Vicia villosa	3
Trifolium pratense	3
Altre	
Helianthemum nummularium	4
Sanguisorba minor	3
Totale	100
Quanti gr/mq	40

Tab. 16.5: Progetto dei lavori di consolidamento sulla rupe di Offeio e rocca Beatrice Cenci, comune di Petrella Salto (RI)

16.4 Le piante legnose autoctone comuni nel Lazio per gli interventi di ingegneria naturalistica

16.4.1 Introduzione

La realizzazione dei programmi di manutenzione del territorio per la riqualificazione ambientale e la riduzione del rischio idrogeologico nonché la realizzazione di grandi opere infrastrutturali con la necessità delle relative opere di minimizzazione degli impatti offrono una grande occasione per interventi di rinaturalizzazione e d'ingegneria naturalistica per la ricostruzione di fitocenosi tipiche del paesaggio vegetale laziale.

Uno dei problemi fondamentali nella realizzazione di tali interventi è quello della reperibilità sul mercato delle piante legnose autoctone. La necessità di disporre di grandi quantitativi di specie autoctone per gli interventi di rinaturalizzazione e di ingegneria naturalistica vale, in particolare, nelle regioni mediterranee e nelle aree protette ove va garantita la provenienza del materiale vivaistico per il pericolo di inquinamento genetico dovuto a razze, varietà o cultivar di altre regioni o addirittura nazioni.

Vengono presentati i risultati di una ricerca per individuare le specie arboree ed arbustive autoctone comuni della flora del Lazio di potenziale impiego negli interventi di rinaturalizzazione e di ingegneria naturalistica.

16.4.2 Le fanerofite autoctone

L'indagine, essenzialmente bibliografica, ha considerato tutte le fanerofite descritte nella Flora d'Italia (Pignatti, 1982) selezionate con un software realizzato dall'Istituto Sperimentale FS (Petraroli, Cornelini, Petrella, 1993) che ha utilizzato parte dei dati contenuti nell'archivio floristico ARCVEG2 (Burba et aI., 1992) poi elaborati con programma DBase III.

Le fanerofite che comprendono gli alberi e gli arbusti oltre alle piante lianose, succulente, epifite e striscianti, nella Flora d'Italia sono rappresentate dalle seguenti categorie:

Le categorie seguenti: Psucc, rappresentate da una specie del genere *Opuntia*, Pepif rappresentate da 3

Pscap	*fanerofite scapose*	es. *Quercus ilex*	109 specie
NP	*nanofanerofite*	es. *Rosa canina*	211 specie
Pcaesp	*fanerofite cespitose*	es. *Cornus sanguinea*	148 specie
Plian	*fanerofite lianose*	es. *Hedera helix*	22 specie
Psucc	*fanerofite succulente*	es. *Opuntia ficus indica*	1 specie
Pepif	*fanerofite epifite*	es. *Viscum album*	3 specie
Prept	*fanerofite striscianti*	es. *Pinus mugo*	2 specie
		TOT	**496 specie**

Foto 16.7: Sviluppo spontaneo di fanerofite sulle rovine romane di Casale rotondo sulla via Appia antica (RM)

specie emiparassite di vischio, Plian appartenenti ai generi *Clematis, Hedera, Lonicera, Rubia e Humulus, e Prept*, con 2 soli specie in Italia (*Pinus mugo e Juniperus sabina*), non sono state considerate.

Esistono altre specie legnose, le camefite (piccoli arbusti che superano la stagione avversa con le gemme ad una altezza inferiore a 30 cm., ben 597 nella flora italiana) presenti in natura negli ambienti estremi xerici (coste mediterranee) o freddi (alta montagna) e comprendenti molte specie importanti per gli interventi di rinaturalizzazione, che non sono state considerate nel presente studio.

Al fine di individuare le piante legnose comuni autoctone, le specie Pscap, NP e Pcaesp sono state selezionate in base ai seguenti criteri:

- eliminazione delle specie dubbie della Flora d'Italia, soprattutto le stirpi con valore specifico non certo e le specie osservate anticamente e non più ritrovate, come molte specie dei generi *Rubus e Rosa*;
- appartenenza alle specie comuni secondo la Flora d'Italia, includendo, quindi, anche specie comuni solo a livello regionale; per il Lazio si è fatto riferimento all'Elenco preliminare delle piante vascolari spontanee del Lazio (Anzalone, 1984);
- eliminazione delle specie ad ampia distribuzione secondo la Flora d'Italia.

Per le **specie autoctone** si intendono le entità presenti o pervenute naturalmente in una determinata area prima della comparsa dell'uomo o comunque senza il suo intervento (Viegi, Cela Renzoni, Garbari, 1974).

Le esotiche sono invece entità introdotte intenzionalmente o accidentalmente dall'uomo in zone non comprese nell'areale naturale della loro distribuzione (Tab 16.8).

Le **esotiche** si dividono in coltivate e avventizie, cioè introdotte accidentalmente con le attività umane, non oggetto di coltura.

Le **spontaneizzate** sono le esotiche coltivate sfuggite a coltura che si stabiliscono su un territorio ove persistono con mezzi riproduttivi propri (*Cupressus sempervirens, Populus canadensis, Robinia pseudacacia, Prunus laurocerasus*), mentre le non spontaneizzate sono esotiche coltivate che non sfuggono a coltura (*Cedrus libani, Cupressus arizonica, Ginko biloba*).

Tra le avventizie le **casuali** sono esotiche di presenza temporanea in una o poche località (*Polyganum nepalese*) mentre le naturalizzate sono di presenza costante o persistenti in zone in cui si riproducono con mezzi propri (*Amaranthus retroflexus, Veronica persica, Aster squamatus*).

Ne risultano gli elenchi floristici (Tab. 16.6 e 16.7) ove sono indicati accanto al binomio latino la forma biologica ed il tipo corologico.

Gli elenchi sono suddivisi per alberi (Pscap) ed arbusti (NP e Pcaesp) e non considerano entità a livello inferiore a quello di specie. Le fasce climatiche sono sec. Blasi,1994

16.4.3 Conclusioni

Le specie degli elenchi, che forniscono un'ampia possibilità di scelta per ogni situazione ecologica in Italia, sono state confrontate con quelle di alcuni cataloghi di produzione florovivaistica.

Per quanto riguarda le specie arboree, la maggioranza è disponibile sul mercato, mentre per gli arbusti, l'offerta vivaistica è molto più ridotta, con le carenze più vistose per alcune specie dei generi *Salix, Calicotome, Cytisus, Lonicera*, e andrebbe fatto, quindi, uno sforzo maggiore.

La scarsa richiesta di piante diverse da quelle commercializzate soprattutto in relazione, a volte, alla scarsa conoscenza riguardo all'autoctonia, ha fatto sì che sul mercato non siano presenti alcune specie importanti per l'IN.

Una maggior conoscenza e, quindi, una maggior richiesta, faciliterebbero l'affermazione e l'ampliamento di un interessante settore di mercato; l'ulteriore studio delle caratteristiche biotecniche e dell'impiego di ormoni rizogeni potrebbe ulteriormente favorire la commercializzazione di specie autoctone interessanti che limiterebbero la tentazione di impiegare specie esotiche "miracolistiche" (ad esempio il vetiver) che presentano buone caratteristiche biotecniche, ma non sono state ancora sufficientemente testate dal punto di vista ecologico.

Tale studio, che ha comunque solo la pretesa di ritornare sul problema delle specie legnose autoctone, evidenzia che, in definitiva, l'elenco comprende un numero di specie abbastanza contenuto che può essere ridotto o ampliato a seconda delle esigenze, e che quindi non è irreale sperare in un prossimo futuro in un'offerta vivaistica più completa.

Foto 16.8: Crataegus monogyma (biancospino)

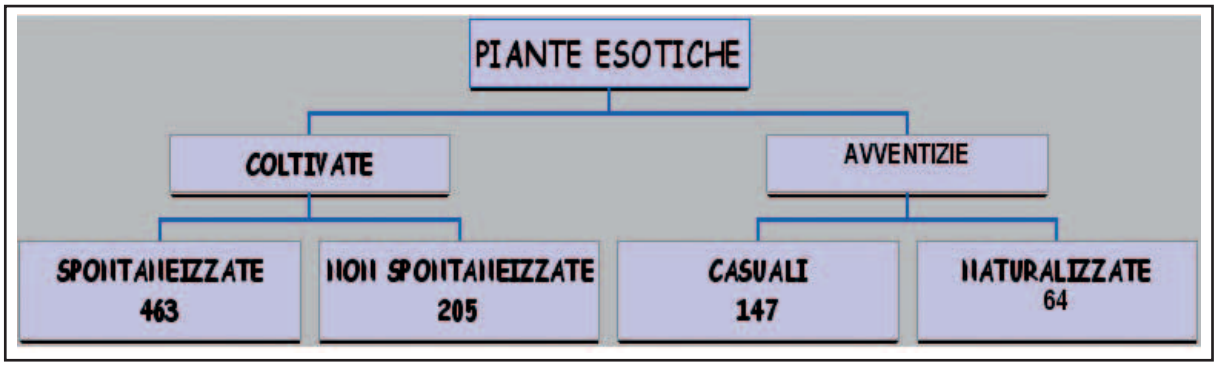
NOME	FORMA BIOLOGICA	TIPO CRONOLOGICO
Acer campestre L.	P SCAP	EUROP.-CAUCAS.
Acer neapolitanum TEN.	P SCAP	ENDEM.
Acer obtusatum W. ET K.	P SCAP	SE-EUROP
Acer pseudoplatanus L.	P SCAP	EUROP.-CAUCAS.
Alnus glutinosa (L.) GAERTNER	P SCAP	PALEOTEMP.
Carpinus betulus L.	P SCAP	EUROP.-CAUCAS.
Castanea sativa MILLER	P SCAP	SE-EUROP
Celtis australis L.	P SCAP	EURIMEDIT
Cercis siliquastrum L.	P SCAP	S-EUROP.-SUDSIB.
Fagus sylvatica L.	P SCAP	CENTRO-EUROP.
Fraxinus ornus L.	P SCAP	S-EUROP.-SUDSIB.
Fraxinus oxycarpa BIEB.	P SCAP	S-EUROP.-SUDSIB.
Malus sylvestris MILLER	P SCAP	CENTRO-EUROP.
Ostrya carpinifolia SCOP.	P SCAP	CIRCUMBOR.
Pinus halepensis MILLER	P SCAP	STENOMEDIT.
Pirus pyraster BURGSD.	P SCAP	EURASIAT.
Populus alba L.	P SCAP	PALEOTEMP.
Populus nigra L.	P SCAP	PALEOTEMP.
Populus tremula L.	P SCAP	EUROSIB.
Prunus avium L.	P SCAP	PONTICA
Quercus cerris L.	P SCAP	N-EURIMEDIT.
Quercus frainetto TEN.	P SCAP	SE-EUROP.
Quercus ilex L.	P SCAP	STENOMEDIT.
Quercus petraea (MATTUSHCKA)	P SCAP	EUROP.
Quercus pubescens WILLD.	P SCAP	SE-EUROP.
Quercus robur L.	P SCAP	EUROP.-CAUCAS.
Quercus suber L.	P SCAP	W-EURIMEDIT.
Salix alba L.	P SCAP	PALEOTEMP.
Sorbus domestica L.	P SCAP	EURIMEDIT.
Taxus baccata L.	P SCAP	PALEOTEMP.
Tilia cordata MILLER	P SCAP	EUROP.-CAUCAS.
Tilia platyphyllos SCOP.	P SCAP	EUROP.-CAUCAS.
Ulmus glabra HUDSON	P SCAP	EUROP.-CAUCAS.

Tab. 16.6: Elenco indicativo degli alberi autoctoni più comuni del Lazio di potenziale impiego negli interventi di rinaturalizzazione di ingegneria naturalistica (Cornelini e Sauli, 2003)

Nome	Forma biologica	Tipo corologico	Regione temperata	Regione temperata di transizione	Regione Mediterranea di transizione	Regione mediterranea
Acer monspessulanum L.	P CAESP	EURIMEDIT.		•	•	•
Adenocarpus complicatus (L.) GAY	NP	STENOMEDIT.	•	•		
Arbustus unedo L.	P CAESP	STENOMEDIT.			•	•
Artemisia arborescens L.	NP	S-STENOMEDIT.				•
Atriplex halimus L.*	P CAESP	STENOMEDIT.-ATL.				•
Buxus sempervirens L.	NP	EURIMEDIT.			•	•
Calicotome spinosa (L.) LINK	P CAESP	STENOMEDIT.				•
Calicotome villosa (POIRET) LINK	P CAESP	STENOMEDIT.				•
Carpinus orientalis MILLER	P CAESP	PONTICA		•	•	•
Cistus incanus L.	NP	STENOMEDIT.			•	•
Cistus monspeliensis L.	NP	STENOMEDIT.				•
Cistus salvifolius L.	NP	STENOMEDIT.			•	•
Colutea arborescens L.	P CAESP	EURIMEDIT.	•			
Cornus mas L.	P CAESP	S-EUROP.-SUDSIB.	•	•	•	
Cornus sanguinea L.	P CAESP	EURASIAT.	•	•	•	
Coronilla emerus L.	NP	CENTRO-EUROP.	•	•	•	
Corylus avellana L.	P CAESP	EUROP.-CAUCAS.		•	•	
Crataegus monogyna JACQ.	P CAESP	PALEOTEMP.	•	•	•	•
Crataegus oxyacantha L.	P CAESP	CENTRO-EUROP.	•	•	•	
Cytisus scoparius (L.) LINK	P CAESP	EUROP.	•	•	•	
Cytisus sessifolius L.	P CAESP	OROF. SW-EUROP.	•			
Cytisus villosus POURRET	P CAESP	W-STENOMEDIT.			•	•
Erica arborea L.	P CAESP	STENOMEDIT.			•	•
Erica multiflora L.	NP	STENOMEDIT.				•
Erica scoparia L.	P CAESP	W-STENOMEDIT.				•
Euonymus europaeus L.	P CAESP	EURASIAT.	•	•	•	•
Euonymus characias L.	NP	ENDEM			•	
Euonymus dendroides L.	NP	STENOMEDIT.				•
Halimium halifolium (L.) WILLK.	NP	W-STENOMEDIT.				•
Ilex aquifolium L.	P CAESP	EURIMEDIT.	•			
Juniperus communis L.	P CAESP	CIRCUMBOR.			•	•
Juniperus oxycedrus L.	P CAESP	EURIMEDIT.				•
Juniperus phoenicea L.	P CAESP	EURIMEDIT.				•
Laburnum anagyrroides MEDICUS	CAESP	S-EUROP.-SUDSIB.	•			
Laurus nobilis L.	P CAESP	STENOMEDIT.			•	•
Lavatera olbia L.	P CAESP	STENOMEDIT.				•
Ligustrum vulgare L.	NP	EUROP.-CAUCAS.		•	•	
Lonicera caprifolium L.	PLIAN	SE-EUROP.	•	•	•	
Lonicera etrusca G. SANTI	PLIAN	EURIMEDIT.	•	•	•	•
Lonicera implexa AITON	PLIAN	STENOMEDIT.				•
Medicago arborea L.	P CAESP	NE-STENOMEDIT.				•
Mespilus germanica L.	P CAESP	S-EUROP.-SUDSIB.	•	•	•	
Myrtus communis L.	P CAESP	STENOMEDIT.				•
Olea europaea L. Oleaster	P CAESP	STENOMEDIT.				•
Osyris alba L.	NP	EURIMEDIT.			•	•
Paliurus spina christi MILLER	P CAESP	SE-EUROP.		•	•	•
Phillyrea angustifolia L.	P CAESP	W-STENOMEDIT.				•
Phillyrea latifolia L.	P CAESP	STENOMEDIT.			•	•
Pistacia lentiscus L.	P CAESP	S-STENOMEDIT.			•	•
Pistacia terebinthus L.	P CAESP	EURIMEDIT.	•	•	•	
Prunus mahalem L.	P CAESP	S-EUROP.-SUDSIB.		•		

Prunus spinosa L.	P CAESP	EUROP.-CAUCAS.	•	•	•	
Pyracantha coccinea ROEMER	P CAESP	STENOMEDIT.		•	•	
Rhamnus alaternus L.	P CAESP	EURIMEDIT.			•	•
Rhamnus catharticus L.	P CAESP	S-EUROP.-SUDSIB.	•			
Rhus coriaria L.	P CAESP	S-STENOMEDIT.				•
Rosa canina L.	NP	PALEOTEMP.		•	•	
Rosa sempervirens L.	NP	STENOMEDIT.			•	•
Rosmarinus officinalis L.	NP	STENOMEDIT.				•
Salix caprea L.	P CAESP	EURASIAT.		•	•	
Salix cinerea L.	P CAESP	PALEOTEMP.		•	•	
Salix eleagnos SCOP. OROF	P CAESP	SUDEUROP.	•	•		
Salix purpurea L.	P CAESP	EURASIAT.		•	•	
Salix trianda L.	P CAESP	EUROSIB.		•	•	
Sambucus nigra L.	P CAESP	EUROP.-CAUCAS.		•	•	
Sorbus aria (L.) CRANTZ	P CAESP	PALEOTEMP.	•			
Sorbus aucuparia L.	P CAESP	EUROP.	•			
Sorbus torminalis (L.) CRANTZ	P CAESP	PALEOTEMP.		•	•	
Spartium junceum L.	P CAESP	EURIMEDIT.	•	•	•	•
Styrax officinalis L.	P CAESP	NE-STENOMEDIT.	•	•	•	
Tamarix africana POIRET*	P CAESP	W-STENOMEDIT.		•	•	•
Tamarix gallica L.*	P CAESP	W-STENOMEDIT.		•	•	•
Teline monspessulana (L.) KOCH	P CAESP	STENOMEDIT.				•
Ulmus minor MILLER	P CAESP	EUROP.-CAUCAS.		•	•	
Viburnum tinus L.	P CAESP	S-STENOMEDIT.			•	•

Tab. 16.7: Elenco indicativo degli arbusti (Pcaesp e NP) autoctoni più comuni del Lazio di potenziale impiego negli interventi di I.N. suddivisi per fasce fitoclimatiche, da verificare con opportune indagini floristiche in loco (Cornelini e Sauli 2002)



Tab. 16.8: Suddivisione e numero delle specie esotiche italiane secondo Viegi et.al., 1974

CAPITOLO 17

Selezione delle tecniche per la sistemazione di versanti

G. Sauli, P. Cornelini

17.1 Premesse

Vengono qui prese in esame le principali tecniche di ingegneria naturalistica applicabili alla sistemazione dei versanti franosi e in erosione.

Quello dei versanti e in genere gli interventi di sistemazione idrogeologica in zone montane è il settore dove è nato oltre cent'anni fa in Austria l'uso tradizionale di certe tecniche di sistemazione dei versanti con tronchi, pietrame e ramaglie vive di salici, quali la palificata carniolica. Tali tecniche (che oggi chiamiamo appunto di Ingegneria Naturalistica) si sono poi sviluppate nei primi decenni del '900 nel centro – Europa, e in particolare nel dopo guerra, negli anni '50, dal momento che, a seguito degli eventi bellici, erano venuti a mancare materiali quali ferro e cemento e si riscoprirono quindi nelle sistemazioni montane tecniche e materiali tradizionali, economici e facilmente reperibili in loco. Da qui lo sviluppo di una serie di tecniche caratterizzate da tecnologie semplici, basso costo dei materiali e con una certa incidenza di mano d'opera, allora disponibile a basso costo (in verbis Schiechtl 1981).

Come già evidenziato nel capitolo della cronistoria, accanto al recupero di tecniche tradizionali (cordonate vive, palificate vive) vi fu tra gli anni '50 e '70 un grosso sviluppo di nuove tecniche inizialmente per la buona volontà di singoli professionisti, in seguito per la disponibilità di nuovi materiali e tecnologie (polimeri collanti per idrosemine, geosintetici, ecc.) che hanno consentito ad oggi una vasta applicazione dell'I.N. in tutti i settori del territorio. Non secondaria

Correlazione fra dissesti e possibilità di intervento

Meccanismo di dissesto	Interventi di sistemazione con tecniche tradizionali	Sistemazioni con tecniche di Ingegneria Naturalistica	Altri interventi
Crolli	Chiodature, tiranti, posa di barriere paramassi, gallerie artificiali paramassi	Reti metalliche con geosintetici antierosivi e rivegetazione, rilevati paramassi in terra rinforzata	Disgaggi, riprofilatura pendii
Toppling (ribaltamenti)	Chiodature, tiranti, muri di sostegno	Sistemazione e rivegetazione del solo accumulo di frana	Riplofilature in roccia
Scivolamenti planari		Sistemi drenanti con tecniche naturalistiche	Trincee drenanti profonde, monitoraggio inclinometrico e piezometrico
Scivolamenti rotazionali	Muri di contenimento, anche intirantati consolidamenti mediante micropali	Palificate vive di sostegno in legname, scogliere di contenimento rivegetate, posa di antierosivi, ricostruzione pendii in terra rinforzata, rivegetazione della superficie risistemata	Rimodellamento versanti con riduzione della pendenza
Colate	Muri di contenimento	Palificate semplici, viminate, graticciate, cespugluamenti consolidanti, inerbimento della superficie risistemata	
Soil slips		Geosintetici e fibre naturali con funzione antierosiva, palificate semplici, graticciate, viminate, cespiugliamenti consolidanti, inerbimento della superficie risitemata	
Movimenti di massa	Briglie in c.a., briglie filtranti	Briglie in legname e pietrame	Casse di laminazione e aree di invaso rinaturalizzante, barriere *anti-derbis* in funi metalliche
Erosioni in scarpate	Muri di contenimento	Grate vive, sistemi di palificate vive di sostegno a doppia e singola parete	Pannelli di rete armata a contatto + antierosivi e rivegetazione
Erosioni di sponda	Muri spondali, difese in massi cementati, gabbionate	Difese in massi rivegetate, scogliere in massi vincolati, coperture diffuse, rivegetazioni spondali, palificate vive di sotegno spondali	Ricalibrature degli alvei, allargamento della sezione di deflusso e opere di protezione spondale, rinaturalizzazione e inserimento paesaggistico

Tab. 17.1: (estratto da "Interventi di sistemazione del territorio con tecniche di Ingegneria Naturalistica" Regione Piemonte - 2003)

in questo processo di diffusione delle tecniche naturalistiche la crescente sensibilità ambientale a tutti i livelli tecnico-amministrativi, sociali e politici.

17.2. Possibilità d'impiego delle tecniche di ingegneria naturalistica nelle principali tipologie di dissesto

Per quanto riguarda le tipologie di dissesto si rimanda alla copiosa letteratura esistente ed in particolare al volume di "Interventi di sistemazione del territorio con tecniche di Ingegneria Naturalistica" della Regione Piemonte (2003), che presenta una valida sintesi della problematica e casistica. Si riporta in particolare la Tab. 17.1 che correla i principali tipi di frane e dissesti alle varie possibilità di intervento con tecniche tradizionali e di I.N.

17.3 Tecniche di ingegneria naturalistica applicabili ai versanti nelle regioni del centro-sud Italia

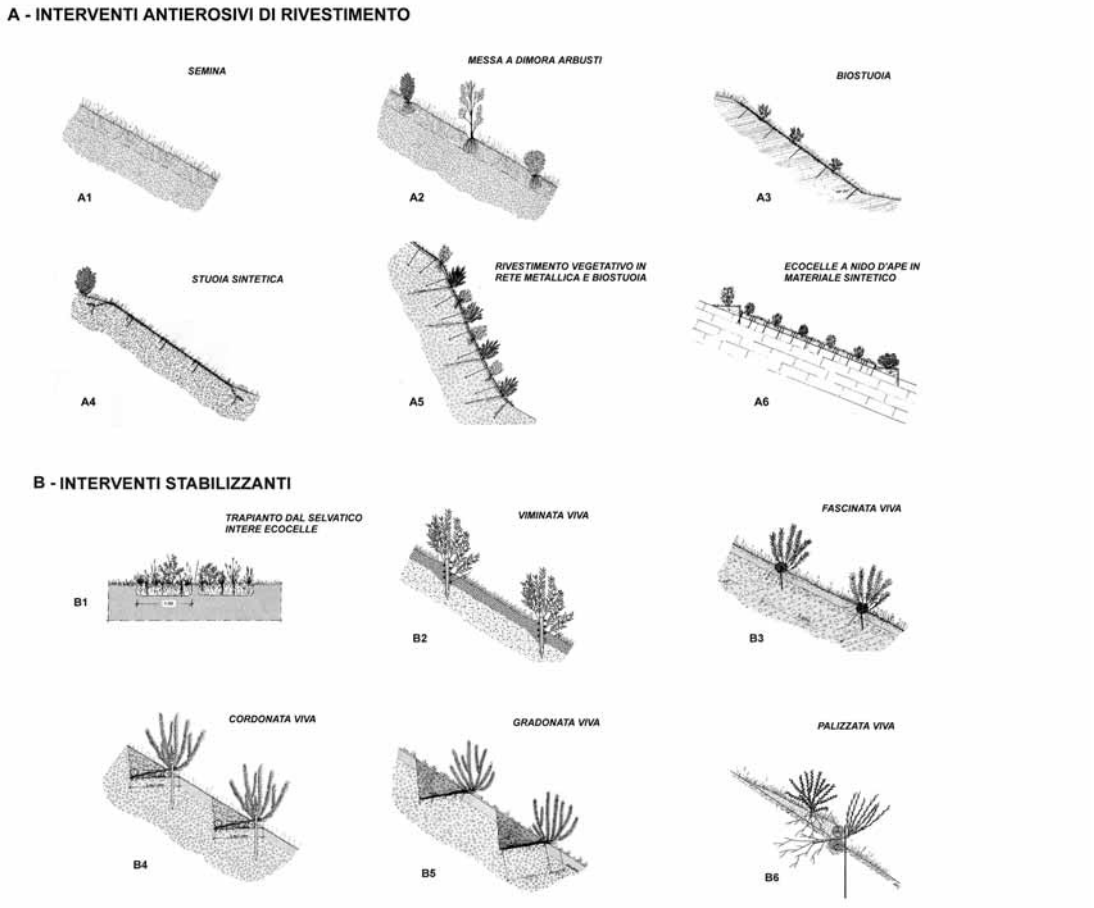
Si è posto negli ultimi anni il quesito del trasferimento delle tecniche di I.N. alle regioni dell'area mediterranea e loro adattamento sia in termini di scelta delle specie vegetali che di materiali disponibili.

Negli schemi delle Figg. 17.1 A, B e C sono rappresentate, in forma sintetica, le tecniche di Ingegneria Naturalistica più diffuse nel centro Europa, applicate da molti anni in alcune regioni dell'Italia del nord ed applicabili anche nelle zone montane delle regioni centro-meridionali (estratto da: Cornelini e Sauli: "*Manuale di indirizzo delle scelte progettuali per interventi di difesa del suolo con tecniche di Ingegneria Naturalistica*" PODIS Ministero dell'Ambiente, in stampa).

Viene anche qui adottata la suddivisione classica, già citata, in interventi antierosivi, stabilizzanti e combinati di consolidamento, che vengono descritti nelle schede delle tecniche (cap. 15) a cui si rimanda.

Sono da considerarsi di uso ormai diffuso in Italia, anche nelle regioni mediterranee:

- semine, idrosemine e messa a dimora di piante;
- stuoie organiche e sintetiche talvolta abbinate con reti;
- viminate e gradonate vive;
- palificate e grate vive in tronchi;
- palizzate (che trovano vasto impiego nelle aree percorse dagli incendi);
- graticciate



Figg. 17.1 A e B: Interventi di I.N. applicabili ai versanti

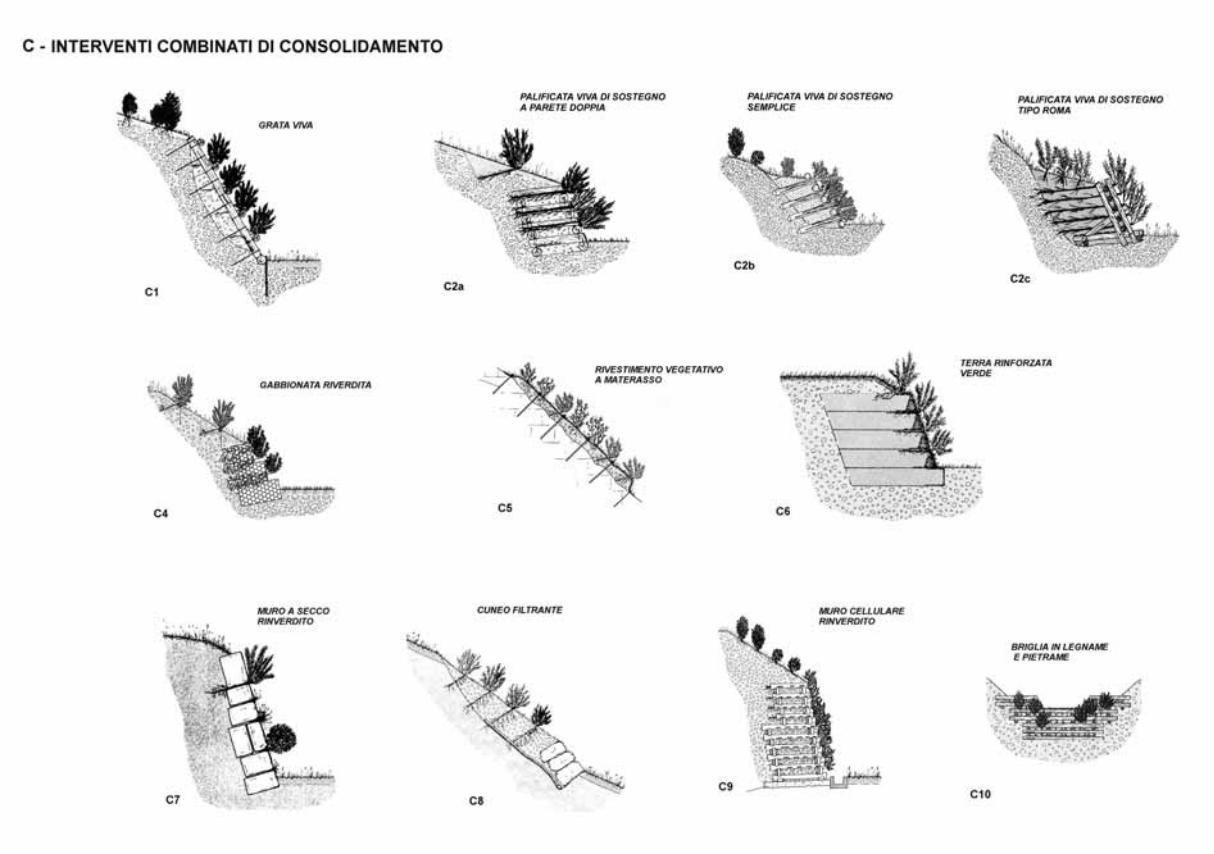


Fig. 17.1.C: Interventi di I.N. applicabili ai versanti

- briglie in legname e pietrame;
- gabbionate e materassi rinverditi;
- terre rinforzate verdi.

A proposito delle graticciate morte, va segnalato l'uso tradizionale di tale tecnica tradizionale in tutta l'Italia meridionale, sia per erosioni di versante che per contenimento di singole alberature (es. il castagno nella costiera amalfitana). Pur non essendo una vera e propria tecnica di I.N., l'impiego delle graticciate e viminate morte va rivalutato, per il basso costo dei materiali e l'efficacia stabilizzante di pendii franosi, specie se abbinato con semine e piantagioni di specie pioniere autoctone.

Fig. 17.1. e 17.2: Opere paramassi, Falcade (BL)

17.3.1 Paramassi e paravalanghe

Nelle sistemazioni montane di corpi franosi, aste torrentizie, ecc. vi sono molte tipologie di interventi che non rientrano nelle tecniche "vive" e quindi di I.N., ma fanno parte delle opere tradizionali delle sistemazioni idraulico-forestali di cui il presente manuale non si occupa.

Vanno citate le opere paramassi (Foto 17.1 e 17.2) e quelle paravalanghe. Queste ultime possono essere assimilabili all'I.N. quando vengono realizzate con tecniche in terrapieno rivegetato, non solo con inerbimenti (Foto 17.3), ma anche con specie arbustive pioniere resistenti

Foto 17.3: Paravalanghe in terrapieno rivegetato, Val Senales

(pino mugo) o che vengono danneggiate dalle slavine nel periodo invernale, ma hanno forti capacità di ricaccio primaverile- estivo (salici, ontani).

17.4. Criteri di scelta delle tecniche

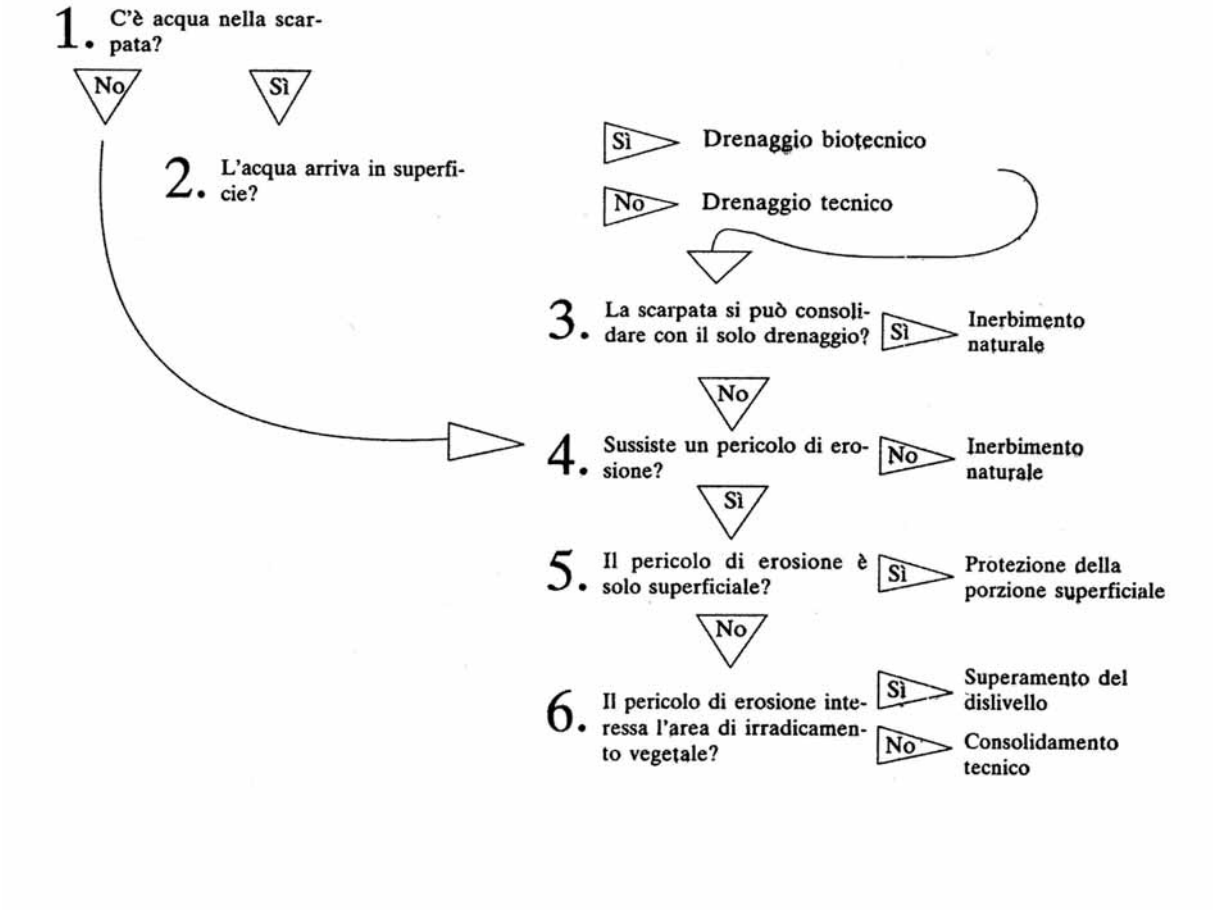
Vengono riportati due classici diagrammi a chiave analitica che forniscono un primo criterio di selezione della tecnica da impiegare su scarpate in erosione:

I quesiti che ci si pone riguardano:

- la presenza o meno di acqua nella scarpata che a seconda della sua profondità può essere risolta con drenaggi superficiali con materiali tradizionali abbinati con drenaggi biotecnici, oppure richiedere drenaggi tecnici più profondi;
- un pericolo di erosione, a sua volta superficiale (risolvibile con semine), o più profondo, ma sempre nella sfera della radicazione delle piante, oppure al di fuori e che richiede quindi interventi tecnici;
- anche nel caso dell'erosione che interessa la sfera di radicazione delle piante le possibilità sono due: a) bastano gli interventi con il solo uso delle piante (semine messa a dimora di talee, arbusti, alberi, gradonate); b) servono tecniche combinate di I.N.;

in quest' ultimo caso ci si deve chiedere:

- basta il consolidamento al piede? (palificate basse, muretti a secco ineriti);
- servono opere temporanee di sostegno? (palificate, grate);
- servono opere permanenti ? (gabbionate, terre rinforzate).



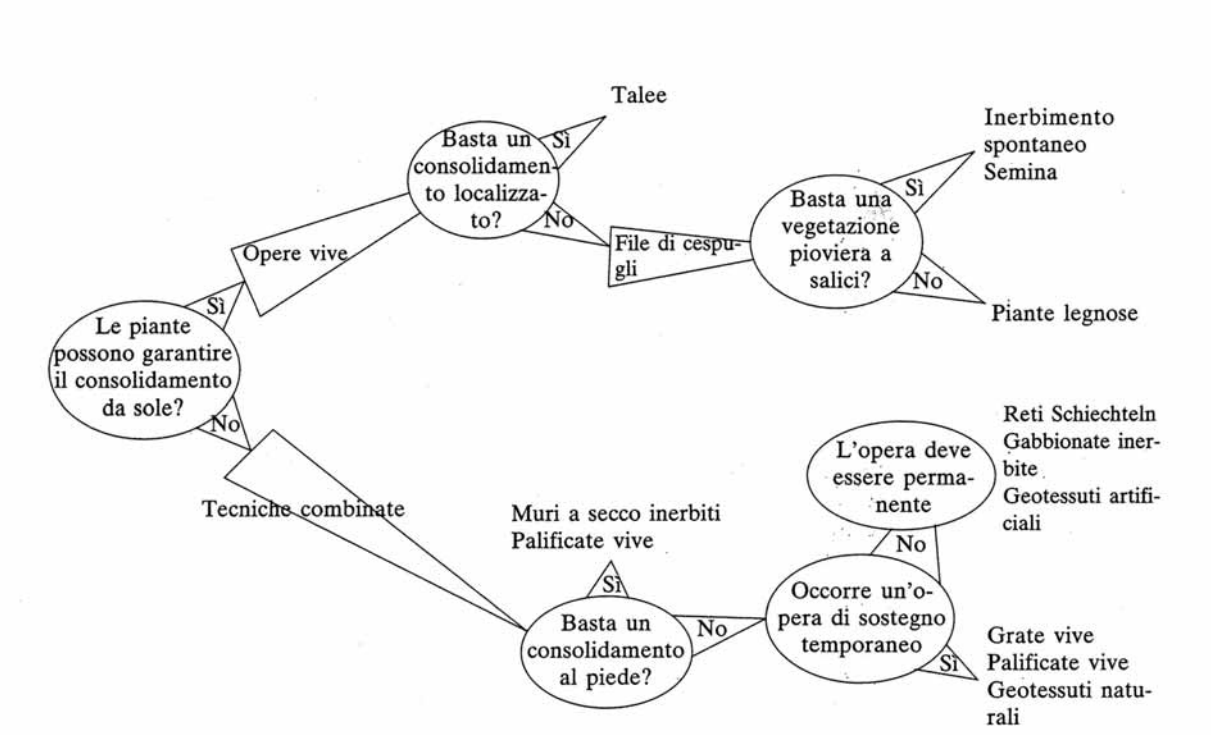


Fig. 17.2: Da: H. Zeh, stabilizzazione di scarpate con metodi di Ingegneria Naturalistica nella realizzazione di strade nel Cantone di Berna (Svizzera) - Congresso Internazionale - Lignano Sabbiadoro (UD) 21-23 Maggio 1992

CAPITOLO 18

Criteri per la manutenzione del territorio ai fini della prevenzione del rischio idrogeologico

P. Cornelini

L'Italia è un paese geologicamente giovane caratterizzato da una situazione morfologica e climatica che, unita alla presenza di terreni altamente erodibili, determina una notevole propensione all'erosione diffusa e al dissesto idrogeologico.

Dall'inizio degli anni cinquanta fino alla metà degli anni sessanta si è operato attivamente per la conservazione del suolo e la regimazione delle acque eseguendo rimboschimenti diffusi ed importanti opere di sistemazione idraulico-forestale, in quanto alla sistemazione della montagna e della collina era riconosciuto un ruolo essenziale nella difesa della pianura. Successivamente l'abbandono della montagna e collina per i profondi mutamenti sociali ha comportato la perdita della funzionalità delle opere realizzate per mancanza di manutenzione, mentre i rimboschimenti hanno subito soprattutto i danni della pressione antropica (incendi, turismo scarsamente ecocompatibile, etc.).

Ne consegue la necessità di un grande sforzo per restituire al territorio la possibilità di svolgere al meglio le proprie funzioni in merito alla difesa del suolo, anche in vista dei cambiamenti climatici in atto, per i quali sono previste precipitazioni più intense e concentrate.

Foto 18.1: L'abbandono delle sistemazioni idraulico - forestali comporta l'aumento del rischio di esondazione a valle, F. Aniene, Roma

Foto 18.2: La legge sulla difesa del suolo (L.183/89), prevede interventi di sistemazione idrogeologica con un approccio sistemico a livello di bacino idrografico. Formazioni calanchive presso Civita di Bagnoregio (VT)

18.1 Importanza e vantaggi delle sistemazioni montane e collinari

La sistemazione dei bacini idrografici nelle aree montane e collinari secondo la legge sulla difesa del suolo (L.183/89), prevede un intervento unitario da affrontare con un approccio sistemico, con la coscienza del legame tra le varie parti del bacino e, quindi, del reciproco condizionamento degli interventi nei vari tratti.

Un approccio basato sull'emergenza ha privilegiato negli ultimi decenni la realizzazione di opere intensive per la riduzione del rischio nelle pianure, ove si trova la maggioranza della popolazione e del patrimonio pubblico e privato, trascurando spesso le opere estensive ed intensive nella parte superiore del bacino, ove il fenomeno erosivo inizia a manifestarsi ed ove la sistemazione agisce sulle cause del dissesto.

Ne consegue la necessità di intervenire particolarmente nelle zone montane e collinari, ove più estese ed intense sono le azioni erosive, con la coscienza che la sistemazione della parte superiore dei bacini idrografici non assume solo un valore intrinseco, ma comporta il miglioramento delle condizioni idrauliche a valle.

Con interventi di tipo diffuso sul territorio si può ottenere una maggiore efficacia delle misure di riduzione del rischio idrogeologico, poiché si agisce sulla riduzione della probabilità di accadimento dell'evento calamitoso e sulla riduzione dell'intensità dello stesso; il perdurare dell'abbandono della montagna e della collina, invece, ha come conseguenza un aumento della vulnerabilità e della pericolosità del territorio anche a valle con conseguente richiesta di aumento delle difese passive (argini, casse d'espansione, ecc.) e notevole incremento dei costi diretti ed indiretti.

La manutenzione del territorio del bacino idrografico è quindi uno strumento fondamentale per la riduzione del rischio di dissesto idrogeologico, nonché per la riqualificazione ambientale del territorio con positive ricadute in termini occupazionali.

I vantaggi derivanti da tale programma di manutenzione del territorio con interventi diffusi possono ricondursi a:

- la diminuzione di interventi strutturali per la riduzione del rischio, in quanto gli interventi nella parte superiore del bacino contrastano il fenomeno erosivo, laddove inizia a manifestarsi, con azioni efficaci nel risolvere il problema all'origine;

Foto 18.3: La messa in sicurezza degli insediamenti a valle inizia con la sistemazione dei bacini montani. Versanti argillosi presso Civita di Bagnoregio (VT)

- il miglioramento dell'efficienza delle sistemazioni idraulico-agrarie e idraulico-forestali, con la manutenzione di quelle realizzate in passato e la riqualificazione di un patrimonio esistente, ormai inserito nel contesto socio-economico e paesaggistico del territorio;

Foto 18.4: I lavori diffusi sul territorio creano occupazione in zone in fase di spopolamento per l'utilizzo di tecniche semplici quali quelle dell'ingegneria naturalistica, Parco degli Aurunci (LT)

- la riqualificazione ambientale delle aree in erosione con le tecniche di ingegneria naturalistica, la rinaturazione dei territori di montagna e collina, con l'aumento della biodiversità tramite la realizzazione di fitocenosi arboree, arbustive ed erbacee;
- il contributo degli interventi di rivegetazione dei versanti e dei corsi d'acqua alla lotta contro l'effetto serra con effetti benefici di tipo climatico per la riduzione della anidride carbonica immagazzinata nella biomassa vegetale;
- il miglioramento delle condizioni socioeconomiche delle aree interne della montagna e della collina, attuando le finalità della legge della montagna in quanto le azioni di manutenzione tutelano e promuovono le risorse ambientali e sviluppano le attività economiche nelle aree depresse;
- la realizzazione di nuovi posti di lavoro diffusi sul territorio, in quanto viene creata occupazione in zone in fase di spopolamento, con l'utilizzo di tecniche semplici, quali quelle dell'ingegneria naturalistica, che sono ad alto contenuto di manodopera.

18.2 La manutenzione nei documenti delle autorità di bacino nazionali

L'Analisi comparata dei Piani Stralcio, dei Piani Straordinari e della documentazione di riferimento delle Autorità di Bacino nazionali, aggiornata a settembre 2001, ha evidenziato l'esistenza di un nuovo approccio alle problematiche della manutenzione, non limitato alle sole opere, ma esteso al territorio del bacino idrografico.

Dalle definizioni riportate nei vari documenti delle Autorità di Bacino nazionali risulta chiaramente come il concetto di manutenzione viene esteso al territorio del bacino idrografico (alvei e versanti) con attività tese alla prevenzione del rischio idrogeologico.

Una definizione significativa è quella del Comitato di Consultazione dell'Autorità di Bacino del Po *che ritiene che debbano essere considerate attività di manutenzione tutte le azioni volte al mantenimento e al ripristino della funzionalità ecologica del territorio oltre alla funzionalità idraulica di tutte le opere, manufatti e strutture necessarie per il perseguimento degli obiettivi del PSAI.*

Gli interventi di rinaturazione, se volti al ripristino della funzionalità ecologica di un ecosistema o parte di esso (es. i tratti fluviali) sono da considerare interventi di manutenzione del territorio.

L'attività di manutenzione non deve riguardare solo le opere ed i corsi d'acqua bensì l'intero territorio del bacino, assumendo la priorità della manutenzione dei corsi d'acqua in montagna, collina e pianura, delle loro pertinenze e del reticolo artificiale di pianura.

Oltre al concetto che la manutenzione deve riguardare l'intero territorio del bacino e non solo le opere nume-

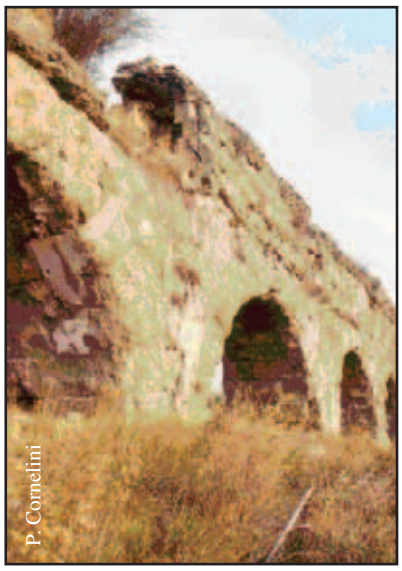


Foto 18.5: Il concetto di manutenzione prevede il ripristino della funzionalità di un'opera, Parco degli Acquedotti, Roma

Foto 18.6: L'attività di manutenzione non deve riguardare solo le opere ed i corsi d'acqua bensì l'intero territorio del bacino idrografico, M. Aurunci presso Spigno Saturnia (LT)

DEFINIZIONE DELLA MANUTENZIONE (Ente Nazionale Italiano di Unificazione (UNI)

Per manutenzione si intende la combinazione di tutte le azioni tecniche ed amministrative, incluse le azioni di supervisione, volte a mantenere o a riportare un'entità in uno stato in cui possa eseguire le funzioni richieste (UNI 9910,10147)

La attività di manutenzione comporta:

- *il ripristino: recupero da parte dell'entità della propria attitudine ad eseguire una funzione richiesta (UNI 9910);*
- *la riparazione: intervento, rinnovo o sostituzione di uno o più componenti danneggiati mirato a riportare un'entità alle condizioni stabilite (UNI 10147);*
- *il miglioramento: insieme di azioni di miglioramento o di piccola modifica che non incrementano il valore patrimoniale dell'entità (UNI 10147).*

rose Autorità di Bacino nazionali (Po, Alto Adriatico, Adige, Arno, Serchio) hanno ribadito che la manutenzione va eseguita con i criteri dell'ingegneria naturalistica .

Nelle tab. 18.1 e 18.2 sono riportati i quadri riassuntivi dei principali finanziamenti previsti per la manutenzione dalle Autorità di Bacino nazionali e per le sistemazioni idraulico – forestali estensive dall'AdB Tevere.

	PO	ALTO ADRIATICO	ARNO	SERCHIO	TEVERE
Tot PAI	25446	5400	40,30	2109	3350
Manutenzione	1083	325	434	538	1780
%manutenz/tot PAI	4,2	6	10,7	25,5	53

Tab. 18.1: Quadro riassuntivo dei principali finanziamenti previsti per la manutenzione da autorità di bacino nazionali (miliardi lire, 2001)

Sup. tot bacino (ha)	Interventi sistemazione idraulico-forestale estensivi (miliardi lire)	Superficie sistemazioni idraulico-forestale estensive (ha)	Superficie sistemazioni idraulico-forestale estensive Sup. tot bacino	Costo di interventi di manutenzione idraulico-forestale estensivi/ha di sistemazione	Mamutenzioni reticolo idraulico (miliardi di lire)
1.746.002	1.518	153,871	8,8%	9,865 milioni Lire	262 in 5 anni

Tab. 18.2: Finanziamenti previsti per gli interventi di sistemazione idraulico – forestale estensivi nel PAI Tevere

18.3 Tipologie degli interventi manutentori

Da un'analisi comparata e integrata delle tipologie di manutenzione descritte dalle Autorità di Bacino Po, Liri, dall'ANBI e dalla Regione Piemonte (Del. GR 2 agosto 1999 "*Approvazione degli indirizzi e tecnici e procedurali in materia di manutenzione idraulico-forestali*") risulta la sintesi seguente dei principali tipi di interventi di manutenzione:

18.3.1 Interventi sugli alvei:

- *rimozione rifiuti solidi e taglio della vegetazione in alveo di ostacolo al deflusso regolare delle piene orientativamente trentennali*
- *ripristino della sezione di deflusso dell'alveo con eliminazione dei materiali litoidi di ostacolo al regolare deflusso*
- *ripristino sezione di deflusso in corrispondenza dei ponti e opere d'arte*
- *rimozione dei depositi nelle opere idrauliche minori*
- *ripristino della funzionalità dei tratti tombati per riportarli a luce libera*
- *rinaturazione delle sponde, intesa come protezione al piede delle sponde dissestate od in frana con strutture flessibili spontaneamente rinaturabili; restauro dell'ecosistema ripariale, compresa l'eventuale piantagione di specie autoctone*
- *rimozione di alberi pericolanti sui versanti o impluvi prospicienti il corso d'acqua principale oggetto di manutenzione*

18.3.2 Interventi sulle opere di difesa idraulica:

- *manutenzione degli argini e delle opere accessorie mediante taglio della vegetazione sulle scarpate, ripresa di scoscendimenti delle sponde, ricarica di sommità arginale, conservazione e ripristino del paramento, manutenzione dei manufatti connessi (chiaviche, scolmatori, botte a sifone, parte edilizia, apparecchiature elettriche, meccaniche e carpenterie metalliche connesse al funzionamento di paratoie e impianti di sollevamento, etc.), ripresa dei fontanazzi e delle infiltrazioni che attraversano i corpi arginali*
- *posa di diaframmi impermeabili lungo le arginature per contenere la linea di saturazione delle acque ed evitare la formazione di pericolosi sifonamenti e conseguenti cedimenti arginali*
- *rinaturazione delle protezioni spondali (scogliere, gabbionate, etc.) con tecniche di ingegneria naturalistica*
- *manutenzione e completamento delle protezioni spondali dissestate, utilizzando ove possibile le tecniche di ingegneria naturalistica*
- *ripristino dell'efficienza delle opere trasversali (briglie, salti di fondo, soglie) in dissesto; svuotamento periodico delle briglie selettive*
- *opere di sostegno delle sponde e dei versanti del corso d'acqua a carattere locale e piccole opere idrauliche di modeste dimensioni realizzate con materiali reperiti in loco (legno e pietrame) e l'impiego di tecniche di ingegneria naturalistica*
- ripristino della stabilità dei versanti prospicienti le

Foto 18.7: Briglia in pietra calcarea, Monti Lepini (LT)

sponde dei corsi d'acqua mediante tecniche di ingegneria naturalistica
- ripristino e manutenzione delle opere ingegneria naturalistica

18.3.3 Interventi sui versanti:
- *manutenzione e ripristino delle reti di drenaggio superficiale*
- *interventi di regimazione idraulica superficiale attraverso la riapertura e/o la sagomatura dei fossi, correzioni d'alveo, realizzazione di opere di stabilizzazione dei corsi d'acqua minori (briglie, soglie, difese di sponda)*
- *sistemazione delle aree in erosione o in frana possibilmente con tecniche di ingegneria naturalistica*
- *attività forestali e selvicolturali per il controllo della stabilità dei versanti: messa a dimora di piante arboree ed arbustive, manutenzioni delle piantagioni già effettuate (rinfoltimenti ,trasformazione dei boschi cedui in alto fusto, etc….)*
- *controllo delle opere (cunette, canali, briglie, muri, viminate vive etc.)*
- *ripristini localizzati dei pascoli degradati, opere a verde*
- *manutenzione opere di sostegno e consolidamento frane*
- *realizzazione opere di consolidamento al piede*
- *valorizzazione agronomica del suolo attraverso la sistemazione delle strade interpoderali, degli acquedotti rurali, dei bacini collinari*
- *manutenzione strade secondarie e forestali*
- *rimodellamento e chiusura fessure di taglio*
- *disgaggio massi e rimozione volumi instabili,*
- *estirpazione radici pericolose per apertura giunti*
- *pulizia reti paramassi*

18.4 Le azioni di prevenzione in montagna e collina

Nella parte alta del bacino, ove prevale l'attività erosiva, la manutenzione va intesa come conservazione del suolo e trattenimento delle acque il più a lungo possibile. Si ottengono così benefici di carattere meccanico ed idraulico, in quanto la copertura vegetale viva, tramite le radici, stabilizza il suolo e, tramite la parte aerea, lo protegge dall'erosione, migliorandone la capacità di laminazione delle piene.

Accanto ai tradizionali interventi di rimboschimento e di miglioramento dei boschi degradati con specie arboree autoctone, vanno incentivati gli interventi diffusi di controllo dell'erosione e di consolidamento dei versanti in frana con la messa a dimora di specie erbacee ed arbustive autoctone.

Gli interventi di mantenimento della funzionalità del reticolo idraulico e di ricostituzione di zone umide per l'aumento del tempo di corrivazione e la diminuzione della portata di piena e del trasporto solido, comportano una riduzione del rischio idrogeologico, oltre all'aumento della biodiversità e della qualità ambientale e paesaggistica del territorio.

Foto 18.8: La mancanza di copertura vegetale diminuisce il tempo di corrivazione e aumenta il rischio a valle. Aree percorse dal fuoco sui M. Aurunci

Foto 18.9: Gli interventi di rimboschimento e di miglioramento dei boschi sono essenziali nella manutenzione del territorio. Vulcano Laziale (RM)

Per quanto riguarda le attività agricole, prevalenti nella fascia collinare, le sistemazioni idraulico-agrarie, che avevano raggiunto nelle prima metà del secolo scorso un notevole livello di perfezione, in seguito alla specializzazione delle colture ed alla crescente meccanizzazione, sono state in gran parte abbandonate ed eliminate, con il risultato di un incremento dei fenomeni di instabilità dei versanti.

Risulta pertanto essenziale il ritorno ad un governo delle acque con adeguata rete di scolo superficiale basata sulle fosse livellari a girapoggio, collegate a collettori naturali o artificiali, unitamente, ove necessario, ai drenaggi profondi.

Ai fini della conservazione del suolo, risulta di notevole importanza la presenza di una copertura vegetale erbacea in quanto il cotico erboso esplica una notevole azione nella difesa dal ruscellamento. Questo vale non solo per i pascoli ed i prati, ma anche per i frutteti ed i vigneti ove la realizzazione di strisce erbose tra le file impedisce la perdita del suolo.

Vanno anche considerate le azioni da intraprendere

per la protezione antierosiva sui terreni abbandonati alle pratiche agricole che possono consistere in semplici regimazioni idrauliche accompagnate da semine e/o piantagioni di specie arbustive pioniere.

Per la prevenzione del rischio idrogeologico va poi

Foto 18.10: Una scelta delle colture e una regimazione idraulica risultano essenziali per la difesa del suolo agricolo, Vulcano laziale, Roma

effettuata una corretta gestione delle colture agrarie:

- effettuare una scelta appropriata delle colture, soprattutto nelle aree instabili, come, ad esempio, nelle aree argillose collinari, privilegiando le colture erbacee che proteggono il suolo nella stagione piovosa (foraggere, prati stabili, prati pascoli) lasciando alle colture annuali le aree a minore pendenza;
- limitare la frequenza e la profondità delle arature nei suoli con scadenti caratteristiche geotecniche ed in pendenza;
- prevedere sui versanti strisce parallele a prato di separazione tra i campi coltivati, per ridurre l'azione erosiva delle acque dilavanti;
- realizzare interventi di miglioramento del cotico erboso dei prati spontanei (semine, piccole lavorazioni, concimazioni);
- ricostruire il sistema delle siepi campestri e delle reti ecologiche.

18.5 Conclusioni

In conclusione nel piano degli interventi di manutenzione del territorio di un bacino idrografico si possono individuare, per le fasce montane e collinari, linee d'intervento principali mirate a :

- controllare i fenomeni di erosione superficiale, areale e lineare;
- consolidare e stabilizzare i versanti;
- curare gli interventi nel settore agricolo e forestale finalizzati alla difesa del suolo anche tramite incentivi per la pianificazione di attività agricolo-forestali e pastorali collaboranti e compatibili con la difesa del suolo;
- curare la efficace manutenzione delle opere di difesa del suolo esistenti;
- conservare il buon regime idraulico dei corsi d'acqua e favorire la creazione di nuove aree di esondazione;
- migliorare la funzionalità idraulica dei suoli forestali.

Le tipologie d'intervento possono quindi essere così schematizzate:

- rimboschimenti e miglioramento dei boschi esistenti;
- sistemazione delle aree in erosione /frana;
- sistemazioni idraulico-forestali;
- sistemazioni idraulico-agrarie;
- interventi di recupero della funzionalità del reticolo idrografico.

Gli interventi di manutenzione del territorio e delle opere sono riportati in tab.18.3 e vanno previsti, ove possibile, con tecniche di ingegneria naturalistica

Foto 18.11: Apparato radicale di Salix purpurea, Cà i Fabbri (PS)

Tab. 18.3 - Principali interventi di manutenzione del territorio

PRINCIPALI INTERVENTI DI TIPO ESTENSIVO	INTERVENTI DI RINATURAZIONE DEI CORSI D'ACQUA	PRINCIPALI INTERVENTI DI TIPO INTENSIVO
Rimboscamenti - rimboscamenti nelle zone marginali di montagna e collina con impiego di autoctone - risarcimenti e diradamenti selettivi - riconversione colturale degli impianti di resinose con sfoltimenti e incentivazione delle latifoglie autoctone **Sistemazione idraulico-forestali estensive** - interventi antierosivi e stabilizzanti privilegiando l'uso delle specie erbacee ed arbustive autoctone - rinaturazione aree abbandonate dall'agricoltura - realizzazione di drenaggi superficiali **Sistemazione idraulico-agrarie** - realizzazione delle fosse livellari - realizzazione dei drenaggi superficiali - realizzazione di fasce erbose di separazione delle colture erbacee e nei frutteti e vigneti con pericolo di erosione - sistemazione delle aree con fenomeni erosivi e ricostruzione del cotico erboso - ricostruzione della rete delle siepi capestri	**Rinaturazione dei corsi d'acqua e ricostruzione delle fasce di vegetazione ripariale** **Ripristino delle sezioni di deflusso,** con l'eventuale taglio della vegetazione in alveo salvaguardandone il ruolo nella difesa e conservazione delle sponde secondo quanto previsto nel DPR 14 aprile 1993	**Sistemazione di frane ed aree instabili** **Sistemazione idraulico-forestali intensive** per la regimazione dei corsi d'acqua montani - manutenzione delle opere trasversali (briglie, soglie, rampe) e longitudinali (argini, opere di protezione e consolidamento spondale) esistenti con sostituzione, ove possibile, di quelle in celcestruzzo con opere realzzate con tecniche di ingegneria naturalistica **Realizzazione di casse d'espansione di piccole dimensioni** nei sottobacini ottenendo aree da sistemare secondo principi naturalistici, anche al fine di limitare la realizzazione di grandi vasche d'espansione nel fondovalle

Normativa di riferimento sulla manutenzione

L 183/89	Art. 3 Le attività di programmazione, pianificazione e di attuazione degli interventi destinati a realizzare le finalità del'art. 1 curano in particolare: a) la sistemazione, la conservazione, ed il recupero del suolo nei bacini idrografici, con interventi idrogeologici, idraulici, idraulico-fprestali, idraulico-agrari, silvo-pastorali, di forestazione e di bonifica, anche attraverso processi di recupero naturalistico, botanico e faunistisco. m) la ***manutenzione ordinaria e straordinaria*** delle opere e degli impianti nel settore e la conservazione dei beni Art. 21.2 I programmi triennali debbono destinare una quota non inferiore al 155 degli stanziamenti complessivamente a: a) interventi di manutenzione ordinaria delle opere, degli impianti e dei beni, compresi mezzi, attrezzature e materiali dei cantieri officina e dei magazzini idraulici; b)svolgimento del servizio di polizia idraulica, .. c) compilazione ed aggiornamento dei piani di bacino, svolgimento studi, .. d) adeguamento e potenziamento funzionale, tecnico e scientifico dei servizi tecnici nazionali
DPCM 23.3.90 **Atto di indirizzo e coordinamento ai fini della elaborazione e della adozione degli schemi previsionali e programmatici di cui all'art. 31 della L. 183/89**	5.2 Criteri generali di valutazione delle priorità .. a) per interventi devono intendersi tanto la realizzazione di opere quanto azioni finalizzate al ripristino o al mantenimento di condizioni di equilibrio naturale e di legittimo e razionale uso delle risorse .., nonché azioni di prevenzione e controllo b) il bacino andrà considerato nel suo complesso e prevedendo interventi orientati non solo alla difesa della calamità quali eventi macroscopici ed istantanei, ma anche finalizzati alla salvaguardia della dinamica evolutiva del contesto fisico naturale, da condizionare esclusivamente ad un appropriato uso del territorio e comunque improntata al risanamento, tutela e ripristino della struttura ambientale caratteristica c) la scelta tipologica dell'intervento ., ma soprattutto privilegiando quelle a ,inore impatto ambientale d)Il superamento delle situazioni di dissesto e/o degrado dovrà essere conseguito ove possibile, mediante il ripristino oil riequilibrio delle condizioni naturali preesistenti e) saranno privilegiati interventi di manutenzione e di completamento e/o ampliamento delle opere rientranti nelle tipologie di cui al paragrafo 5.4 (., riforestazione, idraulica forestale, recupero naturalistico botanico, ..etc.)
DPR 14 aprile 1993	**Atto di indirizzo e coordinamento alle regioni recante criteri e modalità per la redazione deiprogrammi di manutenzione idraulica e forestale**
DPR 18 luglio 1995 **Approvazione atto indirizzo e coordinamento concernente i criteri per la redazione dei piani di bacino**	3.3 Proposte di intervento e priorità ..Nell'elencazione degli interventi strutturali sono considerati anche quelli rivolti alla ***manutenzione*** ed al ripristino della funzionalità delle opere esistenti

DL 180/98	Art. 1.2 Il Comitato dei Ministri definisce i programmi di interventi urgenti, anche attraverso ***azioni di manutenzione dei bacini idrografici***, per la riduzione del rischio idrogeologico tenendo conto dei programmi già in essere da parte delle Autorità di Bacino di rilievo nazionale e dei piani straordinari
DPR 27 luglio 1999	Art. 3 Nell'ambito delle somme di cui all'art. 2 le Autorità di Bacino e le regioni possono destinare una quota non superiore al 10% delle somme assegnate alle attività volte alla predisposizione dei piani di bacino e dei relativi piani stralcio
DL 279/2000	Art. 2.3 I soggetti di cui al comma 4 * provvedono ad effettuare, entro la data di cui al comma 1, nell'ambito degli ordinari stanziamenti di bilancio, una ricognizione sullo stato di conservazione delle opere esguite per la sistemazione dei versanti, indicando le ***esigenze di carattere manutentorio finalizzate a costruire un diffuso sistema di protezione idreologica***, con conseguente miglioramento generalizzato delle condizioni di rischio soprattutto a beneficio dei territori di pianura. *Le regioni d'intesa con le provincie, con la collaborazione dei provveditorati alle opere pubbliche, del Corpo Forestale dello Stato, dei comuni, degli uffici tecnici erariali, degli altri uffici regionali aventi competenza nel settore idrogeologico, delle comunità montane, dei consorzi di bonifica, delle strutture dei commissari straordinari per gli interventi di sistemazione idrogeologica e per l'emergenza rifiuti. Il coordinamento delle attività è svolto dalle Autorità di Bacino competente.
L 109/94 e succ. Merloni ter	Art. 16 Attività di progettazione 5. Il progetto esecutivo deve altresì essere corredato da ***apposito piano di manutenzione*** dell'opera e delle sue parti Art. 19 Sistemi di realizzazione dei lavori pubblici 5. E in facoltà stipulare a misura i contratti di appalto relativi a ***manutenzione*** restauro e beni archeologici 5bis. L'esecuzione dei lavori può prescindere dall'avvenuta redazione e approvazione del progetto esecutivo qualora si tratti di ***lavori di manutenzione*** o scavi archeologici
Regolamento attuativo Merloni DPR 554/99	Art. 15 Disposizioni preliminari la progettazione 8. I progetti sono redatti considerando anche il contesto in cui l'intervento si inserisce in modo che esso non pregiudichi l'accessibilità, l'utilizzo ***e la manutenzione*** delle opere degli impianti e dei servizi esistenti Art. 35 Documenti progetto esecutivo Il progetto esecutivo composto dei seguenti documenti: ***piano di manutenzione*** dell'opera e delle sue parti Art. 40 ***Piano di manutenzione*** dell'opera e delle sue parti Art.l54 Contabilità dei ***lavori di manutenzione***

CAPITOLO 19

La sistemazione dei versanti calanchivi

S. Puglisi

19.1 Introduzione

Si chiama calanco ciascuno dei solchi profondi, stretti, ripidi, separati da creste sottili a lama di coltello, prodotti da processi erosivi e franosi innescati dalle acque di ruscellamento nei suoli in pendio ad elementi fini, impermeabili ma disgregabili, quali argille, argille-marnose, marne-argillose, ecc. Nel calanco l'acqua piovana agendo sul suolo argilloso lo decapita asportando le lamelle staccatesi per effetto del disseccamento, le spappola e le trascina con sé allo stato plastico insieme alle altre che riesce a levare una volta che si sono rammollite a causa dell'imbibizione superficiale.

I calanchi sono l'insieme delle vallecole prima descritte, disposte a ventaglio, separate da croste argillose alte, subverticali, a prevalente datazione pliopleistocenica, rese sottili dalla plasticizzazione e asportazione sotto forma di colate fangose delle particelle situate sulla superficie esterna del rilievo.

Le aree calanchive sono molto diffuse in Italia (fig. 19.1) e sono sovente sede di imponenti fenomeni di erosione gully. La superficie calanchiva è stata stimata in 500.000 ettari circa. Quella pre-calanchiva, cioè potenzialmente degradabile a morfologia calanchiva, è dello stesso ordine di grandezza.

Fig. 19.1: Distribuzione delle aree a morfologia calanchiva in Italia. (da Puglisi e Trisorio Liuzzi, 1992)

Alla sistemazione dei calanchi, dalla metà del XVIII secolo in poi, hanno lavorato, dal Nord al Sud, con motivazioni diverse, più generazioni di operatori, ognuna delle quali ha perseguito un obiettivo e messo a punto una tecnica.

Le principali di tali tecniche, al requisito della rispondenza all'obiettivo per cui sono state impiegate, associano una significativa concordanza con la situazione sociale, economica, culturale del periodo storico in cui sono state adottate.

19.2 La sistemazione idraulico-agraria

La prima sistemazione calanchiva documentata risale alla seconda metà del secolo XVIII. Il sacerdote Giovan Battista Landeschi il 25 giugno 1758 fu nominato parroco di Sant'Angelo a Montorzo in Comune di S. Miniato (PI). La parrocchia era povera. I pochi seminativi erano circondati da calanchi. Per ampliare la superficie arabile il pievano escogitò di orlare i calanchi con una recinzione idrica, cioè un fosso di guardia, e di scaricarne le acque man mano raccolte sulle sottostanti creste calanchive dove erano stati predisposti dei solchi erodenti. In tal modo le creste risultavano indebolite dall'erosione e si potevano spianare facilmente, mentre i sedimenti prodottisi andavano a colmare le briglie in terra costruite nel fosso calanchivo (figg. 19.2, 19.3), costituendovi nuovi seminativi.

Tale tecnica fu così compendiata dallo stesso Landeschi nei suoi "Saggi di agricoltura di un parroco Sanminiatese" (Firenze, 1775):

…«*ma qui tratterò solo dell'aiuto grande che si può trarre dall'acque per vantaggio dell'agricoltura, particolarmente nei poggi e colline Sanminiatesi e dove gli uomini le sappiano indirizzare (...). In questi e simili luoghi è necessario far sapere e ben praticare l'economia dell'acque se si vuole che il terreno sia fruttifero; imperciocché ivi le acque ben indirizzate riempiono di terra quei botrelli, sbrotature e concavi, che molto danno impaccio alla agricoltura. Queste scaricano e depositano la terra dove il terreno è più basso, o dove ne è scarsità e ne levano dove si vuole abbassare il suolo. Di più migliorano la terra mentre la trasportano, perché l'assottigliano e la sciolgono. Fanno poi le medesime acque anche il servizio di mischiare la terra grossa colla sottile e facilmente si fa*

loro trasportare la terra sottile dove sia troppo grossa e la terra grossa dove siavi troppo sottile; ma ci vuole assidua attenzione nell'indirizzarle acciocché in un luogo tolgano e nell'altro lascino, con dar loro le opportune cadenze dove devono togliere, e con far loro fare le convenienti pause dove occorre depositino, componendo loro dei recinti di arginetti attraverso il loro corso o a mezza luna da banda, o facendo loro delle turette, acciò si fermino, e dell'uscire in luogo più alto che non è il fondo del suolo, ove facciano pozza, o con prender maggior o minor quantità, e dar loro poi l'esito dove non arrechino alcun danno» (Landeschi, 1775).

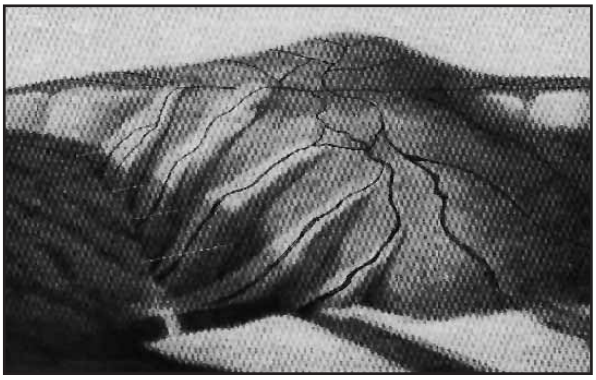


Fig. 19.2: Sistemazione idraulico-agraria ottenuta mediante modellamento della pendice secondo il criterio delle colmate di monte ideato da Landeschi (1775). Il disegno riproduce una classica illustrazione del Ridolfi. Si noti la rete di fossi che solca il versante con funzione erosiva per eliminare i dossi e colmare con i sedimenti le briglie in terra costruite nel fosso calanchivo. Le linee tratteggiate indicano l'altezza di queste opere sull'asta del torrente. (da Calzecchi – Onesti, 1957)

Il Landeschi fu anche un precursore dell'ingegneria naturalistica. Infatti, nei Saggi avvertiva che le pendici «si devono in primo luogo ciglionare stabilmente nella parte più bassa, e se questa parte sia rasente ad un rio, o corso d'acque, nel costruire il ciglione devesi in esso porre della macchia a virgulti di salici, vetrici, pruni, ecc…».

Questa tecnica è rimasta in auge sino agli anni Settanta del XX secolo. Fino a quando, cioè, l'esodo rurale è diventato massiccio. In figura 4 si vedono due disegni di Calzecchi-Onesti pubblicati sul "Giornale di agricoltura" nel 1952. I luoghi di maggiore espansione di tale tecnica furono la Val d'Era (Toscana) e Brisighella (Romagna). Qui lavorò, acquistò fama come esperto di sistemazione dei calanchi, e ne scrisse (Bubani, 1950), il direttore del Consorzio di bonifica di Brisighella (FO) la cui opera fu proseguita dal dott. Livio Ravagni, il quale poi venne chiamato a progettare ed eseguire la bonifica dei calanchi di San Marino, per incarico di quella Repubblica, con finalità, ovviamente, mutate e tecniche più aggiornate rispetto al passato, quali impiego di macchine, semine potenziate, ecc. (Ravagni, 2002).

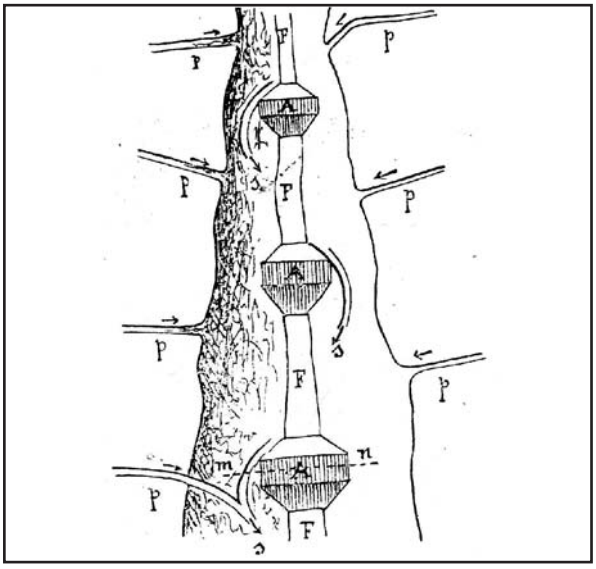
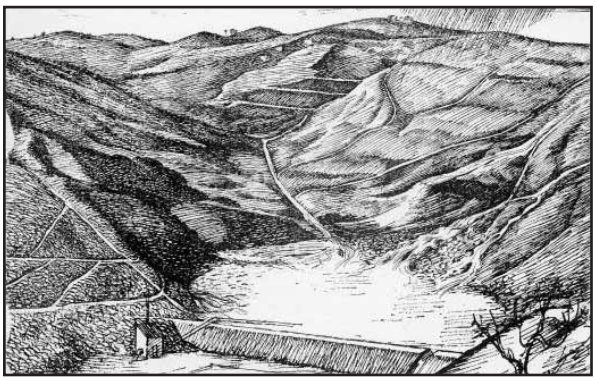


Fig. 19.3: Planimetria della sistemazione di un fosso calanchivo (F) mediante briglie in terra (A) dietro le quali si formano le 'colmate di monte' con gli apporti solidi provenienti dagli acquidocci (p) ricavati sulle creste calanchive. Le acque convogliate dall'alveo (F) bypassano gli argini trasversali (A) mediante sfioratori laterali (s). (da Sabbatini, 1922)

UN GRANDE PROBLEMA CHE INTERESSA OLTRE 500,000 ETTARI

LA LOTTA AL CALANCO

19.4a



19.4b

Figg. 19. 4: Nel 1952 il "Giornale di agricoltura" pubblicò una serie di articoli del suo direttore sulla sistemazione dei calanchi. Allorchè subentrò il modellamento con macchine, il serbatoio a corona che si vede in (a) diventò laghetto collinare (b). (da Calzecchi – Onesti, 1952)

Le sistemazioni idraulico-agrarie di cui sopra rispettano la topografia del rilievo a morfologia calanchiva. In tempi recenti, invece, l'avvento delle grandi macchine per i movimenti di terra ha consentito lo spianamento brutale, lo scasso totale e la messa a cultura di estesi versanti calanchivi con guasti irreparabili al paesaggio.

19.3 La sistemazione idraulico-forestale

Quando lo scopo della sistemazione non è quello di guadagnare terra all'agricoltura, ma di impedire la produzione di sedimenti e l'interrimento di laghi artificiali posti a valle del versante calanchivo, si ricorre ad altri tipi d'intervento.

Una tecnica *soft* nacque negli anni Cinquanta dall'osservazione che sui calanchi vi è sempre della vegetazione spontanea la quale, però, viene regolarmente danneggiata dalle colate di fango che si formano per disgregazione delle argille poste nelle aree nude soprastanti gli esemplari vegetali, impedendone la propagazione.

Lo schema adottato fu quello rappresentato nella fig. 19.5 e deriva dal metodo Landeschi (apertura di canali erodenti sulle creste) con la differenza che in ogni impluvio, o *thalweg* della vallecola calanchiva, vengono praticati dei solchetti secondari disposti a spina di pesce con recapito ai canali erodenti principali ricavati sulle creste. In tal modo la formazione delle colate di fango viene disinnescata, eppure queste sono intercettate e cosicché la vegetazione, messa al riparo, si espande spontaneamente, intanto che i solchi sulle creste si approfondiscono e le scoronano, predisponendo anch'esse alla rivegetazione in una fase successiva.

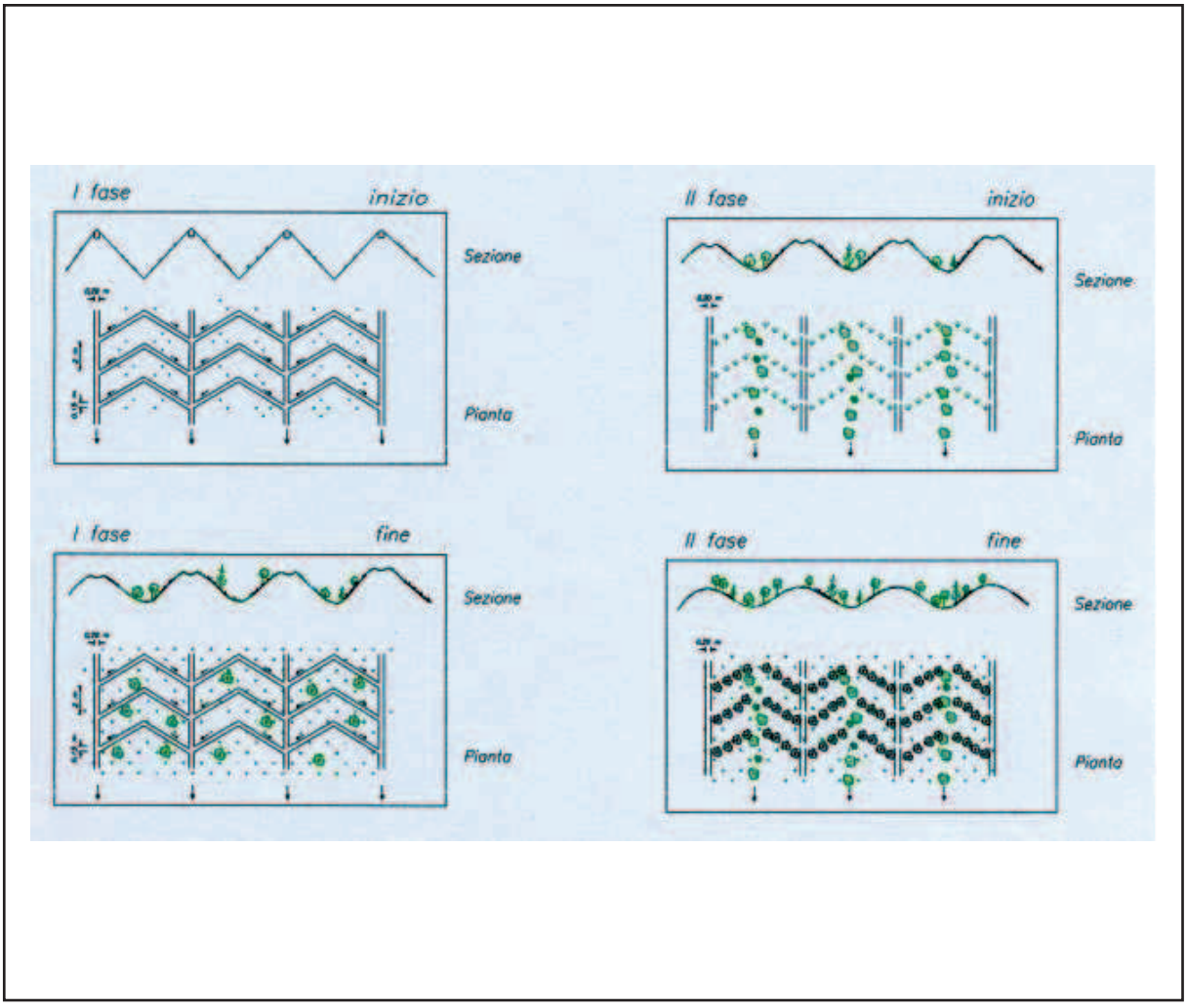


Fig. 19.5: Schema della sistemazione mediante canali erodenti ricavati sulle dorsali argillose. I solchetti secondari disposti negli impluvi hanno recapito a quelli principali aperti per smussare le creste, e svolgono la funzione o di impedire la formazione o di intercettare le colate fangose incipienti. In una fase successiva si può invertire il loro andamento per svolgere la stessa funzione sui fianchi delle creste in via di scoronamento, oppure si può procedere direttamente e mettere a dimora come nel disegno, talee, cespi, rizomi di specie idonee, nelle aree rimaste ancora nude al termine della prima fase. (da Puglisi, 2004).

La figura 19.6 mostra un'applicazione del metodo descritto.

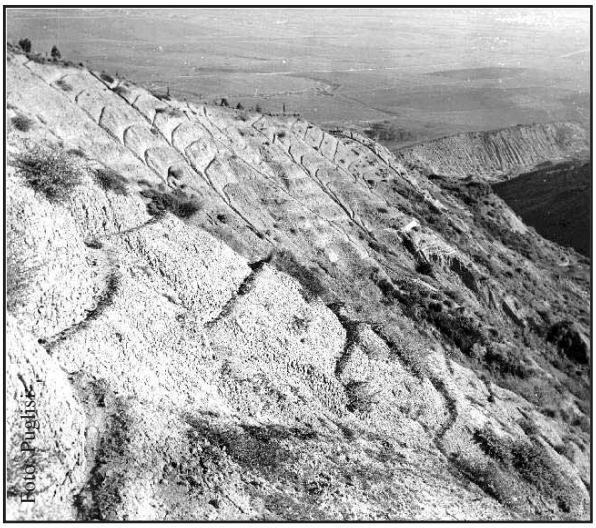


Fig. 19.6: Pendice calanchiva in fase di modellamento nel Materano. I solchi erodenti aperti a rittochino sulle creste fanno da collettori ai solchetti disposti lateralmente a spina di pesce. Questi dagli impluvi vi recapitano le acque di ruscellameto per accrescerne la funzione erosiva e nel contempo intercettano le colate di fango che si formano nelle vallecole, impedendone la discesa verso valle e la 'rasatura' della vegetazione esistente. Con tale accorgimento, i cespugli di Atrépice e i cespi di Sparto sparsi sulla pendice in corso di sistemazione, restano integri e in grado di diffondersi su tutto il versante.

In figura 19.7 si vede una pendice calanchiva che al termine della prima fase dell'intervento appare coperta di vegetazione per un buon 60% circa della sua superficie. Il completamento dell' intervento di vegetazione può ottenersi, come detto nella didascalia della figura 19.6, o con nuovi solchetti che possiamo definire terziari, i quali recapitino le acque superficiali dai solchi principali aperti nei displuvi agli impluvi già copertisi di vegetazione, per effetto dei solchetti secondari che hanno esaurito il loro compito, in modo da consentire alle piante di colonizzare anche le creste ormai smussate e i relativi fianchi, oppure eseguendo negli spazi ancora vuoti trapianti di talee, cespi, rizomi delle specie spontanee della prateria in formazione.

Quando la topografia lo consente, non è da escludere la idrosemina.

Questi lavori vanno integrati con l'imbrigliamento dei torrenti calanchivi per dare sostegno al piede delle pendici oggetto di sistemazione idraulico-forestale.

19.4 La sistemazione con tecniche di ingegneria naturalistica

Vi sono, per finire, interventi nei quali la diffusione della vegetazione viene ottenuta con tecniche di ingegneria naturalistica:

- modellamento del calanco a macchina;
- impiego di pròtesi varie (grate vive, palificate vive, briglie in legname, graticciate, ecc.);
- messa in opera di biostuoie;
- idrosemina.

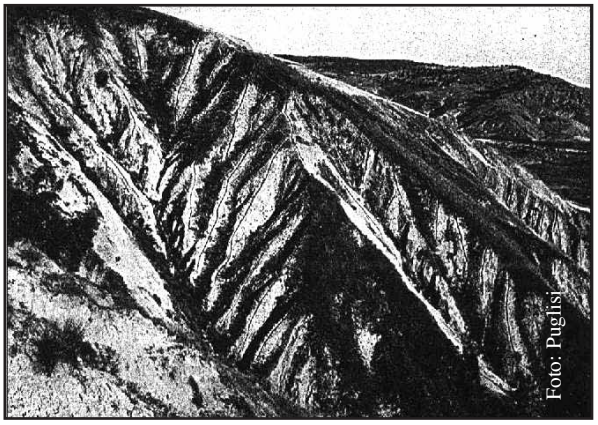


Fig. 19.7: Risultato della prima fase di sistemazione di un ventaglio calanchivo con la tecnica di cui alla fig. 5. Non è stato sparso un seme né piantata una talea. Il ritorno della vegetazione è stato spontaneo. Esso può conseguirsi in tempi più brevi se nel fosso si fanno delle briglie 'vive' e sui fianchi delle creste si piantano cespi e rizomi di Sparto oppure talee di Atréplice. (da Puglisi, 1963).

Se ne hanno esempi significativi nel territorio della Repubblica di San Marino, (Guidi, 2002), e in provincia di Siena (Bernabei et al, 2003).

19.5 Conclusioni

Le principali tipologie di sistemazione dei versanti calanchivi brevemente passate in rassegna si sono man mano susseguite nel tempo con l'evoluzione della società e dei suoi bisogni, dell'economia, della cultura e della comparsa sul mercato di nuovi materiali.

L'unica regola che se ne può trarre è che in presenza di problemi sistematori è necessario adottare soluzioni che siano calibrate in base alla natura dei fenomeni da disinnescare, agendo sulle cause, o da contrastare, agendo sugli effetti.

All'attualità, gli interventi devono possedere i seguenti requisiti:

a) svolgere in modo specifico e mirato la funzione sistematoria (correttiva o riparatoria) loro assegnata;
b) inserirsi armoniosamente nel paesaggio;
c) integrarsi nell'ecosistema da restaurare.

CAPITOLO 20

Il recupero delle aree percorse dal fuoco con tecniche di Ingegneria Naturalistica

U. Bruschini, P. Cornelini

20.1 Introduzione

Il fenomeno degli incendi ha assunto ormai da tempo una drammatica importanza in relazione, non solo, agli aspetti di impatto visivo in aree di elevato pregio ambientale, di protezione degli ambiti naturali del territorio e di sicurezza pubblica, ma anche in relazione alle problematiche indotte sull'assetto idrogeologico del territorio, inquadrandosi in aspetti di difesa del suolo sempre più sentiti sia dagli addetti ai lavori sia dall'opinione pubblica in generale.

Il passaggio del fuoco incide sull'assetto del territorio in tutti gli aspetti funzionali della copertura forestale, ma in particolare nei riguardi della salvaguardia idrogeologica indotta dalla copertura boschiva e vegetazionale in generale.

20.2 Il fuoco componente naturale dell'ecosistema mediterraneo

Il fuoco, d'altronde, è un componente naturale dell'ecosistema mediterraneo che ha avuto un ruolo fondamentale nella determinazione dell'attuale paesaggio vegetale, risultato di una evoluzione ove la pressione antropica con l'incendio per ottenere aree per il pascolo o l'agricoltura si manifesta da circa 10.000 anni.

La resilienza della vegetazione, che rappresenta la capacità di ritornare alle condizioni iniziali a seguito degli incendi, varia in funzione delle forme biologiche presenti e del tipo di riproduzione a seguito del fuoco.

Nel bacino del Mediterraneo l'evoluzione delle fitocenosi in presenza del fuoco ha premiato le specie sempreverdi della macchia e della lecceta (leccio, fillirea, lentisco alaterno, etc.), che possiedono capacità di riproduzione vegetativa, rispetto alle specie sempreverdi con riproduzione da seme (pini, cisti).

Le prime realizzano, inoltre, una migliore stabilizzazione del suolo delle conifere in quanto, in genere, possiedono un sistema radicale più sviluppato ed una capacità di ripresa vegetativa tramite l'emissione di polloni dagli organi ipogei non bruciati (mancante nelle conifere) .

Ne risulta una miglior efficienza della macchia e della lecceta rispetto al bosco di conifere (nella maggioranza dei casi di impianto artificiale) sia nel recupero spontaneo della vegetazione sia nella difesa del suolo.

La resilienza della vegetazione mediterranea nel ricostituire l'assetto vegetazionale preesistente trova un limite nella frequenza degli incendi. Gli incendi ripetuti alterano la vegetazione mantenendola negli stadi pionieri e causano l'impoverimento del suolo e l'erosione. Tale degradazione irreversibile comporta la distruzione della foresta sempreverde mediterranea e la comparsa di una gariga a cisti ed eriche.

Il degrado del suolo può arrivare a stadi talmente avanzati che, anche cessando l'impatto, il recupero della vegetazione verso le forme più evolute è impossibile.

20.3 Problemi di dissesto idrogeologico indotti dagli incendi boschivi

Gli incendi, tramite la riduzione della funzione meccanica ed idrogeologica della copertura vegetale e le alterazioni chimico-fisiche del suolo, nelle situazioni geomorfologiche e climatiche sfavorevoli determinano fenomeni erosivi. Questi possono evolvere in frane e comportare modifiche nel bilancio idrologico dei bacini idrografici con la diminuzione della capacità di infiltrazione, la riduzione dei tempi di corrivazione e l' aumento delle portate di piena.

In alcuni casi, l'incendio percorre aree già vulnerabili per precedenti incendi e/o fitopatie in atto, nelle quali la funzionalità idrogeologica era già stata drasticamente ridotta e dove il substrato pedologico era stato già profondamente alterato nelle caratteristiche fisico-chimiche; in queste aree i fenomeni di erosione e di impoverimento del substrato sono innescati in misura tale da rendere estremamente lenta e difficoltosa la ripresa della copertura vegetazionale, creando situazioni di marcata propensione alla desertificazione di porzioni di territorio, chiaramente percettibili anche a vista.

Gli effetti del fuoco sul suolo consistono nell'alterazione delle sue caratteristiche chimico-fisiche e biologiche e sembrano essere funzione del calore sviluppatosi:

- Per temperature fino a 220° si hanno modifiche positive per la crescita delle piante, grazie alla mobilitazione dei nutrienti nel suolo
- Per temperature tra 220° e 460° avviene la ricristillazione dei composti di ferro e alluminio, con indu-

rimento degli aggregati e perdita di plasticità e elasticità; tuttavia, in pochi anni, l'attività delle piante e dei microrganismi del suolo consente il ripristino delle condizioni originarie
- Per temperature oltre i 460° si hanno danni a carico della struttura cristallina e spaziale dei minerali del suolo con la tendenza alla scomparsa della coesione e della struttura e l'innesto dei fenomeni erosivi.

Alcuni autori hanno evidenziato la formazione di uno strato idrorepellente a pochi centimetri dalla superficie formato da sostanza organica migrata verso il basso dopo un processo di pirolisi (Giovannini ed al. 1988); tale strato idrorepellente subsuperficiale determina condizioni di maggiore ritenzione idrica sul sottile strato soprastante che, in presenza di piogge, è facimente soggetto ad erosione accelerata.

Le caratteristiche fisiche dei suoli sono profondamente modificate; il suolo perde plasticità, si riduce la porosità , la capacità di ritenzione idrica e si perde la coesione; in definitiva, vengono favorite le condizioni di erosione del suolo stesso.

Dal punto di vista chimico, è vero che l'incendio, nel breve periodo, rende disponibili elementi inorganici facilmente solubili ed assimilabili da parte del terreno, aumentandone sostanzialmente la fertilità, ma occorre sottolineare che tali elementi sono anche molto più facilmente erodibili con le prime piogge; infatti prima dell'incendio erano presenti in composti organici legati al suolo, risultando più difficilmente asportabili dalle piogge.

Si riportano i dati dell'erosione del suolo in g/mq/anno (da Giovannini e Lucchesi,1992 in Bruschini et al.,2002)

A	Parcella ricoperta da vegetazione	3	g/mq/anno
B	Parcella percorsa da fuoco leggero	4	g/mq/anno
C	Parcella percorsa da fuoco forte	148	g/mq/anno
D	Parcella con vegetazione tagliata	9	g/mq/anno

Foto 20.1: Suolo percorso dal fuoco, a 7 giorni dall'evento loc. Le Manie, Noli e Finale Ligure (SV)

I danni ambientali conseguenti al passaggio del fuoco sono quindi riferibili a :
- erosione superficiale dei suoli
- alterazioni chimico-fisiche dei suoli
- diminuzione della capacità di infiltrazione
- aumento dei coefficienti di deflusso
- riduzione dei tempi di corrivazione ed aumento delle portate di piena
- erosione accelerata incanalata ed aumento del rischio di frane

Nei primi due casi si tratta di impatti di tipo geopedologico, riscontrabili nel breve periodo, se si considera che le perdite di suolo avvengono nel corso dei due mesi successivi all'incendio.

Gli altri aspetti interessano il dissesto idrogeologico e si esprimono nel medio e lungo periodo.

Tuttavia appare evidente come tutte le problematiche suddette siano strettamente legate tra loro, innescando un processo irreversibile che dall'erosione porta alla desertificazione dei versanti, alla riduzione dei tempi di corrivazione ed all'aumento delle portate sino all'instaurarsi di nuova vegetazione con caratteristiche comunque differenti rispetto alla copertura vegetale pre-incendio.

Foto 20.2: Versante soggetto ad erosione incanalata con formazione di calanchi, a 4 anni dall'evento - Loc. Tosse, bacino Rio Crovetto, Spotorno (SV)

Si riportano di seguito alcuni aspetti significativi del passaggio degli incendi verificati da osservazioni pluriennali in Liguria (Bruschini, 2001):
- in molte aree si osserva la pressoché totale distruzione della biomassa in piedi, con rilascio in piedi di fusti carbonizzati;
- l'erosione del suolo determina un aumento generalizzato della pietrosità e della rocciosità
- il passaggio del fuoco elimina la sostanza organica nel suolo, peggiorando notevolmente le possibilità di ripresa della vegetazione sia da ceppaia che, soprattutto, da seme; si rilevano infatti ricacci di polloni dalle ceppaie di latifoglie arboree ed arbustive (se l'intensità dell'incendio non le ha distrutte), mentre la rinnovazione naturale da seme è pressoché assente

- la presenza di necromassa a terra è generalmente limitata, in relazione alla sua eliminazione mediante combustione; comunque, anche quando presente, sono stati rilevati modestissimi fenomeni di degradazione del legname che consentirebbe un parziale recupero di sostanza organica per i suoli

Foto 20.3: Situazione della copertura vegetazionale, a 6 anni dall'evento Loc. Voze, bacino Rio Crovetto, Noli (SV)

- su substrati alterabili ed in condizioni di forte pendenza, l'erosione diffusa tende ad incanalarsi dando origine a fenomeni di rill erosion e gully erosion, con formazione di solchi calanchivi anche molto pronunciati, in grado di determinare variazioni nella morfologia dei versanti.

In tutti i casi, anche prescindendo dalla pendenza, i fenomeni erosivi indotti dall'incendio determinano:

- erosione del suolo in misura pari a circa 50 volte l'erosione registrata in suolo con copertura vegetale, passando 3 a 150 kg./mq./anno; in termini molto indicativi (non si può generalizzare, ma l'ordine di grandezza è valido), ogni ettaro percorso da un fuoco forte, di intensità tale da distruggere la copertura vegetale in modo totale, determina una perdita di circa 1.500 t/ha/anno, pari, indicativamente, a 8-10 cm. di spessore di suolo;
- in caso di incendi leggeri (radenti e/o con danni alla chioma limitati) i valori di erosione scendono drasticamente a 4-5 volte la situazione con copertura, con perdite di 140 t/ha/anno, pari a circa 1 cm. di spessore di suolo.

Pertanto assume fondamentale importanza la valutazione immediata dei danni conseguenti all'incendi; risulta evidente che, in caso di incendi forti, **occorre intervenire entro due mesi dall'incendio**.

Infatti:

- nei primi due mesi le perdite di suolo sono pari a 12-15 volte le perdite subite nei 3-4 anni successivi all'evento
- ad oltre 4 anni dall'incendio le perdite si limitano a 1/10-1/12 delle perdite dei primi 3-4 anni e sono pari a 1/50-1/130 delle perdite dei primi due mesi

È evidente che le perdite diminuiscono, risultando sempre minore la quantità di suolo presente.

Anche in termini di contributo alla formazione delle piene, i suoli percorsi dal fuoco presentano, nei mesi immediatamente successivi all'evento, valori bassissimi di capacità di infiltrazione, pari a quasi 1/100 del valore di un bosco indisturbato.

Foto 20.4: La drastica riduzione di copertura del suolo successiva al passaggio del fuoco loc. Le Manie, Noli e Finale Ligure (SV)

20.4 Gli interventi di recupero e ricostituzione della copertura vegetazionale

Data la grande capacità di recupero spontaneo delle fitocenosi mediterranee va valutata sempre l'ipotesi del non intervento, come peraltro previsto dalla legge quadro del 21.11.2000.

Uno studio da parte di tecnici qualificati dovrà verificare tale ipotesi in funzione della tipologia vegetazionale preesistente, delle forme biologiche dominanti e del tipo di capacità riproduttiva, valutando il dinamismo vegetazionale in atto. Considerate le difficoltà di recupero di aree totalmente distrutte dal fuoco, dovrà essere accuratamente studiata e predisposta la fase di progettazione e direzione lavori degli interventi, che si configurano prioritariamente come interventi di sistemazione idraulico-forestale e di recupero ambientale.

Una volta verificata l'incapacità di un recupero spontaneo delle fitocenosi esistenti, si cercherà di procedere con gli interventi per la difesa del suolo secondo i seguenti principi generali:

- intervenire prima possibile
- pianificare e progettare interventi combinati di difesa del suolo e recupero della copertura vegetazionale
- utilizzare prioritariamente tecniche a basso impatto ambientale per le opere di difesa del suolo
- utilizzare prioritariamente criteri ecologici e di selvicoltura naturalistica nella ricostruzione della vegetazione

- reintegrare le perdite di sostanza organica e di biomassa vegetale mediante il reimpiego di materiali naturali (materiali legnosi, prodotti derivati da compostaggio,ecc.

Foto 20.5: Copertura di terreno percorso dal fuoco con chips legnosi e compost, abbinato a palizzate vive in legname – loc. Voze, Noli (SV)

20.5 Interventi per la riduzione del rischio di incendi ripetuti

Dal momento che i fenomeni principali di degrado sono legati agli incendi ripetuti, andranno previsti alcuni interventi per evitarli, ad esempio :

- tracciati tagliafuoco
- torri di avvistamento
- situazioni naturali di interruzione del fuoco quali prati o colture erbacee
- formazione del volontariato
- incentivi ai proprietari o cooperative per la manutenzione.

20.6 Interventi di recupero della copertura vegetazionale

Innanzitutto si deve distinguere tra il trattamento della vegetazione esistente a seguito dell'incendio e l'impianto ex-novo.

Nel primo caso gli interventi comprendono la bonifica della vegetazione esistente con la pulizia del terreno delle specie morte per allontanare il materiale combustibile che aumenta il rischio di incendi; si procederà al taglio al colletto di tutte le piante, che saranno sramate e depezzate in misure adatte ad un eventuale reimpiego in opere di I.N. (quando lo stato di degrado ed i diametri del legname siano soddisfacenti).

La ramaglia ed il materiale minuto devono essere preferibilmente sminuzzati con cippatrice, ridotto in scaglie (chips) che potranno essere reimpiegate sul terreno.

Il legname non utilizzabile per opere di I.N. potrà comunque essere depezzato e posato sul terreno, lungo le curve di livello, fissandolo sommariamente con picchetti reperiti in loco o altro, svolgendo comunque una azione di rallentamento dell'acqua.

Se non strettamente necessario per motivi di sicurezza, sarebbe opportuno evitare l'abbruciamento dei residui vegetali, che consuma materiale organico utile per la ricostituzione dei suoli.

Nel caso delle latifoglie arboree ed arbustive con la ceduazione viene favorita la ripresa spontanea dei polloni dal colletto delle ceppaie. L'entità ed il vigore di tale ricaccio sarà direttamente dipendente dai danni subìti dalla ceppaia stessa, ma raramente sono state osservate ceppaie completamente danneggiate. In ogni caso si dovrà provvedere ad un taglio selettivo, a favore dei ricacci esistenti, eliminando i fusti morti in piedi; nel caso in cui tale operazione sia materialmente difficoltosa e purché i ricacci siano giovani, si provvederà al rinnovo della ceppaia, tagliando tutti i polloni al di sotto del loro punto di inserzione, favorendo la ripresa vegetativa della ceppaia. Per i materiali di risulta valgono le stesse considerazioni già fatte per la bonifica.

Per l'impianto della vegetazione ex-novo, valgono i seguenti criteri generali (Bruschini et.al., 2002):

- utilizzare prevalentemente arbusti ricostruttori autoctoni, impostando il recupero della vegetazione dagli stadi iniziali, in relazione sempre allo stato di degrado dell'area
- impostare l'impianto di arbusti in misura pari ad almeno il 70-90 % della composizione specifica del nuovo impianto di vegetazione
- nel miscuglio delle specie arbustive, riservare una quota del 30-40 % alle leguminose (come le ginestre) che consentono buone garanzie di attecchimento ed ottime qualità di miglioramento del suolo, a vantaggio anche delle altre specie
- riservare una quota del 10-30 % alle specie arboree, che, in ogni caso, dovranno essere scelte tra quelle pioniere, proprie degli stadi di transizione tra gli arbusteti ed il bosco
- evitare l'impiego di specie climaciche (le specie che costituiscono lo stadio finale del soprassuolo, in assenza di disturbi), come ad es. il leccio, che potrebbero incontrare serie difficoltà in aree molto esposte e degradate, sia nel suolo che nella copertura vegetazionale
- nella scelta del miscuglio di sementi per le idrosemine e le semine manuali, usare sempre miscugli molto diversificati, purché di specie adatte ai siti di intervento
- nel miscuglio per le semine inserire sempre leguminose arbustive (ginestre) ed erbacee (ginestrino, trifoglie, erba medica, ecc.), purché compatibili con il sito, in misura pari ad almeno il 25-35 % del miscuglio
- per quanto riguarda il materiale vegetale di impian-

to, privilegiare la fornitura di vivai esistenti in loco
- utilizzare sempre, salvo casi particolari, piantine con pane di terra (fitocella, paper pot, ecc.) per ridurre gli stress di impianto
- utilizzare sempre piante giovani (1-2 anni) che meglio si adattano alle difficili condizioni dei siti di intervento
- non utilizzare talee di salici nelle opere di ingegneria naturalistica in aree litoranee, salvo casi specifici valutati dal tecnico (in zone di ristagno idrico, impluvi, ecc.)
- utilizzare chips legnosi per la pacciamatura intorno alle piantine, per il mantenimento dell'umidità

Foto 20.6: Avvìo dei processi di ricostituzione della vegetazione, a 30 giorni dalla semina e dalla ripresa vegetativa degli arbusti posti a dimora nelle palificate in legname loc. Tosse, Spotorno (SV)

20.7 Interventi di difesa del suolo

Valgono i seguenti criteri:
- intervenire solo nelle situazioni più degradate, curando la protezione antierosiva superficiale, favorendo l'inerbimento ed il cespugliamento con specie autoctone; nelle altre situazioni sarà sufficiente favorire lo sviluppo delle pirofite presenti
- nel caso di incendi in rimboschimenti di conifere iniziare la riconversione verso i boschi di latifoglie autoctone, a partire dagli stadi pionieri erbacei ed arbustivi, a seguito di analisi della serie dinamica della vegetazione autoctona
- effettuare le sistemazioni del drenaggio superficiale e le piccole sistemazioni idraulico forestali, per evitare l'erosione diffusa dei suoli
- impiegare le tecniche antierosive, stabilizzanti e consolidanti dell'ingegneria naturalistica

Le opere di ingegneria naturalistica presentano alcune caratteristiche importanti per il recupero delle aree percorse dal fuoco, così sintetizzabili:
- impiego di materiali legnosi, fibre biodegradabili, ecc., che, oltre a fornire strutture e supporto alle opere di rinverdimento, apportano consistenti quantità di sostanza organica ai suoli
- efficace azione di completamento per l'attecchimento della vegetazione posta a dimora nelle strutture
- sviluppo di condizioni microclimatiche ed edafiche favorevoli alla vegetazione, soprattutto nelle condizioni di difficoltà ed aridità dei siti in oggetto
- modularità e facile adattabilità di molte tecniche a situazioni anche molto diversificate, oltre che da elasticità e leggerezza delle strutture
- facilità di trasporto dei materiali, effettuabile sia via terra (quando possibile) che per via aerea (elicottero)
- inserimento nel paesaggio
- possibilità di utilizzare anche materiale di risulta dai tagli di bonifica dell'area, anche parzialmente combusto.

Tra le tecniche già sperimentate negli interventi di recupero delle aree percorse dal fuoco dei due Piani stralcio del Ministero dell'Ambiente (2002) che hanno riguardato 26 interventi in tutta l'Italia mediterranea, le più usate sono risultate:

- messa a dimora di arbusti autoctoni
- fascinate
- palizzate vive
- palificate vive doppie
- palificate in legname e pietrame

Per quanto riguarda i materiali legnosi per le strutture di I.N. si raccomanda l'impiego di legname ad alta durabilità, scelto tra i seguenti:

- legname di castagno scortecciato
- legname di resinose impregnato a pressione

Foto 20.7: Consolidamento di solco d'erosione con palificate in legname di castagno, in fase di ultimazione – loc. Tosse, Spotorno (SV)

Foto 20.8: Una porzione di area percorsa dal fuoco, sistemata con impiego di palificate a doppia parete in legname di castagno ed idrosemina su terreno preparato con chips legnosi e compost, a circa 45 giorni dall'intervento - loc. Tosse, Spotorno (SV)

In deroga a tale principio generale, nelle aree percorse dal fuoco si potrà reimpiegare il legname di risulta dalle operazioni di bonifica della vegetazione colpita dall'incendio, purché risulti ancora funzionale per almeno _ del proprio volume e purché sia impiegato per opere di stabilizzazione superficiale, escludendo palificate e grate.

Per queste ultime potrà essere impiegato solo valutando , caso per caso, che le funzioni strutturali possano ancora essere svolte efficacemente; inoltre dovrà essere particolarmente curato il rinterro di tali opere (eventualmente con parti di compost, concimi e/o terre ricche di humus) e la scelta delle specie di nuovo impianto.

In sostanza, si può accettare una minore durabilità dei materiali strutturali (legname) a fronte di una maggiore attenzione per lo sviluppo di vegetazione con funzione di consolidamento del suolo.

Resta comunque inteso che la disponibilità in sito di legname di risulta dalle operazioni di bonifica, adatto in termini dimensionali, debba comunque essere sfruttata, sia per una opportuna riduzione dei costi, sia per il reimpiego di biomasse legnose che, a lungo termine, contribuiranno al riequilibrio della sostanza organica al suolo, asportata dall'incendio.

In tale senso, i materiali di risulta dalle operazioni di bonifica non dovranno essere oggetto di abbruciamento, fatti salvi quei casi in cui vi possano essere rischi concreti di innesco di nuovi incendi, con interessamento di elementi a rischio.

CAPITOLO 21

Piste da sci

G. Peratoner

21.1 Introduzione

Gli interventi antierosivi sulle piste da sci si configurano come uno dei casi di reintroduzione della vegetazione su versanti. Le piste da sci presentano aspetti particolari che, in parte, sono dovuti a limitazioni di tipo ambientale (clima e suolo) e in parte sono dettati da esigenze di tipo gestionale (idoneità della pista ad essere percorsa dagli sciatori nella stagione invernale). A prescindere dagli obiettivi specifici dell'intervento, ai quali si farà cenno in seguito, l'ottenimento di una vegetazione di tipo erbaceo (inerbimento) è una necessità comune a tutti gli interventi di rivegetazione delle piste da sci.

21.2 Problematiche antierosive e di stabilizzazione delle piste da sci nel Centro Europa

La progettazione di interventi di inerbimento delle piste da sci richiede, da un lato, un'attenta analisi dei fattori stazionali che condizionano l'evoluzione dell'inerbimento e la dinamica della vegetazione, dall'altro la definizione degli obiettivi dell'inerbimento e delle modalità di manutenzione e gestione del cotico erboso negli anni successivi alla semina.

21.2.1 Definizione degli obiettivi dell'intervento

In primo luogo devono essere definiti gli obiettivi che si vogliono raggiungere mediante l'inerbimento e la loro priorità. In generale l'obiettivo principale, al quale tutti gli altri sono subordinati, è il raggiungimento ed il mantenimento nel tempo di una copertura vegetale adeguata, che non deve essere inferiore al 70-80%, misurata o stimata come proiezione verticale al suolo. Al di sotto di questa soglia l'erosione del suolo aumenta, al diminuire della copertura, con un andamento esponenziale, mentre al di sopra di questo valore l'erosione è trascurabile. Accanto a questo possono essere definiti altri obiettivi come l'ottenimento nel medio periodo di comunità vegetali simili a quelle autoctone circostanti, il reingresso delle specie locali, il ripristino delle funzioni biologiche del suolo, la produzione di foraggio, ecc. Non devono essere persi di vista gli aspetti paesaggistici, perché la maggior parte delle località sciistiche è interessata anche in estate da flussi turistici.

21.2.2 Aspetti climatici

I fattori ambientali limitanti sono principalmente quelli climatici e quelli edafici. Tra i primi giocano un ruolo decisivo la temperatura media, che decresce all'aumentare della quota in ragione di circa 0,6 °C ogni 100 m, e il suo andamento nel corso della stagione vegetativa. Al di sopra del limite del bosco le gelate possono verificarsi durante l'intera stagione vegetativa e questo può essere un fattore di stress letale per la maggior parte delle specie di pianura non adattate a questi climi. La stagione vegetativa si accorcia all'aumentare della quota (approssimativamente di 1-2 settimane ogni 100 m di dislivello). Ciò riduce il tempo a disposizione delle piante per portare a termine il ciclo vegetativo e può diventare un fattore limitante per le specie che si riproducono di preferenza mediante seme. All'aumentare della quota aumentano inoltre la velocità del vento e la frequenza degli episodi di precipitazioni intense.

In generale l'inerbimento delle piste nel piano montano evidenzia difficoltà contenute dal punto di vista climatico, mentre a partire dal piano subalpino presenta fattori di criticità. A partire più o meno dal limite del bosco è molto importante l'adozione di tecniche di inerbimento che prevedano l'applicazione di un mulch (paglia o fieno) per sfruttare i vantaggi che esso fornisce alle plantule in termini di microclima, riducendo l'ampiezza delle escursioni termiche e prevenendo il disseccamento superficiale del suolo. Il mulch costituisce inoltre un'efficace protezione del suolo dalla pioggia battente ed è in grado di prevenire l'erosione superficiale del terreno in seguito al verificarsi di precipitazioni intense di pioggia e grandine nel periodo intercorrente tra la semina e l'insediamento della vegetazione.

Le caratteristiche climatiche delle aree di montagna impongono una limitazione per quanto riguarda l'epoca di intervento: la semina deve essere effettuata entro l'inizio dell'estate (metà luglio) o in autunno (dall'inizio-metà di ottobre) al termine della stagione vegetativa. Nel primo caso l'obiettivo è di garantire il raggiungimento di uno stadio di sviluppo che consenta alle piante di superare la stagione invernale, nel secondo vuole evitare la germinazione dei semi prima dell'inverno e a rimandarla allo scioglimento del manto nevoso nella primavera successiva ("semina dormiente").

21.2.3 Aspetti edafici

Dal punto di vista edafico, la costruzione di una pista da sci comporta nella maggior parte dei casi una forte alterazione delle caratteristiche fisiche e chimiche del suolo. In generale si osserva una diminuzione della potenza del terreno e, quindi, del volume utile per lo sviluppo degli apparati radicali delle piante, una forte riduzione della capacità di ritenzione idrica, una riduzione del contenuto in sostanza organica e dei principali elementi nutritivi ad essa legati, oltre ad una diminuzione della percentuale di terra fine. Nel caso del riporto di terreno alloctono è possibile, a volte, ottenere condizioni favorevoli all'insediamento delle piante, ma se le caratteristiche del materiale riportato differiscono fortemente da quelle dei suoli autoctoni circostanti, il reingresso delle specie locali può risultare estremamente rallentato oppure impossibile e la loro reintroduzione mediante semina o piantagione priva di senso. La progettazione di un intervento di inerbimento di una pista da sci non può quindi prescindere da un'analisi approfondita delle caratteristiche climatiche ed edafiche del sito da inerbire. La rimozione accurata degli orizzonti organici del suolo all'inizio dell'esecuzione dei movimenti terra, il loro accantonamento durante l'esecuzione dei lavori e la loro ridistribuzione sono operazioni cruciali per ottenere un rapido reinserimento dell'area inerbita nel contesto ecologico e paesaggistico. Il loro reimpiego consente di avvicinare le caratteristiche edafiche della pista da sci a quelle preesistenti e, quindi, di creare il presupposto per il reingresso delle specie locali. Gli strati superficiali del terreno sono quelli più ricchi di sostanza organica, alla quale sono legati gli elementi nutritivi disponibili per le piante e contengono microrganismi, come ad esempio rizobi e funghi micorrizici, che possono agevolare l'affermazione delle specie vegetali autoctone ed accelerare il ripristino delle funzioni ecologiche del suolo. Inoltre in questi strati si rinvengono semi e organi vegetativi (rizomi, parti di apparati radicali, ecc.) di piante autoctone, a partire dai quali può avere origine la ricolonizzazione delle aree inerbite. Per alcune specie che si propagano di preferenza per via vegetativa (ad es. alcune specie stolonifere del genere *Carex*) e per altre specie minori poco competitive questa rappresenta l'unica possibilità di ottenerne la diffusione in tempi rapidi nelle comunità vegetali, a meno di reintrodurle per piantagione. Si deve comunque tenere presente che in alcuni casi, soprattutto in ambiente calcareo-dolomitico, la separazione delle componenti grossolane dall'orizzonte organico presenta notevoli difficoltà a causa della discontinuità e della scarsa potenza di quest'ultimo.

21.2.4 Aspetti connessi all'attività sciistica

La preparazione meccanica del manto nevoso e la presenza di impianti per l'innevamento artificiale possono contribuire, soprattutto alle quote inferiori nel piano montano, a ritardare sensibilmente, anche di diverse settimane, la ripresa dell'attività vegetativa. Si deve comunque tenere presente che il fenomeno è maggiormente accentuato alle quote inferiori, dove la durata della stagione vegetativa in genere non costituisce un fattore limitante vero e proprio. La formazione di strati ghiacciati, che si verifica verso la fine della stagione sciistica in seguito alla preparazione meccanica del manto nevoso, comporta un insufficiente isolamento della vegetazione e del suolo dalle escursioni termiche esterne. Queste possono provocare ripetuti fenomeni di gelo e disgelo del terreno e indurre l'inizio dell'attività vegetativa delle piante.

Poiché gli strati ghiacciati sono impermeabili agli scambi gassosi, in queste condizioni possono verificarsi fenomeni di asfissia, che costituiscono un fattore di stress per i vegetali. Non vanno trascurati inoltre i fenomeni di danneggiamento meccanico della vegetazione, che si verificano quando la pista da sci viene mantenuta in esercizio nonostante il manto nevoso abbia raggiunto spessori critici. Tali danni sono provocati, in genere, dalle lamine degli sci e sono tipici di aree in cui gli sciatori sono indotti frequentemente ad arrestarsi (ad esempio in corrispondenza di un cambio di pendenza) oppure dai cingoli delle macchine operatrici per la preparazione del manto nevoso. Lo spessore minimo del manto nevoso per poter mantenere in esercizio la pista senza rischio di danni al cotico erboso si aggira intorno ai 25-30 cm.

21.2.5 Manutenzione e destinazione d'uso

Un ulteriore aspetto da tenere in considerazione per la progettazione sono gli interventi di manutenzione e l'uso della pista da sci nella stagione estiva previsti per gli anni successivi all'inerbimento. Un primo fattore da considerare è la concimazione delle aree inerbite negli anni successivi alla semina. In mancanza di questa è bene contenere l'impiego di specie che necessitano di una buona disponibilità di elementi nutritivi, per evitare un degrado della copertura vegetale dovuto alla scomparsa di queste specie negli anni successivi alla semina. Si deve anche tenere presente che concimazioni sostenute tendono ad accentuare la competitività delle specie in grado di avvantaggiarsene maggiormente e sfavorire quindi il reingresso delle specie locali o meno aggressive, che generalmente rispondono debolmente all'incremento in elementi nutritivi. È preferibile in ogni caso l'impiego di concimi organici, che rendono disponibili gli elementi nutritivi in seguito a processi di mineralizzazione. Poiché questi si verificano solamente nei periodi in cui il clima è favorevole anche alla crescita delle piante, gli elementi nutritivi divengono disponibili proprio nel momento in cui la vegetazione è in grado di utilizzarli e in tal modo possono essere evitati fenomeni di dilavamento e di inqui-

namento ambientale. Anche l'esecuzione regolare degli sfalci ha un suo peso, soprattutto nel caso siano state seminate specie molto produttive in termini di biomassa. In assenza di utilizzazioni periodiche le specie più produttive tendono a sopraffare le altre per concorrenza interspecifica. Inoltre, in seguito a fenomeni di concorrenza intraspecifica la densità del cotico (numero di piante per unità di superficie) tende a decrescere, e con esso la sua efficienza nel prevenire fenomeni di erosione. La scelta dell'epoca dello sfalcio dipende sostanzialmente dalle specie impiegate. Sfalci precoci, eseguiti alla spigatura delle graminacee principali, favoriscono l'accestimento delle graminacee e la chiusura del cotico, oltre a consentire una rapida mineralizzazione della biomassa. Sfalci tardivi possono avere invece l'obiettivo di garantire la disseminazione di specie particolari, ma richiedono in genere la rimozione del materiale sfalciato per evitare fenomeni di degrado del cotico per soffocamento. Nel caso del pascolo, esso dovrebbe essere effettuato solo dopo la chiusura del cotico erboso, in genere a partire dalla seconda stagione vegetativa, per evitare il danneggiamento meccanico del cotico stesso da parte del bestiame e l'innescarsi di fenomeni erosivi. È da valutare l'opportunità di escludere in maniera permanente dal pascolo aree a particolare rischio di danneggiamento come quelle eccessivamente acclivi e quelle in cui il bestiame tende a stazionare con eccessiva frequenza. In linea di massima animali leggeri come le pecore sono preferibili alle vacche se la pendenza è elevata, ma deve essere tenuto presente che le prime pascolano in maniera molto selettiva. Per evitare che la diffusione delle specie meno appetite venga favorita dal sottopascolamento, è consigliabile effettuare un pascolamento guidato da un pastore con l'adozione di carichi istantanei piuttosto elevati, che spingano le pecore ad utilizzare completamente la biomassa presente in loco, ma per periodi molto brevi, per evitare l'insorgere di fenomeni di degrado meccanico del cotico.

21.3 Regole generali per la definizione dei miscugli di semente

La definizione dei miscugli di semente da impiegare per l'inerbimento comporta in primo luogo la scelta delle specie. Nel caso delle piste da sci vanno considerati diversi aspetti:

- la rapidità di crescita e di sviluppo e quindi la capacità competitiva delle specie, nel breve e nel lungo periodo. La percentuale di specie molto aggressive nelle fasi iniziali di insediamento dovrebbe essere contenuta per consentire l'affermazione anche delle specie meno rapide. Anche nel caso ci si attenda una rarefazione delle specie aggressive negli anni successivi, per ottenere effetti di sostituzione è necessario che le specie meno competitive si siano già insediate nella prima stagione vegetativa. Vale come regola che le specie meno competitive possono essere favorite solo attraverso la diminuzione della densità di semina delle specie più aggressive e non viceversa. In tal senso va tenuto conto della quantità di seme per unità di superficie e non solo della percentuale nel miscuglio;
- la forma di crescita (taglia, tipo di apparato radicale, tendenza a costituire grossi cespi o a formare un cotico compatto, presenza o assenza di stoloni, ecc.). La percentuale delle specie di grossa taglia dovrebbe essere contenuta per evitare di ottenere un cotico lacunoso e ridurre la necessità di sfalci frequenti. È buona regola includere nel miscuglio sia specie con apparato radicale fascicolato (graminacee), che consentono di trattenere efficacemente il terreno fine in superficie, sia specie ad apparato radicale fittonante (leguminose ed altre dicotiledoni), che costituiscono un solido punto di ancoraggio più in profondità;
- le esigenze termiche delle specie e in particolare la loro sensibilità alle gelate e la loro resistenza al freddo. Alcune specie, molto efficaci nel fornire rapidamente una copertura vegetale dopo la semina, possono essere inadatte dal punto di vista climatico e creare problemi nel medio periodo in quanto tendono a regredire rapidamente lasciando dietro di sé un cotico lacunoso. *Lolium perenne* ad esempio è persistente solo se la temperatura media annua è compresa tra 6,5 e 9 °C;
- le esigenze edafiche (pH, disponibilità di elementi nutritivi, umidità);
- la capacità delle specie di migliorare lo stato nutrizionale del substrato. A questo proposito l'impiego di leguminose può garantire un apporto di azoto alle comunità vegetali insediate mediante la simbiosi con i batteri azotofissatori del genere Rhizobium. L'insediamento delle leguminose è, quindi, particolarmente importante nel caso non si prevedano interventi periodici di concimazioni, o qualora la riduzione degli input di concimazione per ragioni di carattere ambientale sia uno degli obiettivi dell'inerbimento. Si deve comunque tenere presente che la simbiosi può verificarsi solamente se i batteri simbionti sono presenti nel substrato da inerbire. Ciò è molto probabile nel caso gli orizzonti organici siano stati accantonati e ridistribuiti sulla pista.

È inoltre molto importante verificare la disponibilità sul mercato delle specie desiderate.

Importanti indicazioni sulle specie adattate alle caratteristiche stazionali del sito da inerbire possono essere fornite da un'analisi della vegetazione circostante, tenendo presente però che l'adozione di comunità vegetali come obiettivo da raggiungere non sempre è possibile, come ad esempio nel caso di piste da sci all'interno del bosco (inadeguatezza delle specie

nemorali a colonizzare aree prive di copertura arborea) o nel caso di alterazione sostanziale delle caratteristiche edafiche della pista.

Nonostante l'impiego di quantità elevate di seme (tra 25 e 50 g/m^2) sia una prassi commerciale comunemente adottata, se la purezza e la capacità germinativa della semente sono ottimali, quantità di semente comprese tra 8 e 15 g/m^2 si sono dimostrate adeguate a quote comprese tra 1.200 e 2.300 m s.l.m., a patto che le specie impiegate siano adatte alle caratteristiche stazionali del sito e che al di sopra del limite della vegetazione arborea si ricorra alla protezione delle superfici seminate con un mulch. Esso infatti è efficace nel ridurre la mortalità delle plantule e nell'assolvere le funzioni di protezione dall'erosione sino al raggiungimento di un sufficiente grado di copertura da parte delle piante seminate. Nella definizione del miscuglio è opportuno calcolare il numero di semi germinabili di ogni specie (il peso di mille semi è ad esempio 0,05 g per *Agrostis tenuis* e 2,8 g per *Anthyllis vulneraria*) e quello complessivo, per avere una stima della densità teorica delle plantule. Ad esempio, 30 g di semente, con un peso medio di mille semi di 1,5 g, un grado di purezza del 95% ed una facoltà germinativa media del 70%, contengono più di 12.500 semi germinabili, che equivalgono a 1,2 plantule per centimetro quadrato. Quantità di semente elevate impongono di diminuire la percentuale in peso delle specie più aggressive e di incrementare quella delle specie meno competitive, al fine di consentire l'affermazione di queste ultime. Poiché la semente delle specie meno aggressive ha, in genere, costi piuttosto elevati, il costo del miscuglio aumenta in maniera più che proporzionale all'aumento della quantità di semente impiegata.

21.4 Impiego di semente di specie foraggere di bassa quota

I miscugli di semente usualmente impiegati per l'inerbimento delle piste da sci contengono varietà commerciali di specie foraggere di pianura, che sono state selezionate per ottimizzare la produzione e la qualità del foraggio. L'accentuazione di questi caratteri prettamente agronomici ha come conseguenza, nella maggior parte dei casi, anche un aumento delle esigenze nutrizionali e la necessità di cure colturali in generale. All'aumentare della quota, e, in particolare, al di sopra del limite della vegetazione arborea, queste specie presentano notevoli problemi per quanto riguarda la loro persistenza negli anni successivi alla semina, anche se possono essere raggiunti risultati soddisfacenti nel breve periodo per quanto concerne il grado di copertura. Il mantenimento di un grado di copertura soddisfacente è legato in prima istanza alla compatibilità climatica delle specie (se le esigenze termiche minime della specie non sono soddisfatte, esse non potranno sopravvivere) e, in secondo luogo, all'esecuzione delle cure colturali (l'elevato fabbisogno delle specie in termini di disponibilità di elementi nutritivi deve essere soddisfatto mediante l'apporto di fertilizzanti, i fenomeni di competizione devono essere regolati mediante interventi di sfalcio).

Le caratteristiche delle principali specie foraggere, le cui varietà commerciali sono impiegate per l'inerbimento di piste da sci sono riportate nella tabella 21.1. Si tenga presente che le caratteristiche delle varietà di una stessa specie possono differire sensibilmente.

21.5 Impiego di materiale vegetale autoctono

L'impiego di materiale vegetale autoctono consente di impiegare specie idonee al sito da inerbire dal punto di vista climatico e, se le caratteristiche pedologiche del sito non sono state radicalmente modificate, anche dal punto di vista edafico. L'impiego di tali specie garantisce generalmente una maggiore persistenza della vegetazione in confronto all'utilizzo di varietà foraggere di pianura, soprattutto laddove vengano contenuti o ridotti gli interventi di manutenzione del cotico (concimazioni, sfalci). Per questo motivo, a fronte di costi inizialmente più alti al momento della realizzazione dell'intervento, l'impiego di queste specie può essere conveniente, anche economicamente, nel lungo periodo. Il problema principale è rappresentato dall'approvvigionamento del materiale vegetale. Sono possibili diversi approcci all'impiego di materiale autoctono e i principali vengono esaminati di seguito.

21.5.1 Semina di miscugli di semente di specie idonee al sito

In tali miscugli vengono incluse sementi di ecotipi di specie erbacee distribuite naturalmente nel piano subalpino ed alpino, il cui seme è stato moltiplicato in coltivazioni monospecifiche. Il processo di produzione prevede la raccolta manuale del seme in aree in cui la specie compare spontaneamente e due o più fasi di moltiplicazione in coltivazioni da seme effettuate in pianura o in fondovalle. L'impiego di queste sementi è soggetto alle considerazioni generali elencate in apertura di capitolo. In confronto alle varietà commerciali delle specie foraggere di bassa quota, queste specie presentano inizialmente una fase di affermazione più lenta e una produzione di biomassa inferiore ma, nel caso siano ridotti gli input di fertilizzanti e le cure colturali, hanno una migliore persistenza nel medio periodo e consentono di mantenere nel tempo una copertura soddisfacente. Si riportano nella tabella 21.1 le caratteristiche delle specie reperibili più facilmente in commercio. Il costo di miscugli contenenti queste specie è in genere superiore a quello dei miscugli convenzionali e può variare notevolmente a seconda della composizione, ma se impiegati in dosi oculate (8-15 g/m^2), il

Specie	Peso di mille semi (g)	Tipo di semente più frequente	Durata	Densità del cotico	Capacità competitiva in fase di insediamento	Risposta alle concimazioni	Resistenza al freddo	Umidità	Reazione del suolo
Graminacee									
Agrostis tenuis	0,05	varietà	P	+	-	(-)	(+)		■■■
Dactylis glomerata	0,9	varietà	P	-	(+)	+	(-)	■■■	
Festuca ovina	0,5	varietà	P	+	-	(-)	(-)		■■
Festuca pratensis	0,75	varietà	P	-	(+)	+	(-)	■■■■	
Festuca rubra	1,1	varietà	P	+	(+)	(-)	(+)	■■■■	■■■
Lolium perenne	0,9	varietà	P	+	+	+	-	■■■	
Phleum pratense	0,6	varietà	P	-	(+)	+	(+)	■■■	X
Poa pratensis	0,3	varietà	P	+	-	+	(-)	■■■	X
Avenella flexuosa	0,6	ecotipi	P	(-)	-	-	+	X	■
Deschampsia caespitosa	0,3	ecotipi	P	(+)	(+)	(+)	+	■■■■■	X
Festuca nigrescens	1,0	ecotipi	P	+	(-)	(-)	+	X	■■
Koeleria pyramidata	0,5	ecotipi	P	+	-	(-)	(+)	■■	■■■■
Phleum alpinum	0,6	ecotipi	P	+	(-)	(+)	+	■■■	■■■
Poa alpina	0,6	ecotipi	P	+	(+)	(+)	+	X	X
Leguminose									
Anthyllis vulneraria	2,5	ecotipi	B	(-)	(+)	(+) *	(+)	■	■■■■
Lotus corniculatus	1,2	varietà	P	+	(-)	(+) *	+	■■	■■■■
Trifolium hybridum	1,6	varietà	P	(+)	(+)	+ *	+	■■■■	■■■■
Trifolium repens	0,6	varietà	P	+	+	+ *	(-)	■■■	■■■
Anthyllis vulneraria subsp. alpestris	3,3	ecotipi	P	-	(+)	(+) *	+	■■	■■■■■
Trifolium pratense subsp. nivale	1,4	ecotipi	P	(-)	(+)	(+) *	+	■■■	■■■
Altre dicotiledoni									
Achillea millefolium	0,2	ecotipi	P	(+)	(+)	(+)	(+)	■■	X
Leontodon hispidus	1,4	ecotipi	P	(-)	(+)	(-)	+	■■■	■■■■
Plantago lanceolata	1,7	ecotipi	P	(-)	(+)	(-)	(-)	X	X
Silene vulgaris	0,7	ecotipi	P	(-)	(+)	(+)	(+)	■■	■■■■

* solo concimazioni fosfopotassiche

				Umidità		Reazione
Legenda	+	elevata/molto adatto	P	perenne	■	asciutto	fortemente acida
	(+)	discreta/adatto	B	biennale	■■	intermedio tra ■ e ■■■	acida
	(-)	modesta/poco adatto			■■■	mediamente umido	debolmente acida - neutra
	-	scarsa/non adatto			■■■■	intermedio tra ■■■ e ■■■■■	debolmente acida - debolmente basica
					■■■■■	umido	basica
					X	indifferente	indifferente

Tabella 21.1: Caratteristiche delle principali specie foraggere

Caratteristiche e ambiti di impiego delle principali specie foraggere di bassa quota incluse nei miscugli per l'inerbimento delle piste da sci e delle specie idonee al sito più facilmente reperibili in commercio. Si tenga presente che le indicazioni riportate sono puramente orientative e costituiscono una rappresentazione semplificata della risposta reale delle specie ai fattori ambientali e gestionali, poiché essa differisce a seconda dell'interazione tra i fattori considerati ed altri non riportati.

Informazioni tratte da Schiechtl (1974), Lichtenegger (1994), Ellenberg (1996), Dietl & Jorquera (2003), Krautzer et al. (2004).

loro prezzo per unità di superficie può risultare accettabile, se confrontato con il prezzo di tecniche di inerbimento complesse, il cui costo può superare i 4 €/m^2. Ad esempio, un miscuglio dal prezzo di 25 €/kg, se seminato in ragione di 10 g/m^2, ha un costo per unità di superficie di 0,25 €/m^2.

21.5.2 Semina con fiorume

Il fiorume è costituito da resti di fieno ricchi di semi, che si accumulano sul fondo dei fienili. Questo materiale deve essere ottenuto da fieno proveniente da sfalci abbastanza tardivi da consentire la maturazione del seme delle specie desiderate. Può essere opportuno il setacciamento del materiale per aumentare la percentuale di seme nel fiorume. Il fiorume viene distribuito in quantità variabili a seconda del contenuto in semi germinabili nel materiale. Lo svantaggio principale consiste nella difficoltà di reperimento di questo materiale e nello scarso controllo in fase di progettazione della quantità di seme germinabile contenuta nel fiorume e della composizione del miscuglio di semi. Per ulteriori dettagli si rimanda alla scheda tecnica relativa in questo volume.

21.5.3 Semina con mulch di fieno

Nel caso siano disponibili superfici erbacee con un tipo di vegetazione coerente con l'obiettivo dell'inerbimento è possibile ottenere miscugli di seme mediante lo sfalcio. Il fieno ottenuto, contenente anche i semi delle piante sfalciate, viene distribuito sulla superficie da inerbire in uno strato di circa 2 cm di spessore. Il punto critico dell'applicazione di questo metodo consiste nella scelta del momento ottimale per lo sfalcio per massimizzare la quantità di seme raccolta e raggiungere la composizione botanica desiderata. Anche in questo caso la quantificazione del contenuto in semi germinabili e la composizione botanica del miscuglio è difficoltosa. Per diversificare la composizione del miscuglio di semi e massimizzare la quantità raccolta di specie con differente fenologia può essere opportuno suddividere l'area di prelievo in più porzioni ed effettuare più sfalci in momenti differenti.

21.5.4 Semina di semi raccolti mediante mietitrebbiatura o mediante l'impiego di una macchina raccoglitrice con testata pettinatrice

Il seme viene ottenuto da superfici erbacee coerenti con l'obiettivo dell'inerbimento mediante la raccolta meccanica. Per la mietitrebbiatura vengono impiegate mietitrebbiatrici adatte alla raccolta di semi di piccole dimensioni. Un'alternativa è costituita dalle macchine raccoglitrici con testata pettinatrice (seed stripper), che rimuovono i semi dalle piante madri mediante l'azione di spazzole rotanti attorno ad un asse orizzontale e li raccolgono in un serbatoio. La mietitrebbiatura e l'impiego della macchina raccoglitrice con testata pettinatrice hanno come punto critico la scelta del momento di raccolta ottimale per il raggiungimento della composizione botanica desiderata. Un impiego efficace di questi metodi richiede conoscenze approfondite della fenologia della vegetazione oggetto della raccolta. L'impiego della macchina raccoglitrice con testata pettinatrice presenta il vantaggio di consentire passaggi ripetuti sulla stessa superficie di raccolta senza danneggiare le piante madri.

21.5.5 Trapianto di piantine in pane di terra0

L'approvvigionamento del materiale avviene mediante la produzione di piantine in pane di terra con tecniche proprie del giardinaggio. A seconda delle attitudini e delle strategie riproduttive proprie delle specie desiderate, esse vengono ottenute in serra durante l'inverno, in contenitori del tipo dei rootrainers®, mediante la semina di seme di specie autoctone o mediante la divisione di cespi o altri organi vegetativi. Le piantine, dell'età di 2-3 mesi al massimo, vengono poi reintrodotte all'inizio della stagione vegetativa mediante trapianto nelle aree da ripristinare come misura complementare o migliorativa dell'inerbimento effettuato con altri metodi. Il limite principale di questa strategia è dato dai costi estremamente elevati.

21.5.6 Trapianto di zolle erbose (piote)

Rappresenta l'unica possibilità di reintrodurre la vegetazione autoctona in siti estremi nell'orizzonte alpino (a quote superiori a 2.300-2.400 m s.l.m.), laddove la brevità della stagione vegetativa impedisce l'insediamento in tempi ragionevoli di una copertura vegetale adeguata mediante l'apporto di seme. Durante i lavori di costruzione della pista da sci la copertura vegetale preesistente viene asportata con cautela in forma di zolle di varia dimensione (indicativamente da 0,1 a 0,5 m^2), che vengono accantonate durante l'esecuzione dei movimenti terra.

Lo stoccaggio deve avere durata limitata (non più di tre settimane) e deve avvenire in cumuli di dimensioni ridotte (approssimativamente 1 m di larghezza e 0,6 m di altezza) per evitare il verificarsi di fenomeni di asfissia. L'area di stoccaggio deve essere scelta con cura per evitare il disseccamento delle zolle o fenomeni di marcescenza. Al termine dei movimenti terra le zolle vengono poi riposizionate sulla pista e fatte aderire per pressione. Se necessario possono essere fissate con picchetti in legno. Gli eventuali spazi tra le zolle devono essere inerbiti mediante la semina di specie idonee.

21.6 Esito di interventi di inerbimento

Foto 21.1 e 21.2: Le specie foraggere di pianura contenute nei miscugli convenzionali (sinistra) sono più rapide di quelle idonee al sito (destra) nella fase di emergenza ed affermazione. Sudelfeld, Alpi Bavaresi (D), 1.245 m s.l.m., due settimane dopo l'esecuzione dell'idrosemina

Foto 21.3 e 21.4: A quote relativamente modeste l'impiego di miscugli con specie foraggere di pianura (sinistra) consente di ottenere buoni risultati di copertura nel breve periodo e buone produzioni di biomassa, ma sono dominati generalmente da poche specie, mentre i miscugli di specie idonee al sito (destra), a parità di azione antierosiva, presentano una maggiore diversità ed apprezzabili aspetti estetici. Sudelfeld, (D) seconda stagione vegetativa

Foto 21.5: Stadio avanzato di fioritura di Trifolium badium, contenuto nel miscuglio di sementi, in aree inerbite mediante idrosemina. Sudelfeld, terza stagione vegetativa

Foto 21.6 e 21.7: In assenza di concimazioni, nella terza stagione vegetativa sono evidenti i fenomeni di diradamento della copertura della vegetazione nelle aree seminate con il miscuglio convenzionale (sinistra), a causa della scarsa persistenza delle specie inizialmente più aggressive (Lolium perenne e Phleum pratense). La copertura nelle aree seminate con specie idonee al sito è invece più o meno stabile

Foto 21.8: Ad alta quota la persistenza delle specie foraggere di pianura è ulteriormente ridotta. Evidenti fenomeni di diradamento nella terza stagione vegetativa. St. Anton am Arlberg (A), 2.350 m s.l.m.

Foto 21.9: L'impiego di sementi di specie idonee al sito in combinazione con una tecnica di inerbimento adatta (semina con mulch di fieno) ha consentito l'insediamento di una vegetazione fisionomicamente simile a quella spontanea circostante. Terza stagione vegetativa, St. Anton am Arlberg (A)

Foto 21.10, 21.11, 21.12: Aspetto di piste da sci di recente realizzazione su substrato calcareo (21.10: Piancavallo (PN) - G. Sauli 2004 e 21.11, - G. Peratoner 2002; 21.12, Prampero (UD) G. Sauli, 2004). In queste situazioni l'abbondanza di scheletro e la carenza di sostanza organica nel suolo sono da annoverare tra i fattori critici per l'inerbimento, affrontabile solo con scotici nella fase successiva al taglio della vegetazione e riporto di suoli organici sulle piste

Foto 21.13: Gli esiti di inerbimenti falliti rappresentano un impatto paesaggistico anche a più di 15 anni di distanza dalla realizzazione della pista da sci, Val d'Olbe, Sappada, (BL), 2002

Foto 21.14: Danneggiamento meccanico del cotico erboso dovuto all'azione dei cingoli dei mezzi per la preparazione del manto nevoso durante la stagione sciistica Sudelfeld (D), 2001

SCHEDE CASISTICA

CAPITOLO 22

Casistica degli interventi di Ingegneria Naturalistica e di rinaturazione dei versanti Schede

SCHEDA INTERVENTI DI INGEGNERIA NATURALISTICA

Compilatore	Daniele Dallari
Provincia Comune Località	Roma Roma Valle dell'Insugherata
Altitudine	90 m
Esposizione	prevalentemente Ovest
Inclinazione del versante	10°-30°
Specificità dell'intervento	La particolarità dell'intervento è stata quella di utilizzare diverse tecniche di I.N. per il recupero di un'area percorsa da due condotte fognarie sotterranee nel rispetto delle condizioni di biodiversità della Riserva Naturale dell'Insugherata e nell'individuazione di soluzioni da applicare in presenza di un substrato sabbioso debolmente cementato, altamente erodibile, parzialmente coperto in alcune zone da substrati artificiali di riporto, con copertura vegetale prevalentemente erbacea.
Aspetti vegetazionali dell'area	Le superfici limitrofe alla zona d'intervento sono caratterizzate dalla vicinanza di cenosi molto particolari. Da una parte infatti si rinviene un querceto misto di *Quercus suber* con *Quercus frainetto* con strato arbustivo caratterizzato *Cytisus villosus* e *Phillyrea latifolia*. Dall'altra si ha la presenza di una formazione forestale a *Carpinus betulus* e *Quercus cerris*, accompagnati da *Acer campestre, Castanea sativa* e *Fraxinus ornus*. con *Ilex aquifolium* sporadico. All'interno dell'area è presente un arbusteto a *Spartium junceum* frammisto a un roveto accompagnato da *Prunus spinosa, Arundo pliniana, Ulmus minor* e *Pteridium aquilinum.*
Lineamenti geomorfologici	L'area oggetto d'intervento di circa 4 ettari, ubicata ad una quota compresa tra circa 120 e 70 m s.l.m, . è costituita da una vallecola caratterizzata dalla presenza di depositi sabbiosi con scarsa coesione e, nelle parti a quote più elevate, da depositi piroclastici. Le sabbie sono facilmente erose dalle acque superficiali dilavanti. La zona è caratterizzate da forti pendenze nella parte di monte e da varie rotture di pendio sulla superficie di raccordo con la zona di fondovalle. L'area era caratterizzata da: • erosione accelerata legata all'azione dilavante delle acque che generano dei canali molto incisi i quali determinano fenomeni di sottoescavazione ed arretramento dell'area di testata della valle. • fenomenologie erosive di tipo calanchivo • variazioni verticali nello stato di addensamento delle sabbie che generano fenomeni di erosione differenziale e quindi rotture morfologiche multiple. • sistemi di drenaggio inadeguati. • mancanza pressoché totale in molte zone di una copertura di tipo vegetativo.
Obiettivo dell'intervento	• Recupero dell'area degradata per manomissione vegetale e morfologica indotta dalla disposizione di servizi tecnologici, attraverso sistemazioni di tipo idraulico-forestali effettuate con tecniche di ingegneria naturalistica, applicate in ambiente mediterraneo e di interventi di rimboschimento e rinfoltimento ecologico. Innesco dei processi naturali per la ricucitura del prezioso ecosistema forestale della riserva.

Tipologie e dimensioni dell'intervento		• Ripristino e modellamento delle pendici erose attraverso scoronamento, rimodellamento e riempimento cavità (2900 mc e 4200 mq) • Fossi di scolo in terra inerbiti (230 m) • Vasca di laminazione in terra, con protezione parziale in gabbioni e soglie di legno (350 mq) • Canaletta in legno e pietrame (75 m) • Palizzate verticali lungo i fossi di scolo e palizzate orizzontali in legno con talee e piantine nelle unghie di erosione (190 m) • Soglie in gabbioni metallici, in legno e pietrame o solo in legno, con aggiunta, a seconda delle tipologie, di fascine o ramaglia di salice (n°17) • Gabbionate (125 mc) • Briglie in legno e pietrame con salici e arbusti radicati (70 mc) • Gradonata con talee e piantine, rinforzata sul ciglio con feltro biodegradabile (290 m) • Viminata e fascinate interrate (sia morte che vive) con piantine radicate a monte (3p/m), fascine drenanti (1600 m) • Idrosemina a mulch (5500 mq) e idrosemina con matrice di fibre legate (1900 mq) • Decespugliamento selettivo a strisce (2000mq) • Messa a dimora di piantine arbustive ed arboree (n°1200)
Specie vegetali impiegate	Talee	Talee e ramaglia di *Salix alba vitellina, S. purpurea*, *Sambucus nigra*, in parte reperiti nella Riserva
	Piante radicate	Piante radicate: (in proporzioni differenti a secondo delle caratteristiche ecologiche delle zone): • Specie arboree: *Quercus suber, Q. cerris, Q. frainetto, Q. pubescens, Fraxinus ornus, Celtis australis, Carpinus betulus, Acer campestre* • Specie arbustive: *Spartium junceum, Phillyrea latifolia, Rhamnus alaternus, Cistus salvifolius, Prunus spinosa, Erica arborea, Arbustus unedo, Rosa sempervirens, R. canina, Crataegus monogyna, Cornus sanguinea, Euonymus europaeus, Ligustrum vulgare, Corylus avellana, Cytisus scoparius* Seme: per l'idrosemina è stato impiegato un miscuglio standard preconfezionato.
Materiali morti		Blocchetti di tufo, pietrame medio e piccolo, stangame di castagno D 8-10 cm, tessuto non tessuto, rete metallica per gabbioni, .chiodi ferro e altro materiale durevole per il fissaggio, verghe e picchetti di specie diverse, concime organo-minerale, collante polissaccarido, humus, fibre di legno e di altre specie vegetali, gel superassorbente, quadrato pacciamante biodegradabile in cartone compresso
Periodo d'intervento		Gli interventi d'ingegneria naturalistica sopra indicati sono iniziati nell'ottobre 2002 e sono terminati il nel dicembre 2003
Osservazioni		I lavori si sono svolti con molta difficoltà in relazione soprattutto: • alle condizioni meteorologiche decisamente avverse con precipitazioni meteoriche sopra la norma che hanno assunto l'intensità di nubifragio, sconvolgendo le opere non completate; • alla natura del terreno fortemente sabbioso e pertanto suscettibile di erosione; • al grado medio-basso di preparazione della ditta appaltatrice, la quale

	non sempre è stata in grado di operare con perizia e nei tempi previsti, con ricadute sui tempi di realizzazione e sulla riduzione delle caratteristiche quali-quantitative delle opere. Pur essendo realizzate a Roma in un clima prettamente mediterraneo, le opere con i salici, realizzate nei tempi giusti, hanno avuto un grado di attecchimento elevato, in relazione alla natura sabbiosa e fresca del substrato. L'idrosemina con matrice di fibre legate, effettuata all'inizio dell'estate (giugno-luglio), ha germinato e dato ottimi risultati dopo 2-3 mesi, mantenendo tutta la sua efficacia. Il canale in legno e pietrame non risulta una tecnica adottabile nei terreni sabbiosi. Il tessuto non tessuto, di supporto ad alcuni interventi, in tali tipo di terreni, deve essere oculatamente impiegato in quanto, nella situazione descritta, ha innescato sottopressioni di natura distruttiva.

DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA

FOTO 1: Visione d'insieme di una zona dell'area d'intervento con degrado della copertura forestale e fenomeni erosivi di erosione incanalata - D. Dallari

FOTO 2,3 : Fenomeni erosivi di scavo nella zona di affioramento del substrato sabbioso - D. Dallari

FOTO 4 : Visione di una zona degli interventi nella prima fase di sagomatura delle superfici e di sistemazione del compluvio principale con canale in pietra e legno - D. Dallari

FOTO 5 e 6 : Fenomeni distruttivi delle opere in via di realizzazione in conseguenza di eventi meteorici eccezionali - D. Dallari

FOTO 7 : Interventi alternati con gradonata, viminata e fascinata a protezione del pendio - D. Dallari

FOTO 8: Particolare di realizzazione di viminata morta con piantine radicate a monte - D. Dallari

FOTO 9: Particolare realizzazione di gradonata viva rinforzata, con talee piantine radicate - D. Dallari

Foto 10, 11: Briglie in legno e pietrame, con inserimento di salici e piantine radicate subito dopo la realizzazione e dopo 8 mesi - D. Dallari

FOTO 12, 13 e 14: Protezione del fosso di guardia con palizzate trasversali in legno e fascine di salice longitudinali, in diverse fasi temporali e di riparazione per assestamento - D. Dallari

FOTO 15: Zona sistemata con gradonate, viminate e fascinate dopo 8 mesi - D. Dallari

FOTO 16, 17: Protezione del compluvio principale con soglia in pietrame e legno con fascine vive e morte - D. Dallari

FOTO 18, 19: Opere trasversali quali briglie, soglie in gabbioni, palizzate doppie in legno realizzate per la protezione del compluvio principale nella zona a maggiore pendenza, alla fine degli interventi e dopo 8 mesi - D. Dallari

FOTO 20, 21: Piccolo bacino di laminazione sommitale protetto con argini in terra e fascina basale nella zona di raccolta, con gabbioni, sacchi di juta e palizzate trasversali nella zona a monte e d'innesto con il fosso di guardia - D. Dallari

SCHEDA INTERVENTI DI INGEGNERIA NATURALISTICA

Compilatori:		dott. nat. Nicola Marrone geom. Raffaele Buttaro geom. Amedeo Marchetti
Data:		28 febbraio 2003
Provincia Comune Località		Latina Spigno Saturnia superiore Ciaia di Biviano
Altitudine		600 m s.l.m.
Esposizione		EST
Inclinazione del versante		45° alla base (palificata semplice)
Aspetti vegetazionali dell'area		Bosco misto a prevalenza di Q*uercus pubescens*
Lineamenti geomorfologici		Scarpata in terre rosse
Obiettivo dell'intervento		Consolidamento al piede della scarpata stradale
Tipologie dell'intervento		Palificata semplice di consolidamento al piede della scarpata stradale
Dimensioni dell'intervento		L=75 m H=1,5–2,5 m
Specie vegetali impiegate	Talee	Maggiociondolo (*Laburnum anagyroides*)
	Piante radicate	Erica (*Erica multiflora*); Cisto (*Cistus incanus*); Lentisco (*Pistacia lentiscus*); Biancospino (*Crataegus monogyna*).
Soggetto realizzatore		Ente Regionale Parco Naturale dei Monti Aurunci
Periodo d'intervento		marzo – aprile 2002
Osservazioni		Utilizzati tronchi di conifere provenienti dal, taglio per cure silvicolturali, del bosco demaniale di Campello in comune di Itri (LT)

DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA

Foto 1: Stato dei luoghi ante operam

Foto 2: Posa in opera dei primi tronchi

Foto 3: Fase intermedia di realizzazione

Foto 4: Vista prospettica dell'opera

Foto 5: Dettaglio di talee ed arbusti utilizzati

Foto 6: Palificata viva semplice a 3 mesi dalla realizzazione, Spigno Saturnia (LT) - giugno 2003

Palificata	10/23/02	03/25/03	% attecchimento
Acero (talee)	24	9	38
Biancospino	10	7	70
Carpino	27	25	93
Castagno (talee)	13	1	8
Cisto	58	50	86
Erica	30	16	53
Euforbia	4	4	100
Ginestra	5	4	80
Leccio	24	11	46
Maggiociondolo	1	0	0
Maggiociondolo (Talee)	50	40	80
Medicago Arborea	29	24	83
Olivella	9	1	11
Orniello (talee)	27	23	85
Salvia	41	30	73
Ciliegio (talee)	32	21	66
TOTALE PIANTE	384	266	

a cura di Nicola Marrone, Raffaele Buttaro, Amedeo Marchetti

SCHEDA INTERVENTI DI INGEGNERIA NATURALISTICA

Compilatori:		dott. nat. Nicola Marrone geom. Raffaele Buttaro geom. Amedeo Marchetti
Data:		28 febbraio 2003
Provincia Comune Località		Latina Spigno Saturnia superiore Ciaia di Biviano
Altitudine		550 m s.l.m.
Esposizione		EST
Inclinazione del versante		55° alla base (grata semplice)
Aspetti vegetazionali dell'area		Bosco misto a prevalenza di Q*uercus pubescens*
Lineamenti geomorfologici		Scarpata in terre rosse
Obiettivo dell'intervento		Stabilizzazione al piede della scarpata stradale con grata viva
Tipologie dell'intervento		Grata semplice
Dimensioni dell'intervento		L=35 m H=2,5-3 m
Specie vegetali impiegate	Talee	Maggiociondolo (*Laburnum anagyroides*)
	Piante radicate	Erica (*Erica multiflora*); Cisto (*Cistus incanus*); Lentisco (*Pistacia lentiscus*); Biancospino (*Crataegus monogyna*).
Soggetto realizzatore		Ente Regionale Parco Naturale dei Monti Aurunci
Periodo d'intervento		agosto – settembre 2002
Osservazioni		Utilizzati tronchi di conifere provenienti dal, taglio per cure silvicolturali, del bosco demaniale di Campello in comune di Itri (LT)

DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA

Foto 1: Inizio dei lavori (scavo della fondazione)

Foto 2: Posa in opera dei tronchi verticali

Foto 3: Verifica del corretto posizionamento dei tronchi verticali

Foto 4: Vista prospettica dell'opera

Foto 5: Dettaglio della chiodatura al terreno con barre di ferro ad aderenza migliorata

Foto 6: Riempimento con terreno vegetale

Foto 7: Vista della grata a opera completata

Foto 8: Particolare talea di maggiociondolo

Grata	23/10/02	25/03/03	% attecchimento
Acero (talee)	2	1	50
Biancospino	2	2	100
Carpino	46	39	85
Castagno (talee)	7	2	29
Cisto	11	9	82
Erica	3	2	67
Euforbia	3	3	100
Ginestra	1	0	0
Leccio	3	2	67
Maggiociondolo	15	13	87
Maggiociondolo (Talee)	42	24	57
Medicago Arborea	26	21	81
Olivella	6	4	67
Orniello (talee)	12	9	75
Salvia	27	25	93
Sorbo Montano	1	0	0
TOTALE PIANTE	207	156	

SCHEDA INTERVENTI DI INGEGNERIA NATURALISTICA

Compilatore	Paolo Cornelini
Provincia Comune Località	Frosinone Atina Colle Melfa
Altitudine	400-500 m slm
Esposizione	Sud
Inclinazione del versante	20-35°
Specificità dell'intervento	L'intervento progettato rappresenta uno dei primi casi di sistemazione di frane con tecniche di ingegneria naturalistica nel Lazio, secondo i dettami della Delibera della Giunta Regionale 4340 del 28 maggio 1996 sui *Criteri progettuali per l'attuazione degli interventi in materia di difesa del suolo.* L'impiego, inoltre, tra i primi in Italia, di geogriglie di rinforzo drenanti all'interno del corpo della terra rinforzata rinverdita, consentirà di verificare nuove tecniche per il riutilizzo di materiali argillosi nelle opere in terra, applicabili a larga scala sul territorio italiano.
Aspetti vegetazionali dell'area	Ambito agricolo a prevalenza di oliveti e vigneti
Lineamenti geomorfologici	L'area di Colle Melfa è costituita da depositi pelitico-arenacei, con successione di depositi argilloso-marnosi e arenacei sovraconsolidati, sormontati da coltri argillose poco consolidate ed instabili di spessore variabile da 1 a 5 metri. Le manifestazioni gravitazionali con movimenti superficiali di rotazione e colamento hanno interessato la coltre argillosa in occasione di precipitazioni intense con la lubrificazione del piano di contatto e l'insorgere di sovrapressioni interstiziali nel sottosuolo
Obiettivo dell'intervento	I lavori hanno riguardato due aree con fenomeni franosi, innestatisi a seguito di abbondanti precipitazioni: 1) due frane rotazionali con un fronte di circa 15 m ognuna sulla scarpata a monte della sede stradale di via Colle Melfa. 2) un franamento esteso con il coinvolgimento di una porzione della sede stradale lunga circa 60 m, situato all'incrocio tra Via S.Saturnino e Via Colle Melfa.
Tipologie e dimensioni dell'intervento	1) Palificata viva a parete doppia h 2,4 m L 30 m; palificata viva a parete doppia h 1,4 m L 15 m; palizzata viva L 16 m; gradonata viva su rilevato L 125 m; fascinata drenante L 120 m; biotessile in juta 110 mq; canaletta in terra con biostuoia in cocco e paglia e rete zincata a doppia torsione e talee L 50 m; piantagione di 150 arbusti; idrosemina S 200 mq 2)Terra rinforzata h 8,5 m L 50 m; fascinata drenante L 120 m; piantagione di 250 arbusti; idrosemina 1000 mq

Specie vegetali impiegate	Talee	*Salix purpurea* e *Salix eleagnos*.
	Piante radicate	Arbusti radicati*: Crataegus monogyna, Cornus sanguinea, Spartium junceum, Coronilla emerus, Ligustrum vulgare, Cornus mas, Euonymus europaeus, Prunus spinosa, Rosa canina.*
Materiali morti		Tronchi in castagno scortecciati D 25 cm; barre acciaio a.m. D 14 mm; biotessile in juta; rete zincata a doppia torsione; terre rinforzate rinverdite con strati di geogriglia drenante
Periodo d'intervento		Frana 1: marzo-aprile 2000; Frana 2: settembre-ottobre 2001
Osservazioni		Gli interventi di ingegneria naturalistica hanno garantito, unitamente alle indispensabili opere di drenaggio, la stabilizzazione delle scarpate stradali (frana 1) e la ricostruzione della sede stradale unitamente alla stabilizzazione del versante (frana 2), con l'aumento della biodiversità dell'area. Le talee di salice hanno sviluppato getti di diametro 1-3 cm con lunghezze di 2-4 m con copertura del 90% nella frana 1 e del 70% nella frana 2.

DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA

Foto 1: Struttura di una palificata viva doppia di consolidamento del piede della frana1 (marzo 2000) - P. Cornelini

Foto 2*:* Interventi di sistemazione di un versante della frana 1 (marzo 2000) - P. Cornelini

Foto 3: Interventi della foto precedente a maggio 2002 - P. Cornelini

Foto 4: Idrosemina potenziata sulle terra rinforzata rinverdita (marzo 2002) - P. Cornelini

Foto 5: La terra rinforzata rinverdita a giugno 2003 - P. Cornelini

SCHEDA INTERVENTI DI INGEGNERIA NATURALISTICA

Compilatore	Daniele Dallari
Provincia Comune Località	Rieti Longone Sabino Monte Aquilone
Altitudine	1070 m slm
Esposizione	Nord - Est
Inclinazione del versante	15 – 25°
Specificità dell'intervento	L'intervento è consistito in un sistema a rete di lavori di recupero ecologico nell'ambito di un comprensorio silvo-pastorale caratterizzato da aree puntuali di degrado fisico-biologico (sovrappascolo, incendio) opposte ad altre aree contraddistinte dall'espansione potenziale del bosco. Tra i lavori sono state individuate specifiche azioni di I.N. di diversa natura e grado d'intensità, oltre a lavori selvicolturali e di ricostituzione eologica. In particolare tali azioni hanno interessato fenomeni di erosione superficiale, su substrati ad elevata vulnerabilità e a bassissima impermeabilità, con affioramento di risorgive, erosioni dovute all'azione selvaggia delle acque superficiali e al pascolo soprattutto in anni passati.
Aspetti vegetazionali dell'area	La zona di transizione tra pascoli seminaturali ed incolti (a composizione e fisionomia molto variabile) ospita la faggeta submontana verso monte e querceti misti a *Quercus cerris, Quercus pubescens, Ostrya carpinifolia, Acer obtusatum* verso valle. Inoltre l'area è caratterizzata da frammenti di vegetazione ripariale arborea ed arbustiva (*Salix alba, Salix apennina, S. purpurea, Populus nigra*) e nuclei di vegetazione igrofila paucispecifci a *Juncus inflexus*, *Mentha aquatica*, *Ranunculus sp.*, *Epilobium* sp., *Equisetum arvense*, frammisti a pratelli idromorfi discontinui.
Lineamenti geomorfologici	Area montana di contatto tra argille flysciodi e calcari marnosi, con dinamica in rapida trasformazione. La morfologia attuale della stazione è dovuta ad agente geomorfico della acque selvagge di superficie che ha dato luogo ad una forma di versante con erosione incanalata severa, con formazioni di unghie di erosione incanalata di tipo "calanchivo" (lunghezza dei fossi in erosione da 30 a 140 m di lunghezza, pendenza longitudinale 15-30°, con scarpate profonde da 2 a 6 metri e pendenza 30-45° per una superficie totale di circa 1,5 ettari). Presenza di sorgenti. Suolo, poco evoluto, superficiale, spesso decapitato o assente, a seconda delle zone.
Obiettivo dell'intervento	Gli interventi d'ingegneria naturalistica hanno avuto come obiettivo la sistemazione e il recupero di una zona di versante naturale soggetto a dissesto idrogeologico locale, di particolare importanza per i servizi indiretti che esso esplica (fornitura d'acqua al paese, punto di abbeveraggio per gli animali al pascolo) e per gli aspetti di carattere ecologico (zona ecotonale molto ricca) e paesaggistico.

Tipologie e dimensioni dell'intervento	• Modellamento superficiale del substrato argilloso alterato nelle zone con creste ripide • Opere trasversali disposte sull'asta dei solchi erosi: sbarramenti tipo briglie in legno e pietrame (78 mc), palizzata in legno con ramaglia di salice (620 m).

		• Opere trasversali lungo le scarpate dei solchi di erosione, disposte per tutta la lunghezza della zona interessata a fenomeni di degradazione meteorica, distanti una dall'altra mediamente 2 m: – fascinata con ramaglia di salice (500 m) - impiegate nei settori con maggiore umidità ed in prossimità dei compluvi di erosione – – gradonata con talee di salice e piantine radicate (2350 m), cordonata secondo Praxl su banchine con letto di ramaglia, stangame longitudinale e talee di salice (1300 m), fascine drenanti. • Opere di rivestimento e copertura vegetale superficiale su tutta l'area lavorata: semina coltre protettiva di paglia tenuta al suolo da rete di juta (4750 mq) alla quale è stata aggiunta un idrosemina standard (5500 mq). • Le sei briglie in legname realizzate, aventi la funzione principale di evitare l'approfondimento dei solchi di erosione e l'asportazione a valle del materiale fino, hanno dimensioni variabili da 5-7 m di larghezza, 1-1,5 m di profondità e 2-2,5 m di altezza.
Specie vegetali impiegate	Talee	Talee e ramaglia di *Salix purpurea, Salix alba, Salix apennina e Salix eleagnos* (quest'ultime due prelevate nei compluvi adiacenti)
	Piante radicate	oltre a *Rosa canina*, *Pyracantha coccinea,*. *Spartium junceum* sono stati impiegate le seguenti specie, scelte in relazione alle caratteristiche particolare del substrato e a quelle biotecniche specifiche di alcune specie, anche se non presenti in zona. *Acer campestre, Laburnum anagyroides, Alnus cordata, Rhamnus catharticus, Corylus avellana, Salix caprea, Fraxinus excelsior, Sambucus nigra, Frangula alnus, Sorbus aria, Hippophae ramnoides, Viburnum lantana*. Negli interventi lineari la densità impiegata è stata da 3 a 6 piante a metro. Durante i lavori sono stati impiegati, nelle zone di deposito dei compluvi, porzioni di cespi di *Juncus* prelevati dalle zone limitrofe.
Materiali morti		• Gradonata secondo Praxl: stangame di castagno con corteccia di diametro compreso tra 5 e 10 cm, ramaglia minuta di conifere proveniente dai diradamenti • Fascinata: paletti di castagno con punta, di lunghezza e diametro minimo rispettivamente di 60 cm e di 5 cm, filo di ferro o altro materiale durevole per legare le fascine • Palizzata: pali di castagno di castagno 12-15 cm di diametro, lunghezza da 1,5 a 2,5 m e/o di salice verde con le stesse caratteristiche, filagne trasversali di castagno di 8-10 cm di diametro di lunghezza da 2 a 5 m, pietrame medio e piccolo, ramaglia morta, filo e chiodi di ferro o altro materiale durevole per il fissaggio • Briglie: tronchi di castagno D 20-30 cm, staffe ad U in ferro e chiodi da 10-12 mm per fissaggio tronchi, materiale lapideo calcareo (spezzoni) di varia grandezza.
Periodo d'intervento		Gli interventi d'ingegneria naturalistica sono iniziati nel marzo del 1997 e sono terminati nella prima metà di maggio dello stesso anno
Osservazioni		Le variazioni più consistenti hanno riguardato: • La semplificazione delle tipologie costruttive con la riduzione delle fascinate; • L'introduzione dell'idrosemina con collante accanto alla semina con coltre protettiva, prevista dal progetto;

	• L'introduzione di una variante costruttiva della palizzata con ramaglia, per adattarla nelle zone più larghe e meno pendenti. L'attecchimento delle talee e della semina è stato fortemente condizionato oltre che dalla natura difficile del substrato (reazione alcalina, tessitura argillosa con scheletro abbondante, elevata alterazione e disgregazione delle scaglie marnose) anche da una primavera 1997 fortemente siccitosa e ventosa e, non da ultimo dal ritardo dei lavori eseguiti rispetto al cronoprogramma, che ha visto parte delle opere realizzate nel periodo di ripresa vegetativa delle piante. Per tale motivo nella primavera di due anni dopo (1999) è stata realizzata una idrosemina integrativa. Nel complesso si è raggiunto l'obiettivo di agevolare i processi naturali di recupero riducendo l'azione disgregatrice delle acque superficiali, anche se l'evoluzione del sistema procede lentamente per i fattori limitanti dovuti al substrato geologico.

DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA

Foto 1: Veduta dell'area al momento dell'inizio lavori – inverno 96-97 - D. Dallari

Foto 2 e 3: Opere trasversali sui fossi in erosione : palizzate in legno con ramaglia a fine lavori e dopo 3 anni - D. Dallari

Foto 4 e 5: Opere trasversali sui fossi in erosione: sbarramenti in legno e pietrame: a fine lavori e dopo 4 anni – D. Dallari

Foto 6 e 7: Opere combinate di consolidamento tipo palificate doppie in legno e pietrame con gradonate rinforzate protette con semina su coltre di paglia tenuta con juta: a fine lavori e dopo 4 anni – D. Dallari

Foto 8: Particolare di realizzazione delle gradonate con talee e piantine radicate - D. Dallari

Foto 9: Particolare della gradonata rinforzata talee e piantine dopo 4 anni - D. Dallari

Foto 10: Visione d'insieme degli interventi effettuati prima della semina - D. Dallari

Foto 11: Fasi della semina con coltre protettiva di paglia e disposizione di rete di juta -D. Dallari

Foto 12, 13 e 14: Visione d'insieme di una zona d'intervento alla fine dei lavori, dopo 3 mesi e dopo 4 anni – D. Dallari

SCHEDA INTERVENTI DI INGEGNERIA NATURALISTICA

Compilatore	Paolo Giacchini
Provincia Comune Località	Provincia di Pesaro e Urbino / Fossombrone – S. Anna/ Cagli strada provinciale Tarugo
Altitudine	Da 220 a 530 m slm
Esposizione	NE - NW
Inclinazione del versante	30 –45°
Specificità dell'intervento	Si tratta di una serie di interventi di ripristino e consolidamento di alcune scarpate stradali realizzate nel territorio della Riserva Naturale Statale della Gola del Furlo, nell'ambito di specifiche iniziative formative coordinate dall'Amministrazione Provinciale di Pesaro e Urbino e organizzate dal Centro Studi Faunistici ed Ecologici di Pesaro, che hanno previsto l'esecuzione di cantieri didattici. Gli interventi hanno interessato aree in condizioni xerofile in cui sono state attuate le tradizionali tecniche dell'ingegneria naturalistica, sperimentando l'utilizzo di specie arbustive idonee alle caratteristiche ecologiche dell'area, tipicamente mediterranea. Gli interventi sono stati anche oggetto di ripetuti interventi di manutenzione, attraverso appositi corsi di aggiornamento realizzati in collaborazione con la sezione Marche dell'AIPIN.
Aspetti vegetazionali dell'area	Gli interventi sono stati realizzati in parte lungo strade in ambito agricolo a prevalenza di colture cerealicole non intensive, in parte in aree più naturali comprendenti ampie porzioni di lecceta pura allo stato alto arbustivo, e formazioni di orno-ostrieto.
Lineamenti geomorfologici	Alcune scarpate oggetto di intervento sono riferibili a situazioni degradate con detrito di falda ad elementi subspigolosi, eterodimensionali, calcareo marnosi e marnoso argillosi, derivante dall'alterazione della formazione della scaglia rossa. altre frane (strada provinciale tarugo) presentano marne calcaree e marne argillose della formazione della scaglia cinerea con stratificazione a reggipoggio, con grande produzione di detrito ad elementi subspigolosi ed eterodimensionali.
Obiettivo dell'intervento	I lavori hanno riguardato 4 aree con fenomeni franosi, innestatisi a seguito del taglio per la sede stradale e per la non corretta regolamentazione superficiale delle acque. In tutti i casi l'obiettivo è stato il ripristino della scarpata stradale con il suo consolidamento e reinserimento naturalistico e paesaggistico, tanto più importante trovandoci all'interno di una Riserva Naturale Statale. 1. S. Anna (palificata + grata) 2. S. Anna (palificata Roma) 3. Strada provinciale Tarugo (palificata + grata) 4. Strada provinciale Tarugo (palificata Roma e opere lineari)
Tipologie e dimensioni dell'intervento	Palificata viva a parete doppia h 2,5 m, L 12 m; grata viva h 5 m, L 12 m; messa a dimora di circa 120 arbusti; 2) Palificata Roma h 2,4 m L 4 m; messa a dimora di circa 50 arbusti; 3) Palificata viva a parete doppia h 1,0 m L 12 m + grata h 6 m, L 12 m; rete zincata a doppia torsione; idrosemina; messa a dimora di circa 150 arbusti;

		4) Palificata Roma h 2,4 m L 8 m; cordonata + gradonata + viminata + fascinata drenante per una lunghezza di circa 15 m per singolo intervento, semina a spaglio; messa a dimora di circa 150 arbusti.
Specie vegetali impiegate	Talee	*Salix alba, S. purpurea, S. eleagnos, S. triandra, S. appennina*
	Piante radicate	Piante in fitocella*: Viburnum tinus, Crataegus monogyna, Cornus sanguinea, Spartium junceum, Ligustrum vulgare, Evonymus europaeus, Prunus spinosa, Prunus mahaleb, Prunus avium, Corylus avellana, Pyracantha coccinea, Rosa canina, Fraxinus ornus, Acer campestre, Ostrya carpinifolia.*
Materiali morti		Tronchi in castagno e pino nero scortecciati D 20-25 cm; barre acciaio a.m. D 14 mm; rete zincata a doppia torsione; astoni di salice e nocciolo.
Periodo d'intervento		Per le prime tre opere i lavori sono stati eseguiti nel periodo luglio-agosto (1996-2001) per esigenze didattiche, con interventi di manutenzione nel periodo primaverile (2002-2004).Il quarto intervento è stato realizzato nella primavera 2003.
Osservazioni		Gli interventi di ingegneria naturalistica hanno garantito un innesco più deciso della stabilizzazione delle scarpate stradali, bloccando la formazione dei detriti. Importante è stato l'approccio didattico nei confronti dei diversi corsi di formazione, sia durante l'esecuzione che nell'ambito della manutenzione. Altrettanto importante è stato lo sviluppo e la sperimentazione di tecniche a basso impatto ambientale nella gestione di un territorio protetto. L'utilizzo di piante nelle difficili condizioni edafiche dell'area ha permesso di verificare l'attecchimento e l'idoneità delle diverse specie arbustive. Le talee di salice (soprattutto *Salix purpurea* e *S. appennina*) hanno sviluppato getti nei primi due anni di intervento, per poi essere in parte sostituiti da specie più xerofile. Particolare sviluppo hanno conseguito le piante in fitocella, soprattutto di *Viburnum tinus*, ed in secondo luogo di *Rosa canina* e *Cornus sanguinea.*

DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA

Foto 1: S. Anna, luglio 1999, prima dei lavori - P.Giacchini

Foto 2: S. Anna- struttura della grata settembre 1999 - P.Giacchini

Foto 3: S. Anna- grata viva settembre 1999 - P.Giacchini

Foto 4: S. Anna, maggio 2000 palificata e grata viva grata - P.Giacchini

Foto 5: Strada provinciale Targo prima dei lavori, aprile 2003 - P.Giacchini

Foto 6: SP Tarugo struttura palificata Roma, aprile 2003 - P. Giacchini

Foto 7: SP Tarugo aprile 2003 palificata Roma a fine lavori - P. Giacchini

Foto 8: SP Tarugo prima dei lavori, luglio 2001 - P. Giacchini

Foto 9: SP Tarugo luglio 2001 realizzazione rivestimento vegetativo - P. Giacchini

Foto 10: SP Tarugo agosto 2002 grata e rivestimento vegetativo - P. Giacchini

SCHEDA INTERVENTI DI INGEGNERIA NATURALISTICA

Compilatore		Carlo Bifulco, Paolo Cornelini, Gino Menegazzi
Provincia Comune Località		Napoli Comuni Vesuviani Complesso vulcanico Somma Vesuvio
Altitudine		In prevalenza 700-800 m slm con interventi a 400 m e 1000 m slm
Esposizione		Sud-Ovest prevalente
Inclinazione del versante		circa 35°
Specificità dell'intervento		Interventi di messa in sicurezza della viabilità per il controllo del territorio (antincendio, antibracconaggio) e per la fruizione turistica in un Parco Nazionale in ambito mediterraneo. Sperimentazione di tecniche di stabilizzazione di piroclastiti su lave. Riqualificazione professionale di operai ex disoccupati (lavoratori socialmente utili, LSU) con formazione in itinere.
Aspetti vegetazionali dell'area		Bosco di latifoglie a *Castanea sativa, Robinia pseudacacia, Alnus cordata, Ostrya carpinifolia, Fraxinus ornus* con varianti mesofile nei valloni a *Salix caprea* e *Sambucus nigra*.
Lineamenti geomorfologici		Coperture piroclastiche delle lave, anche di notevoli spessori, caratterizzate da elevata instabilità gravitativi.
Obiettivo dell'intervento		Stabilizzazione e consolidamento delle scarpate della viabilità forestale e sentieristica. Sistemazione idrauliche dei valloni. Sperimentazione di tecniche di I.N. (palificata Vesuvio, grata Vesuvio, etc) e delle attitudini biotecniche di arbusti mediterranei.
Tipologie e dimensioni dell'intervento		Palificata Vesuvio 590 mc, palificata semplice 850 mc, grata Vesuvio 380 mq, graticciate L 1500 m, briglie in legname e pietrame 180 mq, canalette in pietrame e legname 180 mq
Specie vegetali impiegate	Talee	*Salix alba, Salix alba varietas vitellina e Populus nigra* con scarsi risultati.
	Piante radicate	messe a dimora prevalentemente con il fusto interrato ed in vasetto: *Euonymus europaeus, Cornus sanguinea, Crataegus monogyna, Ligustrum vulgare, Arbutus unedo, Spartium junceum, Coronilla emerus, Fraxinus ornus, Corylus avellana, Acer campestre, Alnus cordata.*
Materiali morti		Legname di castagno scortecciato D 12-16 cm Barre di acciaio a.m. D 14 mm Pietrame reperito in sito D 15-20 cm
Periodo d'intervento		I lavori, iniziati nel novembre 1997, sono in corso e programmati fino al maggio 2006

Osservazioni	Le opere di I.N. hanno resistito a eventi meteorici estremi che nelle aree limitrofe hanno prodotto danni alluvionali. I tronchi delle strutture si presentano senza marcescenza; nel territorio del Parco si trovano palizzate del 1973 con parte dei tronchi in castagno D 8-10 cm ancora in buone condizioni. Le talee hanno avuto percentuali di attecchimento estremamente basse, causa il substrato altamente drenante unitamente al prolungato periodo di aridità estiva. Il 90% delle piante radicate trattate correttamente prima della messa a dimora è sopravvissuto, grazie anche all'interramento del fusto (circa 80-90 cm) che ha ridotto lo stress termico ed idrico. Gli interventi sono stati eseguiti senza l'ausilio di mezzi meccanici e non è mai stato effettuato l'annaffiamento estivo, né sono stati somministrati ormoni radicali. Un gruppo di 40 L.S.U. ex disoccupati, con le nuove professionalità formatesi nei lavori di I.N., ha costituito una cooperativa che opera sul mercato dal 2001. Gli interventi di I.N. risultano un tema di scambio delle "migliori pratiche" in programmi di cooperazione internazionale che vedono il Parco Nazionale del Vesuvio come capofila transnazionale.

DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA

Foto 1: Operai L.S.U. in fase di realizzazione di una palificata Vesuvio sec. Menegazzi (ottobre 1999) - G. Menegazzi

Foto 2: Palificata doppia con grata Vesuvio sec. Menegazzi con arbusti radicati; fase di costruzione (luglio 2003) - G. Menegazzi

Foto 3: Palificata doppia con grata Vesuvio sec. Menegazzi con arbusti radicati; fine lavori settembre 2003 Monte Somma - G. Menegazzi

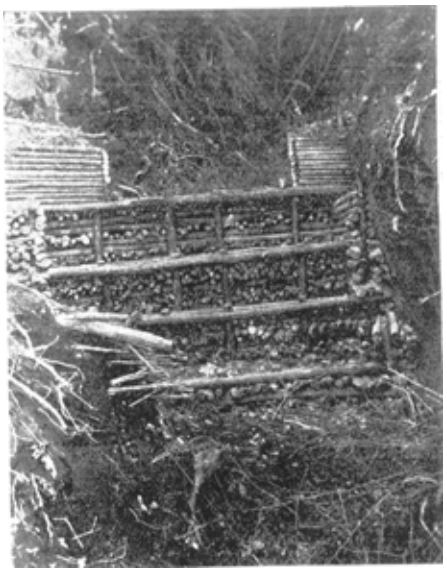


Foto 4: Briglia 1906 - Foto Simonetti

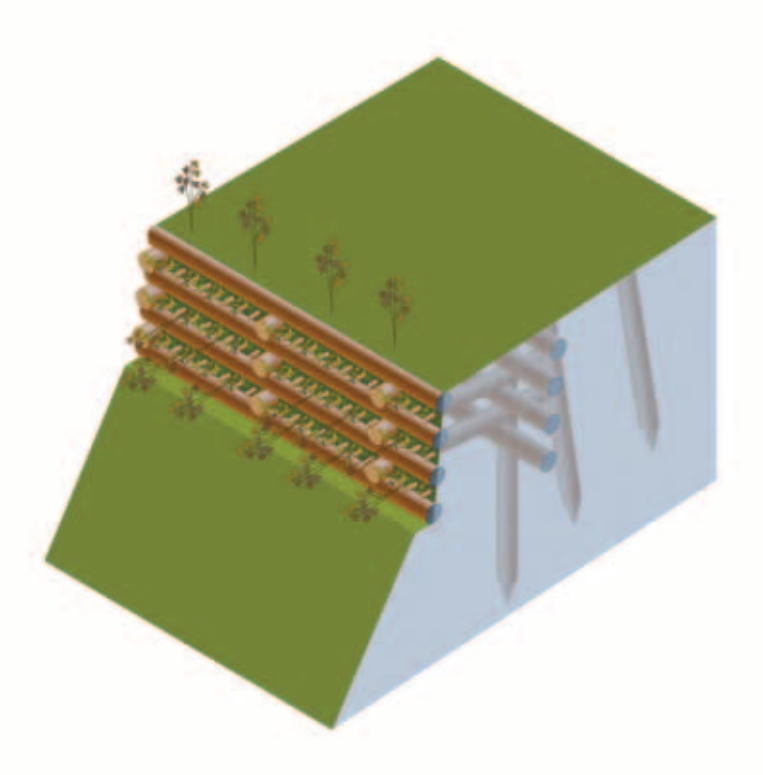


Foto 5: Schema tridimensionale della palificata Vesuvio sec. Menegazzi

SCHEDA INTERVENTI DI INGEGNERIA NATURALISTICA

Compilatori		Paolo Cornelini, Antonello Liberatore, Lionello Sacchetti
Provincia Comune Località		L'Aquila Pizzoli Fosso del Buco
Altitudine		850-1150 m slm
Esposizione		prevalente Sud-Sud Ovest
Inclinazione del versante		Inclinazione media 30°
Specificità dell'intervento		Lavori di ripristino dell'assetto ambientale ed idrogeologico del versante montuoso soggetto ad erosione ed instabilità a seguito dell' incendio del 6 agosto 2001
Aspetti vegetazionali dell'area		Rimboschimenti artificiali di conifere (pino nero e pino silvestre)
Lineamenti geomorfologici		Detrito di falda ricoprente, con spessori variabili, una matrice di calcari marnosi e dolomie
Obiettivo dell'intervento		Messa in sicurezza del centro abitato sottostante dalle colate rapide di detrito; riqualificazione ambientale e paesaggistica dei versanti
Tipologie e dimensioni dell'intervento		Imboschimento (7 ha), interventi antierosivi, stabilizzanti e consolidanti: idrosemina (14.000 mq), palizzate vive (10.000 m), grata viva (50 mq), palificata viva doppia (50 mq), briglie in legname e pietrame n. 20, il tutto su una superficie complessiva di 24 ha
Specie vegetali impiegate	Talee	*Laburnum anagyroides*
	Piante radicate	(circa 12.000): *Fraxinus ornus, Ostrya carpinifolia, Pyrus sylvestris, Crataegus monogyna, Spartium junceum, Cornus sanguinea,* etc.
Materiali morti		Tronchi di pino nero recuperati in loco D 15-30 cm per le palizzate; tronchi di castagno D 15-20 cm per le palificate e la grata; picchetti in ferro a.m. D 14 mm
Periodo d'intervento		Agosto 2002 – Novembre 2003
Osservazioni		L'intervento è ben riuscito nella parte strutturale, realizzata quasi completamente con materiale bruciato riciclato (tronchi, ramaglia). Le piante radicate autoctone sono state messe a dimora nel novembre 2003.

DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA

Foto 1: Lavori di realizzazione delle palizzate morte (ottobre 2002) - Sacchetti, Liberatore

Foto 2: Le palizzate, unitamente alla piantagione degli arbusti autoctoni, hanno permesso il recupero della protezione antierosiva della vegetazione (novembre 2003) - Sacchetti, Liberatore

SCHEDA INTERVENTI DI INGEGNERIA NATURALISTICA

Compilatore		M.L. Bernabei, G. Mazzoni, A. Pei
Provincia Comune Località		Siena S. Casciano dei Bagni Casa del Rigo
Altitudine		Quota media 430 m slm
Esposizione		Sud
Inclinazione del versante		fra 45% e 130%
Specificità dell'intervento		Gli interventi progettati fanno parte del programma di ricerca C. M. Cetona, Regione Toscana "Regolamento CEE 2081/93 - obiettivo 5/B - misura 6.4 "Recupero dei corsi d'acqua degradati per la salvaguardia dei centri abitati e degli insediamenti produttivi Azione "Interventi per l'attività di ricerca". Il progetto costituisce un caso limite, si tratta di un bacino calanchivo che confluisce con un modesto tributario in sinistra idrografica del T. Rigo (bacino del fiume Paglia). A monte del calanco sono presenti un insediamento poderale ed una strada la cui salvaguardia, con opere di ingegneria naturalistica, ha costituito la finalità della sperimentazione. Il risultato perseguito è stato il rallentamento del fenomeno di erosione regressiva e non il completo rinverdimento del bacino.
Aspetti vegetazionali dell'area		Vegetazione discontinua, tipica delle aree calanchive sottoposta a processi dinamici molto rapidi.
Lineamenti geomorfologici		L'area di intervento è caratterizzata da depositi pliocenici marini di fase trasgressiva, che dal basso verso l'alto schematicamente, sono: - argille ed argille sabbiose del pliocene inferiore - sabbie e sabbie argillose del Pliocene Medio - brecce e conglomerati – calcari organogeni e detritici del Pliocene Superiore. Nell'area calanchiva in oggetto, le argille costituiscono la quasi totalità delle litologie presenti.
Obiettivo dell'intervento		-Individuare tecniche di consolidamento a basso impatto ambientale su aree calanchive : creare una esperienza esportabile. -Mettere in sicurezza un insediamento agricolo e una strada. -Sperimentare specie autoctone, erbacee per seme e arbustive per talea, su suoli argillosi in base alle caratteristiche ecologiche. -Favorire l'occupazione riqualificando la mano d'opera.
Tipologie e dimensioni dell'intervento		Rialzamento del fondo: Brigliette a palizzata riempite di fascine; briglia a palificata doppia poligonale; briglia a cassone con gaveta centrale; palificata semplice; briglia a palizzata viva filtrante. Consolidamento e difesa dall'erosione – ripristino vegetazionale: Grate vive con palificate di sostegno ad una parete. Drenaggio e regimazione idrica superficiale: drenaggio superficiale con fascine; drenaggio profondo con fascine morte; rivestimento vegetale di fossi e solchi di erosione. Ricostituzione del manto erboso: semina di miscuglio commerciale e di sfalciato con biostuoia in iuta a maglia media; biofeltro in trucioli di legno e fibra di cocco; biostuoia in paglia. Sono stati sistemati 6.000 mq di versante.
Specie vegetali impiegate	Talee	Talee di salice, tamerice, corniolo, biancospino e fascine di *Arundo pliniana*.
	Piante radicate	Piantine radicate di corniolo, biancospino, rosa canina, prugnolo, ligustro. Sementi di erbacee: *Lolium perenne, Trifolium pratense, Trifolium repens, Lotus corniculatus, Madicago lupulina, Medicago sativa, Vicia sativa, Onobrychis viciifolia, Achillea millefolium, Hedysarum coronarium*

Materiali morti	Tronchi in castagno scortecciati (D15-25 cm); ramaglia; tondino acciaio a.m. D 12 mm; biotessile in juta, biofeltro in trucioli di legno e fibra di cocco, biostuoia in paglia; tessuto non tessuto; tubo microfessurato.
Periodo d'intervento	Autunno 1998 – Maggio 1999
Osservazioni	Ad oggi si può affermare che le tecniche dell'ingegneria naturalistica ben si adattano agli interventi di consolidamento e recupero delle aree calanchive. Il notevole aumento della copertura erbacea fornisce indicazioni promettenti su una certa stabilizzazione e sulla dinamica futura della copertura vegetazionale. Le talee di salice non sono adatte, le talee di tamerice danno buoni risultati se vengono annaffiate durante la prima stagione vegetativa.

DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA

Foto 1: Frana di scivolamento rotazionale sul coronamento. Il fenomeno è diffuso e determina l'arretramento del calanco - Bernabei, Mazzoni, Pei

Foto 2: Visione d'insieme dopo gli interventi alla seconda stagione vegetativa - Bernabei, Mazzoni, Pei

Foto 3: Impluvio secondario. Interventi di rialzamento del fondo, Febbraio 1999. - Bernabei, Mazzoni, Pei

Foto 4: Impluvio secondario, Aprile 2000 - Bernabei, Mazzoni, Pei

Foto 5: Grata, copertura diffusa e palizzate filtranti a lavori ultimati - Bernabei, Mazzoni, Pei

Foto 6: Grata, copertura diffusa e palizzate filtranti alla prima stagione vegetativa - Bernabei, Mazzoni, Pei

SCHEDA INTERVENTI DI INGEGNERIA NATURALISTICA

Compilatore	Paolo Cornelini, Alessandro Trigila
Provincia Località	Lucca, Massa e Carrara Territorio Comunità Montana Alta Versilia
Specificità dell'intervento	Il 19 giugno 1996 un nubifragio di eccezionale violenza ha colpito numerosi comuni dell'Alta Versilia nelle province di Lucca e Massa Carrara, con precipitazioni eccezionali e concentrate su un'area limitata che hanno raggiunto, dalle prime ore del mattino al pomeriggio, i 470 mm a Pomezzana e provocato ingenti danni su un'area di circa 60 Kmq. L'area colpita comprende parte delle Alpi Apuane a ridosso del litorale e coincide con parte del bacino del F. Versilia. Gli interventi di sistemazione idraulico-forestale con tecniche di ingegneria naturalistica effettuati su vastissima scala rappresentano l'esperienza più ampia di impiego di queste tecniche in ambito montano non alpino. La scelta delle tecniche più idonee è stata resa possibile anche grazie ai cantieri sperimentali di ingegneria naturalistica predisposti già nel 1997 e sottoposti poi a monitoraggio. I lavori eseguiti con varie modalità (economia in amministrazione diretta, appalto a cooperative agricolo forestali, etc) hanno avuto positive ricadute sull'occupazione locale
Aspetti vegetazionali dell'area	Il territorio è scarsamente antropizzato con estese coperture forestali caratterizzate, a partire dalla fascia basale verso quella montana, da: querceto-carpineti, cerreto- carpineti, castagneti e faggete
Lineamenti geomorfologici	Le formazioni dominanti appartengono al Complesso Metamorfico Apuano ed alla Falda Toscana con versanti acclivi, valli strette e pareti rocciose che si innalzano fino ai 1869 m del Pania della Croce. A seguito del nubifragio si sono avuti intensi sovralluvionamenti nelle aste fluviali dei fondovalle, derivati da fenomeni gravitativi e dai processi erosivi con volumi superiori al milione di mc e con spessori di oltre 10 m di sedimenti. I fenomeni franosi maggiormente diffusi possono ricondursi a fenomeni di scorrimento traslativo lineare evolutisi in colate di materiali parzialmente saturi o saturi di acqua (Brugioni Marzocchi, 1998), ai quali va aggiunta l'azione erosiva lineare dei corsi d'acqua nelle aste e quella areale del ruscellamento sui versanti. L'eccezionale intensità delle precipitazioni sui detriti di copertura e sui suoli saturi ha comportato l'evoluzione dei dissesti in colate detritiche tipo *debris flow*. Tali dissesti hanno interessato prevalentemente spessori non superiori ai 3 m su versanti con pendenze maggiori di 35° e localizzati in prevalenza sugli affioramenti dei terreni filladico–arenacei della formazione del Pseudomacigno. In corrispondenza degli affioramenti carbonatici c'è stata invece una prevalenza delle azioni erosive lineari.
Obiettivo dell'intervento	Sistemazioni di dissesti franosi e dei corsi d'acqua per ridurre il trasporto solido a valle
Tipologie e dimensioni dell'intervento	Palificate vive doppie, briglie in legname, palizzate, gradonate vive, fascinate drenanti, canalette in legname e pietrame, idrosemine, per un importo di circa 3,5 milioni di euro. Tra le varie decine di lavori va ricordata la sistemazione della frana di Pomezzana che, con una superficie di 13 ettari di interventi di ingegneria naturalistica, sembra risultare la più estesa d'Europa.

Specie vegetali impiegate	Talee	*Salix purpurea* e *Salix eleagnos*.
	Piante radicate	di latifoglie: *Crataegus monogyna, Euonymus europaeus, Cornus sp.pl., Prunus spinosa, Laburnum anagyroides, etc.*
Materiali morti		Tronchi di castagno D 20-30 cm per le palificate; tondame di castagno D 10-12 cm per le canalette, pietrame, picchetti acciaio a.m., geotessuto tridimensionale.
Periodo d'intervento		Dal 1997
Osservazioni		Gli interventi di ingegneria naturalistica di sistemazione e prevenzione dei dissesti, tutti perfettamente riusciti, hanno dimostrato di essere i più idonei in zone lontane dalla viabilità e di elevata qualità ambientale, in quanto riducono al minimo il trasporto di materiali e utilizzano al massimo le risorse presenti in loco. I dissesti hanno interessato molte aree boscate, mettendo in evidenza che l'effetto positivo di aumento della stabilità dei versanti ad opera degli alberi è legato alla capacità degli apparati radicali di ammorsare lo strato di suolo alle fratture del substrato roccioso; ove questo non si verifichi a causa dei forti spessori di suolo o per carenza di fratture nella roccia, l'effetto benefico di stabilizzazione resta per le precipitazioni normali, ma non per quelle eccezionali.

DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA

Foto 1: Frana di Pomezzana (novembre 2000) - A. Trigila

Foto 2: Frana di Pomezzana (giugno 2003) - A. Trigila

Foto 3: Frana T. Cardoso (maggio 2000) - A. Trigila

Foto 4: Frana T. Cardoso (giugno 2003) - A. Trigila

SCHEDA INTERVENTI DI INGEGNERIA NATURALISTICA

Compilatore	Emanuele Guidi del Dipartimento Territorio Ambiente della Repubblica di San Marino
Stato Comune Località	Repubblica San Marino Acquaviva Ca Amadore (*Bacino calanchivo di Fosso del Re*)
Altitudine	200-300 m slm
Esposizione	Nord
Inclinazione del versante	17–35°
Specificità dell'intervento	Bonifica idrogeologica dei bacini calanchivi mediante la realizzazione di briglie in terra e calcestruzzo, con le quali viene riprofilata la pendenza del fosso di fondovalle e con il rimodellamento dei versanti, asportandone le creste e tamponando i burroni. La bonifica ha interessato 13 bacini per una estensione complessiva di circa 1000 ha; a titolo esemplificativo se ne prenderà in esame solamente uno. Alla bonifica primaria sono seguiti interventi di rinaturalizzazione.
Aspetti vegetazionali dell'area	Aggruppamenti vegetali termoxerofili tipici delle aree calanchivive formati da: canneti ad *Arundo pliniana*, praterie con dominanza di *Agropyrum repens* e *Brachypodium pinnatum*, praterie arbustate con dominanza di *Rosa canina*, *Spartium junceum* e *Tamarix gallica*, macchie a *Quercus pubescens* e *Fraxinus ornus*.
Lineamenti geomorfologici	Il bacino di Fosso del Re è costituito dalle Argille Varicolori della Val Marecchia, complesso caotico prevalentemente argilloso nel quale sono incorporati frammenti litologici di varia natura. La tipica morfologia calanchiva a ventaglio con creste inframmezzate da solchi di erosione e burronamenti è stata addolcita con la realizzazione di una serie di briglie in terra ad anfiteatro.
Obiettivo dell'intervento	La bonifica primaria persegue la riduzione della pendenza dei versanti ed il loro consolidamento, nonché la regimazione delle acque superficiali per diminuirne la forza erosiva e contenere l'ampliamento dei processi di dissesto. Questa fase è poi seguita da interventi di rinaturalizzazione con tecniche di ingegneria naturalistica antierosive e/o stabilizzanti, volte a conseguire equilibri sostenibili ed a innescare successioni ecosistemiche.
Tipologie e dimensioni dell'intervento	Rimodellazione dei versanti con mezzi meccanici, costruzione di briglie in terra e di una rete di canalizzazioni per convogliare le acque a valle su una estensione di circa 20 ha (anni 1990-1994). Esecuzione di idrosemina potenziata con mulch su una superficie complessiva di circa 9 ha (anni 1993-1994). Realizzazione di una briglia viva in legname a tre paramenti aventi uno sviluppo lineare complessivo di 25,3 m ed altezza totale di 2,5 m. Realizzazione in un fosso in erosione di n.7 palizzate per impluvi aventi ciascuna un'altezza di 1 m, con sviluppo complessivo degli interventi di 36,8 m (aprile 2003).

Specie vegetali impiegate	Talee	*Tamarix gallica*
	Piante radicate	Arbusti radicati di: *Prunus spinosa, Prunus mahaleb, Fraxinus ornus, Cornus sanguinea, Hippophae rhamnoides, Rosa canina, Spartium junceum, Salix purpurea, Sambucus nigra*
Materiali morti		Tronchi di castagno scortecciati D 8-20 cm; barre di acciaio a.m. D 14-16 mm; fascine di ramaglia.
Periodo d'intervento		Bonifica idrogeologica ed idrosemina: 1990-1994; briglia e palizzate: aprile 2003.
Osservazioni		Gli interventi di bonifica idrogeologica nei bacini calanchivi della Repubblica di San Marino sono iniziati nell'anno 1978 sulla base di un Piano Generale, redatto con la filosofia d'intervento allora messa a punto dal Consorzio di Bonifica di Brisighella. La pressoché completa realizzazione del Piano ha determinato in generale una drastica riduzione dell'erosione e del trasporto solido, un sostanziale consolidamento dei versanti, una diminuzione degli smottamenti ed un potenziale arresto dell'espansione dei dissesti alle aree confinanti. La bonifica primaria ha però comportato anche un cospicuo denudamento dei versanti rimodellati con conseguenti rischi di erosione superficiale, così a partire dal 1993 è stato messo in essere un Piano di Inerbimento delle superfici brulle onde proteggerle e rinaturalizzarle. Per dare attuazione a tale piano sono state sperimentate diverse tecniche di ingegneria naturalistica; la più efficiente è risultata l'idrosemina potenziata con mulch. Gli interventi di inerbimento hanno conseguito una copertura delle pendici pari al 70-80% a seconda delle situazioni, in particolare, i crinali dove affiorano le argille vergini sovraconsolidate sono risultati i più ostici. Nel 2002 è stato costituito a San Marino un Gruppo Interdisciplinare di Esperti in Ingegneria Naturalistica (GIEIN) cui è stato affidato il compito di individuare lo sviluppo progettuale ed esecutivo di tali tecniche su vasta scala, al fine di conseguire una definitiva stabilizzazione e rinaturalizzazione dei calanchi. Il Gruppo ha redatto un primo Piano di Bacino per il Fosso del Re che prevede la realizzazione di 40 interventi, con opere singole o combinate tra loro, la cui attuazione è ripartita in stralci esecutivi e dovrebbe essere completata entro l'anno 2006.

DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA

Foto 1: Panoramica aerea degli interventi di bonifica nel Bacino di Fosso Riva, uno dei più estesi (aprile 1994) - Foto Archivi Dipartimento Territorio e Ambiente RSM

Foto 2: Vista frontale della bonifica del bacino di Fosso del Re dopo l'idrosemina (ottobre 2002) - Foto Archivi Dipartimento Territorio e Ambiente RSM

Foto 3: Briglia viva in legname impiegata per il consolidamento di una nicchia smottata (settembre 2003) - Foto Archivi Dipartimento Territorio e Ambiente RSM

Foto 4: Palizzata per impluvi in erosione (aprile 2003) - Foto Archivi Dipartimento Territorio e Ambiente RSM

SCHEDA INTERVENTI DI INGEGNERIA NATURALISTICA

Compilatore	Federico Boccalaro
Provincia Comune Località	Savona Quiliano Cadibona
Altitudine	293 m slm
Esposizione	Nord
Inclinazione del versante	30 – 45°
Specificità dell'intervento	L'intervento realizzato rappresenta il primo caso, in Regione Liguria, di sistemazione, con tecniche di Ingegneria Naturalistica, di un versante in frana prospiciente una linea ferroviaria. Costituisce inoltre il primo esempio, in Italia, di un cantiere didattico organizzato per operai ferroviari, anticipatamente formati presso la Provincia Autonoma di Bolzano. Il progetto è stato affiancato da un'analisi di redditività economica (metodo del V.A.N.).
Aspetti vegetazionali dell'area	Querceti e castagneti
Lineamenti geomorfologici	Substrato: conglomerato poligenico cementato a franapoggio con coltre superficiale argilloso-sabbiosa di spessore 2-5 m. Frana di colata (*"soil slip"*) di tipo superficiale con venute d'acqua localizzate.
Lineamenti climatologici	Precipitazioni medie annue: 1341 mm (intense e di breve durata). Giorni con pioggia all'anno: 120. Giorni con neve all'anno: 6. Venti: prevalenti da NE con velocità media annua di 3,8 m/s. Temperatura media annua: 15,2 °C. Umidità relativa media annua: 69%. Numero di ore di sole annue: 2218. Clima: mediterraneo.
Obiettivo dell'intervento	Consolidare e rinaturalizzare un pendio franoso con elevato rischio di erosione reso instabile dalle alluvioni del settembre 1992. Formare il personale ferroviario all'utilizzo di tecniche di ingegneria naturalistica per la manutenzione della sede FS.
Tipologie e dimensioni dell'intervento	Lunghezza frana: 100 m. Altezza ciglio frana dal piede: 14 m. Superficie frana: 1100 m^2. Volume di terreno mobilitato: 400 m^3. Area di intervento: 658 m^2. • Grata viva semplice in legname con talee di salice h = 8 m, L = 20 m, maglia di 1,5 m in orizzontale per 1,0 m in verticale. • Rivestimento vegetativo con rete zincata a doppia torsione sovrapposta a biofeltro in fibre miste e trucioli di legno S =280 m^2. • Steccato in legname con talee di salice e piantine radicate su due file L = 7 m. • Fascinata viva stabilizzante con verghe di salice e piantine L = 20 m. Fascinata viva drenante L= 8 m in verticale con diramazioni a spina di pesce. • Cordonata viva con talee di salice e piantine radicate L = 34 m su due file. Semina a spaglio.

Specie vegetali impiegate	Talee	*Salix alba*, *Salix purpurea*.
	Piante radicate	Arbusti in fitocella: *Crataegus monogyna*, *Cornus sanguinea*, *Cytisus scoparius*. Piantine radicate di alberi in fitocella: *Acer campestre*, *Fraxinus ornus*. Miscuglio bilanciato di sementi foraggere: *Festuca sp.*, *Phleum*, *Trifolium sp.*, *Lolium*, ecc. Il CFS ha fornito gratuitamente le piantine
Materiali morti		Tondame di castagno (= 20-30 cm, L= 3-4 m). Ramaglia di castagno. Verghe di salice. Rete zincata a doppia torsione. Elementi di sostegno al piede in spezzoni di rotaie in acciaio. Biofeltro in fibre miste preseminato e preconcimato e biofeltro in trucioli di legno.
Periodo d'intervento		Novembre - Dicembre 1994
Osservazioni		L'analisi di redditività ha dimostrato che l'intervento con tecniche di I.N., rispetto a un lavoro di consolidamento con tecniche tradizionali, risulta più vantaggioso, soprattutto in terreni accidentati. Ciò in quanto consente economia di mezzi, attrezzature e materiali, si ripaga in breve tempo e qualifica le maestranze. Tale esperienza può essere riproducibile in grande scala a condizione che la Produzione Ferroviaria punti maggiormente sull'autonomia di lavoro e di spesa. L'intervento, a distanza di 10 anni ha avuto un completo successo con la messa in sicurezza e la rinaturalizzazione della scarpata.

DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA

Foto 1: La grata durante i lavori novembre 1994 - P.Cornelini

Foto 2: La grata a primavera 1995 - S .Piroli

Foto 3: I lavori a aprile 1995 - F. Boccalaro

Foto 4: I lavori a maggio 1996 - F. Boccalaro

SCHEDA INTERVENTI DI INGEGNERIA NATURALISTICA

Compilatore:	Umberto Bruschini
Provincia Comune Località	Savona Noli - Spotorno Voze e Tosse
Altitudine	30 – 130 m slm
Esposizione	Sud - Est
Inclinazione del versante	10 –40°
Specificità dell'intervento	L'intervento è stato effettuato in due porzioni di area percorsa da due incendi (1988 e 1998, sup.tot. ca. 200 ha) che hanno determinato la completa distruzione della copertura vegetazionale preesistente con consistenti fenomeni di erosione superficiale e con formazioni calanchive diffuse sui versanti a maggiore pendenza. L'intervento di recupero ambientale è stato impostato a partire da opere di difesa del suolo con tecniche di I.N., con impiego di materiali morti per il miglioramento delle caratteristiche del suolo (compost verde e chips legnosi). Sono state realizzate alcune parcelle pilota sperimentali con diverso impiego di chips e compost e di diverse composizioni specifiche di arbusti.
Aspetti vegetazionali dell'area	Arbusteti radi ed aree prive di vegetazione derivanti da ripetuti passaggi del fuoco in pinete a prevalenza di pino marittimo, con piano arbustivo di specie termofile mediterranee, a margine di aree agricole terrazzate e nuclei abitati
Lineamenti geomorfologici	Le due zone di intervento sono caratterizzate dalla formazione dei Porfiroidi del Melogno, a tessitura scistosa pervasiva altamente tettonizzati che hanno favorito l'insorgere di fenomeni di erosione concentrata di grandi dimensioni, e di calanchizzazione lungo le linee di massima pendenza. Sono presenti alcuni dissesti puntuali con movimento per scivolamento traslazionale e rototraslazionale e segni evidenti di erosione areale per ruscellamento diffuso, con coltri minime e roccia subaffiorante diffusa, di evidente origine da incendio (per eliminazione della copertura vegetazionale e danni al suolo)
Obiettivo dell'intervento	• Avvio di processi spontanei di recupero del suolo e della vegetazione, mediante apporto di sostanza organica al suolo e posa a dimora di specie autoctone. • A breve termine, consolidamento dei fenomeni di erosione incanalata e riduzione dell'erosione superficiale. • Applicazione di criteri innovativi per il reimpiego in sito della sostanza organica ancora presente dopo il passaggio del fuoco (impiego di legname per palizzate semplici e chips di risulta da operazioni di bonifica) oltre che per l'uso di compost nel rinterro delle opere di I.N.

Tipologie dell'intervento		• Palificate a doppia parete: n° 113 per volume totale di 1.645 mc. • Palizzate semplici: ml. 2.100 • Grata viva: mq. 55 • Rivestimento con rete in juta: 2.320 mq. • Fornitura e posa di cippato e compost: ca. 470 mc. • Inerbimento manuale e idrosemina: ca. 46.000 mq.
Dimensioni dell'intervento		Superficie complessiva dell'intervento ca. 18 ha.
Specie vegetali impiegate	Piante radicate	*Arbutus unedo, Spartium junceum, Cytisus scoparius, Phyllirea angustifolia, Myrtus communis, Lavandula stoechas, Lavandula officinalis, Erica arborea, Rhamnus alaternus, Calicotome spinosa, Rosa canina., Ceratonia siliqua, Fraxinus ornus*, in massima parte prodotte in vivaio locale in fitocella.
Materiali morti impiegati		• Tondame di castagno scortecciato Ø 18-20 cm e Ø 8-12 cm., • tondino in acciaio Ø 12-14 mm., • rete biodegradabile in fibra di juta 550 gr./mq., • chips legnosi, • compost verde, • pietrame reperito in loco, • materiali per idrosemina, • terra di coltivo, • paglia
Periodo d'intervento		Novembre 2003 – giugno 2004
Osservazioni		A pochi mesi dall'ultimazione degli interventi si può rilevare come le opere di I.N. abbiano efficacemente consolidato i fenomeni di dissesto attivi e le aree a maggiore calanchizzazione, con un soddisfacente livello di attecchimento della vegetazione posta a dimora (circa il 90 %) con ottimi accrescimenti per le ginestre (60-80 cm. in 4 mesi), ma anche per corbezzolo, orniello, etc.; per le zone ad erosione areale diffusa (con impiego di palizzate semplici e semine) si rilevano analoghi livelli di attecchimento, ma la minore intensività dell'intervento comporterà effetti positivi rilevabili a partire dalle prossime riprese vegetative. I buoni livelli di attecchimento delle piantine sono dovuti anche all'impiego di specie autoctone, giovani (1-2 anni di età), coltivate in loco. L'apporto di materiali organici in copertura (chips, compost e paglia) risulta assolutamente favorevole sia alle piantagioni (i chips svolgono anche una efficace azione pacciamante) che alle semine, migliorando il substrato e svolgendo, a breve termine, anche una efficace azione antierosiva sul terreno; si osservano evidenti differenze di attecchimento delle semine tra aree con apporto di sostanza organica ed aree prive di esso.

DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA

Foto 1: Tratto di versante con fenomeni di erosione incanalata nell'area di Tosse (Spotorno), ad inizio lavori (febbraio 2004) - U.Bruschini

Foto 2: Lo stesso tratto di versante (Tosse, Spotorno) ad ultimazione dei lavori di consolidamento con serie di palificate in legname a doppia parete marzo 2004 - U.Bruschini

Foto 3: Lo stesso tratto di versante , a circa 45-50 giorni dalla ripresa vegetativa maggio 2004 - U.Bruschini

Foto 4: Accumulo di compost e ramaglia derivante da operazioni di bonifica (da sminuzzare con cippatrice), per l'apporto di sostanza organica al terreno aprile 2004 - U.Bruschini

Foto 5: Impiego di mezzi meccanici leggeri per la realizzazione di opere di I.N., a margine di viabilità di servizio – febbraio 2004 - U.Bruschini

Foto 6: Sistemazione di piccoli solchi di erosione con brevi tratti di palificate a doppia parete, a circa 30-40 giorni dalla ripresa vegetativa – maggio 2004 - U.Bruschini

Foto 7: Effetti dell'idrosemina in tratto di versante trattato con apporto di chips legnosi e compost, a circa 40 giorni dall'intervento – giugno 2004 - U.Bruschini

SCHEDA INTERVENTI DI INGEGNERIA NATURALISTICA

Compilatore		Staffler Julius
Provincia Comune Località		Bolzano Stelvio Fracches
Altitudine		1600 – 1650 m slm
Esposizione		Nord
Inclinazione del versante		39 – 48°
Specificità dell'intervento		Stabilizzazione di una frana in pendio ripido, formatasi dopo di che il torrente sottostante ha scavato il piede del pendio.
Aspetti vegetazionali dell'area		Ambito forestale (conifere) ed agricolo (prati e pascoli)
Lineamenti geomorfologici		La frana si è formata su depositi morenici con materiale non stratificato e, almeno in parte poco coesivo. Una volta eroso il piede del pendio il materiale sovrastante si é mobilizzato.
Obiettivo dell'intervento		Stabilizzazione di una frana di tipo traslazionale ad alta pendenza con prevalenza di erosione superficiale, per evitare il trasporto di materiale nell'alveo del Rio Plaz sottostante.
Tipologie dell'intervento		Sono stati costruite due file di palificate vive (23m x 2,4m x 2m e 26m x 2,4m x 2m): Su quello superiore si appoggia una grata viva, lunghezza max. 30m, larghezza max. 26m
Specie vegetali impiegate	Talee	
	Piante radicate	Piante a radice nuda: *Sorbus aucuparia, Alnus incana, Prunus padus, Salix appendiculata*
Materiali morti		Tronchi di larice scortecciati, rotaie ferroviarie
Periodo d'intervento		Maggio 2003
Osservazioni		Tra le due palificate, dove non è stata costruita una grata viva nell'autunno 2003 si è mobilizzata una piccola frana superficiale durante una pioggia intensa. La zona piú ripida stabilizzata con una grata viva, invece, non si è mossa. Il solo rinverdimento ancora rado non è stato sufficiente come protezione dall'erosione superficiale.

DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA

Fasi sequenziali d'intervento:

Foto 1

Foto 2

Foto 3

SCHEDA INTERVENTI DI INGEGNERIA NATURALISTICA

Compilatore		Staffler Julius
Provincia Comune Località		Bolzano Prato allo Stelvio Montechiaro
Altitudine		1150 m slm
Esposizione		Nord
Inclinazione del versante		30 – 33°
Specificità dell'intervento		Stabilizzazione di varie frane laterali nel corso inferiore del Rio Cavallaccio
Aspetti vegetazionali dell'area		Ambito forestale (bosco ad alto fusto di conifere)
Lineamenti geomorfologici		Il Rio Cavallaccio scorre in questo tratto lungo una linea di fattura geologica, dove si è approfondito abbastanza velocemente, scavando in roccia degradata. Per evitare l'erosione dell'alveo é stata costruita una serie di briglie di consolidamento in calcestruzzo armato. Sui pendii laterali, in particolar modo su quelli in destra orografica, caratterizzati da materiale piú frammentato e degradato si stavano instaurando varie frane, che continuavano a riversare materiale al torrente.
Obiettivo dell'intervento		Stabilizzazione di frane traslazionali laterali con prevalenza di erosione superficiale, evitando il trasporto di materiale nell' alveo del Rio Cavalaccio sottostante.
Tipologie dell'intervento		Sono state costruite file di gradonate vive
Specie vegetali impiegate	Talee	Talee di salice (*Salix purpurea*)
	Piante radicate	Piante a radice nuda: *Sorbus aucuparia, Alnus incana, Prunus padus, Fraxinus excelsior, Lonicera xylosteum, Sambucus nigra, Viburnum opulus*
Materiali morti		Tondami di legno per collegare e strutturare le gradonate
Periodo d'intervento		Maggio 2004

DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA

Sequenza d'intervento:

Foto 1

Foto 2

Foto 3

SCHEDA INTERVENTI DI INGEGNERIA NATURALISTICA

Compilatore		Staffler Julius
Provincia Comune Località		Bolzano Prato allo Stelvio Montechiaro
Altitudine		1300 – 1350 m slm
Esposizione		Nord
Inclinazione del versante		25° – 30°
Specificità dell'intervento		Stabilizzazione di una frana laterale nel corso inferiore del Rio dell'Alpe
Aspetti vegetazionali dell'area		Ambito forestale (bosco ad alto fusto di conifere)
Lineamenti geomorfologici		Nel corso inferiore il Rio dell'Alpe si è approfondito notevolmente scavando in materiale morenico poco coesivo. Per evitare ulteriore erosione nell'alveo é stata costruita una serie di briglie di consolidamento in calcestruzzo armato. Sul pendio laterale, in orografica destra, si é formata una frana con continuo apporto di materiale nel torrente.
Obiettivo dell'intervento		L'obiettivo dell'intervento era di stabilizzare la frana evitando il trasporto di materiale nell' alveo del Rio dell'Alpe sottostante.
Tipologie dell'intervento		Sono state costruite file di gradonate vive
Specie vegetali impiegate	Talee	Talee di salice (*Salix purpurea*)
	Piante radicate	Piante a radice nuda: *Alnus incana, Sorbus aucuparia, Prunus padus, Fraxinus excelsior, Lonicera xylosteum, Sambucus nigra*
Materiali morti		Tondami di legno per collegare e strutturare le gradonate
Osservazioni		A differenza della parte inferiore della sistemazione, la parte superiore è stata sottoposta a brucatura da pare della selvaggina. Si nota una minor crescita rispetto alla parte inferiore.

SCHEDA INTERVENTI DI INGEGNERIA NATURALISTICA

Compilatore		Alexander Pramstraller
Provincia Comune Località		Bolzano Prato allo Stelvio
Altitudine		1.050 m slm
Esposizione		SSW
Inclinazione del versante		30-40°
Specificità dell'intervento		Il progetto rappresenta diversi interventi di ingegneria naturalistica con l'obiettivo di sistemare un'erosione spondale causata da intense precipitazioni dell'anno 1987
Aspetti vegetazionali dell'area		Ambito boschivo (prevalenza di larici e abeti); vegetazione riparia
Lineamenti geomorfologici		Micascisti quarziferi, paragneis, morene
Obiettivo dell'intervento		I lavori hanno riguardato un' area franosa sulla sponda sinistra del rio Solda, innestatasi a seguito di intense precipitazioni nel 1987; area interessata: ca. 5.500 m²
Tipologie dell'intervento		• scoronamento 160 m, gradonate vive 1.440 m², idrosemina 5.400 m², piantagione di latifoglie 4.800 m² • gradonate vive 770 m², idrosemina 3.700 m², fascine drenanti 137 m, piantagione di latifoglie 3.100 m² • costruzione di 3 palificate vive a parete doppia con le dimensioni h 2,5 m L 20 m; h 2,2 m L 66,2 m; h 2,1 m L 35,3 m, rinverdimento biostuoia di juta e paglia 680 m², idrosemina 4.200 m²; palificata viva a parete doppia 166 m³
Specie vegetali impiegate	Talee	Talee di *Salix purpurea* e *Salix caprea*;
	Piante radicate	Arbusti radicati: *Almus incana, Prunus padus, Fraxinus excelsior, Sarbus aucuparia, Cornus sanguinea*
Materiali morti		Tronchi di larice D 18-28 cm, barre d'acciaio, biotessile di juta, semente, paglia, concime
Periodo d'intervento		1): primavera 1989; 2): primavera 1990; 3): primavera 1994; 4): primavera 1995
Osservazioni		Gli interventi di ingegneria naturalistica hanno garantito la sistemazione dell'erosione spondale. Le piante hanno raggiunto un'altezza di 2-4 m e la sponda si presenta ben rinverdita.

CAPITOLO 23

Interventi di manutenzione

L. Mazzanti, L. Guarnieri, F. Preti

23.1 Introduzione

Con la legge 18 maggio 1989 n°183, "Norme per il riassetto organizzativo e funzionale della difesa del suolo", si è recepita la necessità di provvedere ad un'opportuna gestione programmatica del suolo, inteso come insieme di risorse formanti il territorio nazionale, dal suolo vero e proprio alle acque superficiali e sotterranee, agli abitati e alle opere infrastrutturali. Si è introdotto il concetto di intervento di riassetto idrogeologico e idraulico-forestale a livello di bacino idrografico individuando, nelle attività di pianificazione, programmazione e attuazione, gli obiettivi di conservazione e recupero del suolo.

In seguito al D.L. 11 giugno 1998, n°180 e successive modifiche, la perimetrazione delle aree da proteggere da eventuali crisi dell'assetto di versanti collinari, montani e di alvei fluviali dovute rispettivamente ad eventi franosi e piene, ha costituito la premessa per una pianificazione organica e sistematica del territorio, sviluppata nell'ambito di piani di bacino e di uno specifico piano stralcio del rischio idrogeologico e geomorfologico.

Tra le misure di salvaguardia del territorio si possono indicare le tecniche di ingegneria naturalistica che la normativa "Atto di indirizzo e coordinamento alle regioni recante criteri e modalità per la redazione dei programmi di manutenzione idraulica e forestale" D.P.R. 14 aprile 1993, classifica nell'ambito degli interventi a carattere manutentorio. Come già accennato nel manuale, queste tecniche perseguono tra gli obiettivi tecnico-funzionali le finalità proprie della manutenzione del territorio consistenti nella realizzazione di interventi antierosivi, consolidanti e di rinaturazione, non comportando alterazioni permanenti dello stato dei luoghi.

Non si deve dimenticare che le opere di ingegneria naturalistica, ormai inserite dalla legge quadro L. 109/94 tra le attività di lavori pubblici, non si considerano concluse al termine dell'esecuzione dell'impianto (Paiero P. et al., 1996) ma, per loro natura, si associano alla prescrizione di un iniziale piano di manutenzione.

Si precisa che, in generale, per manutenzione si intende, secondo la definizione dell'Ente Nazionale Italiano di Unificazione (UNI), la combinazione di tutte le azioni tecniche e amministrative, incluse le azioni di supervisione, volte a mantenere o a riportare un'entità in uno stato in cui questa possa eseguire le funzioni richieste (Puma F., 2000).

In particolare la manutenzione idraulico-forestale di versanti e torrenti identifica tutte le operazioni con lo specifico compito di mantenere o ripristinare l'originaria funzionalità, qualità ed efficienza di una pendice o di un corso d'acqua.

La manutenzione delle opere prevede un programma di visite periodiche e di interventi da attuare una volta completata e "presa in carico" l'opera da parte della committenza. Tutte le operazioni di mantenimento, spettanti alla ditta realizzatrice prima del collaudo definitivo, si devono invece considerare esterne alla manutenzione e, quindi, regolate dalle norme di carattere generale e dalle prescrizioni specifiche riportate nei capitolati speciali di appalto relativi al progetto di costruzione dell'opera stessa. Di conseguenza nel presente capitolo si considerano soltanto le manutenzioni successive al collaudo e per l'intera durata funzionale delle opere, con l'esclusione delle prescrizioni generali di mantenimento antecedenti il collaudo.

La manutenzione dei corsi d'acqua, nelle direttive regionali "Criteri progettuali per l'attuazione degli interventi in materia di difesa del suolo nel territorio della Regione Lazio" D.G.R. 28 maggio 1996 n° 4340, prevede e raccomanda al punto 2, ogni qualvolta possibile, l'utilizzo delle tecniche di ingegneria naturalistica, entro cui rientra il taglio selettivo della vegetazione. Si ritiene quindi efficace una sistemazione estensiva che impiega anche esclusivamente le fasce di vegetazione ripariale nel ruolo di prevenzione e controllo del rischio idraulico.

In base a tale classificazione si identifica la manutenzione idraulico-forestale condotta con gestione selettiva della vegetazione come intervento con criteri naturalistici, tale da permettere da un lato l'attenuazione degli effetti di eventi meteorici critici e dall'altro la tutela delle consociazioni riparie.

Di seguito, si espongono criteri per la manutenzione di opere di ingegneria naturalistica (schemi di monotoraggio, programmi di manutenzione diretta e indiretta) e di corsi d'acqua collinari e montani (manutenzione della vegetazione ripariale), derivati dalla valutazione di programmi di difesa del suolo (Baldini et al., 1992; Fani, 1997; Fani, 2000; Mazzanti et al., 2004) e da ricerche in ambito appenninico (Guarnieri, 2004; Preti e Guarnieri, 2005).

23.2. Schemi di monitoraggio

Il monitoraggio di post-realizzazione consiste nell'esecuzione di sopralluoghi in almeno due periodi dell'anno, quello primaverile e quello autunnale, per almeno due stagioni vegetative durante le quali si dovrà verificare l'attecchimento e la buona salute delle specie impiantate, nonché il regolare grado di sviluppo delle semine, talee, arbusti e piante arboree.

Tali sopralluoghi successivi si rivelano indispensabili per determinare quali tipi di interventi di manutenzione si dovranno attuare nelle stagioni immediatamente successive. Una volta attuati gli interventi di manutenzione la fase di monitoraggio si protrae per un ulteriore stagione vegetativa allo scopo di verificare l'efficacia degli interventi effettuati. In caso di esito positivo, a meno di eventi calamitosi o eccezionali, si ripete il monitoraggio dopo un periodo di tempo più lungo.

L'esecuzione del monitoraggio di cui sopra si presenta di frequente troppo gravosa per una completa realizzazione e quindi si ritiene sufficiente affrontare la visita periodica alle opere con una frequenza più o meno ridotta rispetto alle condizioni ottimali a seconda dei fattori ordinari o straordinari che costituiscono il contesto della stessa:

1) FATTORI ORDINARI

a. Presenza di opere complementari e di presidio per la struttura stessa;
b. presenza di agenti aggressivi quali le sostanze inquinanti nell'acqua;
c. caratteristiche intrinseche dei bacini dove vengono realizzate le opere, quali un elevato trasporto solido o la presenza di movimenti di versante;
d. importanza delle opere in relazione alle dimensioni;
e. grado di antropizzazione del territorio;
f. materiali inerti e vivi usati nella sistemazione;

2) FATTORI STRAORDINARI

a. eventi naturali con carattere di eccezionalità: alluvioni, valanghe, slavine, frane, terremoti;
b. incendi;
c. attività antropiche.

Si riporta il piano teorico di monitoraggio delle principali opere di ingegneria naturalistica, articolato in turni di visita (Tab. 23.1).

TIPOLOGIA OPERA	TURNO DI MONITORAGGIO (1-5 anni)	TURNO DI MONITORAGGIO (oltre a 6 anni)
Palificata viva doppia	**2**	**5**
Palificata viva semplice	**2**	**5**
Canalette legname e pietrame	**1**	**2**
Gabbionata rinverdita	**2**	**5**
Scogliere rinverdite	**2**	**5**
Drenaggi vivi	**3**	**3**
Terre armate	**2**	**10**
Grate vive	**2**	**5**
Coperture diffuse	**2**	**10**
Muri a secco	**4**	**5**
Repellenti vivi	**2**	**5**

Tab. 23.1: Piano teorico di monitoraggio per le principali opere di I.N.

SCHEDA MONITORAGGIO		
Data realizzazione opera		
Data sopralluoghi	**Data primo sopralluogo**	
	Data secondo sopralluogo	
	Data ultimo sopralluogo	
Tipologia dell'opera monitorata		
Stato di manutenzione nei riguardi della stabilità globale		
Stato di manutenzione nei riguardi della stabilità strutturale		
Stato di sviluppo della vegetazione impiantata nell'opera		
Stato di sviluppo della vegetazione naturale connessa direttamente con la funzionalità dell'opera		
Descrizione dei dissesti o degli elementi deteriorati o asportati		
Descrizione del tipo di intervento sommario da prevedersi per la risoluzione del problema		
Urgenza dell'intervento di manutenzione		

Tab. 23.2: Scheda di monitoraggio per le opere di I.N.

Qualora ricorrano i fattori ordinari di cui al punto **1)** a. il turno del monitoraggio può essere prolungato in quanto la stabilità globale è maggiormente garantita dalle opere complementari; nel caso ricorrano uno o più fattori di cui alle lettera **1)** b. ed **1)** e. è discrezione del tecnico addetto alla programmazione prevedere turni di monitoraggio più brevi di quanto proposto. Non si ritiene opportuno indicare turni di visita specifici in quanto questi sono estremamente variabili e dipendenti dall'intensità di ogni singolo fattore.

Nel caso ricorrono i fattori straordinari di cui al punto 2) si procede alla visita immediata delle opere per la verifica di entrambe le stabilità.

Risulta chiaro che i turni proposti nei riguardi della stabilità globale, qualora non intervengono variazioni nei fattori ordinari o non si presentino i fattori straordinari di cui al punto 2), possono essere allungati essendo il tempo un elemento stabilizzante nei confronti della medesima; per contro nei riguardi della stabilità strutturale interna la vetustà del manufatto è fattore negativo e quindi tende a contrarre il turno.

Si riporta una proposta di scheda di monitoraggio da compilare in sede di sopralluogo di campagna (Tab. 23.2).

23.3 Programmi di manutenzione delle opere

23.3.1 Aspetti generali

Il successo di un intervento di ingegneria naturalistica è correlato anche alla predisposizione di un programma periodico di manutenzione che garantisca, nel medio periodo di 5-6 anni, un monitoraggio costante dell'opera e dei relativi interventi. Tali programmi devono essere parte integrante di progetto e, secondo la scelta della stazione appaltante, rientrare nell'appalto di realizzazione o costituirne uno successivo ad ultimazione opera.

Nel primo caso, quindi, nel capitolato speciale d'appalto si contemplano le norme di monitoraggio con la relativa copertura finanziaria prevista nel computo metrico estimativo; mentre nel secondo caso si prevede la stipula di contratti specifici di manutenzione.

La difficoltà tecnica delle operazioni di manutenzione induce a preferire l'affidamento lavori a ditte specializzate nel settore agro-forestale, assicurando in tal modo da un lato una manodopera competente e dall'altro, per i minori costi di contratto degli operai, un abbattimento degli oneri per la stazione appaltante.

Si suggerisce di operare in modo differenziato indicando, per le opere di ingegneria naturalistica complementari a quelle esistenti e affidate quindi direttamente ad imprese, la separazione tra il monitoraggio e la manutenzione post-costruzione, contemplata in appalti successivi. Negli altri casi si procede con appalti aperti a ditte specializzate del settore agro-forestale includendo le manutenzioni nell'impostazione iniziale del progetto.

Come già accennato gli interventi di manutenzione si suddividono in manutenzione diretta e manutenzione indiretta rivolti rispettivamente al presidio della stabilità strutturale interna e di quella globale dell'opera.

Quindi si identificano come manutenzioni dirette le operazioni che interessano direttamente una porzione dell'opera al fine di recuperarne la funzionalità, mentre quelle indirette riguardano interventi di miglioramento o protezione dell'opera nel suo complesso e nel rapporto con l'ambiente.

Indipendentemente dalla necessità di intervento a causa di problematiche connesse alle stabilità sopra dette, dovranno comunque essere previsti interventi di manutenzione sulla vegetazione naturale. Questa, se non controllata, potrebbe infatti compromettere la funzionalità del manufatto innescando meccanismi che potrebbero inficiare la stabilità globale o di singole porzioni.

Il turno di manutenzione operativa relativo a tale fase, se connesso, allo sviluppo di specie erbacee o arbustive, può anche essere annuale o biennale, mentre per quanto concerne le specie arboree sarà sicuramente di medio termine (5-6 anni).

In fase operativa, quando il monitoraggio segnala la necessità di intervento, si procede alla quantificazione del danno subito ed alla successiva sistemazione. Nel caso in cui si presentino problemi che compromettono la stabilità globale si interviene realizzando opere complementari e di presidio (es. fossi di guardia, soglie di fondo, etc...); nel caso in cui sia compromessa la stabilità interna si dovrà ovviamente intervenire operando una sostituzione parziale o totale degli elementi deteriorati.

Nella trattazione del presente capitolo si descrive il programma di manutenzione ordinaria alle opere di ingegneria naturalistica realizzato nel Comprensorio del Casentino (Mazzanti L., Guarnieri L., 2003) per i seguenti dissesti a carico delle principali opere di versante e corso d'acqua:

1) Briglie in legname

a. deterioramento o asportazione da parte della corrente degli elementi di rivestimento della gaveta;
b. deterioramento di porzioni di struttura;
c. asportazione del materiale di riempimento dell'opera;
d. scalzamento verticale o sulle spalle dell'opera;
e. ribaltamento dell'opera;
f. sviluppo di vegetazione arborea in alveo o sul corpo briglia;

2) Canalette in legname e pietrame

a. deterioramento di porzioni di struttura;
b. asportazione del materiale lapideo di rivestimento del fondo;
c. sviluppo di vegetazione erbacea, arbustiva o arborea dentro la canaletta;
d. occlusione dovuta a cedimenti strutturali;

3) Canalette in legname con fondo impermeabilizzato

a. rottura del rivestimento impermeabilizzante;

b. deterioramento di porzioni di struttura;
c. sviluppo di vegetazione erbacea, arbustiva o arborea dentro la canaletta;

4) Palificate vive di sostegno doppie o semplici

a. deterioramento di porzioni di struttura;
b. asportazione del materiale di riempimento dell'opera;
c. franamento del versante a monte dell'opera con copertura della stessa;
d. scalzamento verticale dell'opera (opere in alveo);

5) Scogliere rinverdite con talee

a. asportazione o movimento di porzioni dell'opera;

6) Grate vive

a. deterioramento di porzioni di struttura;
b. dilavamento terroso da parte di agenti atmosferici.

23.3.2 Manutenzione diretta delle parti vegetali

Per manutenzione diretta delle porzioni vive di un'opera, si intendono quelle cure colturali necessarie a favorire il massimo sviluppo della pianta nella porzione ipogea dell'apparato radicale.

La finalità di tali interventi si rivela duplice per accelerare, in un primo tempo, i processi di consolidamento delle parti vegetali nei primi anni di vita dell'opera e, in seguito, per mantenere gli equilibri statici ottenuti e nel contempo favorire l'affermarsi di una consociazione vegetale stabile e definitiva, in sostituzione di quella impiantata artificialmente.

Qualora in fase progettuale ed esecutiva sia possibile utilizzare specie autoctone presenti sul luogo di intervento, le manutenzioni dirette comportano una incidenza economica minore; difatti non si rendono necessari i tagli di selezione per eliminare progressivamente le specie pioniere impiantate.

Si riporta una classificazione degli interventi principali a carico della componente vegetale previsti per le opere di ingegneria naturalistica:

a) Sfalcio delle infestanti consistente nel taglio delle specie erbacee infestanti allo scopo di favorire l'insediamento delle specie autoctone. Si esegue durante la seconda stagione vegetativa dopo l'impianto e ripetuto, con cadenza biennale o annuale, al fine di favorire l'insediamento delle specie autoctone presenti in zona (Foto 23.1).

Si prevede l'uso di decespugliatore munito di testa rotante con filo o disco ed il rilascio del materiale di risulta per mantenere una maggiore umidità, e creare nel contempo uno strato di sostanza organica per migliorare le caratteristiche del terreno. L'operazione richiede molta cura per non danneggiare sia la vegetazione impiantata artificialmente che quella naturale in fase di insediamento (Foto 23.2).

b) Potatura di formazione consistente nel taglio della parte aerea delle talee per favorire un maggiore sviluppo dell'apparato radicale della pianta. Includendo anche le opere a verde, che già configurano un'associazione definitiva o semi-definitiva, si esegue nella seconda e quarta stagione vegetativa, durante il periodo di riposo.

Si prescrive l'impiego del seghetto da potatura in modo che il taglio sia netto, escludendo l'uso di motoseghe, decespugliatori e quanto altro possa provocare sfibrature nelle talee e compromettere la vita della pianta (Foto 23.3, 23.4). Il materiale di risulta che proviene dalle potature eseguite può essere riutilizzato per la realizzazione di nuove opere o per il recupero delle fallanze; le opere esistenti possono quindi essere considerate alla stregua di un vivaio con il conseguente risparmio economico nelle manutenzioni per il facile reperimento del materiale.

Foto 23.1: Particolare canaletta in legname pietrame.

Foto 23.2: Rinnovazione naturale di Ontano nero su palificata doppia.

Foto 23.3: Potatura di formazione in palificata viva di sostegno doppia.

Foto 23.4: Particolare potatura di formazione in talee di salice bianco e salice rosso.

c) Recupero delle fallanze consistente nella sostituzione delle piante, delle talee o l'esecuzione di nuove semine che non hanno attecchito. Si compie nel primo anno successivo all'impianto preferibilmente in periodo primaverile o autunnale e, comunque, se tali periodi dovessero essere esclusi, si prevedono tutti gli accorgimenti necessari per garantire la riuscita dell'intervento come, ad esempio, annaffiature e messa a dimora di nuove piantine in vaso.

Per l'inserimento delle talee, fornite dall'intervento di potatura di formazione o dal diradamento dell'opera o di quelle nelle vicinanze (Foto 23.5), si prevede inizialmente l'impiego di punta-palo per creare lo spazio di alloggio delle stesse e successivamente l'inserimento con la mazza (Foto 23.6). In questa fase di intervento risulta importante il diametro di talea scelto e, per evitarne la rottura, si preferiscono misure dai tre ai cinque centimetri di diametro.

Foto 23.5: Recupero delle fallanze in una palificata viva di sostegno doppia

Foto 23.6: Particolare dell'inserimento delle talee

d) Diradamento delle talee impiantate consistente nel taglio selettivo delle piante arboree, finalizzato ad indirizzare la biodiversità verso una selezione positiva per le specie autoctone rupicole. Si interviene dopo non meno di cinque stagioni vegetative e comunque solo quando si valuta con sicurezza che il taglio non pregiudichi la stabilità dei terreni. L'intervento si estende, inoltre, a piante che raggiungono uno sviluppo eccessivo per la struttura inerte dell'opera o il deflusso delle acque e nel caso in cui certe specie di impianto tendano a sottomettere completamente le altre specie.

Si realizza con l'impiego della motosega recidendo alla base le piante che tendono a prevalere e rinnovando l'intervento finché le specie autoctone semi-definitive non si affermano. Il legname e la legna risultato del taglio viene allestito ed allontanato fino al più vicino imposto lungo il ciglio strada; si completa l'intervento con la distruzione del materiale di risulta per non intralciare il normale scorrimento delle acque.

In alcune situazione si è costretti ad operare un diradamento quando le specie impiantate raggiungono uno sviluppo eccessivo sia come numero di soggetti che come vigoria, tale da compromettere la fruibilità e l'accessibilità ai luoghi.

e) Taglio della vegetazione arborea consistente nel taglio delle piante arboree naturali che hanno raggiunto uno sviluppo eccessivo a scapito del normale deflusso delle portate di piena, nei pressi delle opere realizzate. Si esegue con l'impiego di attrezzatura forestale quindi motosega, trattore munito di verricello e carrucola di rinvio, quest'ultima per evitare il danneggiamento alle opere e permettere l'abbattimento control-

TIPOLOGIA OPERA	TIPOLOGIA INTERVENTO	STAGIONE VEGETATIVA (del primo intervento)	TURNO	NUMERO DI TURNI
Scogliere con talee	**recupero delle fallanze**	2 (seconda)		
	potatura di formazione	2 e 4	2 anni	2 volte
	diradamenti	6	4 anni	1 volta
Grate vive	**recupero delle fallanze**	2		
	potatura di formazione	2 e 4	2 anni	2 volte
	diradamenti	6	4 anni	1 volta
	sfalcio	2	2 anni	3 volte
Palificate doppie e semplici	**recupero delle fallanze**	2		
	potatura di formazione	2 e 4	2 anni	2 volte
	diradamenti	6	4 anni	1 volta
Gradonate	**recupero delle fallanze**	2		
	potatura di formazione	2 e 4	2 anni	2 volte
	diradamenti	6	4 anni	1 volta
	sfalcio	2	2 anni	3 volte
Gabbionate rinverdite	**recupero delle fallanze**	2		
	potatura di formazione	2 e 4	2 anni	2 volte
	diradamenti	6	4 anni	1 volta
Graticciate vive	**potatura di formazione**	2 e 4	2 anni	2 volte
	diradamenti	6	4 anni	1 volta
Drenaggi	**diradamenti**	6	4 anni	1 volta
Repellenti vivi	**recupero delle fallanze**	2		
	potatura di formazione	2 e 4	2 anni	2 volte
	diradamenti	6	4 anni	1 volta
Coperture diffuse	**concimazioni**	2 e 4	2 anni	2 volte
	diradamenti	6	4 anni	1 volta

Tab. 23.3: Interventi di manutenzione diretta alle componenti vegetali.

lato degli alberi. Il legname risultato del taglio viene allestito ed allontanato fino al più vicino imposto lungo il ciglio strada. Si completa l'intervento con il depezzamento e la distruzione del materiale di risulta per non intralciare il normale scorrimento delle acque.

Gli interventi suddetti sono articolati per ciascuna tipologia di opera di ingegneria naturalistica definendo delle sequenze specifiche di intervento (Tab. 23.3):

23.3.3 Manutenzione diretta delle parti inerti

Per manutenzione alle porzioni inerti di un'opera si intendono tutte quelle operazioni tese a salvaguardare la stabilità strutturale interna dell'opera. In attesa che il materiale vegetale raggiunga un sufficiente sviluppo tale da assolvere la funzione strutturale, si rivela necessario garantire l'integrità della struttura inerte per contrastare, per un periodo di 10 anni dopo l'impianto, l'azione che ha generato il dissesto.

Si elencano le principali casistiche di intervento per la manutenzione diretta agli elementi inerti:

1) Deterioramento di porzioni di opera consistente nella manutenzione puntuale agli elementi in legname o pietrame delle opere. Si prevede la sostituzione o l'integrazione di singoli elementi strutturali, ogni qualvolta un sopralluogo evidenzia un cedimento strutturale dell'opera, imputabile al deterioramento di alcune porzioni. Nella maggior parte dei casi si provvede al rinforzo dei singoli elementi deteriorati tramite il ripristino dei fissaggi o l'accoppiamento di nuovi elementi. La causa principale dei cedimenti è da ricercarsi nella precoce degradazione del legname, dovuto generalmente ad errate operazioni attuate in fase di preparazione ed in fase costruttiva.
2) Asportazione di porzioni d'opera. Si verifica nelle opere di difesa di sponda quando, a causa di eventi eccezionali, possono essere divelte intere parti delle opere. L'intervento prevede principalmente lo smontaggio e la sostituzione delle parti danneggiate; naturalmente, se durante tali operazioni si danneggiano le porzioni vive dell'opera, si deve procedere alla ripetizione dell'impianto. Tali dissesti sono

più frequenti in opere con un numero contenuto di anni di vita, entro i quattro; quindi nella condizione in cui le parti vegetali non sono ancora riuscite ad affermarsi nel terreno e a contrastare i fenomeni scatenanti.

3) Rottura della rete nelle gabbionate rinverdite frequenti nelle opere di difesa di sponda, nei torrenti montani o con un notevole trasporto solido. I sassi trasportati dalla corrente, in occasione di piene, a causa del continuo sfregamento o della battuta violenta contro l'opera, causano rotture del filo di ferro zincato che costituisce la struttura portante del gabbione. Occorre intervenire con urgenza per la riparazione di tale rotture in quanto, essendo il fenomeno autoesaltante, il non intervento porterebbe ad un rapido svuotamento del materiale di riempimento del gabbione con totale perdita di funzionalità dell'opera. Nelle opere di versante è meno probabile che si verifichino rotture della rete metallica; tale occasione si verifica comunque a carico di opere che ormai hanno diversi anni di vita, dove pertanto le zincature ormai vetuste non proteggono più il filo di ferro contro l'azione corrosiva della ruggine. L'intervento di riparazione consisterà nella sovrapposizione di rete nuova sulle porzioni divelte, arrivando allo smontaggio con la ricostruzione di alcune porzioni quando l'opera ha subito un notevole danno con svuotamento.
4) Manutenzione delle canalette di drenaggio superficiale consistente nella manutenzione a carico delle canalette che assolvono la funzione di regimazione delle acque superficiali. L'intervento prevede la sostituzione delle parti, solitamente legnose, danneggiate.

23.3.4 Manutenzione indiretta delle parti vegetali

Si identificano come manutenzioni indirette tutte quelle operazioni tese a migliorare e proteggere lo sviluppo della componente vegetale delle opere e a tutelarne la stabilità in generale; quindi tutti gli interventi non direttamente realizzati sull'opera medesima, ma di presidio o complemento.

Si riporta di seguito le descrizione degli interventi di manutenzione indiretta da compiere a carico delle parti vegetali delle opere:

1) Sarchiature per contenere lo sviluppo delle specie infestanti, per favorire la circolazione dell'aria e per ridurre l'evapotraspirazione. L'intervento presenta numerose azioni benefiche ma, vista l'obbligatorietà di esecuzione a mano con l'ausilio di zappe, comporta notevoli costi di esercizio. Negli interventi già attuati si interviene almeno nelle prime tre stagioni vegetative, fino a quando la pianta utilizzata riesce a vincere la concorrenza interspecifica.
2) Concimazioni consistenti nell'uso di sostanze organiche, come il letame, per migliorare la struttura dei terreni, allo scopo di facilitare l'attecchimento e la crescita delle piante o della vegetazione erbacea e arbustiva impiantata. Pur essendo di tipo preventivo si può rendere necessario, a seguito di eventi piovosi intensi subito dopo l'esecuzione dei lavori, un intervento di questo tipo da effettuare tenendo conto dell'andamento stagionale e del periodo vegetativo. Sono da evitare concimazioni durante il periodo invernale ed autunnale in riposo vegetativo pena l'inefficacia per il dilavamento da piogge.
3) Trattamenti antiparassitari e fungicidi per ridurre la possibilità di attacco da parte di parassiti e funghi in tutte quelle opere che presentano situazioni sfavorevoli all'insediamento delle parti vegetali e che inducono nelle stesse una condizione di stress idrico e vegetativo. Questa operazione si rivela molto onerosa sia per il costo delle sostanze da utilizzare sia per le condizioni disagiate in cui si è costretti ad operare e quindi il suo impiego deve essere ben valutato.
4) Completamento della maglia di scolo consistente nella realizzazione di fossette e di drenaggi superficiali, durante il primo anno di vita dell'opera, per il controllo della circolazione idrica superficiale a tutela del terreno appena movimentato e della vegetazione impiantata.
5) Protezioni antifauna consistente nella realizzazione di difese meccaniche dal morso della selvaggina o dal pascolo bestiame per le singole piantine o l'intera zona sottoposta ad intervento. La seconda soluzione, da preferire per il minore impegno economico, consiste nel posizionamento di chiudende in rete metallica e delimitazione con pali di legno lungo il limite esterno all'area di impianto. L'efficienza della recinzione deve essere garantita per almeno quattro anni, necessari all'affermazione della vegetazione arborea ed arbustiva.

23.3.5 Manutenzione indiretta delle parti inerti

Per manutenzione indiretta alle componenti inerti di un opera si identificano tutte quelle opere di tipo complementare che si possono realizzare per la difesa della struttura:

1) Fossi di guardia necessari per ridurre lo scorrimento superficiale delle acque piovane nell'area a monte dell'opera di ingegneria naturalistica. Si prevede lo scavo, con l'ausilio di mezzi meccanici, di fossette o fosse a monte del sito con lo scopo di raccogliere e convogliare le acque superficiali nella maglia drenante principale.
2) Soglie di fondo consistenti in manufatti trasversali in legname o pietrame, con il fine di mantenere la quota di alveo e quindi assicurare l'opera da un eventuale scalzamento al piede. Si realizza a circa 5 m a valle dell'opera con il posizionamento in senso trasversale alla corrente di tre pali sovrapposti, inchiodati tra loro e fissati a quattro piloti infissi nel terreno per almeno 1-1,5 m. Nel caso di fondo non

Si riportano in forma sintetica le tipologie di intervento, la stagione vegetativa, il turno e la ripetizione dello stesso (Tab. 23.4).

TIPOLOGIA OPERA	TIPOLOGIA INTERVENTO	STAGIONE VEGETATIVA (del primo intervento)	TURNO	NUMERO DI TURNI
Scogliere con talee	**protezione animali**	1		
Grate vive	**protezione animali**	1		
	sarchiature	2	1 anno	2-3 volte
	concimazioni	1	1 anno	2 volte
	maglia di scolo	1	1 anno	1 volta
Palificate doppie e semplici	**protezione animali**	1		
	maglia di scolo	1	1 anno	1 volta
Gradonate	**protezione animali**	1		
	sarchiature	2	1 anno	2-3 volte
	concimazioni	1	1 anno	2 volte
	maglia di scolo	1	1 anno	1 volta
Graticciate vive	**protezione animali**	1		
	sarchiature	2	1 anno	2-3 volte
	concimazioni	1	1 anno	2 volte
	maglia di scolo	1	1 anno	1 volta

Tab. 23.4: Interventi di manutenzione indiretta alle componenti vegetali.

penetrabile si sostituiscono i piloti in legno con spezzoni di ferro, mentre nel caso opposto di fondo a pezzatura media-fine si consiglia il posizionamento di un tessuto non tessuto a monte della soglia per evitarne lo svuotamento.

3) Sub-drenaggi consistenti in sistemi di drenaggio profondo per l'allontanamento delle acque eccedenti nell'area dell'opera. Si realizzano con fosse riempiti di materiale inerte drenante o tubi sintetici microfessurati, posizionate a monte e a debita distanza dall'opera.
4) Muri andatori di valle e di monte consistenti in opere complementari di protezione delle zone di ammorsamento dell'opera, quindi realizzate tramite strutture di sostegno (palificate a struttura semplice o doppia).
5) Repellenti per indirizzare la corrente al centro del corso d'acqua allo scopo di evitare fenomeni erosivi e possibili scalzamenti alle opere.

23.4 Programmi di manutenzione idraulico-forestale

23.4.1 Aspetti generali

Nella descrizione della manutenzione dei corsi d'acqua si pone l'accento sul rischio idraulico da esondazione, dato dall'eventualità che una determinata area sia invasa dalle acque fuoriuscite da reti di drenaggio naturali o artificiali per un'insufficiente capacità di smaltimento delle portate. La mitigazione di tale rischio ha iniziato a rappresentare un problema sempre più sentito a causa del crescente incremento di danni, in termini di vite umane e di infrastrutture, che i fenomeni franosi e alluvionali stanno producendo nel territorio nazionale.

Le Regioni sensibili a tali tematiche si sono poste l'obiettivo di sviluppare una coerente ed efficace tutela dell'ambiente e del paesaggio, con particolare riguardo alla rinaturalizzazione degli ambiti fluviali.

Emerge quindi la necessità di intervenire con approccio complessivo di gestione, tutela e valorizzazione delle risorse naturali per garantirne la sostenibilità, attuando strategie di recupero delle condizioni naturali di equilibrio, a cui anche le attività di manutenzione dei corsi d'acqua devono fare riferimento.

Per la Regione Lazio la direttiva D.G.R. Lazio 28 maggio 1996 n°4340, recependo le linee nazionali, stabilisce i concetti e principi vincolanti a cui si devono attenere gli uffici regionali, nonché gli altri Enti concessionari nella progettazione, approvazione ed esecuzione delle opere in materia di difesa del suolo.

Contestualmente si assume l'impegno di invertire la tendenza a sottrarre spazi alle fasce di pertinenza fluviale per scopi produttivi o insediativi e mirare, invece, a restituirli al sistema fluviale come spazio vitale e indispensabile ad una corretta gestione, sia ai fini della sicurezza idraulica sia dal punto di vista della qualità ambientale. Inoltre, come accennato, la normativa regionale prevede già nell'elenco delle tecniche di ingegneria naturalistica l'esecuzione di manutenzioni con taglio selettivo della vegetazione ripariale.

Nella parte seguente si esongono delle metodologie

di manutenzione considerandone la ripetibilità nel territorio della Regione Lazio per l'area di influenza appenninica, composta dalle regioni fitoclimatiche temperata, temperata di transizione e mediterranea di transizione (Cornelini P., Petrella P., 2003).

23.4.2 Manutenzione con criteri naturalistici

In una moderna concezione di difesa del suolo ciascun intervento di manutenzione idraulico-forestale deve essere preceduto da una progettazione di tipo interdisciplinare volta al raggiungimento contestuale di obiettivi idraulici ed ecologici.

Si ritiene che tali interventi debbano perseguire una strategia combinata per la conservazione degli ecosistemi, con particolare riguardo alla biodiversità, alla riduzione della frammentazione di habitat, alla sicurezza idraulica.

Le ricerche stanno valutando quanto sia conveniente, sotto l'aspetto idraulico, ecologico, paesaggistico ed economico, una gestione che comporti la riacquisizione, attraverso il recupero dei caratteri naturali, delle capacità omeostatiche del corso d'acqua, strettamente correlate alla diversità ambientale e biologica.

Bisogna considerare che, nonostante questo, ancora oggi sono attuate erronee metodologie di intervento nei corsi d'acqua, magari con il taglio integrale della vegetazione, con notevoli conseguenze dannose, tra cui:

- eliminazione della funzione trofica svolta dalla vegetazione (molti consumatori primari dell'ecosistema acquatico dipendono in gran parte dai materiali organici prodotti da quest'ultima);
- scomparsa dell'azione di ombreggiamento, che evita l'eccessivo riscaldamento delle acque e conseguente riduzione delle comunità fluviali adattate a vivere entro precisi intervalli termici;
- aumento delle radiazioni incidenti che, quando eccessive, risultano letali a pesci come i salmonidi;
- scomparsa della possibilità di vita per una ricca fauna che proprio nella vegetazione ripariale e palustre trova rifugio e cibo (si pensi alla sua importanza per la sosta e la nidificazione degli uccelli acquatici);
- mancata funzionalità della vegetazione riparia nel frenare l'azione erosiva dell'acqua e nel controllare i regimi idrici.

Si può affermare che le consociazioni riparie, oltre a costituire un importante valore ecologico e fungere da agenti di attività di depurazione delle acque, possono essere considerate come la più naturale difesa idraulica, efficaci per la limitazione dell'erosione e per il rallentamento della corrente nelle zone d'alveo non soggette ad invaso permanente con benefici a valle.

Le attività di pianificazione, programmazione e attuazione di interventi, si devono sviluppare a scala di bacino idrografico come strumento di governo del territorio, con il quale rendere prevedibili e controllabili gli effetti delle trasformazioni indotte nei cicli naturali da cause antropiche o naturali.

Si impone quindi che le devegetazioni spinte siano accuratamente evitate, a favore di una evoluzione verso popolamenti specializzati, adatti alle condizioni ed esigenze dell'alveo, sponde e aree golenali.

I criteri di intervento nei corsi d'acqua devono prevedere un trattamento differenziato per le fasce di vegetazione ripariale di tipo complementare: il taglio della vegetazione entro l'alveo, il diradamento della vegetazione sulle sponde ed infine la raccolta ed il trasporto a discarica dei rifiuti presenti (Fani C., 1997; Mazzanti L. et al., 2004).

In questi programmi, con il taglio della vegetazione entro l'alveo si prevede il taglio della componente arborea presente nella fascia di pertinenza dell'alveo di magra, garantendo il ripristino delle sezioni minime di deflusso necessarie allo smaltimento della piena ordinaria (periodo di ritorno 2-5 anni).

Nei corsi d'acqua non interessati regolarmente dal passaggio dell'acqua, l'alveo viene infatti colonizzato da una densa vegetazione arbustiva ed arborea che evolve nel tempo in un vero e proprio popolamento forestale d'alto fusto. Questa situazione, considerata da molti qualificante per l'ambiente fluviale, e per questo da salvaguardare, in realtà può risultare nel tempo inconciliabile con gli aspetti di sicurezza idraulica (Foto 23.7, 23.8). In

Foto 23.7 e 23.8: Presenza di vegetazione in alveo nelle vicinanze di opere idrauliche.

caso di evento di piena questi popolamenti pionieri inducono di sovente la formazione di sbarramenti temporanei per effetto del trattenimento di materiale fluitato da monte. Il cedimento improvviso di tali sbarramenti per la crescente spinta dell'acqua, porta alla formazione di pericolose ondate con elevato trasporto solido, velocità e violenza di impatto.

Si prevede, in specifico, l'abbattimento di esemplari morti o pericolanti e di quelli debolmente radicati (Foto 23.9). Questi potrebbero costituire un potenziale pericolo perché facilmente scalzabili ed asportabili in caso di piena, con un conseguente trasporto fino a punti di discontinuità quali quelli creati dalle opere idrauliche.

Foto 23.9: Presenza di vegetazione arborea sradicata in alveo.

Un'indagine (Ballio, 1998 in Brath A., Montanari A., 2000) condotta su di un campione di circa 400 ponti investiti da eventi alluvionali ha dimostrato che tra le cause di danneggiamento primario alle strutture, una percentuale pari all'8% è direttamente imputabile all'urto di massi e tronchi d'albero.

Il taglio della vegetazione erbacea e arbustiva si limita solo a quei tratti dove la stessa crea problemi per il normale svolgimento delle operazioni di abbattimento ed esbosco della vegetazione arborea.

Da un punto di vista idraulico la vegetazione erbacea ed arbustiva presenta come caratteristica principale la flessibilità, decrescente con l'altezza e la densità delle piante. Da questo si deduce che quando l'acqua scorre attraverso la vegetazione flessibile, di tipo erbacea o arbustiva di piccole dimensioni, questa si piega e riduce la sua altezza: in quel momento la scabrezza al contorno si riduce sensibilmente (Foto 23.10, 23.11). L'effetto si risente particolarmente a basse velocità di corrente, ma l'impatto decresce con il crescere della velocità fino a diventare nullo quando la pianta è interamente piegata (Preti F., 2002).

L'intervento sulla vegetazione spondale consiste nel diradamento selettivo della componente arborea presente sulle sponde ed è teso a mantenere le associazioni vegetali in condizioni giovanili, con massima tendenza alla flessibilità ed alla resistenza alle sollecitazioni della corrente (Foto 23.12, 23.13).

Si limita, in sintesi, la crescita di tronchi con diametro rilevante favorendo, invece, formazioni arbustive a macchia irregolare, con l'attenzione alla conservazione di quei consorzi vegetali che colonizzano in modo permanente gli habitat ripariali e le zone di deposito alluvionale adiacenti (Foto 23.14).

In questo modo la presenza di una copertura riparia strutturata e complessa induce un aumento nella competizione interspecifica con una conseguente riduzione dello sviluppo di getti polloniferi nelle ceppaie (Foto 23.15).

Foto 23.10: Presenza di vegetazione erbacea in alveo

Foto 23.11: Flessione di vegetazione arbustiva in alveo.

Particolare attenzione in questa fase deve essere rivolta agli ecotoni fluviali che sono influenzati dalle adiacenti attività agricole, per la presenza di specie aggressive favorite dalla diffusione involontaria dell'uomo (decespugliazione meccanica, preferenza per alcune specie legnose).

Per il loro carattere eliofilo e frugale specie come l'ailanto (*Ailanthus altissima*) e la robinia (*Robinia pseudoacacia*) presentano infatti attitudine a colonizzare aree marginali abbandonate e ruderali, con una

Foto 23.12: Fasce di vegetazione riparia di un fosso nel piano montano

Foto 23.13: Fasce di vegetazione riparia di un torrente nel piano basale.

aggressività che diminuisce velocemente in presenza di vegetazione concorrenziale (Arnaboldi F. et al., 2002).

Si procede, in questi casi, con interventi di rinaturazione favorendo le specie autoctone (ontano nero, salice sp., pioppo sp.) con un prelievo moderato di contenimento di quelle infestanti, solo se è già presente un piano di vegetazione potenzialmente concorrente.

Lo studio delle interazioni tra vegetazione in alveo e sponde e deflusso idrico è un elemento fondamentale per l'applicazione di nuove tecniche di manutenzione idraulico-forestale; in base alla valutazione di tali effetti si può stimare, infatti, l'opportunità e l'efficacia degli interventi attuati in ambito fluviale.

Foto 23.14: Vegetazione arborea in condizioni di naturalità

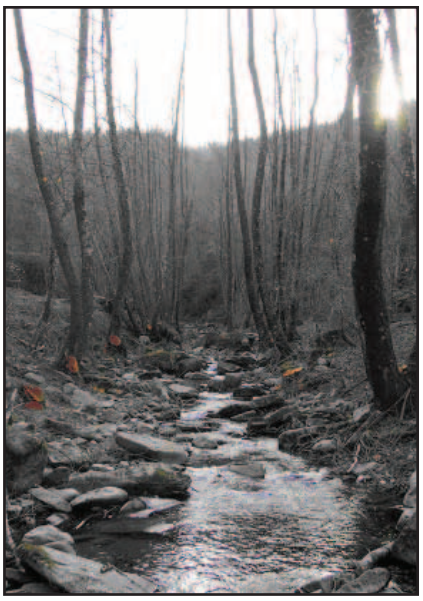


Foto 23.15: Vegetazione arborea dopo un intervento di diradamento

Valutando le interazioni idrauliche tra vegetazione e deflusso si può affermare, in generale, che la presenza di vegetazione ripariale comporta un aumento della scabrezza idraulica al contorno e genera di conseguenza una maggiore resistenza al moto ed una riduzione della velocità del flusso. L'aumento della scabrezza produce, a parità di portata, un innalzamento del livello dell'acqua, e quindi può indurre un maggior rischio di esondazione rispetto ad un alveo non vegetato.

Come si può osservare nella rappresentazione schematica sotto riportata le interazioni tra vegetazione e corrente idrica risultano notevolmente complesse (Fig. 23.1).

La resistenza dovuta alla vegetazione, a differenza di quella relativa al materiale d'alveo, cambia nel tempo, sia in relazione ai periodi vegetativi, sia per effetto della corrente. Infatti la vegetazione, soggetta alla forza di trascinamento della corrente, tende a piegarsi con una entità che dipende dalla resistenza a flessione dello stelo o del fusto e dalla forza esercitata dalla corrente stessa (Preti F., 2002).

L'effetto sul deflusso si risente in termini di riduzio-

ne della capacità di smaltimento o di innalzamento del livello idrico, diventando particolarmente significativa nel caso di corsi d'acqua con alveo stretto. In questo caso la vegetazione sulle sponde influenza la distribuzione della velocità, non solo nelle zone laterali vicine alle sponde, ma anche nella zona centrale dell'alveo. Tale comportamento rappresenta un punto cruciale, in quanto, per le sezioni "larghe", con rapporto b/h (larghezza/profondità) elevato, i contributi in termini di scabrezza diventano irrilevanti, mentre per le sezioni "strette" il contributo risulta di maggior impatto.

Per la valutazione delle interazioni suddette si può semplificare la rappresentazione di una generica sezione di corso d'acqua, in una sezione di forma trapezoidale suddivisa in tre aree (Hey, 1979). Questo schema applicato ad un canale con sponde vegetate (Masterman R. e Thorne C.R., 1992) individua una prima subarea in prossimità di sponda sinistra con relativa portata Qs, una seconda in prossimità di sponda destra con portata Qd ed infine un'ultima nella parte centrale dell'alveo. La presenza di vegetazione influenza il contributo delle portate laterali rispetto alla portata totale, con un'entità che varia sensibilmente in funzione della vegetazione stessa e della forma della sezione. Secondo tale studio il contributo in portata delle aree laterali diventa significativo ((Qs+Qd)/Qt > 5%) per alvei con b/h minore di 9. Viceversa per valori di b/h maggiori di 10÷15 la resistenza dipende soprattutto dalla scabrezza del letto ed il contributo della vegetazione di sponda alla resistenza totale è trascurabile, dal momento che la somma delle portate laterali risulta inferiore al 5% della portata totale (Preti F., 2002).

A titolo esplicativo si riportano risultati sperimentali (Guarnieri, 2004; Preti e Guarnieri, 2005), in accordo con i precedenti, contenuti dall'indagine delle interazioni dinamiche tra componenti fisiche (studi morfologici e sedimentologici) e biologiche (studi vegetazionali e faunistici) di ecosistemi fluviali (fosso Teggina, torrente Teggina, fiume Arno), con impiego di un modello idraulico (Darby e Thorne, 1196) applicato a sezioni reali con geometria composita e con presenza di elementi a differente scabrezza (sedimenti, vegetazione erbacea, arbustiva ed arborea). La scelta del modello é stato effettuato per continuità con indagini precedenti (in Preti, 2002) e per le tipologie di vegetazione presenti nelle aree di studio. Sviluppi futuri della ricerca prevedono il confronto con risultati ottenibili tramite altri approcci modellistici.

Si specifica che il rapporto B/h é stato determinato in ogni elaborazione, dal calcolo dell'altezza idrica h fornite dalle curve di deflusso, in presenza e assenza di vegetazione, per valori di portate di piena con tempo di ritorno di 200 anni. Il valore B é stato ottenuto dalla stima, nelle sezioni topografiche, della larghezza di alveo della corrente a pelo libero, relativa all'altezza h.

Per quanto riguarda la riduzione della capacità di smaltimento (%(Qsv-Qv)/Qsv) é stata calcolata tramite il rapporto tra la differenza, espressa in percentuale, delle portate transitabili in assenza (Qsv) e in presenza (Qv) di vegetazione e le portate transitabili in assenza di vegetazione (Qsv). Quindi, evitando il calcolo delle portate delle subaree laterali, si é valutata l'influenza della vegetazione sulla capacità di deflusso al variare del rapporto B/h (Fig. 23.2).

La valutazione degli effetti della vegetazione in termini di sovralzo idrico consente di sviluppare una descrizione più significativa per la sicurezza idraulica e l'estensione delle eventuali aree inondabili.

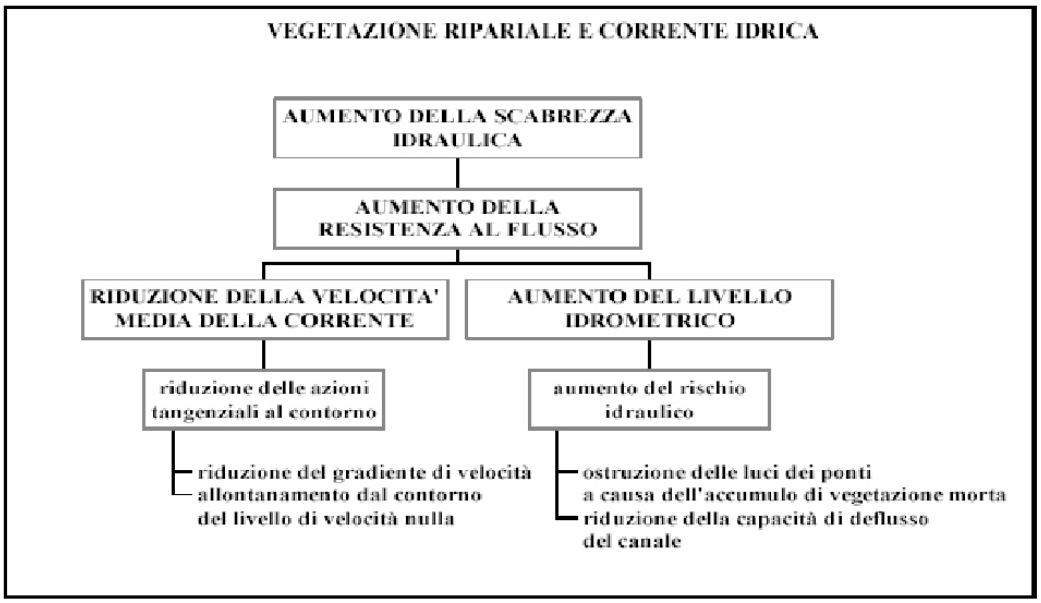


Fig. 23.1: Interazioni della vegetazione ripariale con la corrente idrica, Regione Lazio 2002.

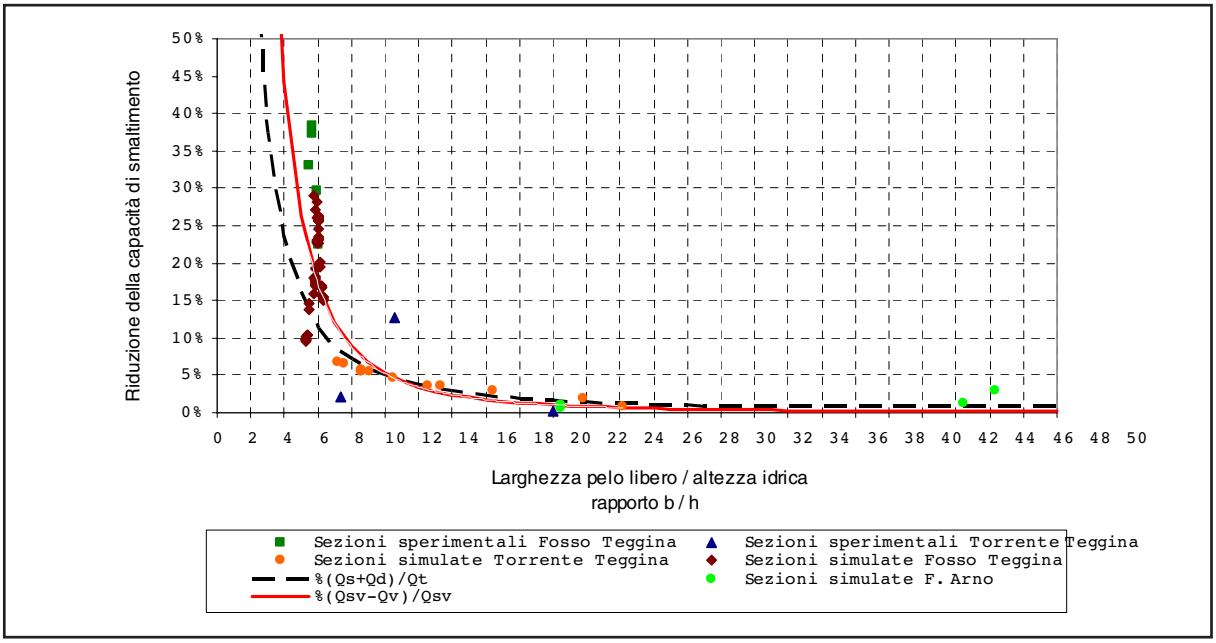


Fig. 24.2 - Relazione tra la riduzione della capacità di smaltimento in presenza e assenza della vegetazione (%(Qsv-Qv)/Qsv) in funzione del rapporto larghezza pelo libero/altezza idrica corrispondente per portate con tempi ritorno di 200 anni, in corsi d'acqua montani, collinari (Fosso Teggina e Torrente Teggina) e di fondo valle (Fiume Arno) in confronto con diagramma di Masterman R. & Thorne C. R (%(Qs+Qd)/Qt).

Analizzando le aree di studio del tratto montano e collinare corrispondenti alla situazione precedente e successiva (anni 2002 e 2003) ad un intervento di manutenzione (ad. es. Foto 23.16 e 23.17) attuato in un caso di studio (fosso Teggina), si é stimata l'incidenza dello stesso sul sovralzo idrico in relazione a portate di piena con tempi di ritorno elevati (Fig. 23.3).

Si può notare che per le sezioni "strette" si verifica un contenimento dell'effetto della vegetazione sull'aumento delle altezze idriche, che si attenua con il progressivo aumento del rapporto B/h nelle sezioni di alveo più ampie.

Passando alla descrizione dei contributi ecologici della vegetazione non va dimenticato che gli apporti trofici di una copertura vegetale supportano le reti alimentari e condizionano la struttura delle comunità ani-

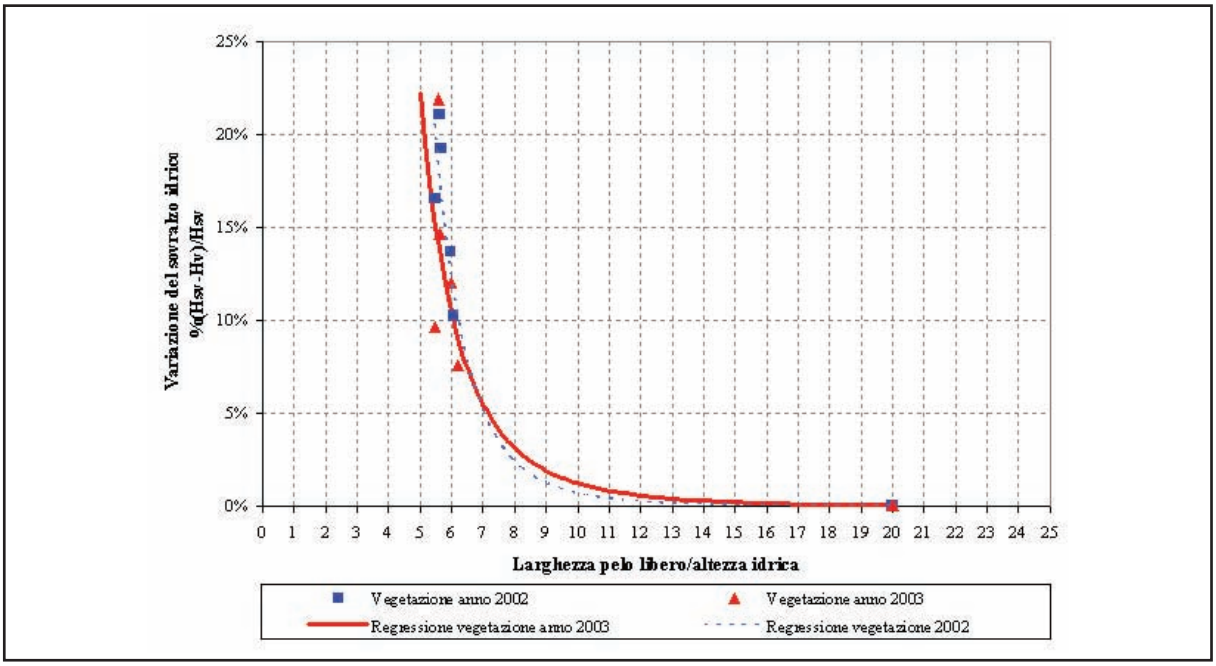


Fig. 23.3: Effetto dell'intervento di manutenzione idraulico-forestale nel Comprensorio Casentino rappresentato tramite la variazione del sovralzo idrico precedente (vegetazione anno 2002) e successivo al taglio (vegetazione anno 2003), con presenza e assenza della vegetazione ([%Hsv-Hv]/Hsv) in funzione del rapporto larghezza/altezza.

Foto 23.16: Eccessivo ricaccio vegetativo conseguenza di un passato taglio raso.

Foto 23.17: Intervento di diradamento di sponda condotto sulla stessa ceppaia.

mali, mentre l'ombreggiamento e la traspirazione contribuiscono a mantenere l'acqua fresca ed ossigenata (Fig. 23.18 e 23.19).

La vegetazione riparia, con le radici sommerse, i rami aggettanti, gli accumuli contenuti di materiale in alveo, costituisce un fattore primario nella creazione di diversità ambientale in alveo, elemento essenziale per un ricco e diversificato popolamento ittico e di macroinvertebrati.

I corsi d'acqua, infatti, pur ospitando dei produttori primari fotosintetici, presentano un metabolismo prevalentemente eterotrofico. La principale fonte di cibo per gli organismi acquatici è quindi di origine terrestre e costituita da foglie e frammenti vegetali provenienti dalle fasce di vegetazione riparia e dai versanti boscati (Sansoni G., 2004).

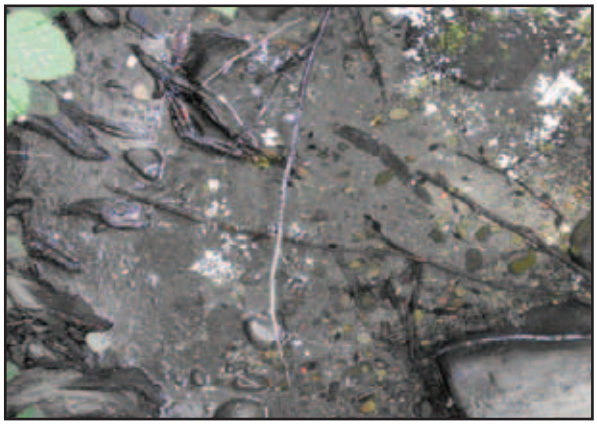
Un ulteriore aspetto da considerare è il periodo di esecuzione dei lavori allo scopo di minimizzare il danno alle componenti biologiche dell'ecosistema, vegetali ed animali.

Le direttive della Regione Lazio prescrivono, nella D.G.R. 4340/96 al punto 4, un'esecuzione dei lavori preferibilmente per il periodo tardo-autunnale ed invernale, escludendo tassativamente il periodo marzo-giugno in cui è massimo il danno all'avifauna nidificante.

Tale tempistica di intervento si rivela, in realtà, vincolistica perché indicata a titolo precauzionale.

È verosimile che, al variare della tipologia dei torrenti e delle caratteristiche paesaggistiche circostanti, vari in modo sostanziale il ruolo di questi ecosistemi nella conservazione della biodiversità ornitica del territorio.

Si può affermare che la tempistica imposta, in assoluta mancanza di informazioni della fenologia e dinamica dei sistemi fluviali da un punto di vista ornitolo-



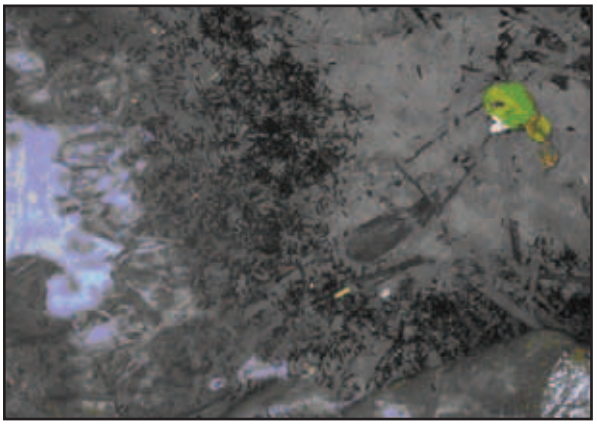


Foto 23.18 e 23.19: Zona di riparo e alimentazione nelle vicinanze della sponda.

gico, potrebbe rivelarsi, a fronte di una raccolta di informazioni sul campo con metodologie corrette e confrontabili, inadeguata e non adattabile a tutte le situazioni (Tellini Florenzano G., 2003).

A completamento degli interventi si prevede la rimozione dei rifiuti solidi urbani (buste in plastica, bottiglie e contenitori vari), dei materiali ingombranti (elettrodomestici, biciclette, motorini, pneumatici), il successivo trasporto a discarica pubblica ed il recupero differenziato dei materiali.

La raccolta dei rifiuti si configura in primo luogo come un intervento di recupero ambientale e contribuisce a ridurre il rischio che i rifiuti di tipo ingombranti possano ostruire o danneggiare ponti e tombini.

I rifiuti raccolti vengono differenziati ed allestiti in piazzole ai bordi delle strade camionabili, per il loro trasporto con mezzi autorizzati presso i centri di raccolta presenti sul territorio (Foto 23.20 e 23.21).

L'organizzazione delle fasi lavorative prevede il sopralluogo preliminare del corso d'acqua nei tratti

Foto 23.20 e 23.21: Raccolta e concentramento di rifiuti solidi urbani e ingombranti

caratteristici per parametri morfologici, vegetazionali ed idraulici, a cui segue l'operazione di martellata delle piante da abbattere mediante apposizione di contrassegno di selezione (Foto 23.22 e 23.23).

Tale operazione, attuata in contemporanea dal tecnico progettista e dal capo operaio della ditta esecutrice dei lavori, risulta fondamentale per la corretta impostazione degli stessi e per la formazione lavorativa del personale preposto all'intervento. Soltanto in questo modo si garantisce la rispondenza delle operazioni di sistemazione idraulico-forestale con le metodologie di intervento prestabilite in fase progettuale.

Il lavoro di ripulitura e abbattimento si completa con l'allestimento del legname e della legna, la distruzione dell'eccedente materiale di risulta e con l'imposto a ciglio strada. In particolare l'allestimento viene differenziato per specie e pezzatura in legna da ardere, tronchetti per torneria e legno da cartiera (Foto 23.24).

L'adozione di programmi finalizzati alla tutela e recupero delle caratteristiche di naturalità, permette di far riacquisire ai corsi d'acqua la capacità di mantenere o tornare all'equilibrio in conseguenza di un evento di disturbo. Si ritiene, inoltre, che una gestione così strutturata corrisponde alle complesse esigenze di controllo degli effetti di eventi di piena, di miglioramento

Foto 23.22: Fase di martellata di taglio per la selezione delle piante da abbattere .

Foto 23.23: Corso d'acqua dopo l'intervento.

Foto. 23.24: Fase lavorativa di concentramento ed allestimento del materiale.

della qualità delle acque e del livello di biodiversità e si traduce inoltre in una diminuzione degli alti costi economici che comporterebbe il controllo di un sistema ambientale lontano dal suo equilibrio.

CAPITOLO 24

Casistica degli errori più frequenti nell'esecuzione delle opere di Ingegneria Naturalistica

R. Ferrari

Da quasi quindici anni l'ingegneria naturalistica è conosciuta ed applicata in Italia come valida alternativa agli interventi tradizionali nella risoluzione di molteplici situazioni derivanti da problemi di dissesto del territorio.

Fermi restando i limiti di questa disciplina, i risultati ottenuti vanno ben al di là della "sola" stabilizzazione del suolo, innescando processi di rinaturalizzazione, creando biodiversità e contribuendo alla realizzazione di corridoi ecologici.

Tutto ciò ha portato, in questo breve intervallo di tempo, ad una grande, ma soprattutto rapida, utilizzazione delle tecniche di ingegneria naturalistica e gli interventi sul territorio italiano sono oramai innumerevoli e coprono tutti gli ambienti e tutti gli ambiti in cui possono essere applicate le molteplici tipologie della disciplina.

Sebbene il successo sia stato grande e rapido, sia a livello di elaborazione sia di applicazione, molte delle opere e degli interventi eseguiti non risultano esenti da errori, determinanti per il mancato raggiungimento dell'obiettivo progettuale.

Nonostante l'ormai notevole diffusione di manuali, linee guida, articoli, convegni e corsi specifici, molte opere risultano prive dei requisiti basilari per poter essere classificate come interventi di ingegneria naturalistica: le piante, peculiarità che caratterizza e contraddistingue questa disciplina dalle tecniche tradizionali, sono spesso del tutto assenti o secche o di specie non idonee; le strutture molte volte non risultano costruite seguendo le sperimentate metodologie che ne garantiscono la stabilità e la funzione; i materiali vengono talvolta utilizzati in modo improprio o non corretto.

La idonea esecuzione di un'opera o di un intervento di ingegneria naturalistica si avvale di alcune, per altro semplici, regole imprescindibili, che però, se non correttamente osservate, ne determinano l'insuccesso.

Considerando il progetto relativo rispondente ai requisiti richiesti dall'ingegneria naturalistica (gli errori progettuali non vengono qui considerati), di seguito vengono riportati alcuni casi di errori comuni riscontrabili frequentemente sia durante la fase di cantiere sia, purtroppo spesso, a lavori ultimati; tali errori sono quasi tutti riconducibili ad un mancanza di conoscenza di base e ad una superficiale pianificazione.

24.1 Errori derivanti dalla non corretta gestione del sito di intervento

La gestione del sito d'intervento all'inizio, durante ed alla fine dei lavori, è di fondamentale importanza per l'evoluzione morfologica e, di conseguenza, biologica che il sito stesso avrà nel tempo:

- "scoronamento" sommitale
  La zona sommitale della nicchia, detta corona, è fonte continua di erosione e conseguente arretramento ed ampliamento del dissesto. La mancata, parziale o comunque incompleta asportazione della corona (che viene realizzata mediante scavo ed abbattimento della pendenza) non solo consente all'erosione di avanzare, ma mette a rischio la validità dell'intervento a valle.

- adeguamento delle superfici e delle inclinazioni
  La superficie oggetto dell'intervento deve essere regolarizzata, per quanto possibile, livellando i dislivelli negativi e positivi, asportando eventuali massi sporgenti e pericolanti (disgaggio e bonifica) e mantenendo o realizzando inclinazioni compatibili con le tipologie da eseguire. Quando questo non viene osservato vengono vanificati i vantaggi sia delle tipologie stesse sia dei materiali, in quanto si creano o si mantengono situazioni favorevoli all'erosione.

- raccordo tra opera e substrato
  Le opere, di qualsiasi tipo, hanno bisogno di continuità con il substrato al contorno. Questo raccordo può essere realizzato mediante il proseguimento delle estremità della struttura per una certa profondità nel versante o nella sponda; è comunque sempre consigliabile l'utilizzo di elementi naturali (massi, tronchi, zolle), a disposizione in loco. La mancata esecuzione dei raccordi comporta iniziali infiltrazioni ai margini delle singole opere, che procedono in modo invasivo sino allo svuotamento e smembramento totale delle stesse (Foto 24.1, 24.2, 24.3).

- realizzazione di adeguato drenaggio
  Un idoneo sistema di drenaggio sia superficiale che, se necessario, profondo, garantisce la stabilità dei terreni interessati dall'intervento.
  Tali drenaggi possono essere realizzati mediante

Foto 24.1: Mancata esecuzione di adeguato raccordo tra opera (palifcata viva doppia) e substrato con conseguente innesco di fenomeni erosivi

Foto 24.2: Insufficiente ammorsamento laterale dell'opera (briglia viva in legname e pietrame) al substrato con conseguente parziale scalzamento laterale

Foto 24.3:Mancata esecuzione di adeguato raccordo alla base dell'opera (terra rinforzata rinverdita) con conseguente scalzamento e parziale svuotamento della struttura

Foto 24.4:"Manutenzione" rivolta all'infrastruttura e non all'opera (rete metallica zincata a doppia torsione e biofeltro) preposta a sua protezione, effettuata con mezzi non idonei: la componente vegetale risulta irrimediabilmente danneggiata

sistemi tradizionali o anche, in taluni casi, mediante tipologie proprie dell'ingegneria naturalistica. Al di là delle metodologie utilizzate, se le acque meteoriche non vengono intercettate ed allontanate dal sito, questo rimane a rischio unitamente alla stabilità e funzionalità delle opere stesse.

- manutenzione
  Subito dopo la fine dei lavori, ma talvolta anche durante gli stessi, è necessario prevedere alcuni fondamentali interventi di manutenzione riguardanti soprattutto la componente "viva" dell'intervento quali, ad esempio: irrigazione (puntuale, di soccorso, permanente), falciatura, eliminazione di specie infestanti, potatura, sfoltimento, sostituzione delle fallanze, nonché eventuali apporti di suolo e ripristini delle strutture. La manutenzione viene raramente contemplata ed ancor più raramente effettuata; quando effettuata, lo è, spesso, in modo insufficiente e superficiale se non addirittura completamente errato (manutenzione delle infrastrutture e non degli interventi di ingegneria naturalistica preposti alla loro protezione, che vengono addirittura penalizzati) cosicché si assiste, ad esempio, a diserbamenti chimici generalizzati, potature fuori stagione e/o con mezzi non idonei che danneggiano in modo spesso irreversibile le specie vegetali (Foto 24.4, 24.5).

24.2 Errori derivanti dal non corretto utilizzo di materiale naturale vivo

Essendo le piante l'elemento che contraddistingue un intervento di ingegneria naturalistica da uno tra-

dizionale, se queste non vengono inserite come parte strutturale delle opere, non si sviluppano nei modi dovuti o muoiono, l'intervento non è ascrivibile in questa categoria.

Paradossalmente sono proprio queste le principali cause di insuccesso negli interventi a basso impatto: la "novità" rappresentata dal materiale vivo unitamente ad una scarsa conoscenza delle sue esigenze ne determinano, spesso, un errato utilizzo:

- semi, miscele di sementi

  I semi di specie erbacee ed arbustive vengono utilizzati mediante spargimento manuale o per mezzo di idrosemina, sia direttamente sul terreno che su vari supporti naturali o sintetici.

  Gli insuccessi più frequenti derivano soprattutto dall'utilizzo, in stagioni o periodi non idonei, di specie non autoctone o di provenienza diversa dal luogo di impiego, di specie non previste in progetto e quindi non idonee; la quantità, poi, può essere insufficiente relativamente alla superficie d'intervento, le miscele possono essere scadute e, relativamente all'idrosemina, possono impiegarsi apparecchiature non specifiche.

- specie vegetali con capacità di propagazione vegetativa

  Le talee sono parti di specie con alta capacità di propagazione vegetativa; possono essere impiegate singolarmente o inserite in strutture di origine naturale o sintetica e queste differenti utilizzazioni ne caratterizzano le dimensioni e le quantità.

  Il primo rischio di errore, peraltro determinante, è rappresentato dall'utilizzo di specie non aventi la capacità di ripresa vegetativa ma, comunque, le talee sono molto sensibili al periodo di manipolazione (prelievo, eventuale stoccaggio, messa a dimora) e da questo derivano i più frequenti casi di insuccesso; altri fattori di grande rischio sono rappresentati dal taglio eseguito non in modo netto, dal non rispetto della polarità (verso di crescita) al momento della posa, dalle dimensioni minime (diametro, lunghezza) non sufficienti, da inserimenti traumatici, da porzioni troppo sporgenti fuori terra e da stress di stoccaggio (disidratazione, gelo). Rimane sempre evidente l'errore di utilizzare specie non autoctone o non previste in progetto.

- specie arbustive ed arboree

  Possono venir utilizzate piante a radice nuda, in zolla o in fitocella a seconda della necessità o, più spesso, della reperibilità.

  Gli errori sono dovuti principalmente alla scelta delle specie (non autoctone, non idonee alla stazione, non rispondenti alle finalità progettuali), al periodo di manipolazione e alla mancanza di manutenzione (irrigazione, protezione anti-fauna).

24.3 Errori derivanti dal non corretto utilizzo di materiale naturale morto

Il materiale naturale morto utilizzato in ingegneria naturalistica può avere funzione protettiva (biostuoie s.s.) o strutturale (legname):

- biofeltri, biostuoie, bioreti

  A seconda del materiale d'origine (paglia, juta, cocco, miste) hanno diversa durabilità con utilizzazioni diverse a seconda del tipo di dissesto e dell'obiettivo progettuale. A questo si unisce una grandissima varietà per quanto riguarda la tessitura, le dimensioni della maglia e la grammatura che, nei casi limite, influiscono negativamente sia sull'azione protettiva del substrato sia sulla possibilità di sviluppo delle specie vegetali. Possibili errori derivano quindi dal tipo adoperato considerando, oltretutto, che sul mercato esistono innumerevoli possibilità con classificazioni non standardizzate: è molto facile quindi generare equivoci tra le indicazioni di progetto e la realtà operativa. Altro fattore di rischio è dato dalle modalità di posa: questi materiali spesso non risultano ben fissati tra loro né al substrato (che deve essere preventivamente regolato) permettendo il formarsi di vuoti dove l'erosione continua il suo processo e le piante non riescono ad attecchire (Foto 24.6).

Foto 24.5: "Manutenzione" rivolta all'infrastruttura e non all'opera (palificata viva doppia) preposta a sua protezione, effettuata con mezzi non idonei: la stessa struttura risulta fortemente danneggiata

- legname

  L'uso di tronchi per la costruzione di strutture pesanti (grata viva, palificata viva s.s., ecc.) è molto frequente; elementi di legno di dimensioni minori sono, inoltre, molto utilizzati quali supporti di strutture stabilizzanti (viminata viva, fascinata viva, cordonata, palizzata viva, ecc.) o quale elemento di picchettatura in genere. Anche se si tratta di materiali morti, una scelta errata delle specie impiegate, come l'uso di legni "teneri" o "dolci", quali per esempio abete e pioppo, porta a conseguenze negative relati

Foto 24.6:Errata modalità di posa (stuoia in juta): gli elementi non sono legati l'uno all'altro e non sono solidali con il substrato, vanificando l'azione protettiva

Foto 24.7: Modalità di assemblaggio errata mediante semplici chiodi battuti (palificata viva doppia): inevitabile spaccatura del legname con conseguente indebolimento generale della struttura ed accelerazione del processo di degrado del materiale

vamente alla stabilità e durata dell'opera; talvolta anche l'utilizzo di specie con caratteristiche apparentemente adatte, quale per esempio la robinia, può portare a conseguenze inaspettate quando il legno non è stagionato bensì appena tagliato, con conseguente emissione di rami e radici.
Gli errori classici, purtroppo frequentissimi, riscontrabili in queste tipologie restano comunque legati alle dimensioni (diametro, lunghezza) degli elementi nonché, soprattutto, alle modalità di assemblaggio degli stessi, non sempre corrispondenti alle indicazioni fornite da manuali e linee guida (Foto 24.7).

24.4 Errori derivanti dal non corretto utilizzo di materiale inerte

Gli inerti naturali sono largamente utilizzati per il riempimento delle strutture e/o a protezione delle stesse:

- <u>terreno vegetale</u>
  È indispensabile per integrare, arricchire o ricoprire substrati sterili o a granulometria non compatibile alle necessità vitali delle piante. Il costo elevato del terreno vegetale unitamente all'energia necessaria per la posa, molto spesso, ne limitano l'utilizzo determinando situazioni critiche: ghiaioni, detriti di falda, riporti sterili semplicemente ricoperti con biostuoie sono errori frequentissimi. Molto spesso "dimenticato" è anche uno spessore di terreno vegetale tra il paramento esterno di terre rinforzate ed il materiale di riempimento vero proprio oppure, quando presente, non è sufficientemente compattato: nel primo caso la componente vegetale risulta irreparabilmente penalizzata, mentre nel secondo è la struttura a risentirne gli effetti (Foto 24.8, 24.9).

Foto 24.8: Mancanza di adeguato strato di terreno vegetale tra substrato sterile ed intervento (biofeltro in paglia e cocco): la vegetazione è naturalmente del tutto assente

- <u>materiale di riempimento</u>
  Non devono essere assolutamente utilizzati materiali con scadenti caratteristiche geotecniche: spesso, purtroppo, vengono usati gli stessi materiali collassati o ad alta percentuale argillosa. Anche in questo caso fattori prettamente economici giocano un ruolo decisivo nell'escludere l'impiego di materiali più consoni o nel migliorare quelli disponibili.

Foto 24.9: Mancanza di adeguato strato di terreno vegetale tra il materiale inerte litoide di riempimento ed il paramento esterno della struttura (terra rinforzata rinverdita(?)): la vegetazione non ha possibilità di attecchimento

- massi
  Questi inerti vengono generalmente utilizzati nelle sistemazioni spondali, sia sciolti sia legati da funi di acciaio, a costituire una struttura elastica. I più comuni errori sono rappresentati dalle inadeguate dimensioni dei singoli elementi (non idonee a contrastare le forze agenti), dai metodi di legatura (Ø fune, tipo e dimensione dei chiodi ad occhiello, disposizione non lineare della fune), ma, soprattutto, dalla posa dei singoli massi (senza affogamento di parte dell'elemento in alveo). Tutti questi fattori negativi portano, anche singolarmente, al disarticolamento ed allo scalzamento della struttura (Foto 24.10, 24.11).

Foto 24.10:Errata legatura a zig-zag di massi (blocchi incatenati): non è garantita la reciproca stabilità

Foto 24.11: Posa di massi (blocchi incatenati) senza loro affogatura nell'alveo: l'acqua ha già approfondito ed intaccato la sede di appoggio

24.5 Errori derivanti dal non corretto utilizzo di materiale tradizionale e sintetico

In linea di massima vale quanto visto relativamente ai materiali naturali morti, ma a differenza di quelli, biodegradabili nel tempo, i materiali tradizionali o sintetici sono molto duraturi e, a fronte di lavorazioni effettuate con poca cura o non correttamente (non aderenza al substrato, insufficiente chiodatura, mancanza di terreno vegetale, insufficiente addensamento, ecc.) gli elementi portanti e strutturali risultano visibili in assoluta predominanza su una vegetazione stentata, più spesso, del tutto assente.

Esistono inoltre alcune situazioni d'errore che accomunano gli interventi e che sono riscontrabili in moltissime situazioni:

- mancato sincronismo costruttivo tra struttura e parte viva
  Un errore grossolano e frequente, non giustificato dal problema stagionale, è quello di costruire la struttura (riempimento compreso) e rimandare l'inserimento delle talee. Questo modo d'intervenire non solo è antieconomico, ma soprattutto non raggiunge l'obiettivo tecnico preposto. L'inserimento o la posa delle talee, nei casi di coerenza ecologica di impiego, va sempre eseguito contestualmente alle altre operazioni di costruzione (Foto 24.12, 24.13).

Foto 24.12: Mancato sincronismo costruttivo (palificata viva doppia): il successo dell'intervento è già compromesso

Foto 24.13: Mancato sincronismo costruttivo con errata scelta del materiale di riempimento (palificata viva doppia spondale): ormai l'inserimento della componente vegetale viva è impossibile; da notare inoltre la mancanza di incastri della paleria e la chiodatura con piccoli chiodi battuti. Quale sarà l'evoluzione di questo intervento?

- variazioni costruttive
  Il dimensionamento e le proporzioni relative di alcune tipologie (grata viva, palificata viva s.s., ecc.) non possono essere variate oltre certi limiti: altezza, profondità, inclinazione non devono mai superare i valori prescritti. Questo purtroppo avviene di frequente, mutando le caratteristiche di stabilità e di funzionalità delle strutture nonché inibendo le potenzialità di attecchimento e successiva crescita della componente vegetale viva (Foto 24.14, 24.15).

Foto 24.14: Inclinazione molto superiore agli standard della tipologia (palificata viva doppia) e totale mancanza della componente vegetale viva: un destino segnato

- posizionamento delle opere
  È evidente la necessità dell'esatta ubicazione delle opere, non sempre rispettata, riguardo alle caratteristiche fisiche ed ecologiche del sito. Relativamente agli ambiti acquatici, che presentano notevoli dinamismi nei livelli, è indispensabile determinare il livello medio dell'acqua: materiali vegetali vivi sottoposti a prolungata immersione non sopravvivono e, di conseguenza, viene a mancare il loro contributo consolidante nel tempo.

- regolarità e geometrismo
  Soprattutto la parte viva (piante o parti di esse), ma anche talune tipologie e strutture minori, non devono mai essere ubicate con regolarità a formare strutture geometriche, ma, al contrario, sistemate con disposizione casuale e disordinata ad imitare il più possibile una situazione naturale. Di tutti gli errori, questo è certamente quello meno grave che non comporta pericoli alle strutture, non limita l'azione consolidante delle piante né compromette lo sviluppo delle stesse, ma il danno è limitato alla componente estetica.

Foto 24.15: proporzioni non adeguate alla tipologia (palificata viva doppia) con conseguente vanificazione delle funzioni portanti ed assenza di componente vegetale viva

Gli errori in cui si può incappare durante la realizzazione di un intervento di ingegneria naturalistica sono davvero tanti, ma, analizzando il problema, ci si rende conto che sono dovuti esclusivamente alla scarsa conoscenza della materia.

Naturalmente il fatto che questi interventi richiedano conoscenze ed esperienze in diversi campi talora poco conosciuti, aumenta la possibilità di errore, ma con un minimo di disponibilità e di apertura verso questi nuovi temi i successi non possono mancare.

A conferma di ciò basti un'attenta osservazione di ciò che è stato realizzato sul territorio italiano in neanche quindici anni: addirittura sistemazioni spondali tradizionali in calcestruzzo demolite e sostituite con opere di ingegneria naturalistica.

In fin dei conti si tratta di osservare semplici regole naturali, spesso addirittura istintive, e sostituire la fredda abitudine alle cose conosciute con un po' di quella sensibilità che gli organismi vivi richiedono, credendo soprattutto in ciò che si fa e ricordando che… ***errare humanum est, perseverare diabolicum!***

CAPITOLO 25

Monitoraggio degli interventi di Ingegneria Naturalistica sui versanti della Regione Lazio

F. Preti, C. Milanese

25.1 Aspetti generali

Il Lazio, come del resto la gran parte delle regioni italiane, è interessato da numerose situazioni di dissesto e movimenti gravitativi che sono stati censiti e cartografati dalla Regione stessa.

La Regione Lazio insieme al Dipartimento GEMINI dell'Università della Tuscia di Viterbo ha stipulato una convenzione dal titolo: "*Analisi e applicabilità delle tecniche di ingegneria naturalistica relative alle sistemazioni di versante nell'ambito della perimetrazione delle aree a rischio nel territorio della Regione Lazio*", nell'ambito della quale è stato realizzato un monitoraggio su un campione dei 16 cantieri che prevedevano l'impiego di opere di Ingegneria Naturalistica per la sistemazione di versante.

Il monitoraggio è stato eseguito tramite la compilazione di una scheda di monitoraggio appositamente predisposta. I principali dati richiesti, per avere una visione completa del sito e delle problematiche ad esso connesse nella scelta e attuazione dei vari interventi, sono i seguenti:

- descrizione del sito: clima, fitoclima, morfologia del versante, litologia;
- descrizione del dissesto;
- Informazioni relative ai progettisti e alle ditte esecutrici degl'interventi;
- descrizione delle tecniche di Ingegneria Naturalistica attuate.

L'obiettivo di tale lavoro è, pertanto, la verifica dell'efficacia e della possibilità di realizzare interventi di ingegneria naturalistica su versante anche nel clima mediterraneo, dove è più complicata la riuscita dell'attecchimento delle piante, tutto ciò al fine di attuare sistemazioni a difesa del territorio, producendo un basso impatto ambientale, sfruttando le capacità biotecniche delle piante ed inserendo l'opera nel contesto ambientale in modo da aumentare o non danneggiare la naturalità del sito nel quale l'opera stessa viene realizzata.

25.2 Politica regionale

Uno degli obiettivi primari della politica territoriale nel Lazio è quello di indirizzare i programmi d'intervento e di difesa del suolo verso criteri maggiormente rispettosi dell'equilibrio naturale del territorio; a questo scopo negli ultimi anni la Regione Lazio ha dato impulso ad una serie d'iniziative tecniche e amministrative per promuovere l'adozione e la diffusione delle tecniche d'ingegneria naturalistica.

Il punto di partenza di questo percorso è stata l'emanazione della deliberazione n. 4340 nel 1996 che ha definito i criteri progettuali per l'attuazione degli interventi in materia di difesa del suolo nel territorio delle Regione Lazio.

Tali criteri, che risultano innovativi per il territorio regionale, si prefiggono l'obiettivo di sviluppare la tutela del paesaggio e dell'ambiente, con particolare riguardo alla rinaturalizzazione degli ambiti dove, per la presenza di situazioni di rischio idraulico o di versante, è necessario intervenire con opere di difesa del suolo. Principio irrinunciabile è che gli interventi da realizzare determinino il minor impatto ambientale possibile.

La direttiva regionale stabilisce i concetti e i principi vincolanti ai quali devono attenersi gli uffici regionali che operano in materia di difesa del suolo, nonché gli Enti concessionari per la realizzazione degli interventi di competenza della Regione Lazio.

La Regione, Direzione Regionale Ambiente, ha dato corso a tre specifiche convenzioni per la redazione di studi riguardo l'applicazione dell'ingegneria naturalistica negli ambiti di propria competenza (sistemazioni idrauliche, recupero ambientale delle cave e delle discariche, rinaturalizzazione di scarpate stradali, ripascimento delle dune costiere e infine sistemazioni di versante).

Nel presente lavoro si fa riferimento, in particolare, alla terza convenzione sugli aspetti di versante sopra menzionata (figura 25.1)

Nell'ambito delle attività previste dal programma di studio è risultata di particolare importanza la fase di monitoraggio dei cantieri pilota. Gli obiettivi del monitoraggio sono, infatti, i seguenti (Regione Lazio, 2002):

- verificare la corretta esecuzione delle opere d'ingegneria naturalistica, sia sotto il profilo tecnico che d'inserimento paesaggistico;
- verificare l'efficienza e la fattibilità d'intervento tramite l'impiego di tecniche di ingegneria naturalistica nell'ambito di zone a clima mediterraneo;
- determinare quali siano le tecniche e le specie vege-

* *Si ringraziano Paolo Cornelini e Roberto Ferrari per il prezioso contributo durante le attività di monitoraggio*

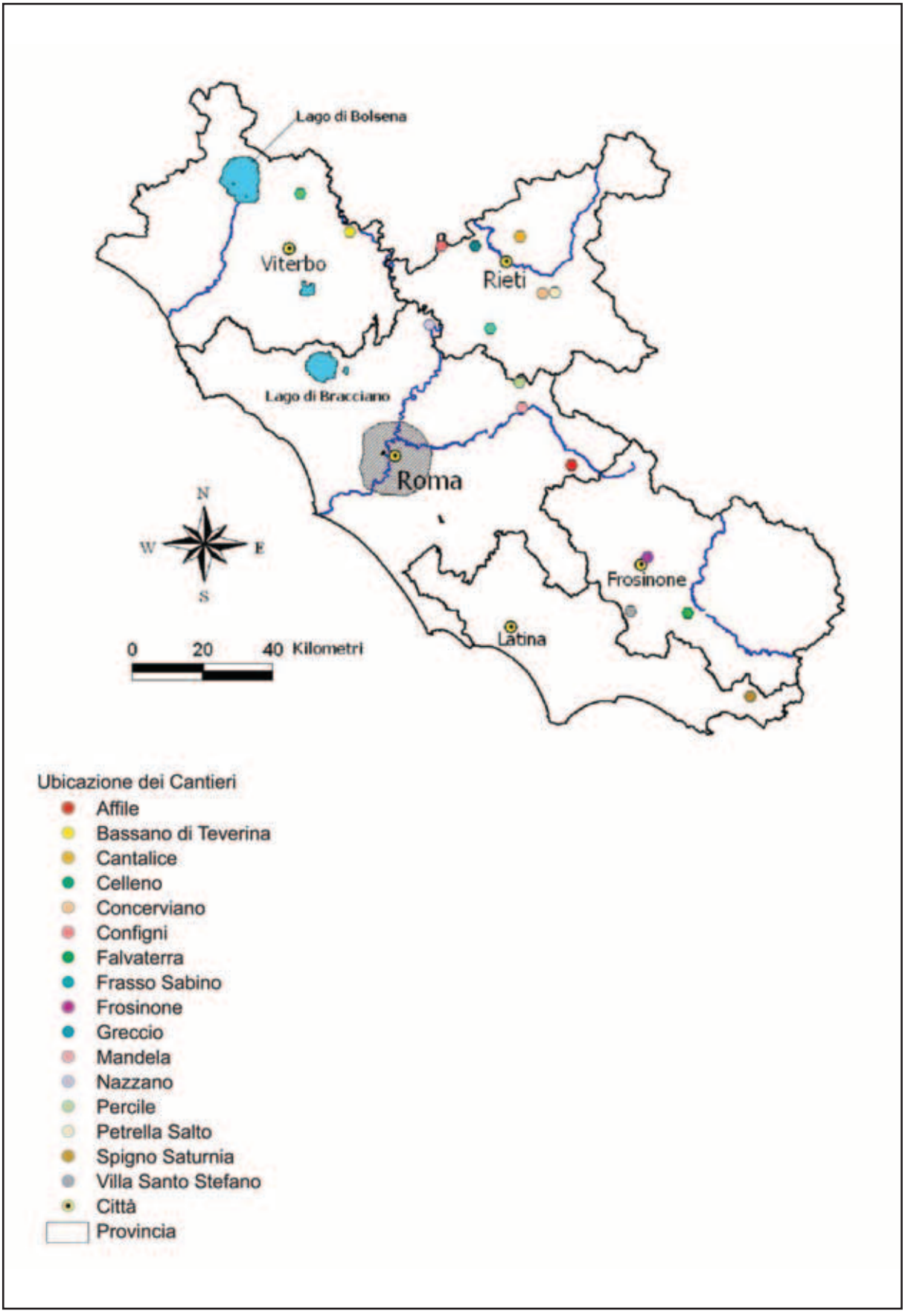


Fig. 25.1: Localizzazione dei siti selezionati

tali più idonee affinché queste ultime possano radicare e sopravvivere determinando il successo dell'intervento;
- comprendere quali possano essere i bisogni formativi di ditte e progettisti che lavorano nel campo dell'ingegneria naturalistica;
- sottolineare la necessità d'impiego di materiale sia vegetale sia inerte di origine locale.

25.3 Metodologia di monitoraggio

Scelta dei cantieri

Ai fini del monitoraggio dei cantieri prescelti, tenuta presente la finalità del lavoro di raccolta dei dati, si sono affrontate le tre fasi dei lavori: *ante-operam* (*ex ante), in-opera (in corso d'opera), post-operam*.

La scheda di monitoraggio relativa alla tematica delle opere di versante è stata messa a punto da un gruppo multidisciplinare di ingegneri, forestali e geologi affinché fosse completa ed esaustiva per quanto concerne tutti i dati richiesti al fine di poter effettuare un monitoraggio efficace nell'ambito della casistica sopra citata. La scheda è riportata, nella sua forma completa, nei formati compilati nel capitolo 26.

I cantieri sottoposti a monitoraggio sono stati selezionati sulla base dei seguenti criteri:

- *progetto*
- *località*
- *zona fitoclimatica*
- *ambito (area urbana, rurale, protetta)*
- *tipologia di dissesto gravitativo*
- *importo totale*
- *importo ingegneria naturalistica*
- *tempi di attuazione lavori*
- *tipologie degli interventi*
- *tipologie delle opere di ingegneria naturalistica*

Nelle figure 25.2 e 25.3 si riporta la localizzazione dei 16 cantieri scelti per l'attività di monitoraggio.

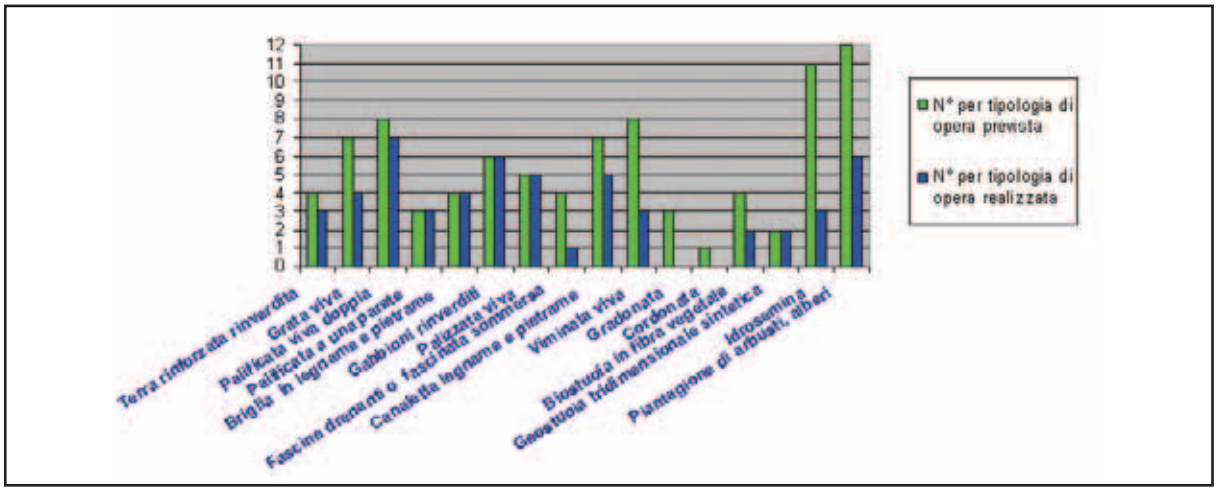


Fig 25.2: N° Opere di ingegneria naturalistica previste e realizzate nei cantieri monitorati

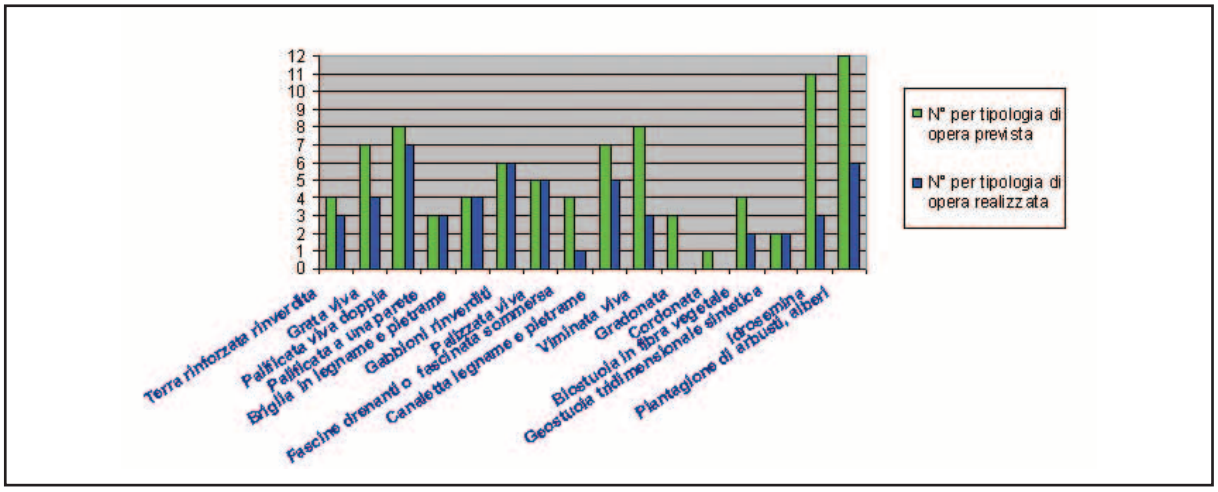


Fig 25.3: N° per ogni tipologia di opera prevista e realizzata nei cantieri monitorati

La scheda di monitoraggio

La scheda individua in sé tre parti fondamentali di seguito descritte:

Parte prima: in questa parte sono riportati i dati relativi alla localizzazione del cantiere e all'individuazione delle principali figure professionali coinvolte (progettista, direttore lavori e ditta esecutrice).

Uno dei dati più importanti, da acquisire in questa parte, è quello indicato come "*anni di attività nel settore d'ingegneria naturalistica"*. È stato evidenziato, dalle esperienze precedenti, quanto sia importante, nell'applicazione corretta di tali tecniche, un'adeguata formazione delle ditte esecutrici dei lavori. Tale dato, pertanto, può fornire un'idea dello stato dell'arte nel settore dell'IN e mettere in evidenza ulteriori bisogni formativi.

Parte seconda: i dati da acquisire in questa parte servono a descrivere la zona che sarà oggetto dell'intervento e le condizioni al contorno esistenti (es. "Aspetti vegetazionali dell'area"), ciò permetterà di verificare la corretta scelta delle essenze impiegate nelle opere da realizzare.

Altri dati fondamentali sono quelli relativi a litologia, geomorfologia e tipo di movimento franoso, che permettono di individuare e descrivere il dissesto avvenuto e le presumibili cause; per l'acquisizione di tali dati è stata impiegata la scheda geologica, successivamente descritta.

Tale scheda avrà anche la funzione di valutare la completezza degli elaborati progettuali.

Parte terza: in questa parte i dati descrivono l'area nella quale è previsto o già in attuazione il cantiere, e di conseguenza descrivono dettagliatamente le tecniche di ingegneria naturalistica impiegate e le dimensioni delle opere previste, dando particolare importanza al materiale vegetale impiegato e ai criteri di messa a dimora, fondamentali per il successo dell'opera stessa. Sono, inoltre, riportate le voci di costo relative alle opere realizzate con tecniche di IN e con tecniche d'ingegneria civile "convenzionale", che restano comunque fondamentali per certe tipologie di fenomeni franosi.

Nel caso dei movimenti di versante i parametri geologici e le prove geotecniche effettuate assumono particolare rilevanza e per tale motivo si è deciso di affiancare alla scheda sopra citata, una scheda geologica appositamente predisposta per questo monitoraggio. La scheda geologica si basa su quella ufficiale di censimento dei movimenti franosi predisposta dal CNR (CNR - Gruppo Nazionale per la Difesa dalle Catastrofi Idrogeologiche), per quanto concerne la descrizione geologica e morfologica del versante in frana ed inoltre ha una parte specifica che riguarda le prove geotecniche eventualmente effettuate come indagini conoscitive nei progetti.

Tale scheda permette una più attenta valutazione della qualità dei progetti stessi, dato che i parametri che riporta sono quelli essenziali dal punto di vista geologico per poter affrontare le problematiche dei dissesti.

Scheda geologica: contiene le notizie che sono state reperite all'interno dei singoli progetti.

Gli aspetti che principalmente sono presi in considerazione sono quelli geologici, geomorfologici, idrogeologici, sismici, dei siti oggetto di studio con particolare attenzione al tipo di materiale coinvolto nel movimento franoso ed alla tipologia del movimento franoso stesso. I dati riportati hanno il duplice scopo di fornire un quadro riassuntivo della situazione presente nei siti d'intervento e di evidenziare, a livello principalmente geotecnico, quali indagini siano state svolte in campo e in laboratorio (es. prove penetrometriche, verifiche di stabilità, analisi strutturale).

Nella sezione "cartografia prodotta" viene, inoltre, indicato quali carte siano state redatte e allegate al progetto (es. carta geomorfologia scala 1:500).

25.4 Risultati

In relazione ai dati raccolti, si è ritenuto di elaborare le schede facendo emergere alcuni parametri che sono stati ritenuti i più significativi ai fini della comprensione delle seguenti tematiche:

- successo ed efficacia delle opere di IN realizzate,
- preparazione delle ditte realizzatrici;
- errori più comunemente commessi;
- qualità dei progetti approvati;
- tipologia di materiali vivi ed inerti impiegati.

I parametri trattati sono i seguenti:

- specie impiegate per talea;
- specie impiegate per la piantagione;
- periodo di messa a dimora;
- percentuale di attecchimento (per talee e piante radicate);
- idrosemina prevista ed effettivamente realizzata;
- opere previste vive ma realizzate morte;
- n° di anni di esperienza nel settore dell'Ingegneria Naturalistica dichiarati dalle ditte;
- tipologia di errori di realizzazione più frequentemente verificati;
- tipologia di movimenti franosi

Tali parametri sono stati analizzati ed il risultato di questa elaborazione è riportato e commentato nelle seguenti tabelle:

Specie impiegate per taleaa	% utilizzate
Salix alba	37.50%
Salix purpurea	37.50%
Salix spp.	12.50%
Robinia pseudoacacia	6.25%
Populus alba	6.25%
Tamarix africana	6.25%
Fraxinus ornus	6.25%
Ostrya carpinifolia	6.25%

Tab. 25.1: Specie impiegate per talea

I dati contenuti in tabella 25.1 evidenziano che le specie maggiormente impiegate per talea sono quelle appartenenti al genere *Salix spp*. (87,5%) anche nelle opere di versante, in particolare le due specie maggiormente impiegate sono il *Salix alba* e il *Salix purpurea*. Si evidenzia, inoltre, il tentativo di impiego di specie alternative, non sempre corretto: l'impiego della *Robinia pseudoacacia*, ad esempio, non è affatto auspicabile.

Le considerazioni espresse sopra mettono maggiormente in evidenza la necessità di sperimentazione di nuove specie per l'impiego, come talee, nelle opere di versante, in cui non sempre le condizioni di sopravvivenza per il salice sono favorevoli.

In tabella 25.2, sono riportate le specie arboree ed arbustive utilizzate nelle piantagioni come piante radicate. Si osserva che è stato impiegato un numero di specie piuttosto ampio e in generale, tranne alcune eccezioni, sono state utilizzate essenze autoctone che, se impiantate nel periodo idoneo e sottoposte ad un minimo di cure colturali, hanno dato ottimi risultati di attecchimento.

Tale risultato è da considerare in maniera positiva perché discende da tre motivi principali:

1. sono state effettuate delle indagini conoscitive appropriate sul territorio dal punto di vista fitoclimatologico;
2. i progetti sono stati corredati da una relazione botanica;
3. sono stati seguiti i consigli sul periodo di messa a dimora delle piante, anche attuando dei fermo-lavori quando necessario.

Si nota pertanto una maggiore qualità e attenzione nella progettazione, nell'ambito della quale si cominciano a considerare le piante vive come reale materiale costruttivo, e un maggiore recepimento, da parte delle ditte che intendono specializzarsi nel settore dell'IN, dei consigli che vengono forniti in fase di monitoraggio.

Specie di alberi e arbusti messi a dimora	% utilizzate
Cornus spp	37.50%
Prunus spinosa	25.00%
Cratageus monogyna	25.00%
Quercus ilex	18.75%
Euonymus europaeus	18.75%
Spartium junceum	12.50%
Ostrya carpinifolia	12.50%
Olea europea	12.50%
Myrtus communis	12.50%
Spirea spp.	6.25%
Rosmarinus	6.25%
Rosa spp.	6.25%
Quercus robur var. fastigiata	6.25%
Quercus cerris	6.25%
Populus nigra var. pyramidalis	6.25%
Pistacia lentiscus	6.25%
Phyllirea latifolia	6.25%
Cupressus spp	6.25%
Corylus avellana	6.25%
Clematis vitalba	6.25%
Acer platanoides	6.25%
Acer campestre	6.25%

Tab. 25.2: Specie impiegate, nella messa a dimora di alberi ed arbusti come piante radicate.

In tabella 25.3 sono messi in evidenza per ogni cantiere i periodi di messa a dimora delle piante, delle talee e di entrambe contemporaneamente. Si nota come il periodo estivo sia completamente escluso, ma in alcuni casi si ha la messa a dimora sia di talee che di piante anche nel mese di maggio quando ormai la stagione vegetativa è in piena attività. Questo ritardo spesso da luogo ad un mancato attecchimento delle

°	gen	feb	mar	apr	mag	giu	lug	ago	set	ott	nov	dic
Celleno (VT)	°	°	°	°	°	°	°	°	°	°	°	°
Bassano in Teverina (VT)	°	°	°	°	°	T	°	°	°	°	P	°
Villa S.Stefano (FR)	P	P	°	°	°	°	°	°	°	°	°	P
Falvaterra (FR)	°	°	°	°	°	°	°	°	°	T/P	°	°
Frasso Sabino (RI)	°	T/P	T/P	T	T	°	°	°	°	°	°	°
Nazzano (RM)	°	°	°	°	°	°	°	°	°	°	°	°
Percile (RM)	°	°	T	T	°	°	°	°	°	°	°	°
Mandela (RM)	°	T	T/P	P	°	°	°	°	°	°	°	°
Spigno Saturnia (LT9	T	T/P	°	°	°	°	°	°	°	°	T	T
Frosinone	°	°	°	°	°	°	°	°	°	°	°	°
Conifigni (RI)	°	°	°	T/P	T/P	°	°	°	°	°	°	°
Cantalice (RI)	°	°	°	°	°	°	°	°	°	°	°	°
Concerviano (RI)	°	°	°	°	°	°	°	°	°	°	T	°
Greccio (RI)	P	P	P	P	P	°	°	°	°	°	P	P
Affile (RM)	°	°	°	°	P	°	°	°	°	°	°	°
Petrella Salto (RI)	°	°	°	°	°	°	°	°	°	P	°	°

Tab. 25.3: Periodo di messa a dimora di piante (P), talee (T)

talee, mentre le piante hanno più possibilità, se irrigate, di superare lo stress da trapianto, cosa che nei cantieri avviene raramente. Il mese ultimo per eseguire la messa a dimora di talee e piante radicate dovrebbe essere aprile.

Nelle tabelle 25.4 e 25.5, sono riportate le percentua-

	Classi delle % di attecchimento				
Specie impiegate per talea	0-20	21-40	41-60	61-80	81-100
Salix alba	3	3	0	1	0
Salix purpurea + altri salici	3	1	0	2	1
Aree specie	3	2	0	0	0

Tab. 25.4: Percentuale di attecchimento delle specie impiegate per talea

	Classi delle % di attecchimento				
Specie impiegate come piante radicate	0-20	21-40	41-60	61-80	81-100
Cornus spp.	2	0	0	0	3
Prunus spinosa	1	0	0	0	2
Crategus monogyna	1	0	0	0	2
Euonymus eurpaeus	1	0	0	0	1
Altre specie	4	0	0	0	2

Tab. 25.5: Percentuale di attecchimento delle piante radigate

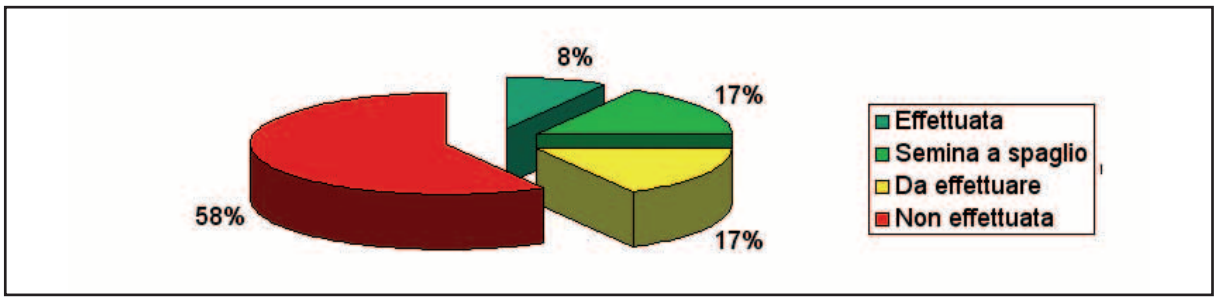


Fig. 25.4: Realizzazione dell'idrosemina e delle altre semine

li di attecchimento delle specie principalmente impiegate per talea e come piante radicate. Le tabelle, in particolare, riportano, per ogni specie impiegata, il numero di cantieri nei quali si é verificata quella determinata percentuale di attecchimento.

In tabella 25.4 si nota come in generale le percentuali di attecchimento per le specie impiegate siano piuttosto basse e ricadano maggiormente nella classe 0-20. Il *Salix alba* è la specie ha mostrato l'attecchimento maggiore dando dei risultati che si collocano anche nelle classi 21-40 e 61-80.

Dall'osservazione della tabella 25.5 si nota, invece come sia diversa la situazione per le piante radicate, infatti si trovano collocate o in prima classe, a più basso attecchimento o in quinta classe, a più alto attecchimento. Ciò probabilmente si deve a vari fattori:

- scelta di specie appropriate, in particolare specie rustiche che possano sopportare condizioni climatiche ed edafiche difficili;
- qualità del materiale vivaistico e sua provenienza;
- forte siccità dell'estate 2003;
- mancanza di cure colturali nel primo periodo successivo all'impianto.

Nella figura 25.4 si mette in evidenza come l'idrosemina e/o la semina, prevista in dodici cantieri su sedici, sia poi effettivamente realizzata solo nel 25% dei casi, mentre nel 58% non venga affatto realizzata.

Questo dato è stato considerato molto importante perché nelle opere di versante, dove il terreno è soggetto a movimentazione è necessario avere una copertura erbacea, anche in attesa che si sviluppi quella arborea ed arbustiva, che protegga il terreno dall'erosione. Bisogna comunque dire che, in molti casi, la semina non è stata effettuata per un sovrabbondante sviluppo della vegetazione erbacea spontanea, cosa che con uno studio della situazione locale può essere dedotto anticipatamente; ciò potrebbe far sì che in fase di progetto si preveda di attuare, al posto dell'idrosemina, una manutenzione di tale vegetazione che spesso determina la morte delle specie radicate messe a dimora.

La vegetazione erbacea spontanea, infatti, tende a vincere la competizione con le talee che, in molti casi, devono radicare in situazioni difficili sia dal punto di vista climatico, sia dal punto di vista edafico.

Sarebbe, invece, importante favorire la crescita delle talee, che tramite l'apparato radicale svolgono un'importante funzione consolidante, attraverso interventi di sfalcio della vegetazione spontanea.

Nella tabella 25.6 si può notare come alcune tipologie di opere previste vive da progetto siano poi realizzate morte. Un esempio significativo riguarda le terre armate che sono spesso progettate con l'inserimento di talee mentre poi sono realizzate senza di esse, prevedendo solamente l'idrosemina. Nei cantieri monitorati delle quattro terre armate rinverdite con talee previste, nessuna è stata realizzata e solo una di queste è stata idroseminata.

Nella tabella 25.7 sono stati messi in evidenza gli errori più frequentemente commessi nella realizzazione

Tipologie delle opere di ingegneria naturalistica	**N° di opere previste vive da progetto**	**N° di opere realizzate morte**
Terra rinforzata rinverdita	4	3
Grata viva	7	3
Palificata viva doppia	8	2
Palificata viva a una parete	3	2
Briglia in legname e pietrame	4	3
Gabbioni rinverditi	6	2

Tab. 25.6: Opere di ingegneria naturalistica previste vive da progetto e realizzate morte.

Principali errori commessi	N°
Raccordo opera-versante	6
Dimensione dei materiali (es.diametro dei pali)	6
Verticalità delle opere	5
Disposizione dei traversi	2
Scelta dei materiali	8
Dimensione delle talee	9
Giunture	6
Chiodature	9

Tab. 25.7: Principali errori commessi nella realizzazioni delle opere di ingegneria naturalistica.

delle opere. Alcuni di questi errori risultano piuttosto gravi perché vanno ad inficiare la stabilità delle opere stesse, come ad esempio gli errori nelle chiodature.

Il numero di errori effettuati per ogni cantiere è stato poi messo in relazione (vedi figura 25.5) con gli anni di esperienza nel settore dell'ingegneria naturalistica dichiarati dalle ditte.

Si nota come ditte con lunga esperienza commettono un numero di errori pari a ditte con poca o nessuna esperienza, ciò fa ipotizzare una cattiva informazione e formazione nel tempo delle ditte stesse, per le quali sarebbe necessario effettuare una maggiore formazione attraverso cantieri didattici.

Nella figura 25.6 si può notare che la tipologia di movimento franoso più frequentemente sistemata con opere che impiegano tecniche di ingegneria naturalistica è lo scorrimento. Nel caso degli scorrimenti, in genere, si abbina un sistema di drenaggio sotterraneo e superficiale con opere di contenimento e consolidamento realizzate con tecniche di ingegneria naturalistica.

La sistemazione di questo tipo di frane comporta, abbastanza spesso, una maggiore integrazione tra opere convenzionali e di ingegneria naturalistica rispetto, ad esempio, alla sistemazione di frane per crollo-ribaltamento che, sostanzialmente, richiedono l'impiego di reti metalliche o disgaggio di massi. Nel caso degli scivolamenti, in genere, si abbina un sistema di drenaggio sotterraneo e superficiale con opere di contenimento e consolidamento realizzate con tecniche di ingegneria naturalistica.

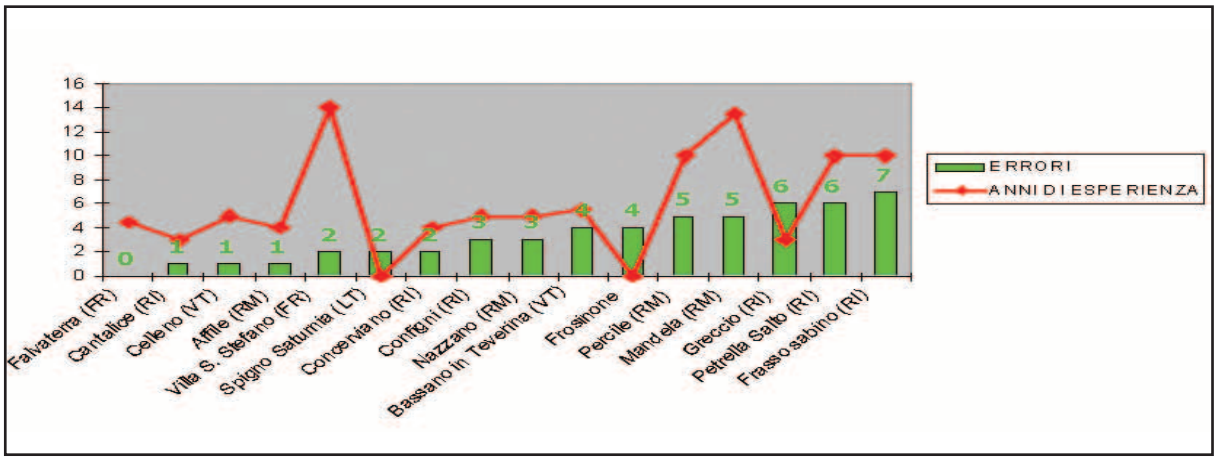


Fig. 25.5: Anni di esperienza delle ditte nella sistemazione dei versanti con tecniche di ingegneria naturalistica comparati con il numero degli errori effettuati

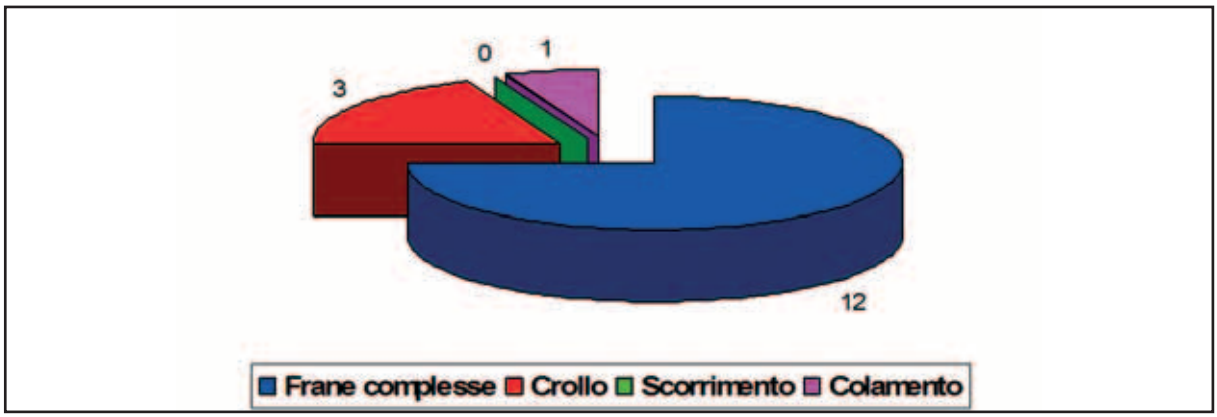


Fig. 25.6: Tipologia dei movimenti franosi interessanti il sito

25.5 Conclusioni

Dall'analisi dei risultati del monitoraggio si evidenzia come siano ancora molti gli errori fondamentali che vengono commessi soprattutto nella fase di realizzazione delle opere, ciò fa emergere, nell'ambito del territorio laziale, i bisogni formativi e la necessità di ditte che abbiano acquisito delle competenze specifiche nel settore dell'Ingegneria Naturalistica.

Dall'analisi delle specie impiegate e delle loro percentuali di attecchimento emerge, invece, la necessità di sviluppare maggiormente le attività di ricerca volte ad individuare specie idonee da impiegare, nell'ambito delle aree a clima mediterraneo, nelle sistemazioni di versante. Altro fattore importante da sottolineare è la necessità di affiancare all'attività di ricerca e sperimentazione, sopra citata, un'attività vivaistica locale che sia in grado di fornire questo nuovo "materiale da costruzione".

Il monitoraggio, pertanto, serve sia a mettere a punto una metodologia per la raccolta dei dati utili, al fine di acquisire una informazione sempre più completa, sia a creare standard qualitativi da utilizzare come livello di riferimento per una progettazione efficiente degli interventi di recupero di versanti in frana dal punto di vista tecnico ed economico. Tali progetti, infatti, richiedono di arrivare a determinare quale può e deve essere il livello di integrazione tra opere "classiche" o "convenzionali" e opere di IN, allo scopo di attuare sistemazioni a difesa del territorio che rispettino gli obiettivi di riduzione dell'impatto ambientale degli interventi di sistemazione come prescritto dalla politica regionale in materia di ambiente e territorio.

CAPITOLO 26

Schede di monitoraggio

F. Preti, C. Milanese, in collaborazione con A. D'Andrassi, A. Cortese

SCHEDA PROPOSTA
MONITORAGGIO INTERVENTI SU VERSANTE CON TECNICHE D' I.N.

Scheda n.	4	
Data 25\03\2003	Compilatore Augusta D'Andrassi, Chiara Milanese, Alberto Cortese	
Provincia	Frosinone	
Comune	Falvaterra	
Località	Mazzorile	
Titolo Progetto	Consolidamento del movimento franoso in località "Mazzorile"	
Committente	Comune di Falvaterra	
Figure Professionali	Progettista Ing. Claudio Maggi	
	Responsabile del Procedimento Andrea Andreozzi	
	D.L. ing. Andrea Zenatello	Assistente D.L. ing. Andrea Zenatello, ing. Cinzia Caramellano
	Direttore tecnico dell'impresa Roberto Simonelli	
Modalità effettuazione lavori	Appalto x	
	Amministrazione diretta	
Ditta/e Esecutrice/i	Denominazione RO.N.I. (per sistemazioni idrauliche) e Sicobbe s.r.l. (per ingegneria naturalistica)	
	Via Laurentina n° 1561	Città Roma
	Tel/Fax 06/7136138	
	Anni di attività	Nel settore dell'I.N. 4-5 anni
		Nel settore delle sistemazioni di versante 4-5 anni
Periodo realizzazione lavori	Consegnati il 16/07/2002	
Altitudine (m s.l.m.)	Min 100 m s.l.m.	
	Max 170 m s.l.m.	
	Med	
Esposizione	N-NE	
Inclinazione del versante (Gradi rispetto all' orizzontale)	15°-18°, con brevi tratti a pendenza maggiore, >22°circa, che si sviluppano in dislivelli di circa 15-20 m.	
Aspetti vegetazionali dell'area (Almeno rif. carta fitosociologica del Lazio)	Secondo la classificazione del Pavari, la zona più bassa dell'intervento rientra nella zona fitoclimatica del *Lauretum*, sottozona calda; mentre l'area a quota maggiore rientra nella sottozona fredda.	

Litologia Geomorfologia Tipo di frana	*Vedere scheda di censimento dei movimenti franosi(CNR) allegata; aggiungere, se esistenti nel progetto: descrizione sondaggi geognostici, valori dei parametri geotecnici (angolo d'attrito interno, coesione, spessore dello strato in frana).* Descrizione frana: Frana complessa, fenomeni attivi, rischio elevato (Riferimento carta franosità del Lazio) Litologia: Argilliti, siltiti, flysch prevalentemente pelitici Copertura: Assente
Probabili cause del dissesto	Il dissesto è stato determinato da eventi meteorici particolarmente intensi associati a cause di degrado e rimodellazione antropica dei suoli.
Vincoli ambientali	Area sottoposta a vincolo idrogeologico.
Superficie Area Dissesto (ha)	24,93 ha
Superficie Area Intervento (ha)	7,5 ha
Obiettivo dell'intervento	Messa in sicurezza del pendio e rivalutazione dell'area in oggetto con opere di stabilizzazione mediante l'impiego di tecniche di ingegneria naturalistica e l'impianto di essenze autoctone.
Descrizione dell'Intervento	In progetto sono previste opere estese quali la riprofilatura del pendio, preservando ove possibile le alberature esistenti; il ripristino e la messa a dimora di specie arboree, arbustive ed erbacee autoctone. Si aggiungono, inoltre, opere lineari quali: fossi di guardia in pietrame e terra inerbiti e diverse tipologie d'interventi d'ingegneria naturalistica. È prevista la realizzazione di opere nel sottosuolo quali, trincee drenanti e manufatti di collettamento delle acque.

Tecniche d'Ingegneria Naturalistica Impiegate

Tipi	Palizzate, cordonate (✷), viminate, fascinate drenanti, piantagione di specie autoctone, semina a spaglio.
Materiali inerti impiegati per tipo	Opere non ancora realizzate alla data del sopralluogo.

N°/ml di piante radicate e talee messe a dimora per tipo di opera

N°/ml talee	*N°/ml P.rad*	*Tipo opera*

Dimensioni dell'intervento per tipologia d'opera

P(m)	*L (m)*	*H (m)*	*Tipo di opera*

Specie vegetali impiegate – Talee

Specie	*% di attecchimento (n.talee attecchite/n. talee messe a dimora)*	*Φ talee (cm)*	*L talee (cm)*	*n° getti | talea*	*Φ getti (cm)*	*lunghezza getti (cm)*

	Piante radicate	*Specie*	*% di attecchimento (n.piantine attecchite/n. piantine messe a dimora)*	*Φ al colletto delle piantine (cm)*	*H delle piantine (cm)*

Periodo d'intervento Messa a dimora		Talee
		Piante
Drenaggi	Superficiali	Numero 3 fossi in pietrame; 5 fossi in terra
		Lunghezza totale 422.5 m; 450 m
		Profondità 50 cm circa
	Profondi	Numero 5 trincee drenanti
		Lunghezza totale 264.55 m
		Profondità 3m circa
Costi netto IVA	106.677 con un'incidenza percentuale del 36,24% sul totale dei costi previsti.	

Tecniche d'Ingegneria Civile "convenzionali"

Tipi	Regimazione idraulica superficiale, opere di drenaggio, movimenti di materie, opere stradali e accessorie.
Costi netto IVA	187.704

Osservazioni

- Alla data del sopralluogo è stata effettuata la seguente proposta migliorativa:
Piantagione di talee di Salix *purpurea* lungo le sponde del collettore principale, e realizzazione, all'interno dello stesso, dei piccoli salti di fondo realizzati sempre con il medesimo pietrame, per smorzare la velocità dell'acqua.
(✷) Si è suggerita la realizzazione di fascinate drenanti alternate alle viminate al posto delle cordonate, ciò perché il clima è troppo siccitoso per la realizzazione di tale opera.
- Si è inoltre suggerito di mettere a dimora piante arbustive tra le viminate e le fascinate per una migliore protezione superficiale del suolo.
- Il gabbione realizzato non è stato rinverdito perché a tergo vi è la strada e manca il terreno per far radicare le talee.

Foto 1: Ante- operam della parte di versante da sistemare con palizzate e viminate vive, marzo 2003. Foto di C. Milanese

Foto 2: In operam del collettore in pietrame, marzo 2003. Foto di C. Milanese

SCHEDA PROPOSTA
MONITORAGGIO INTERVENTI SU VERSANTE CON TECNICHE D' I.N.

Scheda n.	4
Data 14\10\2003	Compilatore Augusta D'Andrassi, Chiara Milanese, Alberto Cortese
Provincia	Frosinone
Comune	Falvaterra
Località	Mazzorile
Titolo Progetto	Consolidamento del movimento franoso in località "Mazzorile"
Periodo realizzazione lavori	Consegnati il 16/07/2002
Probabili cause del dissesto	Il dissesto è stato determinato da eventi meteorici particolarmente intensi associati a cause di degrado e rimodellazione antropica dei suoli.

Tecniche d'Ingegneria Naturalistica Impiegate

Tipi	Palizzate, viminate, fascinate drenanti interrate, piantagione di specie autoctone, semina a spaglio.
Materiali inerti impiegati per tipo	Pietrame calcareo ϕ 5-50cm (proveniente da Cava di Pontecorvo), paleria in castagno L 1-3 m ϕ =8-10cm, chiodi da carpenteria.

N°/ml di piante radicate e talee messe a dimora per tipo di opera

N°/ml talee	*N°/ml P.rad*	*Tipo opera*
Ramaglia viva Φ= 2-4cm		Fascine drenanti sommerse
4	1 (Sopra)	Palizzate
4	1 (Sopra)	Viminate
1	1 (Sui lati)	Collettori in pietrame

Dimensioni dell'intervento per tipologia d'opera

P(m)	*L (m)*	*H (m)*	*Tipo di opera*
1.10m	(✱) 320	$L_{picchetto\ vivo}$ = 60cm	Fascine drenanti sommerse
0.3	(✱) 301.3	1.10 fuori suolo 0.45	Palizzate
0.2	(✱) 320	1.0 fuori suolo 0.4	Viminate

Specie vegetali impiegate

Talee

Specie	*% di attecchimento (n.talee attecchite/n. talee messe a dimora)*	*Φ talee (cm)*	*L talee (cm)*	*n° getti | talea*	*Φ getti (cm)*	*lunghezza getti (cm)*
Salix alba		1-6	50-110			
Salix purpurea		1-6	50-110			
Salix caprea		3-6	50-70			

Piante radicate

Specie	*% di attecchimento (n.piantine attecchite/n. piantine messe a dimora)*	*Φ al colletto delle piantine (cm)*	*h delle piantine (cm)*
Cornus sanguinea		1	50-60

		Cornus mas		1	50-60
		Prunus spinosa		1	50-60
		Euonymus europaeus		1	50-60
		Crataegus oxycantha		1	50-60

Periodo d'intervento Messa a dimora		Talee ottobre
		Piante ottobre
Drenaggi	Superficiali	Numero 3 fossi in pietrame; 5 fossi in terra
		Lunghezza totale 422.5 m; 450 m
		Profondità 50 cm circa
	Profondi	Numero 5 trincee drenanti
		Lunghezza totale 264.55 m
		Profondità 3m circa

Tecniche d'Ingegneria Civile "convenzionali"

Tipi	Regimazione idraulica superficiale, opere di drenaggio, movimenti di materie, opere stradali e accessorie.

Osservazioni

(✷) Le Lunghezza delle opere si riferiscono ai ml totali

Descrizione opere realizzate alla data del sopralluogo:

- Palizzate: chiodate, tre pali orizzontali lunghi 3m Φ=15-20cm con talee inserite all'interno e piante radicate a monte. La palizzata lungo la strada presenta la base troppo distante dal terreno. In totale sono 6 di lunghezze così ripartite: 32m+69.3m+56.5m+69.5m+9m+65m
- Viminate: con piante radicate a monte, per fascina circa 5-6 verghe, interrate solo nella parte posteriore. Dietro alcune viminate sono state inserite fascine drenanti sommerse. La lunghezza di ogni singola viminata è di 3,2m per un numero di 100, in file distanti circa 1.20-2.00m
- Fascinate drenanti: sono così ripartite: 26*3m; 22*10m; 2*11m a coprire una lunghezza totale di 320ml. Sono costituite da picchetti vivi in legno L>60cm, Φ>5cm e fascina di verghe di *Salix purpurea* Φ_{tot} = 30-40cm
- Semina a spaglio: tra le Viminate con le seguenti specie (in diverse percentuali): *lolium perenne, festuca ovina, festuca rubra, festuca trichophylla, festuca duriuscula, bromus inermis, poa pratensis, poa compressa, koeleria cristata, anthyllis vulneraria, trifolium repens, lotus comiculatus, medicago lupulina, coronilla varia, onobrychis sativa, lathyrus pratensis, achillea millefolium, papaver rhoeas, plantago lanceolata.*
- Nei collettori principali sono stati inseriti picchetti in ferro ϕ 20 profondi 0.6m ogni 5m per fissare il pietrame. Piantagione sui lati.
- Le piante provengono da un Vivaio di Chiusi

Consigli:

- Riprofilatura talee
- Riporto di terra nella parte in testa almeno per le prime tre file delle viminate
- Inserimento talee di *Salix purpurea* lungo un fosso in pietrame per almeno 20m sperimentali

Foto 1: In-operam del versante in dissesto con palizzate e viminate vive, ottobre 2003. Foto di A. D'Andrassi.

Foto 2: Palizzata viva con talee di Salix spp. E messa a dimora delle piante radicate a monte, ottobre 2003. Foto di A. D'Andrassi.

Foto 3: In opera di una viminata viva, ottobre 2003. Foto di A. D'Andrassi

Foto 4: In opera del collettore in pietrame, ottobre 2003. Foto di A. D'Andrassi

SCHEDA PROPOSTA
MONITORAGGIO INTERVENTI SU VERSANTE CON TECNICHE D' I.N.

Scheda n.	4
Data 18\05\2004	Compilatore Augusta D'Andrassi, Chiara Milanese, Alberto Cortese
Provincia	Frosinone
Comune	Falvaterra
Località	Mazzorile
Titolo Progetto	Consolidamento del movimento franoso in località "Mazzorile"
Periodo realizzazione lavori	Consegnati il 16/07/2002 Chiusura lavori il 13\05\2004
Probabili cause del dissesto	Il dissesto è stato determinato da eventi meteorici particolarmente intensi associati a cause di degrado e rimodellazione antropica dei suoli.

Tecniche d'Ingegneria Naturalistica Impiegate

Tipi	Palizzate, viminate, fascinate drenanti interrate, piantagione di specie autoctone, semina a spaglio. Canalette in pietrame con talee di *Salix spp.*							
Materiali inerti impiegati per tipo	Pietrame calcareo ϕ 5-50cm (proveniente da Cava di Pontecorvo), paleria in castagno L 1-3 m ϕ =8-10cm, chiodi da carpenteria.							
N°/ml di piante radicate e talee messe a dimora per tipo di opera	*N°/ml talee*		*N°/ml P.rad*		*Tipo opera*			
	Ramaglia viva Φ_{tot}=40cm				Fascine drenanti interrate			
	4		1 (Sopra)		Palizzate			
	4		1 (Sopra)		Viminate			
	1		1 (Sui lati)		Canalette in pietrame			
Dimensioni dell'intervento per tipologia d'opera	*P(m)*	*L (m)*	*H (m)*	*Tipo di opera*				
	1.10m	(*) 320	L picchetto vivo = 60cm	Fascine drenanti interrate				
	0.3	(*) 301.3	1.10 fuori suolo 0.45	Palizzate				
	0.2	(*) 320	1.0 fuori suolo 0.4	Viminate				
				Semina tra le viminate				
Specie vegetali impiegate	Talee	*Specie*	*% di attecchimento (n.talee attecchite/n. talee messe a dimora)*	*Φ talee (cm)*	*L talee (cm)*	*n° getti | talea*	*Φ getti (cm)*	*lunghezza getti (cm)*
		Salix alba	77	1-6	50-110	3-8	20-80	20-40
		Salix purpurea	77	1-6	50-110	3-8	20-80	20-40
		Salix caprea	77	3-6	50-70	3-8	20-80	20-40
	Piante radicate	*Specie*	*% di attecchimento (n.piantine attecchite/n. piantine messe a dimora)*	*Φ al colletto delle piantine (cm)*		*h delle piantine (cm)*		

		Cornus sanguinea	100%	1	50-110
		Cornus mas	100%	1	50-110
		Prunus spinosa	100%	1	50-110
		Euonymus europaeus	100%	1	50-110
		Crataegus oxycantha	100%	1	50-110
Periodo d'intervento Messa a dimora		Talee ottobre			
		Piante ottobre			
Drenaggi	Superficiali	Numero 3 fossi in pietrame; 5 fossi in terra			
		Lunghezza totale 422.5 m; 450 m			
		Profondità 50 cm circa			
	Profondi	Numero 5 trincee drenanti			
		Lunghezza totale 264.55 m			
		Profondità 3m circa			
Tecniche d'Ingegneria Civile "convenzionali"					
Tipi		Regimazione idraulica superficiale, opere di drenaggio, movimenti di materie, opere stradali e accessorie.			

Osservazioni

In totale sono state usate circa 3000 talee di *Salix spp.* Le dimensioni delle talee nelle diverse opere sono:
Palizzate: n°6: Φ talee =1-3cm, L talee =110cm, Φ getti =1cm, L getti =20-50cm. Della palizzata lungo la strada risultano attecchite n°137 per una % di attecchimento pari al **95%**
Viminate: n°100: Φ talee =1-3cm, L talee =110cm, Φ getti <1cm, L getti =30-40cm buon attecchimento n°24 (75%); parziale attecchimento n°46 (25%); attecchimento nullo per n°30 (0%) nella parte più bassa dell'appezzamento (sotto la strada). La % di attecchimento, facendo una media ponderata, risulta del **30%**

Collettore in pietrame: Talee di *Salix caprea, Salix alba, Salix purpurea* per tutta la lunghezza dei collettori:
Φ talee =3-6cm L talee =50-70cm distanza talee =1m; Φ getti <1cm L getti =20-40cm. Ottima la % di attecchimento
La % di attecchimento delle talee di *Salix spp* nelle viminate, palizzate e nei collettori, facendo una media ponderata, risulta pari a 77%

Ottima la % di attecchimento degli arbusti. Sono stati utilizzati 500 C*ornus sanguinea*, 500 C*ornus mas*, 600 P*runus spinosa*, 400 E*uonymus europaeus*, 400 C*rataegus oxycantha*

Hanno seguito i consigli di riporto terreno dietro le viminate, riprofilatura talee e rinverdimento con talee lungo tutti i collettori in pietrame e non solo per i 20m sperimentali consigliati.

(✷) Le Lunghezza delle opere si riferiscono ai ml totali

Le piante provengono da un Vivaio di Chiusi

Foto 1: Post-operam del versante sistemato con palizzate e viminate vive, maggio 2004. Foto di A. Cortese

Foto 2: Post-operam della canaletta il pietrame rinverdita con talee di Salix spp.

Foto 3: Palizzata viva realizzata con talee di Salix spp. e piante radicate a monte, maggio 2004. Foto di A. Cortese

Foto 4: Post-operam di una viminata viva, maggio 2004. Foto di A. Cortese

SCHEDA RIASSUNTIVA DEI DATI PROGETTUALI

GENERALITA'					
Localizzazione				***Censimento***	
Regione	**Provincia**	**Comune**	**Località**	**Sigla**	**ID record**
Lazio	Frosinone	Falvaterra	Mazzorile		

CARTOGRAFIA				
IGM 1:100.000			***CTR***	
Foglio	**Quadrante**	**Tavoletta**	**Elemento**	**Scala**
160	IV	SO	402060-70	1:10.000

MORFOMETRIA FRANA					
Dati generali					
Quota corona (m)	**Quota testata (m)**	**Quota unghia (m)**	**Lunghezza totale (m)**	**Dislivello (m)**	**Pendenza (°)**
170		100	250	70	13
Area totale (m^2)	**Azimut movimento α (°)**	**Profondità massa spostata (m)**		**Volume massa spostata (m^3)**	
		2 m-3 m		100.000	

MORFOMETRIA VERSANTE					
Quota crinale (m)	**Quota fondovalle (m)**	**Pendenza media (°)**	**Esposizione(°)**	**Tipo di pendio**	**Profilo**
350	80	13	N-NE	Artificiale (ex-agricolo)	

USO DEL SUOLO	
Uso del suolo	**Tecniche colturali**
Ex-seminativo	

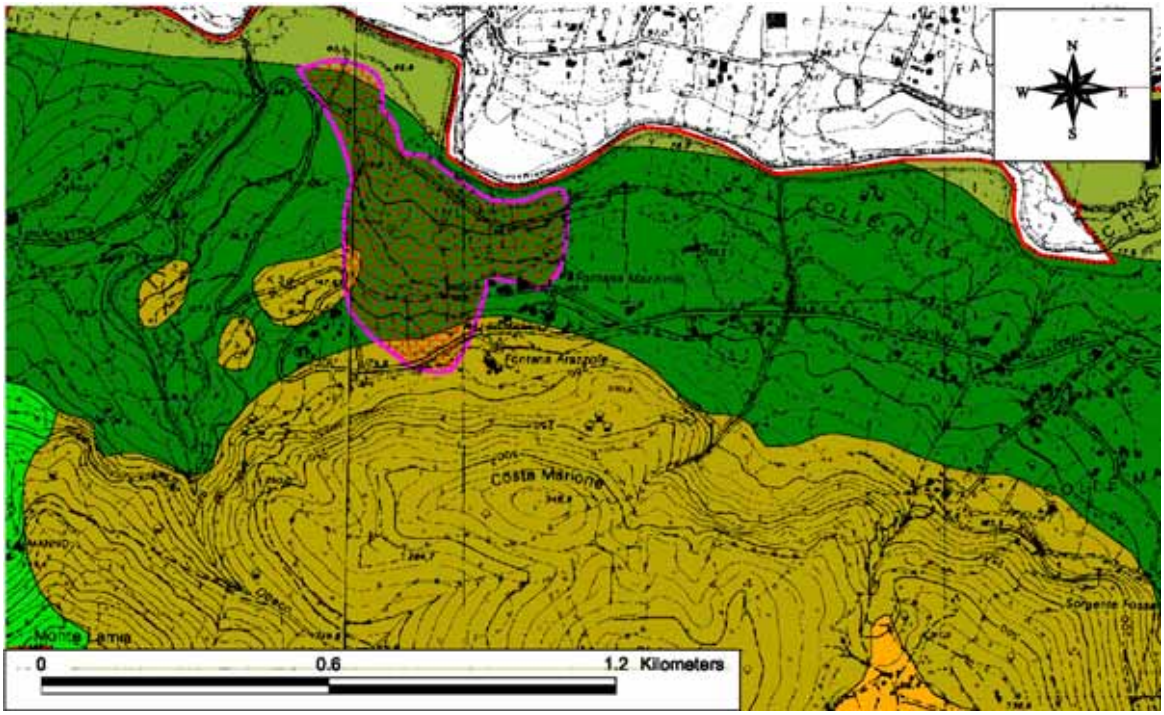
IDROGEOLOGIA		
Acque superficiali	**Sorgenti**	**Falda**
Ruscellamento concentrato nei litotipi argillosi, diffuso nei litotipi calcarei	Numerose	Superficiale a carattere transitorio legata alle precipitazioni meteoriche

SISMICITA'		
Grado di sismicità	**Coefficiente sismico**	**Coefficiente di fondazione**
S=9	c=0,07	

CARTOGRAFIA PRODOTTA				
C. geologica	**C. geomorfologica**	**C. idrogeologica**	**C. acclività**	**Altro**
Si	Si	Si	Si	

	Formazioni			
Descrizione	*1-Alluvioni recenti e attuali*	*2-Complesso delle argille caotiche*	*3-Depositi del detrito di falda*	*4-Unità calcareo-dolomitica**
GEOLOGIA				
Litologia	Terreno eterogeneo: Ciottoli di natura calcarea, ghiaie, sabbie talora argillose	Limi con argille e sabbie inglobanti in maniera caotica calcari marnosi	Limi sabbiosi sciolti inglobanti frammenti lapidei grossolani	Dolomie saccaroidi, mudstones e wackestones
Litotecnica	Unità complessa	Terra	Terra granulare sciolta	Roccia
Struttura		Caotica		Massiva
GEOTECNICA				
Tipo di indagini	Rilievo geologico di dettaglio; 4 sondaggi a carotaggio continuo con prove geomeccaniche speditive in situ con Pocket Penetrometer e Pocket Vane Tester; Prove penetrometriche programmate; Analisi strutturale			
Analisi di laboratorio	Effettuate			
Monitoraggio	2 piezometri			
Verifiche di stabilità	Effettuata			
CLASSIFICAZIONE				
Movimento		Scorrimento rototraslativo e colamento; soliflusso		
Velocità				

NOTE
* Presente ai margini del sito di indagine

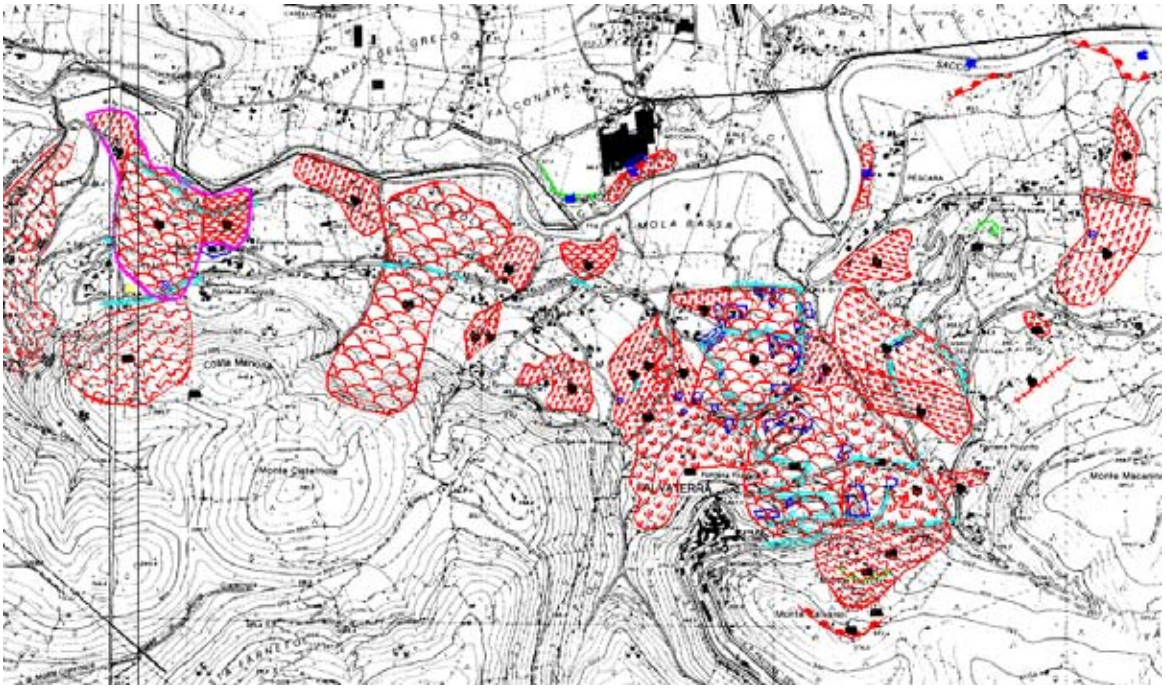


Area in frana - frana complessa con fenomeni attivi

Confine comunale di Falvaterra

24) Calacareniti, marne e argilliti paleogeniche interc. come olistost
3) Alluvioni ghiaiose, sabbiose, argillose attuali e recenti anche ter
38) Calcari detrici, micritici, microcristallini, oolitici, con inter.
5) Coperture colluviali ed eluviali e terre residuali quando distinte
9) Depositi preval. sabbiosi a luoghi cementati in facies mar. e di tra

Fig. 26.1: *Censimento dei dissesti geomorfologici* (Regione Lazio 1998).
In magenta é evidenziata la zona in cui é ubicato il cantiere oggetto dell'attività di monitoraggio.



Sigle	litologie
ca	rocce carbonatiche
tr	travertini
ma	marne
fc	flysch prevalentemente calcareo marnosi
fa	arenarie, flysch prevalentemente arenacei
fp	argilliti, siltiti, flysch prevalentemente pelitici
la	rocce effusive laviche acide
lb	rocce effusive laviche basiche
pi	rocce effusive piroclastiche
ia	rocce intrusive acide
ib	rocce intrusive basiche
me	rocce metamorfiche
ge	rocce gessose, anidridiche e saline
se	rocce sedimentarie e silicee
og	conglomerati e breccie
Sigle	**coperture**
dt	detriti
gh	terreni prevalentemente ghiaiosi
sa	terreni prevalentemente sabbiosi
li	terreni prevalentemente limosi
ar	terreni prevalentemente argillosi
el	terreni eterogenei
ri	terreno di riporto

Fig. 26.2: Carta geologica dell'area in frana delimitata in magenta.

SCHEDA PROPOSTA
MONITORAGGIO INTERVENTI SU VERSANTE CON TECNICHE D' I.N.

Scheda n.	2		
Data 18\03\2003	Compilatore Augusta D'Andrassi, Chiara Milanese, Alberto Cortese		
Provincia	Viterbo		
Comune	Bassano in Teverina		
Località	Belvedere - Sant'Antonio, Mandolo		
Titolo Progetto	Consolidamento località Belvedere, S. Antonio, Mandolo		
Committente	Comune		
Figure Professionali	Progettista ing. Luigi Sabatini		
	Responsabile del Procedimento geom. Sergio Tamantini		
	D.L. ing. Luigi Sabatini	Assistente D.L. Ing. Formichella	
	Direttore tecnico dell'impresa Geom. Incolingo Angelo		
Modalità effettuazione lavori	Appalto x		
	Amministrazione diretta		
Ditta/e Esecutrice/i	Denominazione ditta ELP Europea Lavori Pubblici srl		
	Via Prati Fiscali 199	Città Roma	
	Tel/Fax 06-39389634		
	Anni di attività	Nel settore dell'I.N. 2-3 anni (Gruppo di impresa: 5-6 anni)	
		Nel settore delle sistemazioni di versante 5-6 anni (Gruppo di Impresa: 10-15 anni)	
Periodo realizzazione lavori	Inizio lavori il 09\07\2001 Richiesta (giugno 2003) sospensione lavori per piantagione		
Altitudine (m s.l.m.)	Min 260 m		
	Max 310 m		
	Med 280m		
Esposizione	N-E		
Inclinazione del versante (Gradi rispetto all' orizzontale)	Inclinazione media del versante, ricavata cartograficamente, è pari a 17° circa. Il pendio è stato riprofilato e le scarpate tra i gradoni hanno una pendenza pari a circa 40°.		
Aspetti vegetazionali dell'area (Almeno rif. carta fitosociologica del Lazio)	La vegetazione potenziale dell'area sarebbe costituita prevalentemente da boschi di latifoglie decidue (*Quersus pubescens, Quercus cerris*). Non c'è un riferimento preciso alla carta fitosociologica o fitoclimatica.		

Litologia Geomorfologia Tipo di frana	*Vedere scheda di censimento dei movimenti franosi(CNR) allegata; aggiungere, se esistenti nel progetto: descrizione sondaggi geognostici, valori dei parametri geotecnici (angolo d'attrito interno, coesione, spessore dello strato in frana)* Descrizione frana: Area con franosità diffusa, orlo di scarpata in frana e fenomeni attivi, rischio molto elevato (Riferimento carta franosità del Lazio) Litologia: rocce effusive piroclastiche Copertura: Terreni prevalentemente argillosi
Probabili cause del dissesto	Il territorio comunale è soggetto a fenomeni di lento ma progressivo dissesto geomorfologico manifestatosi nel tempo con movimenti franosi i quali recentemente hanno provocato il ribaltamento di un muro di contenimento della strada di Via Belvedere. Le cause sono ricondotte a due tipologie: ➢ Azioni morfogenetiche attribuibili all'opera delle acque superficiali, per la presenza di due corsi d'acqua a carattere di impluvio (Fosso Gradella e Fosso Roncione); più a monte il versante è percorso da un reticolo idrografico costituito da piccole incisioni e fossi che seguono le linee di compluvio che giungono fino al fosso Gratella. ➢ Azioni morfogenetiche attribuibili all'opera di agenti gravitativi: interessano l'intero versante manifestandosi in forme diverse in dipendenza della morfologia e la litologia dei luoghi La mancanza di una rete di drenaggio delle acque meteoriche lungo la parte centrale e terminale di Via Belvedere determina un ruscellamento disordinato verso valle con conseguente innesco e propagazione di fenomeni erosivi lungo il sottostante pendio. In particolare la rete fognaria di tale zona è carente e fatiscente
Vincoli ambientali	L'area d'intervento ricade per ¾ circa della sua superficie in zona soggetta a vincolo idrogeologico.
Superficie Area Dissesto (ha)	3,3 ha
Superficie Area Intervento (ha)	3,3 ha
Obiettivo dell'intervento	Realizzazione di opere finalizzate all'eliminazione delle cause predisponesti il dissesto idrogeologico (infiltrazioni idriche, scoli urbani) e di opere di sostegno, attivo e passivo, delle parti più acclivi ed instabili del costone tufaceo su cui sorge il centro storico e del sottostante pendio.
Descrizione dell'Intervento	1. Drenaggio delle acque meteoriche e degli scarichi civili: lungo il tratto centrale e terminale di Via Belvedere, realizzazione di un collettore di drenaggio delle acque meteoriche in grado di captare e convogliare le stesse nel fosso a valle della strada. Realizzare nei due alvei delle opere di difesa per contenere l'erosione: nel fosso Marifoscola, serie di piccole briglie in legname e pietrame: nel secondo fosso a valle dello scarico di drenaggio si realizzerà una rampa in pietrame per dissipare l'energia dell'acqua. Prolungamento del collettore che attualmente scarica a cielo aperto i liquami provenienti dalle abitazioni di Via Mandolo, collegamento dello stesso al collettore fognario esistente nell'alveo del Fosso di Marifoscola 2. Instabilità dei versanti: Interventi di sostegno passivi quali muri in c.a. rivestiti con blocchetti di tufo; Interventi di sostegno attivi quali viminata viva (*) e piantagione di specie arbustive locali (da realizzare). I muri saranno realizzati su una piattaforma di fondazione impostata su micropali di Φ =200mm Al piede del muro N.2 realizzazione di una pista di accesso larga 2m e sostenuta, lungo il lato di valle, da Gabbioni in pietrame rinverditi. Saranno lasciate nel muro delle aperture (L =1.5m H =2.0m) per garantire la possibilità di accedere all'interno delle Grotte. L'acqua trovata in fondo alla grotta N.2 sarà captata e convogliata all'esterno con una tubazione drenante da collocare nella canaletta esistente. Le acque di infiltrazione che dovessero accumularsi sul retro del muro verranno raccolte e convogliate all'esterno mediante tubazione drenante (Φ =200mm) disposta lungo lo sbalzo contro la terra del muro stesso. La sistemazione del versante nelle zone a valle del muro precedentemente realizzato dal Genio Civile, consolidamento con viminate
Tecniche d'Ingegneria Naturalistica Impiegate	
Tipi	N° 6 Briglie in Legno e Pietrame, Gabbioni rinverditi, Viminata viva(*), Piantagione (da realizzare)

Materiali inerti impiegati per tipo		Briglie in legname e pietrame: Pietrame Φ =10-30cm, legname di castagno con Φ=25 cm L=4m, chiodi da carpentiere; Gabbioni rinverditi: Gabbia in filo di ferro zincato maglia =8*10cm dimensioni (2-4)*1*(0.5-1)m; filo di ferro zincato Φ =3mm, blocchetti di peperino. Palizzate: Paleria di castagno Φ = 3-10 cm; L =1m						
N°/ml di piante radicate e talee messe a dimora per tipo di opera		*N°/ml talee*		*N°/ml P.rad*		*Tipo opera*		
		/		/		Gabbioni rinverditi		
		? (ottobre)		? (ottobre)		Piantagione siepi		
Dimensioni dell'intervento per tipologia d'opera		*P(m)*	*L (m)*	*H (m)*		*Tipo di opera*		
		1.4	4.5	0.7		Briglia in Legno e Pietrame		
		2-3	80 gabbionata lungo la strada 16 gabbionata sopra briglie	1-4		Gabbioni rinverditi		
		Distanza fra le palizzate 1,10 m	5	0.25 fuori terra 0.7 in profondità		Palizzata morta		
Specie vegetali impiegate	Talee	*Specie*	*% di attecchimento (n.talee attecchite/n. talee messe a dimora)*	*Φ talee (cm)*	*L talee (cm)*	*n° getti | talea*	*Φ getti (cm)*	*lunghezza getti (cm)*
	Piante radicate	*Specie*	*% di attecchimento (n.piantine attecchite/n. piantine messe a dimora)*	*Φ al colletto delle piantine (cm)*		*H delle piantine (cm)*		
Periodo d'intervento Messa a dimora		Talee:						
		Piante:						
Drenaggi	Superficiali	Rampa in pietrame Drenaggio retro muro con tubazione Φ =200mm disposta lungo lo sbalzo contro terra del muro stesso						
		Drenaggio acque nella Grotta n. 2 con tubazione posta nella canaletta esistente						
	Profondi	Drenaggio acque meteoriche: Tubazione circolare L =96m (Tratto iniziale: tubazione in calcestruzzo vibrocompattato di Φ =400mm; fino al fosso recettore tubazione in PVC Φ =400mm)						
		Drenaggio acque di falda: tubazione in calcestruzzo vibrocompattato Φ =300mm						
Costi netto IVA		83230,50 inclusa gabbionata						
Tecniche d'Ingegneria Civile "convenzionali"								
Tipi		Fondazione muro su micropali di Φ =200mm armati con tubo in acciaio di Φ esterno =114mm e spessore =8mm Muro in c.a H =2.5-4.0m L =8.0+9.0m rivestito con blocchetti di tufo Tubazione circolare in calcestruzzo vibrocompresso di Φ =300-400mm e nel tratto finale in						

	PVC di Φ =400mm. L_{tot} =96m Fognatura acque reflue: collettori fognari in PVC Φ = 315mm L =201+58m
Costi netto IVA	329935,05

Osservazioni

Chiesto il fermo lavori per la piantagione.
Per le gabbionate non rinverdite già realizzate è stato consigliato riporto di terra e semina
(*) Non sono state più realizzate le viminate vive ma piccole palizzate morte a causa di contrasti con il proprietario del terreno che vuole continuare ad usufruire del suolo così sistemato.
Le foto si riferiscono al versante prima dell'intervento fornite dall' Ing. Formichella.

II sopralluogo effettuato in data 03\06\2003:

Sono state aggiunte le chiodature con tondini Φ= 12 mm, nella parte bassa della gaveta.
Sono stati applicati dei fori nel peperino dei gabbioni nei quali sono state messe talee di salice con una distanza pari a 1 ogni 0.50-0.70ml.

Foto 1: Ante-operam del versante da sistemare con gabbionate rinverdite e piantagione, marzo 2003. Foto di ing. Formichella

Foto 2: Briglie in legname e pietrame, giugno 2003. Foto di C. Milanese

Foto 3: Vista complessiva del versante in corso d'opera, giugno 2003. Foto di C. Milanese

SCHEDA PROPOSTA
MONITORAGGIO INTERVENTI SU VERSANTE CON TECNICHE D' I.N.

Scheda n.	2
Data 29\04\2004	Compilatore Augusta D'Andrassi, Chiara Milanese, Alberto Cortese
Provincia	Viterbo
Comune	Bassano in Teverina
Località	Belvedere - Sant'Antonio, Mandolo
Titolo Progetto	Consolidamento località Belvedere, S. Antonio, Mandolo
Periodo realizzazione lavori	Inizio lavori il 09\07\2001 Chiusura lavori il 15\11\2003 Sospensione lavori per piantagione dal 22\04\2003 al 27\10\2003
Probabili cause del dissesto	Il territorio comunale è soggetto a fenomeni di lento ma progressivo dissesto geomorfologico manifestatosi nel tempo con movimenti franosi i quali recentemente hanno provocato il ribaltamento di un muro di contenimento della strada di Via Belvedere. Le cause sono ricondotte a due tipologie: ➢ Azioni morfogenetiche attribuibili all'opera delle acque superficiali, per la presenza di due corsi d'acqua a carattere di impluvio (Fosso Gradella e Fosso Roncione); più a monte il versante è percorso da un reticolo idrografico costituito da piccole incisioni e fossi che seguono le linee di compluvio che giungono fino al fosso Gratella. ➢ Azioni morfogenetiche attribuibili all'opera di agenti gravitativi: interessano l'intero versante manifestandosi in forme diverse in dipendenza della morfologia e la litologia dei luoghi La mancanza di una rete di drenaggio delle acque meteoriche lungo la parte centrale e terminale di Via Belvedere determina un ruscellamento disordinato verso valle con conseguente innesco e propagazione di fenomeni erosivi lungo il sottostante pendio. In particolare la rete fognaria di tale zona è carente e fatiscente
Tecniche d'Ingegneria Naturalistica Impiegate	
Tipi	N° 6 Briglie in Legno e Pietrame, Gabbioni rinverditi, palizzata morta, Piantagione
Materiali inerti impiegati per tipo	Briglie in legname e pietrame: Pietrame Φ =10-30cm, legname di castagno con Φ=25 cm L=4m, chiodi da carpentiere, tondini Φ =12mm (a rinforzo Gaveta e Ali delle briglie); Gabbioni rinverditi: Gabbia in filo di ferro zincato maglia =8*10 cm dimensioni (2-4)*1*(0.5-1)m; filo di ferro zincato Φ =3mm, blocchetti di peperino. Palizzate morte: Paleria di castagno Φ = 3-10 cm; L =1m

N°/ml di piante radicate e talee messe a dimora per tipo di opera

N°/ml talee	*N°/ml P.rad*	*Tipo opera*
1 ogni 0.5-0.7 m in parte dei gabbioni		Gabbioni rinverditi
		Piantagione siepi

Dimensioni dell'intervento per tipologia d'opera

P(m)	*L (m)*	*H (m)*	*Tipo di opera*
1.4	4.5	0.7	Briglia in Legno e Pietrame
2-3	80 gabbionata lungo la strada 16 sopra briglie	1-4	Gabbioni rinverditi
Distanza fra le palizzate 1,10 m	5	0.25 fuori terra 0.7 in profondità	Palizzata

Specie vegetali impiegate	Talee	*Specie*	*% di attecchimento (n.talee attecchite/n. talee messe a dimora)*	*Φ talee (cm)*	*L talee (cm)*	*n° getti | talea*	*Φ getti (cm)*	*lunghezza getti (cm)*
		Salix alba	6.6 %	0.5-4	50	1-4	0.5-2	70-350
	Piante radicate	*Specie*	*% di attecchimento (n.piantine attecchite/n. piantine messe a dimora)*	*Φ al colletto delle piantine (cm)*		*n° piante*	*H delle piantine (cm)*	
		Castanea sativa cultivar Marrone.	100 %	3		5	80	
		Ailanthus altissima	100 %	3		9	20-60	
		Olea europea	100 %	3		6	120-130	
		Prunus domestica	100 %	5		1	150	
		Prunus armeniaca	100 %	5		3	150-170	
		Prunus avium	100 %	5		3	150-170	
		Ficus carica	100 %	5		1	150	
		Crataegus monogyna	100 %	1-2		48	50-110	
		Prunus spinosa	100 %	1-2		34	50-110	
		Cornus sanguinea	93.55 %	1-2		62	50-110	
		Corylus avellana	100 %	1-2		13	50-110	
Periodo d'intervento Messa a dimora		Talee:Giugno						
		Piante: Novembre						
Drenaggi	Superficiali	Rampa in pietrame Drenaggio retro muro con tubazione Φ =200mm disposta lungo lo sbalzo contro terra del muro stesso						
		Drenaggio acque nella Grotta n. 2 con tubazione posta nella canaletta esistente						
	Profondi	Drenaggio acque meteoriche: Tubazione circolare L =96m (Tratto iniziale: tubazione in calcestruzzo vibrocompattato di Φ =400mm; fino al fosso recettore tubazione in PVC Φ =400mm)						
		Drenaggio acque di falda: tubazione in calcestruzzo vibrocompattato Φ =300mm						
Tecniche d'Ingegneria Civile "convenzionali"								
Tipi		Fondazione muro su micropali di Φ =200mm armati con tubo in acciaio di Φ esterno =114mm e spessore =8mm Muro in c.a H =2.5-4.0m L =8.0+9.0m rivestito con blocchetti di tufo Tubazione circolare in calcestruzzo vibrocompresso di Φ =300-400mm e nel tratto finale in PVC di Φ =400mm. L_{tot} =96m Fognatura acque reflue: collettori fognari in PVC Φ = 315mm L =201+58m						
Osservazioni								

Gabbioni:è stato effettuato il riporto con terra ma non la semina. Presentano un rinverdimento spontaneo con erbacee quali: *Brassicaceace (Brassica napus var. oleifera), Fumaria, Lotus corniculatus, Medicago sativa, , Trifolium spp*
Davanti gabbioni inserimento di Biancospino, Prugnolo e Sanguinello
Nei gabbioni che seguono la strada si è effettuato solo riporto di terra, il rinverdimento spontaneo è scarso, la copertura vegetale è del 10%
I Gabbioni sotto il muro sono stati forati e inserite talee di *Salix alba*. Delle poche talee vive (6) i getti più bassi, a contatto con la terra, hanno radicato.
Tra le Palizzate morte rinverdimento spontaneo con Erbacee come tra i gabbioni
Presenza, nel compluvio, di *Arundo pliniana* sparsa indicatrice di terreni a componente argillosa.
Presenza di ristagno d'acqua nella parte centrale dell'impluvio
La piantagione di specie fruttifere è stata effettuata dal proprietario del terreno (Castagno, Olivo, Susino, Albicocco, Ciliegio, Fico)

(✸) Non sono state più realizzate le viminate vive ma piccole palizzate morte perché a causa di contrasti con il proprietario del terreno che vuole continuare ad usufruire del suolo così sistemato

Foto 1: Versante sistemato, aprile 2004. Foto di A. D'Andrassi.

Foto 2: Piantagione sul fronte della gabbionata, aprile 2004. Foto di A. D'Andrassi.

Foto 3: Particolare di una talea di *Salix alba* inserita nel foro creato appositamente nel blocco di peperino, aprile 2004. Foto di A. D'Andrassi.

SCHEDA RIASSUNTIVA DEI DATI PROGETTUALI

GENERALITA'					
Localizzazione				***Censimento***	
Regione	**Provincia**	**Comune**	**Località**	**Sigla**	**ID record**
Lazio	Viterbo	Bassano in Teverina	Via Belvedere		

CARTOGRAFIA				
IGM 1:100.000			***CTR***	
Foglio	**Quadrante**	**Tavoletta**	**Elemento**	**Scala**
			345120	1:10.000

MORFOMETRIA FRANA					
Dati generali					
Quota corona (m)	**Quota testata (m)**	**Quota unghia (m)**	**Lunghezza totale (m)**	**Dislivello (m)**	**Pendenza (°)**
280		100		180	15
Area totale (m^2)	**Azimut movimento α (°)**	**Profondità massa spostata (m)**		**Volume massa spostata (m^3)**	

MORFOMETRIA VERSANTE					
Quota crinale (m)	**Quota fondovalle (m)**	**Pendenza media (°)**	**Esposizione(°)**	**Tipo di pendio**	**Profilo**
330			E-NE	Artificiale	Terrazzato-complesso

USO DEL SUOLO	
Uso del suolo	**Tecniche colturali**

IDROGEOLOGIA		
Acque superficiali	**Sorgenti**	**Falda**
Ruscellamento diffuso		Freatica (più orizzonti acquiferi difficilmente correlabili)

SISMICITA'		
Grado di sismicità	**Coefficiente sismico**	**Coefficiente di fondazione**

CARTOGRAFIA PRODOTTA				
C. geologica	**C. geomorfologica**	**C. idrogeologica**	**C. acclività**	**Altro**
Si				Carta di ubicazione dei sondaggi

	Formazioni						
	Sedimentaria			Vulcanica cimino-vicana			
Descrizione	*1-Sabbie limose con livelli di limi argillosi*	*2-Sabbie limose, limi sabbiosi e limi argillosi*	*3-Ghiaie*	*4-Depositi vulcanico-sedimentari*	*5-Facies caotica* (margine inferiore del plateau)	*6- Facies pomicea* (lungo la strada Gradelle)	*7-Facies litoide* (sommità del pendio)
GEOLOGIA							
Litologia	Sabbie limose con livelli di limi argillosi	Sabbie limose, limi sabbiosi e limi argillosi	Ciottoli calcareo-flyschoidi in matrice sabbiosa	Eterogenea (elementi vulcanici in matrice limo-argillosa)	Rocce effusive piroclastiche (peperino)		
Litotecnica		Unità complessa: Alternanza	Detrito	Unità complessa	Unità complessa	Roccia di aspetto incoerente	Roccia
Struttura					Caotica	Fratturata	Intensamente fratturata
GEOTECNICA							
Tipo di indagini	Rilievo geologico di dettaglio - Sondaggi geognostici a rotazione; sondaggi penetrometrici dinamici; indagini geofisiche mediante tomografia elettrica e sismica a rifrazione						
Analisi di laboratorio	Effettuate						
Monitoraggio							
Verifiche di stabilità	Effettuate						
CLASSIFICAZIONE							
Movimento	Scivolamento			Scivolamento	Crollo-ribaltamento		
Velocità							

NOTE

SCHEDA PROPOSTA
MONITORAGGIO INTERVENTI SU VERSANTE CON TECNICHE D' I.N.

Scheda n.	13	
Data 28\05\2003	Compilatore Augusta D'Andrassi, Chiara Milanese, Alberto Cortese	
Provincia	Rieti	
Comune	Concerviano	
Località	Concerviano	
Titolo Progetto	Consolidamento delle condizioni di instabilità del pendio occidentale dell'abitato Concerviano Capoluogo, con ripristino della percorrenza viaria denominata "Via di sotto"	
Committente	Comune	
Figure Professionali	Progettista Arch. Amedeo Riccini	
	Responsabile del Procedimento Arch. Amedeo Riccini	
	D.L. Arch. Amedeo Riccini	Assistente D.L.
	Direttore tecnico dell'impresa Arch. Amedeo Riccini	
Modalità effettuazione lavori	Appalto x	
	Amministrazione diretta	
Ditta/e Esecutrice/i	Denominazione ditta Appaltatrice UN.ATI (Rieti), geom. Enzo Francia e Ferri Simone srl (tel 0746.688345) Subappalto: Vittorino Gentile	
	Via Borgo n° 2	Città Casette – Rieti
	Tel/Fax 3357323903	
	Anni di attività	Nel settore dell'I.N. 4
		Nel settore delle sistemazioni di versante 18
Periodo realizzazione lavori	Consegna lavori il 09\09\02	
Altitudine (m s.l.m.)	Min 560	
	Max 580	
	Med 570	
Esposizione	N – NW	
Inclinazione del versante (Gradi rispetto all' orizzontale)	35-36° pendenza naturale della scarpata 40-45° pendenza riporto	
Aspetti vegetazionali dell'area (Almeno rif. carta fitosociologica del Lazio)	Bosco termofilo a *Quercus pubescens*, parzialmente degradato. Fondovalle antropizzato, coltivi e incolti, vegetazione ripariale. No riferimento a carta fitosociologica e fitoclimatica.	
Litologia Geomorfologia Tipo di frana	*Vedere scheda di censimento dei movimenti franosi(CNR) allegata; aggiungere, se esistenti nel progetto: descrizione sondaggi geognostici, valori dei parametri geotecnici (angolo d'attrito interno, coesione, spessore dello strato in frana).* Non ricade nella carta di riferimento della franosità del Lazio Stratigrafia locale: dal p.c. a 0.9\1.5m Suolo di alterazione; da 0.9\1.5 metri in poi, depositi	

	conglomeratici. Nei tratti del tracciato stradale vi è una variabilità dello spessore del terreno di copertura e della profondità del substrato conglomeratici che localmente può rinvenirsi direttamente in affioramento. In alcune aree nella parte alta del pendio, prossimali agli edifici, è presente uno spessore variabile da 0.3-0.5m di Terreno di Riporto accumulatosi negli anni.
Probabili cause del dissesto	Fenomeni di scivolamento di masse di terreno, più o meno superficiale, lungo i versanti instabili.
Vincoli ambientali	L'area dell'intervento ricade interamente in zona soggetta a vincolo idrogeologico.
Superficie Area Dissesto (ha)	1,12 ha
Superficie Area Intervento (ha)	Estensione longitudinale di 200m *10m = 2000m^2 (Area misurata dalla cartografia in scala 1:2000)
Obiettivo dell'intervento	Il movimento franoso in atto si sviluppa per un fronte di 300m ed il consolidamento generale del versante dovrà avvenire in due stralci. Lo stralcio relativo al finanziamento disponibile consente, inoltre, di completare quanto realizzato nei precedenti interventi di consolidamento e prevede di: • Arrestare lo scivolamento del pendio instabile, prevenendo rischi di dissesto che minaccia di compromettere l'integrità del piano di fondazione nelle abitazioni. • Operare sulla situazione di degrado a cui è sottoposta l'area ed il terreno circostante ed al tempo stesso di salvaguardare gli ecosistemi venutisi a creare, anche in seguito agli eventi antropici • Regimazione delle acque limitando le infiltrazioni • Rafforzamento corticale del suolo • Ripristino della viabilità originaria • Rimodellamento del versante
Descrizione dell'Intervento	1. Consolidamento statico del versante per sostenere i terreni e raccogliere le acque con l'uso di travi in cls con micropali e Gabbionate rinverdite 2. Sistemazione dei terreni di copertura: una volta stabilizzato globalmente il versante, consolidamento e rimodellamento del versante con Grata rinverdita (✱) 3. Raccolta, canalizzazione, allontanamento delle acque di ruscellamento superficiale tramite la realizzazione di canalette, poste lungo il bordo esterno della sede stradale (L =200m) e lungo il pendio (✱) 4. Canalizzazione delle acque reflue delle abitazioni (✱) 5. Impermeabilizzazione/limitazione dell' infiltrazione nel terreno delle acque attraverso il rifacimento del manto vegetale mediante idrosemina (✱) 6. Attraverso il consolidamento del versante instabile sarà possibile ripristinare la percorrenza viaria della "Via di Sotto" (✱) interventi da realizzare
Tecniche d'Ingegneria Naturalistica Impiegate	
Tipi	Gabbioni rinverditi, Palificata viva doppia, Palizzata viva (✱), Gradonata (✱), Idrosemina (✱), Canalette in pietrame (✱), Grata Viva (✱), Impianto di specie autoctone (✱).
Materiali inerti impiegati per tipo	Gabbionata in rete metallica zincata a doppia torsione di maglia esagonale 80*100mm con filo DN 3.0mm; Pietrisco calcareo di origine fluviale, Pali in castagno Φ= 15-20cm

N°/ml di piante radicate e talee messe a dimora per tipo di opera	*N°/ml talee*	*N°/ml P.rad*	*Tipo opera*
	0	0	Gabbionata

Dimensioni dell'intervento	*P(m)*	*L (m)*	*H (m)*	*Tipo di opera*

per tipologia d'opera		2	200	1-2		Gabbionata		
Specie vegetali Impiegate	Talee	*Specie*	*% di attecchimento (n.talee attecchite/n. talee messe a dimora)*	*Φ talee (cm)*	*L talee (cm)*	*n° getti | talea*	*Φ getti (cm)*	*lunghezza getti (cm)*
		No						
	Piante radicate	*Specie*	*% di attecchimento (n.piantine attecchite/n. piantine messe a dimora)*	*Φ al colletto delle piantine (cm)*		*h delle piantine (cm)*		
		No						
Periodo d'intervento Messa a dimora		Talee:						
		Piante:						
Drenaggi	Superficiali	Da realizzare						
	Profondi	Da realizzare						
Costi netto IVA	147257.35 (45.8%)							

Tecniche d'Ingegneria Civile "convenzionali"

Tipi	Micropali in tubo FIX e armature metalliche in tubi di acciaio DN 69.3 esterno e DN 44.3 interno; pozzetti in cemento armato, prefabbricati
Costi netto IVA	174289.95

Osservazioni

(✱) Interventi da realizzare.
Al posto della Gradonata (prevista dal progetto) verrà realizzata, dopo aver riprofilato pendio, idrosemina
Nella gabbionata sono stati effettuati del fori con la posa in opera di un "tubo di plastica" all'interno del quale dovevano essere inserite le talee di salice. Tale operazione è stata sconsigliata per tre motivi:
1. non inficiare la stabilità dell'opera;
2. le talee di salice in questo caso sarebbero state inutili per scarsa possibilità di sopravvivenza e perché non avrebbero svolto la funzione di chiodo vivo prevista dai principi dell'I.N.;
3. il salice in questo caso è fuori dal suo contesto fitoclimatico.
La regimazione delle acque di ruscellamento sarà effettuata tramite la realizzazione di canalette lungo la strada.
Verrà effettuato uno studio del sistema degli impluvi naturali nel versante sottostante dove si prevede di realizzare delle canalette in legname.

Saranno realizzate una Grata viva e/o palificata viva, con messa a dimora di specie arbustive (2 a m²), inizio lavori previsto a settembre.

Le specie consigliate per la realizzazione di una siepe lineare con impianto di specie arbustive (1 al ml) davanti alla gabbionata sono le seguenti: *Ligustrum vulgare* 25%, *Prunus spinosa* 5%, *Rosa spp.* 5%, *Cornus sanguinea* 25%, *Crataegus momogyna* 15%, *Euonymus europaeus* 25%

Foto 1: Stato ante-operam del versante da bonificare, maggio 2003. Foto di P. Gaglioppa

Foto 2: Ante operam della parte del versante da sistemare con la palificata viva doppia, maggio 2003. Foto di P. Gaglioppa

Secondo sopralluogo effettuato in data 19\11\2003

Gabbionata su micropali lunga 800 m non più rinverdita in quanto, poggiando al muro nella parte retrostante, manca la terra per permettere la radicazione delle talee. E' prevista una piantagione nella parte frontale.
Palificata viva doppia: Larghezza celle 1.30 m, h= 20 cm con 2 talee in ogni cella; chiodatura doppia sui pali al posto della classica chiodatura su incastri; La pendenza del fronte opera risulta piuttosto verticale ma è stata condizionata dal muro retrostante. E' stato consigliato di riprofilare i pali ai fini puramente estetici. Sono state utilizzate talee monospecifiche di *Salix purpurea* prelevate in zona.

Foto 3: Gabbionata a sostegno della strada, novembre 2003. Foto di A. Cortese

Foto 4: Palificata viva doppia in corso d'opera, novembre 2003. Foto di A. Cortese

SCHEDA PROPOSTA
MONITORAGGIO INTERVENTI SU VERSANTE CON TECNICHE D' I.N.

Scheda n.	13
Data 05\05\2004	Compilatore Augusta D'Andrassi, Chiara Milanese, Alberto Cortese
Provincia	Rieti
Comune	Concerviano
Località	Concerviano
Titolo Progetto	Consolidamento delle condizioni di instabilità del pendio occidentale dell'abitato Concerviano Capoluogo, con ripristino della percorrenza viaria denominata "Via di sotto"
Periodo realizzazione lavori	Consegna lavori il 09\09\02, Inizio lavori di I.N. a novembre
Probabili cause del dissesto	Fenomeni di scivolamento di masse di terreno, più o meno superficiale, lungo i versanti instabili. (Stratigrafia locale: dal p.c. a 0.9\1.5m Suolo di alterazione; da 0.9\1.5 metri in poi, depositi conglomeratici. Nei tratti del tracciato stradale vi è una variabilità dello spessore del terreno di copertura e della profondità del substrato conglomeratici che localmente può rinvenirsi direttamente in affioramento. In alcune aree nella parte alta del pendio, prossimali agli edifici, è presente uno spessore variabile da 0.3-0.5m di Terreno di Riporto accumulatosi negli anni)

Tecniche d'Ingegneria Naturalistica Impiegate

Tipi	Palificata viva doppia, viminata morta, geostuoia		
Materiali inerti impiegati per tipo	Pali in castagno Φ= 15-20cm; tondini in ferro Φ= 14mm, tondini 30mm; verghe Φ= 2-4cm, rete tipo Terramesch H=3m L=10m		
N°/ml di piante radicate e talee messe a dimora per tipo di opera	*N°/ml talee*	*N°/ml P.rad*	*Tipo opera*
	3	\	1ª Palificata viva doppia
	5	\	2ª Palificata viva doppia
	5	\	3ª Palificata viva doppia
	5	\	4ª Palificata viva doppia

Dimensioni dell'intervento per tipologia d'opera	*P(m)*	*L (m)*	*H (m)*	*Tipo di opera*
	2.80-3.30	11.13	0.25-3.00	1ª Palificata viva doppia
	1.80-2.00	13.80	1.10-2.50	2ª Palificata viva doppia
	2.00	11.14	0.34-1.40	3ª Palificata viva doppia
	2.00	20.90	0.35-1.80	4ª Palificata viva doppia

<table>
<tr><td rowspan="6">Specie vegetali Impiegate</td><td rowspan="4">Talee</td><td>Specie</td><td>% di attecchimento (n.talee attecchite/n. talee messe a dimora)</td><td>Φ talee (cm)</td><td>L talee (cm)</td><td>n° getti | talea</td><td>Φ getti (cm)</td><td>lunghezza getti (cm)</td></tr>
<tr><td>Salix purpurea</td><td>89%</td><td>1 – 5</td><td>130 - 150</td><td>6-10</td><td><1</td><td>1-15</td></tr>
<tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td rowspan="2">Piante radicate</td><td>Specie</td><td>% di attecchimento (n.piantine attecchite/n. piantine messe a dimora)</td><td colspan="2">Φ al colletto delle piantine (cm)</td><td colspan="3">h delle piantine (cm)</td></tr>
<tr><td>No</td><td></td><td colspan="2"></td><td colspan="3"></td></tr>
<tr><td colspan="2" rowspan="2">Periodo d'intervento Messa a dimora</td><td colspan="7">Talee: Novembre</td></tr>
<tr><td colspan="7">Piante: No</td></tr>
<tr><td rowspan="5">Drenaggi</td><td rowspan="3">Superficiali</td><td colspan="7">Numero No</td></tr>
<tr><td colspan="7">Lunghezza</td></tr>
<tr><td colspan="7">Profondità</td></tr>
<tr><td rowspan="3">Profondi</td><td colspan="7">Numero 2 collettori; (uno acque bianche, uno acque nere)</td></tr>
<tr><td colspan="7">Lunghezza 200m</td></tr>
<tr><td colspan="7">Profondità 1.2-1.5m</td></tr>
<tr><td colspan="2">Costi netto IVA</td><td colspan="7">147257.35 (45.8%)</td></tr>
<tr><td colspan="9">Tecniche d'Ingegneria Civile "convenzionali"</td></tr>
<tr><td colspan="2">Tipi</td><td colspan="7">Micropali in tubo FIX e armature metalliche in tubi di acciaio DN 69.3 esterno e DN 44.3 interno; pozzetti in cemento armato, prefabbricati
Gabbionata in rete metallica zincata a doppia torsione di maglia esagonale 80*100mm con filo DN 3.0mm; Pietrisco calcareo di origine fluviale</td></tr>
<tr><td colspan="2">Costi netto IVA</td><td colspan="7">174289.95</td></tr>
<tr><td colspan="9">Osservazioni</td></tr>
<tr><td colspan="9">La siepe lineare non verrà più effettuata.
Le palificate vive doppie denominate 2ª, 3ª, 4ª, presentano un maggior numero di talee, come era stato consigliato nel 2°sopralluogo.
La % di attecchimento delle palificate vive doppie è stata calcolata come media ponderata tra le singole % di attecchimento che, nel dettaglio, sono le seguenti:
1ª Palificata viva doppia: n° talee 76, attecchimento del 60%
2ª Palificata viva doppia: n° talee 260, attecchimento del 100%
3ª Palificata viva doppia: n° talee 57, attecchimento del 95%
4ª Palificata viva doppia: n° talee 145, attecchimento del 96%
E' prevista l'irrigazione delle talee nel periodo estivo, luglio-agosto.
Nell'ultimo tratto sono stati messi in opera: Gabbioni non rinverditi e a fianco rete tipo Terramesch, H=3m L=10m con funzioni antierosive. Nella parte a monte della rete è stata realizzata una viminata morta.
Si è constatato che l'idrosemina sopra la rete non è stata effettuata in quanto è già in atto un rinverdimento spontaneo e la superficie sulla quale realizzarla è esigua.</td></tr>
</table>

Foto 1: Stato post-operam della palificata viva doppia, maggio 2004. Foto di A. Cortese

SCHEDA RIASSUNTIVA DEI DATI PROGETTUALI

GENERALITA'					
Localizzazione				***Censimento***	
Regione	**Provincia**	**Comune**	**Località**	**Sigla**	**ID record**
Lazio	Rieti	Concerviano	Versante occidentale dell'abitato		

CARTOGRAFIA				
IGM 1:100.000			***CTR***	
Foglio	**Quadrante**	**Tavoletta**	**Elemento**	**Scala**
			357080	1:10.000

MORFOMETRIA FRANA					
Dati generali					
Quota corona (m)	**Quota testata (m)**	**Quota unghia (m)**	**Lunghezza totale (m)**	**Dislivello (m)**	**Pendenza (°)**
Area totale (m^2)	**Azimut movimento α (°)**	**Profondità massa spostata (m)**		**Volume massa spostata (m^3)**	

MORFOMETRIA VERSANTE					
Quota crinale (m)	**Quota fondovalle (m)**	**Pendenza media (°)**	**Esposizione(°)**	**Tipo di pendio**	**Profilo**
579		22	O		Rettilineo

USO DEL SUOLO	
Uso del suolo	**Tecniche colturali**

IDROGEOLOGIA		
Acque superficiali	**Sorgenti**	**Falda**
Ruscellamento diffuso	Limitate venute d'acqua	Non presente nei primi metri dal p.c.

SISMICITA'		
Grado di sismicità	**Coefficiente sismico**	**Coefficiente di fondazione**

CARTOGRAFIA PRODOTTA				
C. geologica	**C. geomorfologica**	**C. idrogeologica**	**C. acclività**	**Altro**
Si	Si		Si	

	Formazioni		
Descrizione	*1-Suolo di alterazione e terreno di riporto*	*2-Depositi conglomeratico-sabbiosi*	*3-Complesso marnoso calcarenitico*
GEOLOGIA			
Litologia	Terreno eterogeneo	Puddinghe cementate	Marne e calcareniti
Litotecnica	Terra granulare sciolta	Roccia lapidea	Roccia lapidea
Struttura	Caotica		
GEOTECNICA			
Tipo di indagini	Rilevamento geologico e geomorfologico di dettaglio; 4 prove penetrometriche dinamiche; 2 sondaggi geognostici;		
Analisi di laboratorio	Determinazione dei parametri geotecnici del terreno mediante l'utilizzo del Programma WIN-DIN		
Monitoraggio			
Verifiche di stabilità	Effettuate in 7 sezioni		
CLASSIFICAZIONE			
Movimento	Scivolamento rototraslativo e colamento		
Velocità			

NOTE

SCHEDA PROPOSTA
MONITORAGGIO INTERVENTI SU VERSANTE CON TECNICHE D' I.N.

Scheda n.	14	
Data 28\05\2003	Compilatore Augusta D'Andrassi, Chiara Milanese, Alberto Cortese	
Provincia	Rieti	
Comune	Greccio	
Località	Greccio Alta "Capo Peschio"	
Titolo Progetto	Consolidamento del dissesto per possibili crolli in Greccio Alta	
Committente	Comune	
Figure Professionali	Progettista Ing. Simonetto Simoni, Geol. Alvaro Tozzi	
	Responsabile del Procedimento	
	D.L. Ing. Simonetto Simoni, Geol. Alvaro Tozzi	Assistente D.L.
	Direttore tecnico dell'impresa Pietro Pietrucci	
Modalità effettuazione lavori	Appalto x	
	Amministrazione diretta	
Ditta/e Esecutrice/i	Denominazione ditta COGEAS srl	
	Via Vicenda snc	Città Poggio Bustone (RI)
	Tel/Fax 0746.689010 - 0746.688345	
	Anni di attività	Nel settore dell'I.N. 3
		Nel settore delle sistemazioni di versante 2-3
Periodo realizzazione lavori	Consegna lavori il 30\07\02; Ultimati il 26\05\03; Collaudo il 09\08\2003	
Altitudine (m s.l.m.)	Min 750	
	Max 850	
	Med	
Esposizione	SW di Greccio Alta, parete NE	
Inclinazione del versante (Gradi rispetto all' orizzontale)	20-25	
Aspetti vegetazionali dell'area (Almeno rif. carta fitosociologica del Lazio)	"Macchia Mediterranea"	
Litologia Geomorfologia Tipo di frana	*Vedere scheda di censimento dei movimenti franosi(CNR) allegata; aggiungere, se esistenti nel progetto: descrizione sondaggi geognostici, valori dei parametri geotecnici (angolo d'attrito interno, coesione, spessore dello strato in frana).* L'intervento è situato alla base della Rupe la cui sommità è indicata come orlo di scarpata in Frana attiva. (Riferimento carta franosità del Lazio) Litologia: rocce carbonatiche	

	Copertura: assente
Probabili cause del dissesto	Il massiccio lapideo, sovrastante l'abitato di Greccio, è soggetto all' azione erosiva degli agenti atmosferici. I massi erratici, in distacco superiore, dopo i primi "rimbalzi" sul pendio sottostante possono proseguire la corsa fino alle abitazioni più esterne. Attualmente, a difesa da questi fenomeni, esiste solo l'azione frenante, casuale e non sistemica, dei tronchi degli alberi delle sporadiche "macchie" esistenti ai bordi dell'abitato
Vincoli ambientali	Vincolo Piano Territoriale Paesistico e vincolo idrogeologico
Superficie Area Dissesto (ha)	6,72 ha
Superficie Area Intervento (ha)	1662.50 m^2 ("Lunetta protettiva") + 3000 m^2 (disgaggio)
Obiettivo dell'intervento	Razionalizzare il sistema di difesa dagli impatti rovinosi della caduta massi
Descrizione dell'Intervento	Come tutti i casi di rupi lapidee soggette a distacchi sporadici di massi verso valle le lavorazioni che si pongono in atto a monte, che si propongono a livello progettuale sono: 1. Disgaggio libero o controllato di diedri di piccole dimensioni, che è possibile distaccare meccanicamente dalla matrice sana del corpo della rupe 2. Intervento di neutralizzazione delle piante arboree o arbustive, le cui radici collaborano, con la loro crescita, al dissesto del pendio roccioso 3. Placcaggio al corpo lapideo sano, dei diedri più grandi e "massivi" (e quindi di mole tale da non poter essere disgaggiati) con l'uso di malta di resina epossidica, quale collante e periferico sigillante dei meati e delle fessure esistenti ed eventuale "colatura" di resina(sempre di tipo epossidico), liquida, nelle superfici di discontinuità più sottili ed inaccessibili 4. Difesa fissa: costruzione di una "Lunetta" di protezione (L =30m): barriera paramassi elastica, con reti, cavi d'acciaio opportunamente disposti e montanti in profilati d'acciaio. A completamento dello schema di arresto di eventuali massi sfuggiti al disgaggio, si realizza, con interventi di Ingegneria Naturalistica, una Palificata doppia, a sostegno del materiale lapideo risultante dal disgaggio e con funzione di creare un tratto pianeggiante per dissipare l'energia prima dell'impatto sulle reti elastiche, senza realizzare scavi nel detrito di falda, che sarebbero troppo invasivi 5. Piantumazione di specie autoctone, come ultima barriera
Tecniche d'Ingegneria Naturalistica Impiegate	
Tipi	Palificata a doppia parete in legname e talee Palizzata morta (presente in variante) Impianto di specie autoctone
Materiali inerti impiegati per tipo	Paleria di castagno Φ =20-30cm, chiodi Φ =8mm L =25 cm, ramaglia

N°/ml di piante radicate e talee messe a dimora per tipo di opera	*N°/ml talee*	*N°/ml P.rad*	*Tipo opera*
	/	/	Palificata doppia

Dimensioni dell'intervento per tipologia d'opera	*P(m)*	*L (m)*	*H (m)*	*Tipo di opera*
	3.20	30	6.0	Palificata doppia

Specie vegetali Impiegate	Talee	*Specie*	*% di attecchimento (n.talee attecchite/n. talee messe a dimora)*	*Φ talee (cm)*	*L talee (cm)*	*n° getti | talea*	*Φ getti (cm)*	*lunghezza getti (cm)*

	Piante radicate	*Specie*	*% di attecchimento (n.piantine attecchite/n. piantine messe a dimora)*	*Φ al colletto delle piantine (cm)*		*h delle piantine (cm)*		
		Ostrya carpinifolia		6-8		1.5-2		
		Quercus ilex		6-8		1.5-2		
		Quercus robur var. fastigiata		6-8		1.5-2		
Periodo d'intervento Messa a dimora		Talee: no						
		Piante: novembre-maggio						
Drenaggi	Superficiali	No						
	Profondi	No						
Costi netto IVA	53804.5							
Tecniche d'Ingegneria Civile "convenzionali"								
Tipi	Barriera paramassi con altezza utile di trattenuta di 3.5m (L =7m): montanti in putrelle (HEA 200, HEB 200),con piastra di collegamento al plinto, completo dei sistemi di attacco delle funi di controvento e correnti orizzontali DN 16 con morse tipo Deka, rete estensibile formata da accoppiamenti multipli di molle metalliche DN 7,6 in maglia 15*15mm, micropalo di sottofondazione in tubo metallico finestrato (L =2.5m) completo di tirafondi in tondo filettato 27 MA Placcaggio e sigillatura dei meati di distacco dei grandi diedri con malta di resina epossidica e, dove necessario, resina epossidica liquida						
Costi netto IVA	205970							
Osservazioni								

Palificata realizzata a novembre 2002, finita il 26 maggio 2003: il terreno preso sul posto non è idoneo, troppo drenante: nella parte retrostante della palificata è stata inserita della ramaglia che ha reso ancora più drenante il terreno; Φ tronchi sottodimensionati, disposti a quinconce, distanti 60cm.Chiodatura errata come le giunture. Pendenza 75°, raccordo opera-versante non curato.

II sopralluogo effettuato in data 18\11\2003:
Nella parte frontale della palificata sono subentrate specie spontanee quali: *Ruscus aculeatus, Coronilla emerus, Ostrya carpinifolia, Rosa spp.*
Palizzata Morta: presente e prevista morta nella variante è costituita da pali orizzontali Φ =10-15cm n° 7 file; pali verticali Φ= 20cm distanti 1.5m (n°22); chiodi da carpentiere.
Tra la palizzata morta e la rete colonizzazione spontanea di: *Ostrya carpinifolia, Fraxinus ornus, Sorbus aria.*
Le piante radicate sono state messe a dimora a monte della Palificata viva doppia, frontalmente alla Rete paramassi.
Le percentuali di attecchimento delle piante radicate risultano:
Ostrya carpinifolia 100%; *Quercus ilex* 100%; *Quercus robur var. fastigiata* 58,3%

Foto 1: Palificata doppia, novembre 2003. Foto di A. Cortese

Foto2: Particolare della chiodatura della palificata, maggio 2003. Foto di A. D'Andrassi

Foto 3: Particolare del raccordo opera versante, novembre 2003. Foto di C. Milanese

Foto 4: Piantagione a monte della palificata doppia, novembre 2003. Foto di A. Cortese

SCHEDA RIASSUNTIVA DEI DATI PROGETTUALI

GENERALITA'					
Localizzazione				***Censimento***	
Regione	**Provincia**	**Comune**	**Località**	**Sigla**	**ID record**
Lazio	Rieti	Greccio	Greccio Alta		

CARTOGRAFIA				
IGM 1:100.000			***CTR***	
Foglio	**Quadrante**	**Tavoletta**	**Elemento**	**Scala**
			347130-40	1:10.000

MORFOMETRIA FRANA					
Dati generali					
Quota corona (m)	**Quota testata (m)**	**Quota unghia (m)**	**Lunghezza totale (m)**	**Dislivello (m)**	**Pendenza (°)**
882		797		80-100	
Area totale (m^2)	**Azimut movimento α (°)**	**Profondità massa spostata (m)**		**Volume massa spostata (m^3)**	

MORFOMETRIA VERSANTE					
Quota crinale (m)	**Quota fondovalle (m)**	**Pendenza media (°)**	**Esposizione(°)**	**Tipo di pendio**	**Profilo**
882			NE	Naturale	Subverticale

USO DEL SUOLO	
Uso del suolo	**Tecniche colturali**

IDROGEOLOGIA		
Acque superficiali	**Sorgenti**	**Falda**

SISMICITA'		
Grado di sismicità	**Coefficiente sismico**	**Coefficiente di fondazione**
S=9		

CARTOGRAFIA PRODOTTA				
C. geologica	**C. geomorfologica**	**C. idrogeologica**	**C. acclività**	**Altro**
Si				

	Formazioni	
Descrizione	*1-Coltri detritiche*	*2-Maiolica*
GEOLOGIA		
Litologia	Detriti	Calcari biancastri a grana finissima con venature di calcite spatica, ben stratificati con selce
Litotecnica	Detrito	Roccia
Struttura		Stratificata-fessurata (frattura concoide)
GEOTECNICA		
Tipo di indagini	Rilievo geologico di dettaglio - Analisi strutturale	
Analisi di laboratorio		
Monitoraggio		
Verifiche di stabilità		
CLASSIFICAZIONE		
Movimento		Crollo
Velocità		

NOTE

SCHEDA PROPOSTA
MONITORAGGIO INTERVENTI SU VERSANTE CON TECNICHE D' I.N.

Scheda n.	8	
Data 08\04\2003	Compilatore Augusta D'Andrassi, Chiara Milanese, Alberto Cortese	
Provincia	Roma	
Comune	Mandela	
Località	Mandela	
Titolo Progetto	Risanamento dei dissesti del centro storico del comune di Mandela	
Committente	Comune di Mandela	
Figure Professionali	Progettista Arch. Claudio Giustini, dott. Agr. Alain Ascarelli	
	Responsabile del Procedimento Panatta	
	D.L. Arch. Claudio Giustini	Assistente D.L. dott. Agr. Alain Ascarelli
	Direttore tecnico dell'impresa Di Sabantonio Alvise	
Modalità effettuazione lavori	Appalto x	
	Amministrazione diretta	
Ditta/e Esecutrice/i	Denominazione ditta appaltatrice CODISAB	
	Via Località Recocce	Città Carsoli –AQ-
	Tel/Fax 0863-995835	
	Anni di attività	Nel settore dell'I.N. 10-15
		Nel settore delle sistemazioni di versante 20-25
Periodo realizzazione lavori	Consegna lavori il 24\01\2001; Lavori ultimati 22\01\03	
Altitudine (m s.l.m.)	Min	
	Max	
	Med 471m	
Esposizione	Est- Sud Est	
Inclinazione del versante (Gradi rispetto all' orizzontale)	Pressoché verticale con riprofilature del terreno al piede della parte rocciosa variabile in base al tipo d'intervento dai 30° ai 65°.	
Aspetti vegetazionali dell'area (Almeno rif. carta fitosociologica del Lazio)	L'area di intervento rientra nella Regione temperata della regione Lazio (Carlo Blasi): termotipo collinare superiore (submontano), Ombrotipo umido superiore. Regione mesaxerica, sottoregione ipomesaxericxa	
Litologia Geomorfologia Tipo di frana	*Vedere scheda di censimento dei movimenti franosi(CNR) allegata; aggiungere, se esistenti nel progetto: descrizione sondaggi geognostici, valori dei parametri geotecnici (angolo d'attrito interno, coesione, spessore dello strato in frana).* Descrizione Frana: Frana complessa, fenomeni attivi, rischio molto elevato (Riferimento carta franosità del Lazio)	

	Litologia: Conglomerati e brecce Copertura: Assente
Probabili cause del dissesto	Il versante orientale sul quale si erige il centro storico è da considerarsi area vulnerabile per rischio di frana. La natura litologica della coltre conglomeratica è caratterizzata da ciottoli eterometrici ben evoluti in matrice sabbiosa talvolta terrigena, sono ricorrenti orizzonti e lenti di sabbie limose e limi. A contatto con la formazione marnosa sottostante si sono create delle cavità che scalzano pericolosamente il piede del versante. Altre cavità di natura antropica sono presenti alla base delle pareti e comunque realizzate nelle aree litoidi.
Vincoli ambientali	Vincolo idrogeologico
Superficie Area Dissesto (ha)	8,8 ha
Superficie Area Intervento (ha)	4,46 ha
Obiettivo dell'intervento	Interventi di consolidamento necessari al fine di garantire la stabilità e la sicurezza dei dissesti del centro storico.
Descrizione dell'Intervento	1. Consolidamento dell' area in dissesto: riprofilatura delle scarpate in controtendenza; riempimento delle cavità alla base delle scarpate con pietrame e cemento con materiale drenante e con buona resistenza a compressione; realizzazione di opere di I.N. per protezione e consolidamento dello strato di copertura detritica della scarpata 2. Scoronamento delle parti instabili e profilatura del terreno: asportazione del detrito grossolano superficiale; disgaggio parti rocciose instabili; asportazione della corona; taglio di eventuali piante esistenti; profilatura e livellamento del terreno 3. Regimazione delle acque: per l'intercettamento delle acque di ruscellamento e convogliamento presso idonei punti di recapito sul versante e sul sentiero; fascinate drenanti e canalette 4. Stabilizzazione superficiale e rivestimento vegetativo: messa a dimora di talee, alberi, arbusti; semine e idrosemine; posa in opera di feltri e stuoie biodegradabili, sintetiche e miste; pulizia del versante dalla vegetazione infestante che arreca danno alla coltre conglomeratici 5. Sistemazione sentiero sottostante scarpata e realizzazione ex-novo nella parte terminale: consolidamento della scarpata a valle, realizzazione sentiero ex-novo mediante terre rinforzate; opere di regimazione idrica 6. Rifacimento di parte della rete fognante sottostante la rocca mediante la sostituzione delle tubazioni fatiscenti con analoghe in PVC

Tecniche d'Ingegneria Naturalistica Impiegate

Tipi	Palificata viva doppia, Grata viva, Terra armata+semina, messa a dimora di specie forestali arboree ed arbustive, Canalette in legname e fascine drenanti(✷), viminate (✷), biostuoia con idrosemina.
Materiali inerti impiegati per tipo	Pali di castagno (Φ=10-15 cm), barre filettate Φ=14mm; biostuoia; Geogriglia in polietilene; Rete in tondini di ferro elettrosaldata.

N°/ml di piante radicate e talee messe a dimora per tipo di opera

N°/ml talee	*N°/ml P.rad*	*Tipo opera*
2-3	/	Palificata viva doppia
/	/	Terra armata
/	2 a riquadro	Grata viva

Dimensioni dell'intervento per tipologia d'opera

P(m)	*L (m)*	*H (m)*	*Tipo di opera*
1,0	3,5	1,2	1ª Palificata viva doppia (lungo la strada asfaltata)
1,0	40	1,0	2ª Palificata viva doppia (lungo la strada asfaltata)
1,0	11	2,0	3ª Palificata viva doppia (lungo la strada sterrata)

		1,0	148	1,2		4ª Palificata viva doppia (lungo la strada sterrata)		
			6,6	4,5		1ª Grata Viva (lungo la strada asfaltata)		
			15,5	4,0		2ª Grata Viva (lungo la strada sterrata)		
		5	20	3,9		Terra rinforzata		
Specie vegetali impiegate	Talee	*Specie*	*% di attecchimento (n.talee attecchite/n. talee messe a dimora)*	*Φ talee (cm)*	*L talee (cm)*	*n° getti | talea*	*Φ getti (cm)*	*lunghezza getti (cm)*
		Salix alba		1.5-2	15-50			
		Salix purpurea		1.5-2	15-50			
		Salix elaeagnos		2	15-50			
		Populus alba		1.5	15-50			
	Piante radicate	*Specie*	*% di attecchimento (n.piantine attecchite/n. piantine messe a dimora)*	*Φ al colletto delle piantine (cm)*		*h delle piantine (cm)*		
		Olea europea		3		60		
		Quercus ilex		10		300		
		Acer campestre		6		2		
		Ulmus glabra		0.5		50-60		
		Crataegus monogyna		0.5		50-60		
		Sambucus nigra		0.5		50-60		
		Cornus mas		0.5		50-60		
		Cornus sanguinea		0.5		50-60		
		Euonymus europaeus		0.5		50-60		
		Acer pseudoplatanus		0.5		50-60		
Periodo d'intervento Messa a dimora		Talee: febbraio– marzo						
		Piante: marzo - aprile						
Drenaggi	Superficiali	No						
	Profondi	No						
Costi netto IVA								
Tecniche d'Ingegneria Civile "convenzionali"								
Tipi		Tubazioni e pozzetti per raccolte delle acque bianche del centro abitato						
Costi netto IVA		390183.30 Totale, manca la divisione tra tecniche di I.N. e I.C.						
Osservazioni								
Osservazioni sulla modalità di realizzazione delle opere (✷) Non vi sono dreni (canalette e fascine drenanti) ma è stato solamente riportato del materiale drenante all'atto della								

riprofilatura del terreno.
La palificata non risulta realizzata da manuale: giunzioni non eseguite correttamente; pali traversi allineati e non disposti a quinconce; diametri dei tronchi inferiori a quelli previsti da manuale; inclinazione dell'opera > di 60°, ciò comporta una minore probabilità di sopravvivenza delle talee poste negli strati inferiori che saranno raramente bagnate dalle piogge; talee sottodimensionate e inserite dopo il riempimento.
Non è stata più fatta né idrosemina né semina a spaglio, il versante è uniformemente ricoperto da specie erbacee spontanee.
La grata e le terra rinforzata presentano rinverdimento spontaneo.

Foto 1: Palificata viva doppia appena ultimata con piantagione di alberi a monte della stessa, aprile 2003. Foto di S. Madonna

Foto 2: Palificata viva doppia con a monte una grata viva, aprile 2003. Foto di S. Madonna

Foto 3: Particolare della terra armata con rinverdimento spontaneo, aprile 2003. Foto di S. Madonna

SCHEDA PROPOSTA
MONITORAGGIO INTERVENTI SU VERSANTE CON TECNICHE D' I.N.

Scheda n.	8
Data 17\05\2004	Compilatore Augusta D'Andrassi, Chiara Milanese, Alberto Cortese
Provincia	Roma
Comune	Mandela
Località	Mandela
Titolo Progetto	Risanamento dei dissesti del centro storico del comune di Mandela
Committente	Comune di Mandela
Periodo realizzazione lavori	Consegna lavori il 18\10\2001; Lavori ultimati 22\01\03
Probabili cause del dissesto	Il versante orientale sul quale si erige il centro storico è da considerarsi area vulnerabile per rischio di frana. La natura litologica della coltre conglomeratica è caratterizzata da ciottoli eterometrici ben evoluti in matrice sabbiosa talvolta terrigena, sono ricorrenti orizzonti e lenti di sabbie limose e limi. A contatto con la formazione marnosa sottostante si sono create delle cavità che scalzano pericolosamente il piede del versante. Altre cavità di natura antropica sono presenti alla base delle pareti e comunque realizzate nelle aree litoidi.

Tecniche d'Ingegneria Naturalistica Impiegate

Tipi	Palificata viva doppia, terra rinforzata, grata viva, messa a dimora di specie forestali arboree ed arbustive
Materiali inerti impiegati per tipo	Pali di castagno (Φ=10-15 cm), barre filettate Φ=14mm; biostuoia; Geogriglia in polietilene; Rete in tondini di ferro elettrosaldata.

N°/ml di piante radicate e talee messe a dimora per tipo di opera

N°/ml talee	*N°/ml P.rad*	*Tipo opera*
2-3	/	Palificata viva doppia
/	/	Terra armata
/	2 a riquadro	Grata viva

Dimensioni dell'intervento per tipologia d'opera

P(m)	*L (m)*	*H (m)*	*Tipo di opera*
1,0	3,5+40	1,2-1,0	Palificata viva doppia (lungo la strada asfaltata)
1,0	11+148	2,0-1,2	Palificata viva doppia (lungo la strada sterrata)
	6,6	4,5	1ª Grata Viva (lungo la strada asfaltata)
	15,5	4,0	2ª Grata Viva (lungo la strada sterrata)
5	20	3,9	Terra rinforzata

Specie vegetali impiegate – Talee

Specie	*% di attecchimento (n.talee attecchite/n. talee messe a dimora)*	*Φ talee (cm)*	*L talee (cm)*	*n° getti | talea*	*Φ getti (cm)*	*lunghezza getti (cm)*

		Salix alba	16	1.5-2	15-50	3-8	0.5	50-70
		Salix purpurea	16	1.5-2	15-50	3-8	0.5	50-70
		Salix elaeagnos	10	2	15-50	3-8	0.5	50-70
		Populus alba	8	1.5	15-50	3-5	0.5	50-70
	Piante radicate	*Specie*	*% di attecchimento (n.piantine attecchite/n. piantine messe a dimora)*	*Φ al colletto delle piantine (cm)*		*h delle piantine (cm)*		
		Olea europea	100	3		60		
		Quercus ilex	100	10		300		
		Acer campestre	62.5	6		2		
		Ulmus glabra	0	0.5		50-60		
		Crataegus monogyna	0	0.5		50-60		
		Sambucus nigra	0	0.5		50-60		
		Cornus mas	0	0.5		50-60		
		Cornus sanguinea	0	0.5		50-60		
		Euonymus europaeus	0	0.5		50-60		
		Acer pseudoplatanus	0	0.5		50-60		
Periodo d'intervento Messa a dimora		Talee: febbraio-marzo						
		Piante: marzo - aprile						
Drenaggi	Superficiali	No						
	Profondi	No						
Tecniche d'Ingegneria Civile "convenzionali"								
Tipi		Tubazioni e pozzetti per raccolte delle acque bianche del centro abitato						

Osservazioni

La % di attecchimento delle palificate vive doppie è stata calcolata come media ponderata tra le singole % di attecchimento che, nel dettaglio, sono le seguenti:
Palificate lungo la strada asfaltata: *Salix purpurea*, *Salix alba*, *Populus alba* % di attecchimento 40%, attecchimento solo nel 1° strato sopra terra
Palificate lungo la strada sterrata: *Salix purpurea*, *Salix alba*, *Salix elaeagnos* (probabilmente ibridati), ben ramificate e sviluppate in alcuni tratti, in altri sono state probabilmente levate. La % di attecchimento, in progressione lineare, è la seguente: 10m; attecchimento 85%; 15m: attecchimento 0%; 18m: attecchimento 70% nella parte alta, a conferma che la verticalità dell'opera porta a soffrire le piante nella parte sottostante, per mancanza di luce, acqua; 116m: attecchimento 0% a tratti presenta rinverdimento spontaneo con specie erbacee.
Grata e Terra armata: presentano un rinverdimento spontaneo di erbacee (*Bromus, Dactylis, Poa, Rubra, Fumaria*, *etc*) che copre completamente le opere, non rendendole più visibili. Gli arbusti inseriti in corso d'opera nella Grata sono tutti secchi

Foto 1: Palificata viva doppia ad un anno dalla realizzazione, maggio 2004. Foto di A. D'Andrassi

Foto 2: Palificata viva doppia con piantagione di specie arboree a monte della stessa, maggio 2004. Foto di A. D'Andrassi

Foto 3: Grata con rinverdimento spontaneo su palificata viva doppia, maggio 2004. Foto di A. D'Andrassi

SCHEDA RIASSUNTIVA DEI DATI PROGETTUALI

GENERALITA'					
Localizzazione				***Censimento***	
Regione	**Provincia**	**Comune**	**Località**	**Sigla**	**ID record**
Lazio	Roma	Mandela	Centro abitato		

CARTOGRAFIA				
IGM 1:100.000			***CTR***	
Foglio	**Quadrante**	**Tavoletta**	**Elemento**	**Scala**
144	II	SE	366160	1:10.000

MORFOMETRIA FRANA					
Dati generali					
Quota corona (m)	**Quota testata (m)**	**Quota unghia (m)**	**Lunghezza totale (m)**	**Dislivello (m)**	**Pendenza (°)**
Area totale (m^2)	**Azimut movimento α (°)**	**Profondità massa spostata (m)**		**Volume massa spostata (m^3)**	

MORFOMETRIA VERSANTE					
Quota crinale (m)	**Quota fondovalle (m)**	**Pendenza media (°)**	**Esposizione(°)**	**Tipo di pendio**	**Profilo**
			E-SE		

USO DEL SUOLO	
Uso del suolo	**Tecniche colturali**

IDROGEOLOGIA		
Acque superficiali	**Sorgenti**	**Falda**
Ruscellamento diffuso, caotico, anche in solchi molto profondi	Numerose nei pressi del contatto tra i conglomerati e le sottostanti marne	Modesta

SISMICITA'		
Grado di sismicità	**Coefficiente sismico**	**Coefficiente di fondazione**
S=9	c=0,07	ε=1

CARTOGRAFIA PRODOTTA				
C. geologica	**C. geomorfologica**	**C. idrogeologica**	**C. acclività**	**Altro**

	Formazioni			
Descrizione	*1-Depositi alluvionali recenti e attuali**	*2-Marne argillose e calcaree con intercalazioni di calcari detritici*	*3-Limi argillosi*	*4-Conglomerati olocenici*
GEOLOGIA				
Litologia		Marne	Terreni prevalentemente limoso-argillosi	Conglomerati cementati in matrice sia calcarea che terrigena
Litotecnica			Terra	Roccia lapidea
Struttura		Caotica	Caotica	Fratturata
GEOTECNICA				
Tipo di indagini	Rilievo geologico di dettaglio - 3 indagini geosismiche; 3 prove penetrometriche; Analisi dei dati climatologici			
Analisi di laboratorio	Indagini geologico-tecniche allegate al progetto			
Monitoraggio				
Verifiche di stabilità				
CLASSIFICAZIONE				
Movimento		Colamento	Colamento	Crollo
Velocità				

NOTE
* Situati ai margini del sito di indagine

SCHEDA PROPOSTA
MONITORAGGIO INTERVENTI SU VERSANTE CON TECNICHE D' I.N.

Scheda n.	6	
Data 01\04\2003	Compilatore Augusta D'Andrassi, Chiara Milanese, Alberto Cortese	
Provincia	Roma	
Comune	Nazzano	
Località	Monte S. Pietro	
Titolo Progetto	Interventi di ripristino e stabilizzazione del versante in loc. Monte S. Pietro	
Committente	Comune	
Figure Professionali	Progettista Soc. GEOTER Ing. Livio Locatelli, Geol. Serena Majetta	
	Responsabile del Procedimento Laugeni Giorgio	
	D.L. Ing. Vittorio Ascoli Marchetti	Assistente D.L.
	Direttore tecnico dell'impresa Cappelli Pier Carlo	
Modalità effettuazione lavori	Appalto x	
	Amministrazione diretta	
Ditta/e Esecutrice/i	Denominazione EXTRA DESIGN	
	Via Carrara 22	Città Firenze
	Tel/Fax 055-7330989	
	Anni di attività	Nel settore dell'I.N. 5
		Nel settore delle sistemazioni di versante 5
Periodo realizzazione lavori	Lavori consegnati il 04\10\01 Fermo lavori	
Altitudine (m s.l.m.)	Min	
	Max	
	Med 160	
Esposizione	S-E	
Inclinazione del versante (Gradi rispetto all' orizzontale)	27-31.5	
Aspetti vegetazionali dell'area (Almeno rif. carta fitosociologica del Lazio)	*Viburno-Quercetum ilicis*	
Litologia Geomorfologia Tipo di frana	*Vedere scheda di censimento dei movimenti franosi(CNR) allegata; aggiungere, se esistenti nel progetto: descrizione sondaggi geognostici, valori dei parametri geotecnici (angolo d'attrito interno, coesione, spessore dello strato in frana).* A monte della strada, nella zona di intervento: Orlo di scarpata di frana, fenomeni attivi, area a rischio elevato A valle della strada, zona non interessata dall'intervento:Descrizione frana: area con franosità	

	diffusa, fenomeni attivi(Riferimento carta franosità del Lazio) Litologia: rocce effusive piroclastiche Copertura: terreni prevalentemente sabbiosi
Probabili cause del dissesto	Ripida parete alta (anche più di 40m) che presenta al suo interno variazioni di pendenza a volte molto marcate. Problemi di stabilità per rischio di distacchi superficiali.
Vincoli ambientali	Area vincolata ai sensi della legge 1497\39
Superficie Area Dissesto (ha)	3,3 ha
Superficie Area Intervento (ha)	Calcolata dalla cartografia di dettaglio del progetto: 300m * 64,98m = 19494m^2
Obiettivo dell'intervento	L'area di intervento presenta diverse conformazioni nell'arco di circa 300m che costeggiano la strada provinciale Tiberina (Nazzano-Torre Tiberina).Per descrivere le differenti tipologie di intervento tale area è stata suddivisa in 5 zone: 1. zona A (L 21m) Parete ricoperta da fitta vegetazione: pulizia superficiale del piede della parete 2. zona A1 (L 47m) Parete priva di vegetazione: disgaggio preventivo 3. zona A2 (L 90m) Accumulo di detrito e presenza di vegetazione arborea a tratti diradata: barriera paramassi 4. zona B (L 78.5)Presenza di vegetazione a basso e alto fusto, detriti accumulati al piede della parete: miglioramento della barriera naturale con piantumazione e consolidamento al piede della scarpata; pulizia generale della zona detritica; realizzazione al piede della scarpata di un muro in calcestruzzo con finitura in pietra naturale e una grata in legno con piante in fitocelle o vasetti 5. zona C (132.5m) Non sono necessari interventi di protezione della sede stradale né di ripristino del versante detritico: risistemazione naturalistica con pulizia del versante e piantumazione con specie autoctone
Descrizione dell'Intervento	1. Disgaggio del materiale a rischio di distacco 2. Pulizia del versante detritico e regolarizzazione della superficie dove necessario 3. Taglio alberi e potatura selettiva 4. Installazione barriera paramassi da 500kJ lungo la parte più esposta della parete, mitigata visivamente con piantagione di specie sarmentose (✱) 5. Piantagione di specie in corrispondenza dei colatoi (✱) 6. Esecuzione di un muro in c.a. ricoperto da pietra naturale 7. Alla sommità del muro realizzazione di una grata in legname ancorata al terreno mediante spine legnose (realizzata solo la base) 8. Messa a dimora di specie autoctone lungo tutto il pendio a monte e a valle della strada (✱) (✱) interventi da realizzare
Tecniche d'Ingegneria Naturalistica Impiegate	
Tipi	Grata viva, Piantagione
Materiali inerti impiegati per tipo	Pali di castagno (Φ =20-40cm; L =2-3m), Picchetti in legno (Φ =8cm; L =60-100cm) , Fil di ferro, chiodi da carpentiere, Tondini in ferro Φ =14mm

N°/ml di piante radicate e talee messe a dimora per tipo di opera	*N°/ml talee*	*N°/ml P.rad*	*Tipo opera*
	0	0	Grata

Dimensioni dell'intervento per tipologia d'opera	*P(m)*	*L (m)*	*H (m)*	*Tipo di opera*
	1.5	78	2-3	Grata (pendenza 35°)

<table>
<tr><td rowspan="6">Specie vegetali impiegate</td><td rowspan="3">Talee</td><td>Specie</td><td>% di attecchimento (n.talee attecchite/n. talee messe a dimora)</td><td>Φ talee (cm)</td><td>L talee (cm)</td><td>n° getti | talea</td><td>Φ getti (cm)</td><td>lunghezza getti (cm)</td></tr>
<tr><td>No</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td rowspan="3">Piante radicate</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td>Specie</td><td>% di attecchimento (n.piantine attecchite/n. piantine messe a dimora)</td><td colspan="2">Φ al colletto delle piantine (cm)</td><td colspan="3">h delle piantine (cm)</td></tr>
<tr><td>No</td><td></td><td colspan="2"></td><td colspan="3"></td></tr>
<tr><td colspan="2">Periodo d'intervento Messa a dimora</td><td colspan="7">Talee no</td></tr>
<tr><td colspan="2"></td><td colspan="7">Piante no</td></tr>
<tr><td rowspan="6">Drenaggi</td><td rowspan="3">Superficiali</td><td colspan="7">Numero</td></tr>
<tr><td colspan="7">Lunghezza</td></tr>
<tr><td colspan="7">Profondità</td></tr>
<tr><td rowspan="3">Profondi</td><td colspan="7">Numero</td></tr>
<tr><td colspan="7">Lunghezza</td></tr>
<tr><td colspan="7">Profondità</td></tr>
<tr><td>Costi netto IVA</td><td colspan="8">43572</td></tr>
<tr><td colspan="9">Tecniche d'Ingegneria Civile "convenzionali"</td></tr>
<tr><td colspan="2">Tipi</td><td colspan="7">N° 2 Barriera Paramassi (L =47m, H =4.0m; L =90m H =3.0m) ad assorbimento energetico minimo pari a 500kJ con rete aggiuntiva a maglia fine: Reti tipo Geobrugg, micropali e tiranti atti a sostenere gli elementi metallici adeguatamente ancorati al terreno; rete principale integrata con una rete a maglia ridotta per bloccare anche eventuali piccoli smottamenti di materiale sabbioso.
Muro in calcestruzzo in c.a. ricoperto da pietra naturale (H max fuori terra di 1.00m, L =78m; pietra 40*15*20cm)</td></tr>
<tr><td colspan="2">Costi netto IVA</td><td colspan="7">158101</td></tr>
<tr><td colspan="9">Osservazioni</td></tr>
<tr><td colspan="9">E' stato effettuato taglio, potatura selettiva e capitozzatura delle specie arboree per bonificare l'area di intervento.
Si sono verificati movimenti franosi prima dell'inizio dei lavori e durante la realizzazione della Grata.
<u>Grata:</u> realizzata solo la base, legature in fil di ferro, senza chiodature, parte "alta" con giunture sfalsate, non ammorzata lateralmente. I tondini di ferro sono stati inseriti interrati a sostenere frontalmente i pali. Non sono state realizzate giunzioni vere e proprie ma i pali sono stati legati tra loro da fil di ferro e fissati con dei chiodi da carpentiere.

Richiesto e ottenuto fermo lavori per completare le opere e inserire le piante.
L'opera appare nel complesso non ben realizzata, sovradimensionata rispetto alle finalità e, comunque, allo stato attuale non può dirsi opera d'ingegneria naturalistica in quanto mancano le piante vive.</td></tr>
</table>

Da successive interviste si è appreso che il cantiere non è ancora ripreso per i problemi di stabilità del versante.

Foto 1: Frana superficiale verificatasi post-operam e ricoprente parte della grata, aprile 2003. Foto di A. D'Andrassi

Foto 2: Particolare del sistema di ancoraggio al suolo, aprile 2003. Foto di A. D'Andrassi

Foto 3: Particolare della giuntura tra i pali della grata, aprile 2003. Foto di A. D'Andrassi

SCHEDA RIASSUNTIVA DEI DATI PROGETTUALI

GENERALITA'					
Localizzazione				***Censimento***	
Regione	**Provincia**	**Comune**	**Località**	**Sigla**	**ID record**
Lazio	Roma	Nazzano	Monte S. Pietro		

CARTOGRAFIA				
IGM 1:100.000			***CTR***	
Foglio	**Quadrante**	**Tavoletta**	**Elemento**	**Scala**
			356160	1:10.000

MORFOMETRIA FRANA					
Dati generali					
Quota corona (m)	**Quota testata (m)**	**Quota unghia (m)**	**Lunghezza totale (m)**	**Dislivello (m)**	**Pendenza (°)**
160		30			
Area totale (m^2)	**Azimut movimento α (°)**	**Profondità massa spostata (m)**		**Volume massa spostata (m^3)**	

MORFOMETRIA VERSANTE					
Quota crinale (m)	**Quota fondovalle (m)**	**Pendenza media (°)**	**Esposizione(°)**	**Tipo di pendio**	**Profilo**
233	30	30	SE		

USO DEL SUOLO	
Uso del suolo	**Tecniche colturali**

IDROGEOLOGIA		
Acque superficiali	**Sorgenti**	**Falda**
Modeste (comunque responsabili dell'esfoliazione pellicolare delle sabbie interstiziali)	Circa 20 nel raggio di 500m dal sito di studio	Diverse falde stratificate ma di ridotta o nulla consistenza idrologica

SISMICITA'		
Grado di sismicità	**Coefficiente sismico**	**Coefficiente di fondazione**
S=9		

CARTOGRAFIA PRODOTTA				
C. geologica	**C. geomorfologica**	**C. idrogeologica**	**C. acclività**	**Altro**
Si				Carta idro-morfo-geologica; Carta morfostrutturale

	Formazioni		
Descrizione	*1-Sabbie gialle*	*2-Sabbie limose debolmente argillose*	*3-Depositi alluvionali**
GEOLOGIA			
Litologia	Terreni prevalentemente sabbiosi	Terreni prevalentemente sabbiosi	
Litotecnica	Roccia lapidea- roccia debole	Terra granulare sciolta	
Struttura	Fratturata		
GEOTECNICA			
Tipo di indagini	Rilievo geomorfologico di dettaglio; Analisi strutturale		
Analisi di laboratorio	Analisi delle discontinuità con il Metodo di Markland e con il Metodo dei cunei		
Monitoraggio			
Verifiche di stabilità			
CLASSIFICAZIONE			
Movimento	Crollo di blocchi		
Velocità			

NOTE
* Ai margini del sito di indagine

SCHEDA PROPOSTA
MONITORAGGIO INTERVENTI SU VERSANTE CON TECNICHE D' I.N.

Scheda n.	16	
Data 05\05\2004	Compilatore Augusta D'Andrassi, Chiara Milanese, Alberto Cortese	
Provincia	Rieti	
Comune	Petrella Salto	
Località	Capradosso	
Titolo Progetto	Consolidamento dei versanti in località Capradosso	
Committente	Comune	
Figure Professionali	Progettista Geol. Giancarlo Bovina, Arch. Franco Brizi, Ing. Luciano Landolfi, Arch. Fabrizio Miluzzo	
	Responsabile del Procedimento geom. Albino Nunziati	
	D.L.: Geol. Giancarlo Bovina, Arch. Franco Brizi, Ing. Luciano Landolfi, Arch. Fabrizio Miluzzo	Assistente: D.L. Geol. Giancarlo Bovina, Arch. Franco Brizi, Ing. Luciano Landolfi, Arch. Fabrizio Miluzzo
	Direttore tecnico dell'impresa Piero Pietrucci	
Modalità effettuazione lavori	Appalto X	
	Amministrazione diretta	
Ditta/e Esecutrice/i	Denominazione ditta appaltatrice CODISAB; Subappalto COPEBE s.r.l	
	Via Poggio Bustone 5	Città Rieti
	Tel/Fax 0746-274838	
	Anni di attività	Nel settore dell'I.N. 10
		Nel settore delle sistemazioni di versante 10
Periodo realizzazione lavori	Consegna lavori il 16/06/2003	
Altitudine (m s.l.m.)	Min 550m	
	Max 700m	
	Med 680m	
Esposizione	Nord Area 1; Sud Area 2	
Inclinazione del versante (Gradi rispetto all' orizzontale)	30-40°	
Aspetti vegetazionali dell'area (Almeno rif. carta fitosociologica del Lazio)	L'area rientra nella Regione mediterranea e appartiene al Termotipo collinare superiore (submontano)-ombrotipo umido. Nel Lazio a tale unità fitoclimatica la vegetazione forestale è rappresentata da ostrieti, boschi misti e querceti a roverella con potenzialità per il castagno e, su affioramenti rocciosi, per il leccio. Dal conteggio flogistico la fitocenosi si può ascrivere al *Citiso sessilifolii-Quercetum pubescentis*, associazione inclusa nell'alleanza *Quercino pubescentis*, nell'ordine *Quercetilia pubescentis* e nella classe *Querco Fagetea.*	

Litologia Geomorfologia Tipo di frana	*Vedere scheda di censimento dei movimenti franosi(CNR) allegata; aggiungere, se esistenti nel progetto: descrizione sondaggi geognostici, valori dei parametri geotecnici (angolo d'attrito interno, coesione, spessore dello strato in frana).* La rupe di Capradosso è una struttura monoclina costituita da marne a fucoidi (litotipo che costituisce materialmente la rupe) ed il *flysch* argilloso-arenaceo di età miocenica (solamente nella formazione più sommatale come affioramenti). Lungo i fondovalle a Nord del centro abitato presenza di depositi fluvio-lacustri a prevalente litofacies argillosa, di età recente, e detriti di pendio di natura poligenica lungo i versanti posti a Sud.
Probabili cause del dissesto	Lo svolgimento dei sondaggi effettuati ha confermato come tutta l'area di studio sia interessata da una complessa circolazione idrica sotterranea. Una prima falda idrica è stata rilevata in tutte le perforazioni con valori di livello statico che si arrestano al massimo su 1.0m di profondità nel versante Sud e 11.0m in quello esposto a Nord. Alla profondità di 20.0m è stata intercettata una seconda falda con elevata pressione idrostatica che ha influenzato il livello piezometrico statico della falda fino ad una quota di 6.60m dal piano di campagna. I versanti oggetto dell'intervento presentano problemi di dissesto idrogeologico legati principalmente: • infiltrazione di acque meteoriche e meccanismi di alimentazione laterale da terreni a maggiore permeabilità all'interno dei materiali terrigeni a forte componente argilloso-marnosa • dilavamento delle acque meteoriche prodotto dalla cattiva regimazione delle acque superficiali ed alle conseguenti azioni erosive Fenomeni di instabilità gravitativi con l'attivazione di movimenti franosi distinguibili in: • meccanismi di crollo presenti sotto il limite meridionale dal centro abitato e più estesamente lungo il limite nord occidentale dell'area di intervento • meccanismo di scorrimento e colamento, presenti in particolare lungo il versante settentrionale ed al di sotto della strada provinciale • meccanismi di soliflusso che riguardano estesamente e diffusamente i terreni appartenenti alla formazione terrigena largamente affiorante nell'area complessiva di intervento Non trascurabile anche l'effetto destabilizzante legato al sovraccarico delle formazioni vegetali a portamento arboreo, rappresentate principalmente da *Salix alba* anche di sensibili dimensioni
Vincoli ambientali	L'area è soggetta a Vincolo Idrogeologico
Superficie Area Dissesto (ha)	40,24 ha
Superficie Area Intervento (ha)	Area1: 5,8ha Area2: 2.9ha
Obiettivo dell'intervento	Area di intervento n°1 "Del Vallone": riduzione drastica delle acque di infiltrazione, sia meteoriche che sotterranee; regimazione delle acque superficiali; consolidamento del versante mediante azioni sulla copertura vegetale; riqualificazione ambientale del vallone con bonifica dei rifiuti e trasformazione delle piste di servizio in sentieri di accesso per il monitoraggio dell'area ma anche per il recupero frizionale del vallone Area di intervento n°2 "Del parcheggio": riduzione delle acque di infiltrazione, sia meteoriche che sotterranee; regimazione delle acque superficiali; consolidamento del versante attraverso il completamento delle opere già realizzate; riqualificazione del sito mediante l'eliminazione degli elementi di degrado estetico; recupero funzionale dell'area attraverso la sistemazione a parcheggio utilizzando tipologie di intervento e materiali compatibili ed a basso impatto Area di intervento n°3 "Zona segheria": riduzione delle acque di infiltrazione sub superficiali al fine del recupero di stabilità del versante; regimazione delle acque superficiali per la prevenzione di azioni erosive e dei meccanismi di alimentazione dei terreni instabili; consolidamento del versante a monte della strada; riqualificazione e miglioramento della qualità ambientale Area di intervento n°4 "Rocca di Capradosso": eliminazione delle porzioni di manufatto instabili, rimozione della vegetazione responsabile di dissesto e di quella instabile, miglioramento funzionale dell'opera "paramassi" esistente, reinserimento naturalistico dell'opera di contenimento Area di intervento n°5 "Casale Beure": Nel settore a monte della Strada: eliminazione delle porzioni instabili, rafforzamento della parete rocciosa, regimazione delle acque di monte. Nel settore a valle: disgaggio/rimozione degli ammassi detritici instabili, abbattimento della vegetazione instabile e ricostruzione della scarpata mediante terre rinforzate

<table>
<tr><td></td><td>Area di intervento n°6 "Fosso S. Antonio": Completamento della regimazione con opere a basso impatto ambientale.</td></tr>
<tr><td>Descrizione dell'Intervento</td><td>Area di intervento n°1 "Del Vallone": Drenaggio delle acque di infiltrazione attraverso drenaggi sub orizzontali e trincee drenanti; regimazione delle acque superficiali con canalette in terra di gronda e discendente, canalette in legno e pietra, briglia di raccordo e scivolo di convogliamento in legna e pietra. A completamento dell'azione di consolidamento del versante sono previsti altri interventi di sistemazione e riqualificazione con sistemazione morfologica piazzale sotto piazza, abbattimento degli individui arborei instabili e bonifica dei rifiuti.
Area di intervento n°2 "Del parcheggio": Drenaggio delle acque di infiltrazione attraverso trincee drenanti; regimazione delle acque superficiali con canalette in terra di gronda; consolidamento del versante con terra rinforzata, coperture antierosive ed impianto di specie vegetali arboreo-arbustive; recupero della funzione di parcheggio con sistemazione morfologica e stabilizzazione dei piazzali, rifacimento della massicciata stradale esistente e rampa di accesso pedonale
Area di intervento n°3 "Zona segheria": Drenaggio delle acque di infiltrazione con trincee drenanti, drenaggio muro in cemento, collettore drenante; regimazione delle acque superficiali con canalette in terra, caditoia in legname e pietrame, tubazione bypass, canaletta legno e pietra; opere di sostegno quali palificata viva a parete doppia, ricostruzione del muro dell'asilo e ricostruzione del muro di sostegno adiacente al fabbricato lungo la S.P. ceduto a causa del movimento franoso dell'intero versante sottostante
Area di intervento n°4 "Rocca di Capradosso": Disgaggio e rimozione degli elementi instabili; abbattimento e rimozione delle specie vegetali instabili od in grado di produrre instabilità; miglioramento dell'opera paramassi esistente mediante la sostituzione della rete metallica con rete a maglia esagonale a doppia torsione; impianto di vegetazione rampicante lungo la medesima barriera con lo scopo della mitigazione dell'impatto visivo. Nella stessa area vengono compresi interventi di regimazione delle acque meteoriche e di riqualificazione della piazza che prevedono: collettori di raccolta delle acque di pioggia completi di tombini, pavimentazione in binder, realizzazione di un muro in c.a. a sostituzione di un muro in blocchi di cemento in evidente stato di dissesto.
Area di intervento n°5 "Casale Beure": Nel settore a Monte della strada è previsto: rimozione della rete protettiva, coronamento dell'area sommitale, disgaggio delle porzioni di litoidi instabili, eliminazione della vegetazione instabile, consolidamento della parete rocciosa attraverso rete metallica a doppia torsione a maglia esagonale, realizzazione del fosso di guardia. Nel settore a valle: disgaggio ammassi rocciosi, abbattimento delle piante instabili, realizzazione della terra rinforzata (✳)
Area di intervento n°6 "Fosso S. Antonio": Briglia in legname e pietrame ubicata all'uscita delle tubazioni in lamiera ondulata; Canaletta in legno e pietrame.</td></tr>
<tr><td colspan="2">Tecniche d'Ingegneria Naturalistica Impiegate</td></tr>
<tr><td>Tipi</td><td>Canalette in legname e pietrame con rinverdimento delle sponde, Briglia in legname e pietrame, Palificata viva doppia, Terra rinforzata rinverdita (✳), Canalette in terra rinverdite (✳), coperture antierosive con Geostuoia tridimensionale (✳), Idrosemina (✳), Impianto di specie arboree-arbustive (✳)</td></tr>
<tr><td>Materiali inerti impiegati per tipo</td><td>Pali in castagno Φ= 8-25 cm L= 70-200cm, chiodi da carpentiere, pietrame calcareo Φ_{min}= 15cm, Pannelli in rete elettrosaldata, Rete metallica a doppia torsione con maglia esagonale zincata-AL e rivestimento in PVC, geostuoia tridimensionale in polipropilene, barrette metalliche, tondini elettrosaldati Φ =0.7</td></tr>
<tr><td>N°/ml di piante radicate e talee messe a dimora per tipo di opera</td><td>
<table>
<tr><th>N°/ml talee</th><th>N°/ml P.rad</th><th>Tipo opera</th></tr>
<tr><td>\</td><td>1 (sui lati)</td><td>Canalette in legname e pietrame</td></tr>
<tr><td>\</td><td>1 (sui lati)</td><td>Briglie in legname e pietrame</td></tr>
<tr><td>2-3</td><td>1 (a monte)</td><td>Palificata viva doppia</td></tr>
<tr><td>\</td><td>\</td><td>Terra Armata</td></tr>
</table>
</td></tr>
<tr><td>Dimensioni dell'intervento per tipologia d'opera</td><td>
<table>
<tr><th>P(m)</th><th>L (m)</th><th>H (m)</th><th>Tipo di opera</th></tr>
<tr><td></td><td>345</td><td>0,65</td><td>Canalette in legname e pietrame</td></tr>
<tr><td>1,5</td><td>6
42 tot</td><td>1,5</td><td>Briglie in legname e pietrame</td></tr>
<tr><td>3-4</td><td>25+21</td><td>2,3-2,5</td><td>Palificata viva doppia</td></tr>
<tr><td>3-4</td><td>20</td><td>2,5-3,6</td><td>Terra Armata</td></tr>
</table>
</td></tr>
</table>

<table>
<tr><td rowspan="12">Specie vegetali impiegate</td><td rowspan="3">Talee</td><td>Specie</td><td>% di attecchimento (n.talee attecchite/n. talee messe a dimora)</td><td>Φ talee (cm)</td><td>L talee (cm)</td><td>n° getti I talea</td><td>Φ getti (cm)</td><td>Lunghezza getti (cm)</td></tr>
<tr><td>Salix purpurea</td><td></td><td>1</td><td>100</td><td>2-4</td><td><1</td><td>5-10</td></tr>
<tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td rowspan="8">Piante radicate</td><td>Specie</td><td>% di attecchimento (n.piantine attecchite/n. piantine messe a dimora)</td><td colspan="2">Φ al colletto delle piantine (cm)</td><td colspan="3">h delle piantine (cm)</td></tr>
<tr><td>Prunus spinosa</td><td></td><td colspan="2"><1</td><td colspan="3">30-60</td></tr>
<tr><td>Crataegus monogyna</td><td></td><td colspan="2"><1</td><td colspan="3">30-60</td></tr>
<tr><td>Cornus sanguinea</td><td></td><td colspan="2"><1</td><td colspan="3">30-60</td></tr>
<tr><td>Euonymus europaeus</td><td></td><td colspan="2"><1</td><td colspan="3">30-60</td></tr>
<tr><td></td><td></td><td colspan="2"></td><td colspan="3"></td></tr>
<tr><td></td><td></td><td colspan="2"></td><td colspan="3"></td></tr>
<tr><td colspan="2">Periodo d'intervento Messa a dimora</td><td colspan="7">Talee: ottobre</td></tr>
<tr><td colspan="2"></td><td colspan="7">Piante: ottobre</td></tr>
<tr><td rowspan="6">Drenaggi</td><td rowspan="3">Superficiali</td><td colspan="7">Numero</td></tr>
<tr><td colspan="7">Lunghezza</td></tr>
<tr><td colspan="7">Profondità</td></tr>
<tr><td rowspan="3">Profondi</td><td colspan="7">Numero; Dreni sub superficiali (perforazioni); Trincee drenanti</td></tr>
<tr><td colspan="7">Lunghezza totale 370ml ;480ml</td></tr>
<tr><td colspan="7">Profondità 2m con tubi al piede</td></tr>
<tr><td colspan="2">Costi netto IVA</td><td colspan="7">Opere a verde 38829,82 €</td></tr>
<tr><td colspan="9">Tecniche d'Ingegneria Civile "convenzionali"</td></tr>
<tr><td colspan="2">Tipi</td><td colspan="7">Rifacimento della massicciata stradale esistente, rampa di accesso pedonale, Trincee drenanti, Drenaggio muro in cemento, Tubazioni by-pass, Collettore drenante, Muri in c.a., pavimentazione in binder</td></tr>
<tr><td colspan="2">Costi netto IVA</td><td colspan="7">Totale 494098,35 €</td></tr>
<tr><td colspan="9">Osservazioni</td></tr>
<tr><td colspan="9">Il versante interessato dal progetto un tempo era adibito ad orto, poi dimesso e abbandonato. I movimenti superficiali creano colate di fango che interessano 1.5-2m di terreno. Alla base del pendio, che si restringe, è stata rinvenuta una diga ad arco sepolta dalla colata fangosa. Sopra la diga il movimento è minimo e non presenta erosione al piede.
La falda presente nella parte montana alimenta le infiltrazioni di acqua.

Drenaggi: sub-orizzontali a raggera L =25-40m con tubi e tessuto non tessuto.
Trincee drenanti: 30cm profonde 2m con tubi al piede.

Elenco specie arbustive usate: Prunus spinosa, Crataegus monogyna, Cornus sanguinea, Euonymus europaeus. Da capitolato era previsto anche l'uso delle seguenti specie:
Coronilla emerus, Rosa canina, Spartium junceum, Ligustrum vulgare</td></tr>
</table>

Talee: *Salix purpurea*
Le piante provengono da vivai della zona e fuori zona mentre le Talee di *Salix purpurea* sono state reperite in loco.

(✳) La terra armata, prevista con talee da progetto, è stata realizzata morta ma presenta un rinverdimento spontaneo di erbacee. A causa di problemi nella regimazione delle acque la stabilità della stessa Terra Armata è messa a rischio per un accumulo di acqua al piede. Sarà quindi risistemata, controllando i drenaggi a monte e rinforzando il piede dell'opera.
(✳) Opere previste da progetto e non ancora realizzate.
Da progetto risulta quanto segue:
Sementi usati per l'inerbimento: (quantità 40 gr/mq)
Graminaceae: *Dactylis glomerata* (14), *Festuca arundinacea* (10), *Poa bulbosa* (10), *Poa pratensis* (10), *Agropyron repens* (6), *Cynodon dactylon* (6), *Lolium perenne* (6), *Holcus lanatus* (5)
Leguminose: *Lotus corniculatus* (6), *Medicago lupulina* (6), *Trifolium pratense* (6), *Trifolium repens* (6), *Vicia sativa* (3)
Altre: *Sanguisorba minor* (3), *Taraxacum officinale* (3)

(✳) Tutti gli interventi relativi all'Area 5 non sono stati inseriti nel computo delle opere poiché per tale settore, che interessa un tratto di strada provinciale, è in corso di definizione un protocollo di intesa con l'amministrazione provinciale cui fanno carico tali interventi.

Foto 1: Canaletta in legname e pietrame, maggio 2004. Foto di A. Cortese

Foto 2: Palificata viva doppia, maggio 2004. Foto di A. Cortese

Foto 3: Terra armata con rinverdimento spontaneo e acqua di ristagno idrico al piede, maggio 2004. Foto di A. D'Andrassi

SCHEDA RIASSUNTIVA DEI DATI PROGETTUALI

GENERALITA'					
Localizzazione				***Censimento***	
Regione	**Provincia**	**Comune**	**Località**	**Sigla**	**ID record**
Lazio	Rieti	Petrella Salto	Capradosso centro abitato nord		

CARTOGRAFIA				
IGM 1:100.000			***CTR***	
Foglio	**Quadrante**	**Tavoletta**	**Elemento**	**Scala**
145	IV	NO	358050	1:10.000

MORFOMETRIA FRANA					
Dati generali					
Quota corona (m)	**Quota testata (m)**	**Quota unghia (m)**	**Lunghezza totale (m)**	**Dislivello (m)**	**Pendenza (°)**
632			150		
Area totale (m^2)	**Azimut movimento α (°)**	**Profondità massa spostata (m)**		**Volume massa spostata (m^3)**	
7500					

MORFOMETRIA VERSANTE					
Quota crinale (m)	**Quota fondovalle (m)**	**Pendenza media (°)**	**Esposizione (°)**	**Tipo di pendio**	**Profilo**
700	550	15-30			

USO DEL SUOLO	
Uso del suolo	**Tecniche colturali**

IDROGEOLOGIA		
Acque superficiali	**Sorgenti**	**Falda**
Ruscellamento diffuso	Diffuse	Freatica a 500 m slm con importanti fluttuazioni

SISMICITA'		
Grado di sismicità	**Coefficiente sismico**	**Coefficiente di fondazione**

CARTOGRAFIA PRODOTTA				
C. geologica	**C. geomorfologica**	**C. idrogeologica**	**C. acclività**	**Altro**
Si	Si			carta del rischio

	Formazioni			
Descrizione	*1-Flisch*	*2-Marne a fucoidi*	*3-Calcareniti*	*4-Depositi fluvio-lacustri*
GEOLOGIA				
Litologia	Argille sabbiose	Marne	Rocce carbonatiche	terreni prevalentemente argillosi
Litotecnica	Alternanza	Alternanza		
Struttura		Fratturata	Fratturata	
GEOTECNICA				
Tipo di indagini	Rilievo geologico di dettaglio - 4 sondaggi geognostici a carotaggio continuo - 5 prove SPT	Rilievo geologico di dettaglio - 3 sondaggi geognostici a carotaggio continuo - Analisi strutturale		
Analisi di laboratorio	Indagini geologico-tecniche allegate al progetto			
Monitoraggio	2 piezometri - 1 inclinometro			
Verifiche di stabilità				
CLASSIFICAZIONE				
Movimento	Scivolamento roto-traslativo; colamento; soliflusso	Crollo ribaltamento		
Velocità				

NOTE

SCHEDA PROPOSTA
MONITORAGGIO INTERVENTI SU VERSANTE CON TECNICHE D' I.N.

Scheda n.	9	
Data 13\05\2003	Compilatore Augusta D'Andrassi, Chiara Milanese, Alberto Cortese	
Provincia	Latina	
Comune	Spigno Saturnia	
Località	Fontana del pozzo - Aracoeli	
Titolo Progetto	Consolidamento del movimento franoso in località Rapella e Aracoeli II	
Committente	Comune di Spigno Saturnia	
Figure Professionali	Progettista Ing. Roberto De Gennaro, Geol. Massimo Amodio, Geol. Silvano Scipione	
	Responsabile del Procedimento Geom. Lino Pampena	
	D.L. Ing. Roberto De Gennaro, Geol. Massimo Amodio	Assistente D.L.
	Direttore tecnico dell'impresa geom. Gianni Papa	
Modalità effettuazione lavori	Appalto x	
	Amministrazione diretta	
Ditta/e Esecutrice/i	Denominazione ditta appaltatrice di Papa Umberto	
	Via Giovenco, 3	Città Itri
	Tel/Fax 0771-727632, 727326	
	Anni di attività	Nel settore dell'I.N. nessuno
		Nel settore delle sistemazioni di versante nessuno
Periodo realizzazione lavori	Lavori consegnati il 10-09-02. (Proroga di 120 giorni). Fine lavori 28-06-2003	
Altitudine (m s.l.m.)	Min 60	
	Max 342	
	Med 200	
Esposizione	S-O (per entrambe le aree)	
Inclinazione del versante (Gradi rispetto all' orizzontale)	Inclinazione media del versante in loc. fontana del pozzo: 6,75-9,00°; Inclinazione media del versante in loc. Aracoeli: 13,5° circa.	
Aspetti vegetazionali dell'area (Almeno rif. carta fitosociologica del Lazio)	L'area appartiene al termotipo mesomediterraneo inferiore o termotipo collinare, ombrotipo umido inferiore nell'ambito della regione mediterranea di transizione.	
Litologia Geomorfologia Tipo di frana	*Vedere scheda di censimento dei movimenti franosi(CNR) allegata; aggiungere, se esistenti nel progetto: descrizione sondaggi geognostici, valori dei parametri geotecnici (angolo d'attrito interno, coesione, spessore dello strato in frana).* ➢ Fontana del pozzo: Descrizione frana: frana complessa e area interessata da deformazioni superficiali lente e\o soliflusso, fenomeni attivi, area a rischio elevato e molto elevato (Riferimento carta franosità del Lazio)	

<table>
<tr><td></td><td>Litologia: affioramento di terreni argilloso-arenacei caotici scarsamente o affatto drenati al loro interno su formazione carbonatica.
➢ Aracoeli: Descrizione frana: area con franosità diffusa, fenomeni attivi, area a rischio molto elevato (Riferimento carta franosità del Lazio)
Litologia: affioramento di argille caotiche con all'interno banchi o straterelli arenaci su formazione carbonatici.
Circa il 20% dell' Area è indicata come frana non cartografabile</td></tr>
<tr><td>Probabili cause del dissesto</td><td>Le problematiche generali del dissesto sono riconducibili ad un tipico "stile di versante" che si evolvono nel tempo tramite fenomeni di instabilità principalmente gravitativi.</td></tr>
<tr><td>Vincoli ambientali</td><td>Vincolo idrogeologico</td></tr>
<tr><td colspan="2"></td></tr>
<tr><td>Superficie Area Dissesto (ha)</td><td>35,30 ha</td></tr>
<tr><td>Superficie Area Intervento (ha)</td><td>Fontana del pozzo: 12,40 ha;
Aracoeli: 22,90 ha.</td></tr>
<tr><td>Obiettivo dell'intervento</td><td>Fontana del pozzo:
1. riduzione della predisposizione al danneggiamento continuo a causa della dinamica gravitativi di versante per la viabilità comunale.
2. riduzione dell'esposizione al rischio per persone e cose, minimizzando il pericolo di trasformazione localizzata del fenomeno d'instabilità, eliminando i fenomeni di erosione concentrata dei corsi d'acqua, principale causa di tale rischio.
Aracoeli:
1. minimizzare il rischio di ripresa di fenomeni franosi soprattutto sul versante di sud-ovest interessato da almeno due nuclei abitativi esposti a rischio;
2. minimizzazione del rischio di danneggiamento del tratto di viabilità comunale (via Casarinola) che si sviluppa sulla cresta del crinale sud-ovest.</td></tr>
<tr><td>Descrizione dell'Intervento</td><td>Fontana del pozzo:
realizzazione, a monte della strada, di un contenimento in gabbionate, con un muro di valle fondato su pali e con una regimazione dell'attraversamento di una incisione torrentizia all'interno del corpo stradale.
Aracoeli:
Gli interventi consistono sostanzialmente nella regimazione delle acque superficiali e sub superficiali, e nella realizzazione di opere di contenimento e consolidamento del versante costituito sostanzialmente da argille caotiche.</td></tr>
<tr><td colspan="2">Tecniche d'Ingegneria Naturalistica Impiegate</td></tr>
<tr><td>Tipi</td><td>Palificata viva semplice, palificata viva doppia, canalette in legname e pietrame, briglie in legname e pietrame, idrosemina.</td></tr>
<tr><td>Materiali inerti impiegati per tipo</td><td>Legname per palificate: Pali di pino trattati (ex pali telefonici con Φ =15-20 cm e L=8-10 m);
Tondino di ferro per chiodature Φ=10mm con foro da 8 mm, L=8m;
Pietrame calcareo di pezzatura pari a 15-20 cm;
Reta metallica zincata a doppia torsione, maglia 80x100 mm;
Legname per canalette: pali di castagno di Φ= 8-10 cm e L= 80-100 cm</td></tr>
<tr><td>N°/ml di piante radicate e talee messe a dimora per tipo di opera</td><td>
<table>
<tr><th>N°/ml talee</th><th>N°/ml P.rad</th><th>Tipo opera</th></tr>
<tr><td>2-3</td><td>1</td><td>Palificata viva semplice</td></tr>
<tr><td>2-3</td><td>1</td><td>Palificata viva doppia</td></tr>
<tr><td>4</td><td>\</td><td>Canalette in legname e pietrame</td></tr>
<tr><td>0</td><td>0</td><td>Briglie in legname e pietrame</td></tr>
</table>
</td></tr>
<tr><td>Dimensioni dell'intervento per tipologia d'opera</td><td>
<table>
<tr><th>P(m)</th><th>L (m)</th><th>H (m)</th><th>Tipo di opera</th></tr>
<tr><td>1,65</td><td>101,5 V. Rapella</td><td>1,40</td><td>Palificata viva semplice</td></tr>
<tr><td>1,70</td><td>128,5 V. Rapella
59 Aracoeli</td><td>1,40-2,00</td><td>Palificata viva doppia</td></tr>
<tr><td>0,7 larghezza fondo;
0,9 parte sommitale</td><td>715</td><td>0,6 (h scavo)</td><td>Canalette in legname e pietrame</td></tr>
</table>
</td></tr>
</table>

		Variabile con morfologia	113	Variab. con morfologia		Canalette in pietre		
		2 larghezza	31	0,3		Scivolo in legname e pietrame		
		2	5 larghezza	1,40		Briglie in legname e pietrame		
Specie vegetali impiegate	Talee	*Specie*	*% di attecchimento (n.talee attecchite/n. talee messe a dimora)*	*Φ talee (cm)*	*L talee (cm)*	*n° getti | talea*	*Φ getti (cm)*	*lunghezza getti (cm)*
		Salix alba		0,5-1	1-1,20			
		Salix alba var. vitellina		0,5-1	1-1,20			
		Tamarix africana		0,5-1	1-1,20			
	Piante radicate	*Specie*	*% di attecchimento (n.piantine attecchite/n. piantine messe a dimora)*	*Φ al colletto delle piantine (cm)*		*h delle piantine (cm)*		
		Myrtus communis		<1		20-25		
Periodo d'intervento Messa a dimora		Talee: inizio Novembre fino a Febbraio						
		Piante: inizio Novembre fino a Febbraio						
Drenaggi	Superficiali	Numero regimazione acque stradali:7; area2 trincea drenante:160						
		Lunghezza 612m; area2 trincea drenante:0,3						
		Profondità area2 trincea drenante: 2m						
	Profondi	Numero: trincee drenanti subsuperficiali 10; profondi 8m						
		Lunghezza: trincee drenanti subsuperficial tot 315; profondi 140						
		Profondità: trincee drenanti subsuperficiali 2; profondi 6						
Costi netto IVA		201 156 €						
Tecniche d'Ingegneria Civile "convenzionali"								
Tipi		Canaletta scolacque in calcestruzzo vibrocompattato non gelivo (40x30x8cm) Pozzetti in calcestruzzo,retinati,prefabbricati (40x40x40cm) Demolizione e ripristino del corpo stradale drenato e rinforzato.						
Costi netto IVA		212 009 €						

Osservazioni

Nella parte sommitale di ogni palificata sono state messe a dimora piantine radicate di *Myrtus communis*, prodotte dal Parco Regionale dei Monti Aurunci.
In località Rapella sono presenti palificate vive semplici e doppie, mentre in località Aracoeli una palificata viva doppia a coronamento del versante.
Le dimensioni delle opere si riferiscono alla lunghezza totale.
Le canalette in legno e pietra verranno rinverdite con l'inserimento di talee di *Tamarix africana*.

Foto 1: Vista frontale di una palificata viva doppia appena eseguita, maggio 2003. Foto di C. Milanese

Foto 2: Palificata viva doppia in località Fontana del Pozzo, maggio 2003. Foto di C. Milanese

Foto 3: Briglia in legname e pietrame in località Aracoeli, aprile 2003. Foto di M. Amodio

Foto 4: Canaletta in legname e pietrame in località Fontana del Pozzo, gennaio 2003. Foto di M. Amodio

SCHEDA PROPOSTA
MONITORAGGIO INTERVENTI SU VERSANTE CON TECNICHE D' I.N.

Scheda n.	9
Data 18\05\2004	Compilatore Augusta D'Andrassi, Chiara Milanese, Alberto Cortese
Provincia	Latina
Comune	Spigno Saturnia
Località	Fontana del pozzo - Aracoeli
Titolo Progetto	Consolidamento del movimento franoso in località Rapella e Aracoeli II
Periodo realizzazione lavori	Lavori consegnati il 10-09-02. (Proroga di 120 giorni). Fine lavori 28-06-2003
Probabili cause del dissesto	Le problematiche generali del dissesto sono riconducibili ad un tipico "stile di versante" che si evolvono nel tempo tramite fenomeni di instabilità principalmente gravitativi.

Tecniche d'Ingegneria Naturalistica Impiegate

Tipi	Palificata viva semplice, palificata viva doppia, canalette in legname e pietrame, briglie in legname e pietrame, scivolo di convogliamento in legame e pietrame.
Materiali inerti impiegati per tipo	Legname per palificate: Pali di pino trattati (ex pali telefonici con Φ =15-20 cm e L=8-10 m); Tondino di ferro per chiodature Φ=10mm con foro da 8 mm, L=8m; Pietrame calcareo di pezzatura pari a 15-20 cm; Reta metallica zincata a doppia torsione, maglia 80x100 mm; Legname per canalette: pali di castagno di Φ= 8-10 cm e L= 80-100 cm

N°/ml di piante radicate e talee messe a dimora per tipo di opera

N°/ml talee	N°/ml P.rad	Tipo opera
2-3	1	Palificata viva semplice
2-3	1	Palificata viva doppia
4	\	Canalette in legname e pietrame
\	\	Briglie in legname e pietrame

Dimensioni dell'intervento per tipologia d'opera

P(m)	*L (m)*	*H (m)*	*Tipo di opera*
1,65	101,5 V. Rapella	1,40	Palificata viva semplice
1,70	128,5 V. Rapella 59 Aracoeli	1,40 - 2,00	Palificata viva doppia
0,7 larghezza fondo; 0,9 parte sommitale	715	0,6 (h scavo)	Canalette in legname e pietrame
Variabile con morfologia	113	Variab. Con morfologia	Canaletta in pietre
2 larghezza	31	0,3	Scivolo in legname e pietrame
2	5 larghezza	1,40	Briglie in legname e pietrame

Specie vegetali impiegate	Talee	*Specie*	*% di attecchimento (n.talee attecchite/n. talee messe a dimora)*	*Φ talee (cm)*	*L talee (cm)*	*n° getti | talea*	*Φ getti (cm)*	*lunghezza getti (cm)*

		Salix alba	34,5 V. Rapella	0,5-1	1-1,20	4-5	1	40-100
		Salix alba var. vitellina	34,5 V. Rapella	0,5-1	1-1,20	4-5	1	40-100
		Tamarix africana	13.8 V. Rapella	0,5-1	1-1,20	4-5	1	40-100
	Piante radicate	*Specie*	*% di attecchimento (n.piantine attecchite/n. piantine messe a dimora)*	*Φ al colletto delle piantine (cm)*		*h delle piantine (cm)*		
		Myrtus communis	0%	<1		20-25		

Periodo d'intervento Messa a dimora		Talee: inizio Novembre fino a Febbraio
		Piante: inizio Novembre fino a Febbraio
Drenaggi	Superficiali	Numero: regimazione acque stradali:7; area2 trincea drenante:160
		Lunghezza 612m; area2 trincea drenante:0,3m
		Profondità:area2 trincea drenante: 2m
	Profondi	Numero: trincee drenanti subsuperficiali 10;profondi 8m
		Lunghezza: trincee drenanti subsuperficial tot 315m; profondi 140m
		Profondità: trincee drenanti subsuperficiali 2; profondi 6m

Tecniche d'Ingegneria Civile "convenzionali"

Tipi	Canaletta scolacque in calcestruzzo vibrocompattato non gelivo (40x30x8cm) Pozzetti in calcestruzzo,retinati,prefabbricati (40x40x40cm) Demolizione e ripristino del corpo stradale drenato e rinforzato.

Osservazioni

Le piante di *Myrtus communis* non hanno attecchito e non sono più presenti. Anche le talee ai lati delle canalette sono secche.
La % di attecchimento delle palificate vive è stata calcolata come media ponderata tra le singole % di attecchimento che, nel dettaglio, sono le seguenti:

<u>Località Rapella</u>:
Palificata viva semplice :*Salix spp*. 118 talee vive, *Tamarix africana* 24 talee vive
1ª e 2ª Palificata viva doppia (a salire) attecchimento rispettivamente 83.5% e 70% più rinverdimento spontaneo si specie erbacee nella parte alta. In dettaglio nella 1ª Palificata la % di Attecchimento delle specie usate è la seguente: 40% *Salix spp.*, 16% *Tamarix spp.*
3ª-4ª Palificata viva doppia, attecchimento scarsissimo, circa del 10%
L'idrosemina è stata eliminata in variante progettuale.
Le canalette in legno e pietra sono state rinverdite con numerose talee di *Tamarix africana* che presentano un buon attecchimento (dai sopralluoghi effettuati in corso d'opera dai Progettisti). Attualmente, l'assenza di manutenzione comporta la presenza di vegetazione infestante che – in parte – nasconde la presenza (vitale) delle tamerici. La presenza

di un rinverdimento spontaneo infestante di specie erbacee non ci consente di effettuare una stima sulla % di attecchimento che, per quel poco che si vede, non sembra buona.

Località Aracoeli:
Problemi di infiltrazione acque nella massicciata stradale con svuotamento della Palificata viva doppia. Attecchimento delle talee praticamente nullo.
Lo scivolo è funzionante e presenta un buon rinverdimento spontaneo con erbacee, ma non è stata effettuata la messa a dimora di talee di tamerice sulle sponde, lateralmente allo scivolo stesso.
Le briglie non sono più visibili a causa dell'invasione di specie erbacee infestanti.

Foto 1: Vista frontale della palificata doppia ad un anno dalla realizzazione, maggio 2004. Foto di C. Milanese

Foto 2: Canaletta in legname e pietrame ad un anno dalla realizzazione, maggio 2004. Foto di C. Milanese

SCHEDA RIASSUNTIVA DEI DATI PROGETTUALI

GENERALITA'					
Localizzazione				***Censimento***	
Regione	**Provincia**	**Comune**	**Località**	**Sigla**	**ID record**
Lazio	Latina	Spigno Saturnia	Aracoeli		

CARTOGRAFIA				
IGM 1:100.000			***CTR***	
Foglio	**Quadrante**	**Tavoletta**	**Elemento**	**Scala**
171	I	NO	416050	1:10.000

MORFOMETRIA FRANA					
Dati generali					
Quota corona (m)	**Quota testata (m)**	**Quota unghia (m)**	**Lunghezza totale (m)**	**Dislivello (m)**	**Pendenza (°)**
				30	13
Area totale (m^2)	**Azimut movimento α (°)**	**Profondità massa spostata (m)**		**Volume massa spostata (m^3)**	

MORFOMETRIA VERSANTE					
Quota crinale (m)	**Quota fondovalle (m)**	**Pendenza media (°)**	**Esposizione(°)**	**Tipo di pendio**	**Profilo**
342		9	SE		

USO DEL SUOLO	
Uso del suolo	**Tecniche colturali**

IDROGEOLOGIA		
Acque superficiali	**Sorgenti**	**Falda**
		Esigue, sospese e confinate ove prevalgono le arenarie fratturate

SISMICITA'		
Grado di sismicità	**Coefficiente sismico**	**Coefficiente di fondazione**

CARTOGRAFIA PRODOTTA				
C. geologica	**C. geomorfologica**	**C. idrogeologica**	**C. acclività**	**Altro**
Si	Si			

	Formazioni	
Descrizione	*1-Coltri superficiali di materiale elaborato e suolo*	*2-Complesso delle argille varicolori*
GEOLOGIA		
Litologia		argille grigie e vari colori, limi argillosi chiari, sabbie limose con inglobati blocchi lapidei e strati scompaginati di calcari, calcari marnosi e arenarie
Litotecnica		Terra
Struttura		Caotica
GEOTECNICA		
Tipo di indagini	Rilievo geologico di dettaglio - sondaggi a rotazione e carotaggio continuo; indagine vegetazionale	
Analisi di laboratorio	Effettuate su campione indisturbato	
Monitoraggio		
Verifiche di stabilità	Effettuate	
CLASSIFICAZIONE		
Movimento		Colamento-scivolamento rototraslativo
Velocità		

NOTE

SCHEDA RIASSUNTIVA DEI DATI PROGETTUALI

GENERALITA'					
Localizzazione				***Censimento***	
Regione	**Provincia**	**Comune**	**Località**	**Sigla**	**ID record**
Lazio	Latina	Spigno Saturnia	Fontana del pozzo		

CARTOGRAFIA				
IGM 1:100.000			***CTR***	
Foglio	**Quadrante**	**Tavoletta**	**Elemento**	**Scala**
			416050	1:10.000

MORFOMETRIA FRANA					
Dati generali					
Quota corona (m)	**Quota testata (m)**	**Quota unghia (m)**	**Lunghezza totale (m)**	**Dislivello (m)**	**Pendenza (°)**
Area totale (m^2)	**Azimut movimento α (°)**	**Profondità massa spostata (m)**		**Volume massa spostata (m^3)**	

MORFOMETRIA VERSANTE					
Quota crinale (m)	**Quota fondovalle (m)**	**Pendenza media (°)**	**Esposizione(°)**	**Tipo di pendio**	**Profilo**
342		9	SO		

USO DEL SUOLO	
Uso del suolo	**Tecniche colturali**

IDROGEOLOGIA		
Acque superficiali	**Sorgenti**	**Falda**
		Esigue, sospese e confinate ove prevalgono le arenarie fratturate

SISMICITA'		
Grado di sismicità	**Coefficiente sismico**	**Coefficiente di fondazione**

CARTOGRAFIA PRODOTTA				
C. geologica	**C. geomorfologica**	**C. idrogeologica**	**C. acclività**	**Altro**
Si	Si			

	Formazioni		
Descrizione	*1-Coltri superficiali di materiale elaborato e suolo*	*2-Complesso delle argille varicolori*	*3-Flysch argilloso arenaceo*
GEOLOGIA			
Litologia		argille grigie e vari colori, limi argillosi chiari, sabbie limose,con inglobati blocchi lapidei e strati scompaginati di calcari, calcari marnosi e arenarie	alternanze di argille, arenarie e limi sabbiosi. Presenza di elementi di grandi dimensioni calcarei e marnosi extrabacinali
Litotecnica			
Struttura		Caotica (presenza di arenarie fratturate)	Caotica (presenza di arenarie fratturate)
GEOTECNICA			
Tipo di indagini	Rilievo geologico di dettaglio - sondaggi a rotazione e carotaggio continuo; indagine vegetazionale		
Analisi di laboratorio	Effettuate su campione indisturbato		
Monitoraggio			
Verifiche di stabilità	Effettuate		
CLASSIFICAZIONE			
Movimento		Colamento-scivolamento rototraslativo	Colamento-scivolamento rototraslativo
Velocità			

NOTE

APPENDICE A

PREMESSE

Vengono di seguito riportate le analisi prezzi delle principali tecniche esaminate nel presente volume.
Le analisi sono state fatte tenendo conto della divisione della Regione Lazio in cinque province: Roma, Latina, Viterbo, Rieti, Frosinone, dal momento che il costo degli operai è diverso da una provincia all'altra.
Il costo orario degli operai è stato ricavato dalle tabelle riportate nel Supplemento 4 al BURL n° 24 del 30-8-2003; il costo orario è da intendersi quale elemento di riferimento nell'aggiornamento dei contratti vigenti.
Molti dei prezzi elementari utilizzati nei calcoli derivano da esperienze dirette degli operatori, non essendo stato possibile risalire al prezzo di mercato. Non è stato fatto alcun riferimento al marchio dei materiali.
Scavi e rinterri sono esclusi e vanno pertanto conteggiati a parte, eccezion fatta per le opere con struttura in pali, per le quali il riempimento è incluso nel prezzo.
I prezzi di applicazione si riferiscono a condizioni di esecuzione normali (sono state escluse le maggiorazioni dovute a "condizioni difficili") e pertanto sono da considerarsi quali prezzi di riferimento, suscettibili di variazioni e integrazioni.
I prezzi di applicazione risultanti sono da intendersi IVA esclusa.

Tipologia	1
Semina a spaglio	

Oggetto	Unità di misura	Quantità	Prezzo elementare	Importo	Prezzo elementare	Importo	Prezzo elementare	Importo	Prezzo elementare	Importo	Prezzo elementare	Importo
A) MANODOPERA:			**ROMA**		**LATINA**		**VITERBO**		**RIETI**		**FROSINONE**	
Operaio specializzato	ora	0	20,37	0,00	18,30	0,00	20,29	0,00	20,50	0,00	23,01	0,00
Operaio qualificato	ora	0	19,02	0,00	17,23	0,00	19,10	0,00	19,29	0,00	21,61	0,00
Operaio comune	ora	0,015	17,47	0,26	15,96	0,24	17,47	0,26	17,74	0,27	19,77	0,30
				0,26		0,24		0,26		0,27		0,30
B) NOLI:												
				0,00		0,00		0,00		0,00		0,00
C) MATERIALI:												
Miscela per sementi 50 g/m^2	Kg	0,05	3,60	0,18	3,60	0,18	3,60	0,18	3,60	0,18	3,60	0,18
Fertilizzanti organici	Kg	0,1	0,50	0,05	0,50	0,05	0,50	0,05	0,50	0,05	0,50	0,05
				0,23		0,23		0,23		0,23		0,23
TOTALE COSTI			**€/m^2**	**0,49**	**€/m^2**	**0,47**	**€/m^2**	**0,49**	**€/m^2**	**0,50**	**€/m^2**	**0,53**

PER SPESE GENERALI IL 14 % (ex delibera 37/2000 autorità vigilanza LLPP)	€/m2	0,07	€/m2	0,07	€/m2	0,07	€/m2	0,07	€/m2	0,07
PER UTILE D'IMPRESA IL 10 % (ex delibera 37/2000 autorità vigilanza LLPP)	€/m2	0,06	€/m2	0,05	€/m2	0,06	€/m2	0,06	€/m2	0,06
SICUREZZA 6%	€/m2	0,04	€/m2	0,04	€/m2	0,04	€/m2	0,04	€/m2	0,04
PREZZO DI APPLICAZIONE PER UNITA' DI MISURA PARI A 1 m2	**€/m2**	**0,65**	**€/m2**	**0,62**	**€/m2**	**0,65**	**€/m2**	**0,66**	**€/m2**	**0,70**

Tipologia	2
Semina a paglia e bitume	

Oggetto	Unità di misura	Quantità	Prezzo elementare	Importo	Prezzo elementare	Importo	Prezzo elementare	Importo	Prezzo elementare	Importo	Prezzo elementare	Importo
A) MANODOPERA:			**ROMA**		**LATINA**		**VITERBO**		**RIETI**		**FROSINONE**	
Operaio specializzato	ora	0	20,37	0,00	18,30	0,00	20,29	0,00	20,50	0,00	23,01	0,00
Operaio qualificato	ora	0,02	19,02	0,38	17,23	0,34	19,10	0,38	19,29	0,39	21,61	0,43
Operaio comune	ora	0,04	17,47	0,70	15,96	0,64	17,47	0,70	17,74	0,71	19,77	0,79
				1,08		0,98		1,08		1,10		1,22
B) NOLI:												
Pompa irroratrice	ora	0,02	25,80	0,52	25,80	0,52	25,80	0,52	25,80	0,52	25,80	0,52
				0,52		0,52		0,52		0,52		0,52
C) MATERIALI:												
Miscela per sementi 50 g/m^2	Kg	0,05	3,60	0,18	3,60	0,18	3,60	0,18	3,60	0,18	3,60	0,18
Paglia	ql	0,01	10,30	0,10	10,30	0,10	10,30	0,10	10,30	0,10	10,30	0,10
Bitume	Kg	0,70	1,00	0,70	1,00	0,70	1,00	0,70	1,00	0,70	1,00	0,70
Ammendanti	Kg	0,1	1,00	0,10	1,00	0,10	1,00	0,10	1,00	0,10	1,00	0,10
				1,08		1,08		1,08		1,08		1,08
TOTALE COSTI			**€/m^2**	**2,68**	**€/m^2**	**2,58**	**€/m^2**	**2,68**	**€/m^2**	**2,69**	**€/m^2**	**2,82**

PER SPESE GENERALI IL 14 % (ex delibera 37/2000 autorità vigilanza LLPP)	€/m2	0,37	€/m2	0,36	€/m2	0,38	€/m2	0,38	€/m2	0,40
PER UTILE D'IMPRESA IL 10 % (ex delibera 37/2000 autorità vigilanza LLPP)	€/m2	0,31	€/m2	0,29	€/m2	0,31	€/m2	0,31	€/m2	0,32
SICUREZZA 6%	€/m2	0,20	€/m2	0,19	€/m2	0,20	€/m2	0,20	€/m2	0,21
PREZZO DI APPLICAZIONE PER UNITA' DI MISURA PARI A 1 m2	**€/m2**	**3,56**	**€/m2**	**3,43**	**€/m2**	**3,56**	**€/m2**	**3,58**	**€/m2**	**3,75**

Tipologia	3
Idrosemina	

Oggetto	Unità di misura	Quantità	Prezzo elementare	Importo	Prezzo elementare	Importo	Prezzo elementare	Importo	Prezzo elementare	Importo	Prezzo elementare	Importo
A) MANODOPERA:			**ROMA**		**LATINA**		**VITERBO**		**RIETI**		**FROSINONE**	
Operaio specializzato	ora	0	20,37	0,00	18,30	0,00	20,29	0,00	20,50	0,00	23,01	0,00
Operaio qualificato	ora	0,01	19,02	0,19	17,23	0,17	19,10	0,19	19,29	0,19	21,61	0,22
Operaio comune	ora	0,01	17,47	0,17	15,96	0,16	17,47	0,17	17,74	0,18	19,77	0,20
				0,36		0,33		0,37		0,37		0,41
B) NOLI:												
Idroseminatrice	ora	0,010	36,10	0,36	36,10	0,36	36,10	0,36	36,10	0,36	36,10	0,36
				0,36		0,36		0,36		0,36		0,36
C) MATERIALI:												
Miscela sementi	kg	0,04	3,60	0,14	3,60	0,14	3,60	0,14	3,60	0,14	3,60	0,14
Fertilizzanti organici	kg	0,06	0,50	0,03	0,50	0,03	0,50	0,03	0,50	0,03	0,50	0,03
Collante organico	kg	0,07	2,40	0,17	2,40	0,17	2,40	0,17	2,40	0,17	2,40	0,17
				0,34		0,34		0,34		0,34		0,34
TOTALE COSTI			**€/m²**	**1,07**	**€/m²**	**1,03**	**€/m²**	**1,07**	**€/m²**	**1,07**	**€/m²**	**1,12**

PER SPESE GENERALI IL 14 % (ex delibera 37/2000 autorità vigilanza LLPP)	€/m2	0,15	€/m2	0,14	€/m2	0,15	€/m2	0,15	€/m2	0,16
PER UTILE D'IMPRESA IL 10 % (ex delibera 37/2000 autorità vigilanza LLPP)	€/m2	0,12	€/m2	0,12	€/m2	0,12	€/m2	0,12	€/m2	0,13
SICUREZZA 6%	€/m2	0,08	€/m2	0,08	€/m2	0,08	€/m2	0,08	€/m2	0,08
PREZZO DI APPLICAZIONE PER UNITA' DI MISURA PARI A 1 m2	**€/m2**	**1,42**	**€/m2**	**1,38**	**€/m2**	**1,42**	**€/m2**	**1,43**	**€/m2**	**1,48**

Tipologia	4
Semina a strato con terriccio	

Oggetto	Unità di misura	Quantità	Prezzo elementare	Importo	Prezzo elementare	Importo	Prezzo elementare	Importo	Prezzo elementare	Importo	Prezzo elementare	Importo
A) MANODOPERA:			**ROMA**		**LATINA**		**VITERBO**		**RIETI**		**FROSINONE**	
Operaio specializzato	ora	0,33	20,37	6,72	18,30	6,04	20,29	6,70	20,5	6,77	23,01	7,59
Operaio qualificato	ora	0,33	19,02	6,28	17,23	5,69	19,10	6,30	19,29	6,37	21,6	7,13
Operaio comune	ora	0,33	17,47	5,77	15,96	5,27	17,47	5,77	17,74	5,85	19,77	6,52
				18,76		16,99		18,76		18,98		21,25
B) NOLI:												
Autobotte con pompa	ora	0,050	36,10	1,81	36,10	1,81	36,10	1,81	36,10	1,81	36,10	1,81
Pompa a pistoni con tubazioni	ora	0,05		0,00				0,00		0,00		0,00
Muletto	ora	0,05		0,00				0,00		0,00		0,00
Autocarro con gru	ora	0,05	49,00	2,45	49,00	2,45	49,00	2,45	49,00	2,45	49,00	2,45
Compressore	ora	0,05		0,00				0,00		0,00		0,00
				1,81		1,81		1,81		1,81		1,81
C) MATERIALI:												
Miscela sementi	kg	0,05	3,60	0,18	3,60	0,18	3,60	0,18	3,60	0,18	3,60	0,18
Fertilizzanti organici, concimanti	kg	0,04	0,50	0,02	0,50	0,02	0,50	0,02	0,50	0,02	0,50	0,02
Substrato di terriccio artificiale	l	5,00	1,50	7,50	1,50	7,50	1,50	7,50	1,50	7,50	1,50	7,50
Polimeri	kg	0,25	3,00	0,75	3,00	0,75	3,00	0,75	3,00	0,75	3,00	0,75
Resine	kg	0,08	3,00	0,24	3,00	0,24	3,00	0,24	3,00	0,24	3,00	0,24
				7,70		7,70		7,70		7,70		7,70
TOTALE COSTI			**€/m²**	**35,19**	**€/m²**	**47,19**	**€/m²**	**35,19**	**€/m²**	**47,19**	**€/m²**	**47,19**
PER SPESE GENERALI IL 14 % (ex delibera 37/2000 autorità vigilanza LLPP)	€/m²	4,93	€/m²	6,61	€/m²	4,93	€/m²	6,61	€/m²	6,61		
PER UTILE D'IMPRESA IL 10 % (ex delibera 37/2000 autorità vigilanza LLPP)	€/m²	4,01	€/m²	5,38	€/m²	4,01	€/m²	5,38	€/m²	5,38		
SICUREZZA 6%	€/m²	2,65	€/m²	3,55	€/m²	2,65	€/m²	3,55	€/m²	3,55		
PREZZO DI APPLICAZIONE PER UNITA' DI MISURA PARI A 1 m²	**€/m²**	**46,78**	**€/m²**	**62,73**	**€/m²**	**46,78**	**€/m²**	**62,73**	**€/m²**	**62,73**		

Tipologia	5
Semina con Fiorume	

Oggetto	Unità di misura	Quantità	Prezzo elementare	Importo	Prezzo elementare	Importo	Prezzo elementare	Importo	Prezzo elementare	Importo	Prezzo elementare	Importo
A) MANODOPERA:			**ROMA**		**LATINA**		**VITERBO**		**RIETI**		**FROSINONE**	
Operaio specializzato	ora	0	20,37	0,00	18,30	0,00	20,29	0,00		0,00		0,00
Operaio qualificato	ora	0,007	19,02	0,13	17,23	0,12	19,10	2,30		0,00		0,00
Operaio comune	ora	0,087	17,47	1,52	15,96	1,39	17,47	24,26		0,00		0,00
				1,65		1,51		26,56		0,00		0,00
B) NOLI:												
Motofalciatrice		0,007		0,00		0,00		0,00		0,00		0,00
Autocarro (portata 100-150 ql)		0,003	41,3	0,12	41,3	0,12	41,3	5,12	41,3	5,12	41,3	211,33
				0,12		0,12		5,12		5,12		211,33
C) MATERIALI:												
Fertilizzanti organici	Kg	0,100	0,5	0,05	0,5	0,05	0,5	0,05	0,5	0,05	0,5	0,05
Fiorume	Kg	2,000	1,50	3,00	1,50	3,00	1,50	3,00	1,50	3,00	1,50	3,00
				3,05		3,05		3,05		3,05		3,05
TOTALE COSTI			**€/m²**	**4,83**	**€/m²**	**4,68**	**€/m²**	**34,73**	**€/m²**		**€/m²**	
PER SPESE GENERALI IL 14 % (ex delibera 37/2000 autorità vigilanza LLPP)			€/m²	0,68	€/m²	0,66	€/m²	4,86	€/m²	0,00	€/m²	0,00
PER UTILE D'IMPRESA IL 10 % (ex delibera 37/2000 autorità vigilanza LLPP)			€/m²	0,55	€/m²	0,53	€/m²	3,96	€/m²	0,00	€/m²	0,00
SICUREZZA 6%			€/m²	0,36	€/m²	0,35	€/m²	2,61	€/m²	0,00	€/m²	0,00
PREZZO DI APPLICAZIONE PER UNITA' DI MISURA PARI A 1 m²			**€/m²**	**6,42**	**€/m²**	**6,22**	**€/m²**	**46,16**	**€/m²**	**0,00**	**€/m²**	**0,00**

Tipologia	6
Semina di piante legnose	

Oggetto	Unità di misura	Quantità	Prezzo elementare	Importo	Prezzo elementare	Importo	Prezzo elementare	Importo	Prezzo elementare	Importo	Prezzo elementare	Importo
A) MANODOPERA:			**ROMA**		**LATINA**		**VITERBO**		**RIETI**		**FROSINONE**	
Operaio specializzato	ora	0	20,37	0,00	18,30	0,00	20,29	0,00	20,50	0,00	23,01	0,00
Operaio qualificato	ora	0,01	19,02	0,19	17,23	0,17	19,10	0,19	19,29	0,19	21,61	0,22
Operaio comune	ora	0,01	17,47	0,17	15,96	0,16	17,47	0,17	17,74	0,18	19,77	0,20
				0,36		0,33		0,37		0,37		0,41
B) NOLI:												
C) MATERIALI:												
Sementi di specie legnose	cad	150,00		0,00		0,00		0,00		0,00		0,00
Fertilizzanti organici	kg	0,06	0,50	0,03	0,50	0,03	0,50	0,02	0,50	0,02	0,50	0,01
Collante organico	kg	0,07	2,40	0,17	2,40	0,17	2,40	0,40	2,40	0,40	2,40	0,97
				0,20		0,20		0,42		0,42		0,98
TOTALE COSTI			**€/m²**	**1,07**	**€/m²**	**3,21**	**€/m²**	**1,07**	**€/m²**	**3,21**	**€/m²**	**1,07**

PER SPESE GENERALI IL 14 % (ex delibera 37/2000 autorità vigilanza LLPP)	€/m²	0,15	€/m²	0,45	€/m²	0,15	€/m²	0,45	€/m²	0,15
PER UTILE D'IMPRESA IL 10 % (ex delibera 37/2000 autorità vigilanza LLPP)	€/m²	0,12	€/m²	0,37	€/m²	0,12	€/m²	0,37	€/m²	0,12
SICUREZZA 6%	€/m²	0,08	€/m²	0,24	€/m²	0,08	€/m²	0,24	€/m²	0,08
PREZZO DI APPLICAZIONE PER UNITA' DI MISURA PARI A 1 m²	**€/m²**	**1,42**	**€/m²**	**4,27**	**€/m²**	**1,42**	**€/m²**	**4,27**	**€/m²**	**1,42**

Tipologia	7
Stuoia in juta	

Oggetto	Unità di misura	Quantità	Prezzo elementare	Importo	Prezzo elementare	Importo	Prezzo elementare	Importo	Prezzo elementare	Importo	Prezzo elementare	Importo
A) MANODOPERA:			**ROMA**		**LATINA**		**VITERBO**		**RIETI**		**FROSINONE**	
Operaio specializzato	ora	0	20,37	0,00	18,30	0,00	20,29	0,00	20,50	0,00	23,01	0,00
Operaio qualificato	ora	0,03	19,02	0,57	17,23	0,52	19,10	0,57	19,29	0,58	21,61	0,65
Operaio comune	ora	0,03	17,47	0,52	15,96	0,48	17,47	0,52	17,74	0,53	19,77	0,59
				1,09		1,00		1,10		1,11		1,24
B) NOLI:												
				0,00		0,00		0,00		0,00		0,00
C) MATERIALI:												
Stuoia in fibra naturale di juta	m^2	1,00	1,80	1,80	1,80	1,80	1,80	1,80	1,80	1,80	1,80	1,80
Picchetti acciaio e staffe	Kg	0,72	0,80	0,58	0,80	0,58	0,80	0,58	0,80	0,58	0,80	0,58
Talee di salice o tamerice	cad	1,00	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80
Semina a spaglio	m^2	1,00	0,53	0,53	0,50	0,50	0,53	0,53	0,53	0,53	0,58	0,58
				3,71		3,68		3,71		3,71		3,76
TOTALE COSTI			**€/m^2**	**4,80**	**€/m^2**	**4,67**	**€/m^2**	**4,80**	**€/m^2**	**4,82**	**€/m^2**	**5,00**

PER SPESE GENERALI IL 14 % (ex delibera 37/2000 autorità vigilanza LLPP)	€/m2	0,67	€/m2	0,65	€/m2	0,67	€/m2	0,67	€/m2	0,70
PER UTILE D'IMPRESA IL 10 % (ex delibera 37/2000 autorità vigilanza LLPP)	€/m2	0,55	€/m2	0,53	€/m2	0,55	€/m2	0,55	€/m2	0,57
SICUREZZA 6%	€/m2	0,36	€/m2	0,35	€/m2	0,36	€/m2	0,36	€/m2	0,38
PREZZO DI APPLICAZIONE PER UNITA' DI MISURA PARI A 1 m2	**€/m2**	**6,38**	**€/m2**	**6,21**	**€/m2**	**6,38**	**€/m2**	**6,40**	**€/m2**	**6,64**

Tipologia	8
Biostuoia in fibra vegetale (cocco, paglia, mista cocco e paglia)	

Oggetto	Unità di misura	Quantità	Prezzo elementare	Importo	Prezzo elementare	Importo	Prezzo elementare	Importo	Prezzo elementare	Importo	Prezzo elementare	Importo
A) MANODOPERA:			**ROMA**		**LATINA**		**VITERBO**		**RIETI**		**FROSINONE**	
Operaio specializzato	ora	0	20,37	0,00	18,30	0,00	20,29	0,00	20,50	0,00	23,01	0,00
Operaio qualificato	ora	0,03	19,02	0,57	17,23	0,52	19,10	0,57	19,29	0,58	21,61	0,65
Operaio comune	ora	0,03	17,47	0,52	15,96	0,48	17,47	0,52	17,74	0,53	19,77	0,59
				1,09		1,00		1,10		1,11		1,24
B) NOLI:												
				0,00		0,00		0,00		0,00		0,00
C) MATERIALI:												
Biotessile in paglia e cocco	m^2	1,05	2,50	2,63	2,50	2,63	2,50	2,63	2,50	2,63	2,50	2,63
Picchetti acciaio e staffe	kg	0,72	0,80	0,58	0,80	0,58	0,80	0,58	0,80	0,58	0,80	0,58
Talee salice o tamerice	cad	1,00	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80
Semina a spaglio	m^2	1,00	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53
				4,00		4,00		4,00		4,00		4,00
TOTALE COSTI			**€/m^2**	**5,10**	**€/m^2**	**5,00**	**€/m^2**	**5,10**	**€/m^2**	**5,11**	**€/m^2**	**5,24**

PER SPESE GENERALI IL 14 % (ex delibera 37/2000 autorità vigilanza LLPP)	€/m2	0,71	€/m3	0,70	€/m3	0,71	€/m3	0,72	€/m3	0,73
PER UTILE D'IMPRESA IL 10 % (ex delibera 37/2000 autorità vigilanza LLPP)	€/m2	0,58	€/m3	0,57	€/m3	0,58	€/m3	0,58	€/m3	0,60
SICUREZZA 6%	€/m2	0,38	€/m3	0,38	€/m3	0,38	€/m3	0,38	€/m3	0,39
PREZZO DI APPLICAZIONE PER UNITA' DI MISURA PARI A 1 m2	**€/m2**	**6,77**	**€/m3**	**6,64**	**€/m3**	**6,78**	**€/m3**	**6,79**	**€/m3**	**6,97**

Tipologia	9
Biostuoia in cocco	

Oggetto	Unità di misura	Quantità	Prezzo elementare	Importo	Prezzo elementare	Importo	Prezzo elementare	Importo	Prezzo elementare	Importo	Prezzo elementare	Importo
A) MANODOPERA:			**ROMA**		**LATINA**		**VITERBO**		**RIETI**		**FROSINONE**	
Operaio specializzato	ora	0	20,37	0,00	18,30	0,00	20,29	0,00	20,50	0,00	23,01	0,00
Operaio qualificato	ora	0,03	19,02	0,57	17,23	0,52	19,10	0,57	19,29	0,58	21,61	0,65
Operaio comune	ora	0,03	17,47	0,52	15,96	0,48	17,47	0,52	17,74	0,53	19,77	0,59
				1,09		1,00		1,10		1,11		1,24
B) NOLI:												
				0,00		0,00		0,00		0,00		0,00
C) MATERIALI:												
Biotessile in cocco	m^2	1,05	5,00	5,25	5,00	5,25	5,00	5,25	5,00	5,25	5,00	5,25
Picchetti acciaio e staffe	kg	0,72	0,80	0,58	0,80	0,58	0,80	0,58	0,80	0,58	0,80	0,58
Talee salice o tamerice	cad	1,00	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80
Semina a spaglio	m^2	1,00	0,53	0,53	0,50	0,50	0,53	0,53	0,53	0,53	0,58	0,58
				7,16		7,13		7,16		7,16		7,21
TOTALE COSTI			**€/m^2**	**8,25**	**€/m^2**	**8,12**	**€/m^2**	**8,25**	**€/m^2**	**8,27**	**€/m^2**	**8,45**
PER SPESE GENERALI IL 14 % (ex delibera 37/2000 autorità vigilanza LLPP)			€/m2	1,16	€/m2	1,14	€/m2	1,16	€/m2	1,16	€/m2	1,18
PER UTILE D'IMPRESA IL 10 % (ex delibera 37/2000 autorità vigilanza LLPP)			€/m2	0,94	€/m2	0,93	€/m2	0,94	€/m2	0,94	€/m2	0,96
SICUREZZA 6%			€/m2	0,62	€/m2	0,61	€/m2	0,62	€/m2	0,62	€/m2	0,64
PREZZO DI APPLICAZIONE PER UNITA' DI MISURA PARI A 1 m2			**€/m2**	**10,97**	**€/m2**	**10,80**	**€/m2**	**10,97**	**€/m2**	**10,99**	**€/m2**	**11,23**

Tipologia	11
Geostuoia tridimensionale sintetica	

Oggetto	Unità di misura	Quantità	Prezzo elementare	Importo	Prezzo elementare	Importo	Prezzo elementare	Importo	Prezzo elementare	Importo	Prezzo elementare	Importo
A) MANODOPERA:			**ROMA**		**LATINA**		**VITERBO**		**RIETI**		**FROSINONE**	
Operaio specializzato	ora	0	20,37	0,00	18,30	0,00	20,29	0,00	20,50	0,00	23,01	0,00
Operaio qualificato	ora	0,1	19,02	1,90	17,23	1,72	19,10	1,91	19,29	1,93	21,61	2,16
Operaio comune	ora	0,1	17,47	1,75	15,96	1,60	17,47	1,75	17,74	1,77	19,77	1,98
				3,65		3,32		3,66		3,70		4,14
B) NOLI:												
				0,00		0,00		0,00		0,00		0,00
C) MATERIALI:												
Geostuoia tridimensionale sintetica	m^2	1	6,80	6,80	6,80	6,80	6,80	6,80	6,80	6,80	6,80	6,80
Terreno vegetale	m^3	0,02	10,10	0,20	10,10	0,20	10,10	0,20	10,10	0,20	10,10	0,20
Picchetti o staffe acciaio	Kg	1,40	0,80	1,12	0,80	1,12	0,80	1,12	0,80	1,12	0,80	1,12
Semina	m^2	1	0,53	0,53	0,50	0,50	0,53	0,53	0,53	0,53	0,58	0,58
Talee di salice o tamerice	cad	1	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80
				9,45		9,42		9,45		9,45		9,50
TOTALE COSTI			**€/m^2**	**13,10**	**€/m^2**	**12,74**	**€/m^2**	**13,11**	**€/m^2**	**13,16**	**€/m^2**	**13,64**
PER SPESE GENERALI IL 14 % (ex delibera 37/2000 autorità vigilanza LLPP)			€/m2	1,83	€/m2	1,78	€/m2	1,84	€/m2	1,84	€/m2	1,91
PER UTILE D'IMPRESA IL 10 % (ex delibera 37/2000 autorità vigilanza LLPP)			€/m2	1,49	€/m2	1,45	€/m2	1,49	€/m2	1,50	€/m2	1,55
SICUREZZA 6%			€/m2	0,99	€/m2	0,96	€/m2	0,99	€/m2	0,99	€/m2	1,03
PREZZO DI APPLICAZIONE PER UNITA' DI MISURA PARI A 1 m2			**€/m2**	**17,41**	**€/m2**	**16,94**	**€/m2**	**17,43**	**€/m2**	**17,49**	**€/m2**	**18,13**

Tipologia	12
Geostuoia tridimensionale sintetica bitumata in opera a freddo	

Oggetto	Unità di misura	Quantità	Prezzo elementare	Importo	Prezzo elementare	Importo	Prezzo elementare	Importo	Prezzo elementare	Importo	Prezzo elementare	Importo
A) MANODOPERA:			**ROMA**		**LATINA**		**VITERBO**		**RIETI**		**FROSINONE**	
Operaio specializzato	ora	0	20,37	0,00	18,30	0,00	20,29	0,00	20,50	0,00	23,01	0,00
Operaio qualificato	ora	0,25	19,02	4,76	17,23	4,31	19,10	4,78	19,29	4,82	21,61	5,40
Operaio comune	ora	0,5	17,47	8,74	15,96	7,98	17,47	8,74	17,74	8,87	19,77	9,89
				13,49		12,29		13,51		13,69		15,29
B) NOLI:												
Autocarro	ora	0,02	31,00	0,62	31,00	0,62	31,00	0,62	31,00	0,62	31,00	0,62
Escavatore	ora	0,02	41,30	0,83	41,30	0,83	41,30	0,83	41,30	0,83	41,30	0,83
Pompa irroratrice	ora	0,01	25,80	0,26	25,80	0,26	25,80	0,26	25,80	0,26	25,80	0,26
				1,70		1,70		1,70		1,70		1,70
C) MATERIALI:												
Geostuoia tridimensionale in materiale sintetico	m^2	1	6,80	6,80	6,80	6,80	6,80	6,80	6,80	6,80	6,80	6,80
Sfridi	%	55										
Ghiaino	Kg	20	1,24	24,80	1,24	24,80	1,24	24,80	1,24	24,80	1,24	24,80
Bitume	Kg	1,5	1,00	1,50	1,00	1,50	1,00	1,50	1,00	1,50	1,00	1,50
Picchetti o staffe acciaio	Kg	1,4	5,00	7,00	5,00	7,00	5,00	7,00	5,00	7,00	5,00	7,00
Idrosemina	m^2	1	1,07	1,07	1,03	1,03	1,07	1,07	1,07	1,07	1,12	1,12
Talee di salice o tamerice	cad	1	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80
				41,97		41,93		41,97		41,97		42,02
TOTALE COSTI			**€/m^2**	**57,16**	**€/m^2**	**55,92**	**€/m^2**	**57,18**	**€/m^2**	**57,37**	**€/m^2**	**59,01**
PER SPESE GENERALI IL 14 % (ex delibera 37/2000 autorità vigilanza LLPP)	€/m2		€/m2	8,00	€/m2	7,83	€/m2	8,01	€/m2	8,03	€/m2	8,26
PER UTILE D'IMPRESA IL 10 % (ex delibera 37/2000 autorità vigilanza LLPP)	€/m2		€/m2	6,52	€/m2	6,38	€/m2	6,52	€/m2	6,54	€/m2	6,73
SICUREZZA 6%	€/m2		€/m2	4,30	€/m2	4,21	€/m2	4,30	€/m2	4,32	€/m2	4,44
PREZZO DI APPLICAZIONE PER UNITA DI MISURA PARI A 1 m2	**€/m2**		**€/m2**	**75,98**	**€/m2**	**74,33**	**€/m2**	**76,01**	**€/m2**	**76,25**	**€/m2**	**78,44**

Tipologia	13
Geocelle a nido d'ape in materiale sintetico	

Oggetto	Unità di misura	Quantità	Prezzo elementare	Importo	Prezzo elementare	Importo	Prezzo elementare	Importo	Prezzo elementare	Importo	Prezzo elementare	Importo
A) MANODOPERA:			**ROMA**		**LATINA**		**VITERBO**		**RIETI**		**FROSINONE**	
Operaio specializzato	ora	0	20,37	0,00	18,30	0,00	20,29	0,00	20,50	0,00	23,01	0,00
Operaio qualificato	ora	0,08	19,02	1,52	17,23	1,38	19,10	1,53	19,29	1,54	21,61	1,73
Operaio comune	ora	0,1	17,47	1,75	15,96	1,60	17,47	1,75	17,74	1,77	19,77	1,98
				3,27		2,97		3,28		3,32		3,71
B) NOLI:												
Autocarro	ora	0,01	31,00	0,31	31,00	0,31	31,00	0,31	31,00	0,31	31,00	0,31
Escavatore	ora	0,05	41,30	2,07	41,30	2,07	41,30	2,07	41,30	2,07	41,30	2,07
				2,38		2,38		2,38		2,38		2,38
C) MATERIALI:												
Geocelle a nido d'ape h 10 cm	m^2	1	15,50	15,50	15,50	15,50	15,50	15,50	15,50	15,50	15,50	15,50
Picchetti o staffe in acciaio	kg	1,4	5,00	7,00	5,00	7,00	5,00	7,00	5,00	7,00	5,00	7,00
Terreno vegetale	m^3	0,1	10,10	1,01	10,10	1,01	10,10	1,01	10,10	1,01	10,10	1,01
Idrosemina	m^2	1	1,07	1,07	1,03	1,03	1,07	1,07	1,07	1,07	1,12	1,12
Arbusti	cad	1	6,50	6,50	6,50	6,50	6,50	6,50	6,50	6,50	6,50	6,50
Talee di salice o tamerice	cad	1	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80
				31,88		31,84		31,88		31,88		31,93
TOTALE COSTI			**€/m^2**	**37,52**	**€/m^2**	**37,19**	**€/m^2**	**37,53**	**€/m^2**	**37,57**	**€/m^2**	**38,01**
PER SPESE GENERALI IL 14 % (ex delibera 37/2000 autorità vigilanza LLPP)	€/m2		€/m2	5,25	€/m2	5,21	€/m2	5,25	€/m2	5,26	€/m2	5,32
PER UTILE D'IMPRESA IL 10 % (ex delibera 37/2000 autorità vigilanza LLPP)	€/m2		€/m2	4,28	€/m2	4,24	€/m2	4,28	€/m2	4,28	€/m2	4,33
SICUREZZA 6%	€/m2		€/m2	2,82	€/m2	2,80	€/m2	2,82	€/m2	2,83	€/m2	2,86
PREZZO DI APPLICAZIONE PER UNITA DI MISURA PARI A 1 m2	**€/m2**		**€/m2**	**49,88**	**€/m2**	**49,43**	**€/m2**	**49,89**	**€/m2**	**49,94**	**€/m2**	**50,53**

Tipologia	14
Rete metallica a doppia torsione	

Oggetto	Unità di misura	Quantità	Prezzo elementare	Importo	Prezzo elementare	Importo	Prezzo elementare	Importo	Prezzo elementare	Importo	Prezzo elementare	Importo
A) MANODOPERA:			**ROMA**		**LATINA**		**VITERBO**		**RIETI**		**FROSINONE**	
Operaio specializzato	ora	0	20,37	0,00	18,30	0,00	20,29	0,00	20,50	0,00	23,01	0,00
Operaio qualificato	ora	0,2	19,02	3,80	17,23	3,45	19,10	3,82	19,29	3,86	21,61	4,32
Operaio comune	ora	0,2	17,47	3,49	15,96	3,19	17,47	3,49	17,74	3,55	19,77	3,95
				7,30		6,64		7,31		7,41		8,28
B) NOLI:												
Autocarro	ora	0,03	31,00	0,93	31,00	0,93	31,00	0,93	31,00	0,93	31,00	0,93
Verricello	ora	0,15	6,20	0,93	6,20	0,93	6,20	0,93	6,20	0,93	6,20	0,93
Compressore con pistola perforatrice	ora	0,20	18,60	3,72	18,60	3,72	18,60	3,72	18,60	3,72	18,60	3,72
				5,58		5,58		5,58		5,58		5,58
C) MATERIALI:												
Rete metallica	m^2	1,05	3,90	4,10	3,90	4,10	3,90	4,10	3,90	4,10	3,90	4,10
Barre	cad	0,34	4,00	1,36	4,00	1,36	4,00	1,36	4,00	1,36	4,00	1,36
Fune diam. 12 mm	m	0,40	2,00	0,80	2,00	0,80	2,00	0,80	2,00	0,80	2,00	0,80
Morsetto serrafune d'acciaio	cad	2	1,80	3,60	1,80	3,60	1,80	3,60	1,80	3,60	1,80	3,60
Malta antiritiro	kg	0,20	0,90	0,18	0,90	0,18	0,90	0,18	0,90	0,18	0,90	0,18
Idrosemina	m^2	1	1,07	1,07	1,03	1,03	1,07	1,07	1,07	1,07	1,12	1,12
				11,11		11,07		11,11		11,11		11,16
TOTALE COSTI			**€/m^2**	**23,98**	**€/m^2**	**23,28**	**€/m^2**	**24,00**	**€/m^2**	**24,09**	**€/m^2**	**25,01**
PER SPESE GENERALI IL 14 % (ex delibera 37/2000 autorità vigilanza LLPP)	€/m2		€/m2	3,36	€/m2	3,26	€/m2	3,36	€/m2	3,37	€/m2	3,50
PER UTILE D'IMPRESA IL 10 % (ex delibera 37/2000 autorità vigilanza LLPP)	€/m2		€/m2	2,73	€/m2	2,65	€/m2	2,74	€/m2	2,75	€/m2	2,85
SICUREZZA 6%	€/m2		€/m2	1,80	€/m2	1,75	€/m2	1,81	€/m2	1,81	€/m2	1,88
PREZZO DI APPLICAZIONE PER UNITA DI MISURA PARI A 1 m2	**€/m2**		**€/m2**	**31,88**	**€/m2**	**30,95**	**€/m2**	**31,90**	**€/m2**	**32,02**	**€/m2**	**33,25**

Tipologia	15
Rivestimento vegetativo in rete metallica a doppia torsione zincata (e plastificata) e biostuoie	

Oggetto	Unità di misura	Quantità	Prezzo elementare	Importo	Prezzo elementare	Importo	Prezzo elementare	Importo	Prezzo elementare	Importo	Prezzo elementare	Importo
A) MANODOPERA:			**ROMA**		**LATINA**		**VITERBO**		**RIETI**		**FROSINONE**	
Operaio specializzato	ora	0,1	20,37	2,04	18,30	1,83	20,29	2,03	20,50	2,05	23,01	2,30
Operaio qualificato	ora	0,25	19,02	4,76	17,23	4,31	19,10	4,78	19,29	4,82	21,61	5,40
Operaio comune	ora	0	17,47	0,00	15,96	0,00	17,47	0,00	17,74	0,00	19,77	0,00
				6,79		6,14		6,80		6,87		7,70
B) NOLI:												
Autocarro	ora	0,04	31,00	1,24	31,00	1,24	31,00	1,24	31,00	1,24	31,00	1,24
Verricello	ora	0,04	6,20	0,25	6,20	0,25	6,20	0,25	6,20	0,25	6,20	0,25
Compressore con pistola perforatrice	ora	0,03	18,60	0,56	18,60	0,56	18,60	0,56	18,60	0,56	18,60	0,56
				2,05		2,05		2,05		2,05		2,05
C) MATERIALI:												
Rete metallica	m^2	1,05	3,90	4,10	3,90	4,10	3,90	4,10	3,90	4,10	3,90	4,10
Barre	cad	0,50	4,00	2,00	4,00	2,00	4,00	2,00	4,00	2,00	4,00	2,00
Biostuoia	m^2	1,05	2,50	2,63	2,50	2,63	2,50	2,63	2,50	2,63	2,50	2,63
Fune	m	0,20	2,00	0,40	2,00	0,40	2,00	0,40	2,00	0,40	2,00	0,40
Morsetto serrafune d'acciaio	cad	0,01	1,80	0,02	1,80	0,02	1,80	0,02	1,80	0,02	1,80	0,02
Malta antiritiro	kg	0,15	0,90	0,14	0,90	0,14	0,90	0,14	0,90	0,14	0,90	0,14
Picchetti e chiodi	kg	2,80	0,80	2,24	0,80	2,24	0,80	2,24	0,80	2,24	0,80	2,24
Idrosemina	m^2	1	1,07	1,07	1,03	1,03	1,07	1,07	1,07	1,07	1,12	1,12
				12,58		12,54		12,58		12,58		12,63
TOTALE COSTI			**€/m^2**	**21,42**	**€/m^2**	**20,73**	**€/m^2**	**21,43**	**€/m^2**	**21,50**	**€/m^2**	**22,38**
PER SPESE GENERALI IL 14 % (ex delibera 37/2000 autorità vigilanza LLPP)	€/m2		3,00		2,90		3,00		3,01		3,13	
PER UTILE D'IMPRESA IL 10 % (ex delibera 37/2000 autorità vigilanza LLPP)	€/m2		2,44		2,36		2,44		2,45		2,55	
SICUREZZA 6%	€/m2		1,61		1,56		1,61		1,62		1,68	
PREZZO DI APPLICAZIONE PER UNITA DI MISURA PARI A 1 m2	**€/m2**		**28,47**		**27,55**		**28,49**		**28,58**		**29,75**	

Tipologia	16 a
Rivestimento vegetativo a materasso confezionato in opera in rete metallica a doppia torsione zincata (e plastificata) e diaframmi con non tessuto, biofeltro e geostuoia tridimensionale	

Oggetto	Unità di misura	Quantità	Prezzo elementare	Importo	Prezzo elementare	Importo	Prezzo elementare	Importo	Prezzo elementare	Importo	Prezzo elementare	Importo
A) MANODOPERA:			**ROMA**		**LATINA**		**VITERBO**		**RIETI**		**FROSINONE**	
Operaio specializzato	ora	0	20,37	0,00	18,30	0,00	20,29	0,00	20,50	0,00	23,01	0,00
Operaio qualificato	ora	1	19,02	19,02	17,23	17,23	19,10	19,10	19,29	19,29	21,61	21,61
Operaio comune	ora	1	17,47	17,47	15,96	15,96	17,47	17,47	17,74	17,74	19,77	19,77
				36,49		33,19		36,57		37,03		41,38
B) NOLI:												
Autocarro	ora	0,15	31,00	4,65	31,00	4,65	31,00	4,65	31,00	4,65	31,00	4,65
Escavatore	ora	0,03	41,30	1,24	41,30	1,24	41,30	1,24	41,30	1,24	41,30	1,24
Verricello	ora	0,60	6,20	3,72	6,20	3,72	6,20	3,72	6,20	3,72	6,20	3,72
Compressore con pistola perforatrice	ora	0,40	18,60	7,44	18,60	7,44	18,60	7,44	18,60	7,44	18,60	7,44
				17,05		17,05		17,05		17,05		17,05
C) MATERIALI:												
Rete metallica	m^2	1,20	3,90	4,68	3,90	4,68	3,90	4,68	3,90	4,68	3,90	4,68
Geostuoia	m^2	1	6,80	6,80	6,80	6,80	6,80	6,80	6,80	6,80	6,80	6,80
Punti metallici	kg	1,40	0,60	0,84	0,60	0,84	0,60	0,84	0,60	0,84	0,60	0,84
Barre filettate zincate	cad	1	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00
Flangia e dado	cad	1	1,60	1,60	1,60	1,60	1,60	1,60	1,60	1,60	1,60	1,60
Fune	m	0,20	2,00	0,40	2,00	0,40	2,00	0,40	2,00	0,40	2,00	0,40
Morsetto serrafune d'acciaio	cad	2	1,80	3,60	1,80	3,60	1,80	3,60	1,80	3,60	1,80	3,60
Malta antiritiro	kg	0,40	0,90	0,36	0,90	0,36	0,90	0,36	0,90	0,36	0,90	0,36
Terreno vegetale	m^3	0,30	10,10	3,03	10,10	3,03	10,10	3,03	10,10	3,03	10,10	3,03
Idrosemina	m^2	1	1,07	1,07	1,03	1,03	1,07	1,07	1,07	1,07	1,12	1,12
Talee	cad	1	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80
				27,18		27,14		27,18		27,18		27,23
TOTALE COSTI			**€/m^2**	**80,72**	**€/m^2**	**77,38**	**€/m^2**	**80,80**	**€/m^2**	**81,26**	**€/m^2**	**85,66**
PER SPESE GENERALI IL 14 % (ex delibera 37/2000 autorità vigilanza LLPP)	€/m2		€/m2	11,30	€/m2	10,83	€/m2	11,31	€/m2	11,38	€/m2	11,99
PER UTILE D'IMPRESA IL 10 % (ex delibera 37/2000 autorità vigilanza LLPP)	€/m2		€/m2	9,20	€/m2	8,82	€/m2	9,21	€/m2	9,26	€/m2	9,77
SICUREZZA 6%	€/m2		€/m2	6,07	€/m2	5,82	€/m2	6,08	€/m2	6,11	€/m2	6,44
PREZZO DI APPLICAZIONE PER UNITA' DI MISURA PARI A 1 m2	**€/m2**		**€/m2**	**107,29**	**€/m2**	**102,86**	**€/m2**	**107,40**	**€/m2**	**108,01**	**€/m2**	**113,86**

Tipologia	16 b
Materasso verde di versante preconfezionato	

Oggetto	Unità di misura	Quantità	Prezzo elementare	Importo	Prezzo elementare	Importo	Prezzo elementare	Importo	Prezzo elementare	Importo	Prezzo elementare	Importo
A) MANODOPERA:			**ROMA**		**LATINA**		**VITERBO**		**RIETI**		**FROSINONE**	
Operaio specializzato	ora	0	20,37	0,00	18,30	0,00	20,29	0,00	20,50	0,00	23,01	0,00
Operaio qualificato	ora	0,8	19,02	15,22	17,23	13,78	19,10	15,28	19,29	15,43	21,61	17,29
Operaio comune	ora	0,8	17,47	13,98	15,96	12,77	17,47	13,98	17,74	14,19	19,77	15,82
				29,19		26,55		29,26		29,62		33,10
B) NOLI:												
Autocarro (portata 100-150 ql)	ora	0,03	41,30	1,24	41,30	1,24	41,30	1,24	41,30	1,24	41,30	1,24
Verricello	ora	0,10	6,20	0,62	6,20	0,62	6,20	0,62	6,20	0,62	6,20	0,62
Compressore con pistola perforatrice	ora	0,20	18,60	3,72	18,60	3,72	18,60	3,72	18,60	3,72	18,60	3,72
				5,58		5,58		5,58		5,58		5,58
C) MATERIALI:												
Materasso	kg	3,7	2,90	10,73	2,90	10,73	2,90	10,73	2,90	10,73	2,90	10,73
Biofeltri, biostuoie, geostuoie	m^2	2	3,60	7,20	3,60	7,20	3,60	7,20	3,60	7,20	3,60	7,20
Punti metallici	cad	18	0,30	5,40	0,30	5,40	0,30	5,40	0,30	5,40	0,30	5,40
Pietrame di riempimento	m^3	0,1	6,60	0,66	6,60	0,66	6,60	0,66	6,60	0,66	6,60	0,66
Barre	cad	1,0	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00
Terreno vegetale	m^3	0,3	10,10	3,03	10,10	3,03	10,10	3,03	10,10	3,03	10,10	3,03
Talee e/o arbusti	cad	3	0,80	2,40	0,80	2,40	0,80	2,40	0,80	2,40	0,80	2,40
Idrosemina	m^2	1	1,07	1,07	1,03	1,03	1,07	1,07	1,07	1,07	1,12	1,12
				34,49		34,45		34,49		34,49		34,54
TOTALE COSTI			**€/m^2**	**69,26**	**€/m^2**	**66,58**	**€/m^2**	**69,33**	**€/m^2**	**69,69**	**€/m^2**	**73,22**
PER SPESE GENERALI IL 14 % (ex delibera 37/2000 autorità vigilanza LLPP)	€/m2		9,70	€/m2	9,32	€/m2	9,71	€/m2	9,76	€/m2	10,25	
PER UTILE D'IMPRESA IL 10 % (ex delibera 37/2000 autorità vigilanza LLPP)	€/m2		7,90	€/m2	7,59	€/m2	7,90	€/m2	7,95	€/m2	8,35	
SICUREZZA 6%	€/m2		5,21	€/m2	5,01	€/m2	5,22	€/m2	5,24	€/m2	5,51	
PREZZO DI APPLICAZIONE PER UNITA' DI MISURA PARI A 1 m2	**€/m2**		**92,06**	**€/m2**	**88,50**	**€/m2**	**92,15**	**€/m2**	**92,64**	**€/m2**	**97,33**	

Tipologia	17
Messa a dimora di talee	

Oggetto	Unità di misura	Quantità	Prezzo elementare	Importo	Prezzo elementare	Importo	Prezzo elementare	Importo	Prezzo elementare	Importo	Prezzo elementare	Importo
A) MANODOPERA:			**ROMA**		**LATINA**		**VITERBO**		**RIETI**		**FROSINONE**	
Operaio specializzato	ora	0	20,37	0,00	18,30	0,00	20,29	0,00	20,50	0,00	23,01	0,00
Operaio qualificato	ora	0,05	19,02	0,95	17,23	0,86	19,10	0,96	19,29	0,96	21,61	1,08
Operaio comune	ora	0,05	17,47	0,87	15,96	0,80	17,47	0,87	17,74	0,89	19,77	0,99
				1,82		1,66		1,83		1,85		2,07
B) NOLI:												
Autocarro	ora	0,002	31,00	0,06	31,00	0,06	31,00	0,06	31,00	0,06	31,00	0,06
Motosega	ora	0,003	3,20	0,01	3,20	0,01	3,20	0,01	3,20	0,01	3,20	0,01
				0,07		0,07		0,07		0,07		0,07
C) MATERIALI:												
Talee	cad	1	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80
				0,80		0,80		0,80		0,80		0,80
TOTALE COSTI			**€/cad**	**2,70**	**€/cad**	**2,53**	**€/cad**	**2,70**	**€/cad**	**2,72**	**€/cad**	**2,94**

PER SPESE GENERALI IL 14 % (ex delibera 37/2000 autorità vigilanza LLPP)	€/Cad	0,38	€/Cad	0,35	€/Cad	0,38	€/Cad	0,38	€/Cad	0,41
PER UTILE D'IMPRESA IL 10 % (ex delibera 37/2000 autorità vigilanza LLPP)	€/Cad	0,31	€/Cad	0,29	€/Cad	0,31	€/Cad	0,31	€/Cad	0,34
SICUREZZA 6%	€/Cad	0,20	€/Cad	0,19	€/Cad	0,20	€/Cad	0,20	€/Cad	0,22
PREZZO DI APPLICAZIONE PER UNITA' DI MISURA PARI A 1 PEZZO	**€/Cad**	**3,58**	**€/Cad**	**3,36**	**€/Cad**	**3,59**	**€/Cad**	**3,62**	**€/Cad**	**3,91**

Tipologia	18
Piantagione di arbusti	

Oggetto	Unità di misura	Quantità	Prezzo elementare	Importo	Prezzo elementare	Importo	Prezzo elementare	Importo	Prezzo elementare	Importo	Prezzo elementare	Importo
A) MANODOPERA:			**ROMA**		**LATINA**		**VITERBO**		**RIETI**		**FROSINONE**	
Operaio specializzato	ora	0,01	20,37	0,20	18,30	0,18	20,29	0,20	20,50	0,21	23,01	0,23
Operaio qualificato	ora	0,06	19,02	1,14	17,23	1,03	19,10	1,15	19,29	1,16	21,61	1,30
Operaio comune	ora	0,1	17,47	1,75	15,96	1,60	17,47	1,75	17,74	1,77	19,77	1,98
				3,09		2,81		3,10		3,14		3,50
B) NOLI:												
Autocarro	ora	0,01	31,00	0,31	31,00	0,31	31,00	0,31	31,00	0,31	31,00	0,31
Trattore con cisterna	ora	0,04	32,20	1,29	32,20	1,29	32,20	1,29	32,20	1,29	32,20	1,29
				1,60		1,60		1,60		1,60		1,60
C) MATERIALI:												
Pianta in vasetto o zolla	cad	1	6,50	6,50	6,50	6,50	6,50	6,50	6,50	6,50	6,50	6,50
Pacciamatura	cad	1	1,30	1,30	1,30	1,30	1,30	1,30	1,30	1,30	1,30	1,30
				7,80		7,80		7,80		7,80		7,80
TOTALE COSTI			**€/cad**	**12,49**	**€/cad**	**12,21**	**€/cad**	**12,49**	**€/cad**	**12,53**	**€/cad**	**12,90**
PER SPESE GENERALI IL 14 % (ex delibera 37/2000 autorità vigilanza LLPP)			€/Cad	1,75	€/Cad	1,71	€/Cad	1,75	€/Cad	1,75	€/Cad	1,81
PER UTILE D'IMPRESA IL 10 % (ex delibera 37/2000 autorità vigilanza LLPP)			€/Cad	1,42	€/Cad	1,39	€/Cad	1,42	€/Cad	1,43	€/Cad	1,47
SICUREZZA 6%			€/Cad	0,94	€/Cad	0,92	€/Cad	0,94	€/Cad	0,94	€/Cad	0,97
PREZZO DI APPLICAZIONE PER UNITA' DI MISURA PARI A 1 PEZZO			**€/Cad**	**16,60**	**€/Cad**	**16,23**	**€/Cad**	**16,61**	**€/Cad**	**16,66**	**€/Cad**	**17,15**

Tipologia	19
Piantagione di alberi	

Oggetto	Unità di misura	Quantità	Prezzo elementare	Importo	Prezzo elementare	Importo	Prezzo elementare	Importo	Prezzo elementare	Importo	Prezzo elementare	Importo
A) MANODOPERA:			**ROMA**		**LATINA**		**VITERBO**		**RIETI**		**FROSINONE**	
Operaio specializzato	ora	0,01	20,37	0,20	18,30	0,18	20,29	0,20	20,50	0,21	23,01	0,23
Operaio qualificato	ora	0,06	19,02	1,14	17,23	1,03	19,10	1,15	19,29	1,16	21,61	1,30
Operaio comune	ora	0,15	17,47	2,62	15,96	2,39	17,47	2,62	17,74	2,66	19,77	2,97
				3,97		3,61		3,97		4,02		4,49
B) NOLI:												
Autocarro	ora	0,01	31,00	0,31	31,00	0,31	31,00	0,31	31,00	0,31	31,00	0,31
Trattore con cisterna	ora	0,04	32,20	1,29	32,20	1,29	32,20	1,29	32,20	1,29	32,20	1,29
				1,60		1,60		1,60		1,60		1,60
C) MATERIALI:												
Pianta in vasetto o zolla	cad	1	12,20	12,20	12,20	12,20	12,20	12,20	12,20	12,20	12,20	12,20
Palo tutore	cad	1	1,30	1,30	1,30	1,30	1,30	1,30	1,30	1,30	1,30	1,30
Pacciamatura	cad	1	1,30	1,30	1,30	1,30	1,30	1,30	1,30	1,30	1,30	1,30
				14,80		14,80		14,80		14,80		14,80
TOTALE COSTI			**€/cad**	**20,36**	**€/cad**	**20,01**	**€/cad**	**20,37**	**€/cad**	**20,42**	**€/cad**	**20,89**
PER SPESE GENERALI IL 14 % (ex delibera 37/2000 autorità vigilanza LLPP)			€/Cad	2,85	€/Cad	2,80	€/Cad	2,85	€/Cad	2,86	€/Cad	2,92
PER UTILE D'IMPRESA IL 10 % (ex delibera 37/2000 autorità vigilanza LLPP)			€/Cad	2,32	€/Cad	2,28	€/Cad	2,32	€/Cad	2,33	€/Cad	2,38
SICUREZZA 6%			€/Cad	1,53	€/Cad	1,51	€/Cad	1,53	€/Cad	1,54	€/Cad	1,57
PREZZO DI APPLICAZIONE PER UNITA' DI MISURA PARI A 1 PEZZO			**€/Cad**	**27,07**	**€/Cad**	**26,60**	**€/Cad**	**27,07**	**€/Cad**	**27,14**	**€/Cad**	**27,77**

Tipologia	20
Trapianto dal selvatico di zolle erbose	

Oggetto	Unità di misura	Quantità	Prezzo elementare	Importo	Prezzo elementare	Importo	Prezzo elementare	Importo	Prezzo elementare	Importo	Prezzo elementare	Importo
A) MANODOPERA:			**ROMA**		**LATINA**		**VITERBO**		**RIETI**		**FROSINONE**	
Operaio specializzato	ora	0,01	20,37	0,20	18,30	0,18	20,29	0,20	20,50	0,21	23,01	0,23
Operaio qualificato	ora	0,06	19,02	1,14	17,23	1,03	19,10	1,15	19,29	1,16	21,61	1,30
Operaio comune	ora	0,2	17,47	3,49	15,96	3,19	17,47	3,49	17,74	3,55	19,77	3,95
				4,84		4,41		4,84		4,91		5,48
B) NOLI:												
Autocarro	ora	0,04	31,00	1,24	31,00	1,24	31,00	1,24	31,00	1,24	31,00	1,24
Escavatore	ora	0,25	41,30	10,33	41,30	10,33	41,30	10,33	41,30	10,33	41,30	10,33
Trattore con cisterna	ora	0,05	32,20	1,61	32,20	1,61	32,20	1,61	32,20	1,61	32,20	1,61
				13,18		13,18		13,18		13,18		13,18
C) MATERIALI:												
Zolle erbose	m^2	1		0,00		0,00		0,00		0,00		0,00
Terreno vegetale	m^3	0,15	10,10	1,52	10,10	1,52	10,10	1,52	10,10	1,52	10,10	1,52
Semina	m^2	1	0,53	0,53	0,50	0,50	0,53	0,53	0,53	0,53	0,58	0,58
				2,05		2,02		2,05		2,05		2,10
TOTALE COSTI			**€/m^2**	**20,06**	**€/m^2**	**19,60**	**€/m^2**	**20,06**	**€/m^2**	**20,13**	**€/m^2**	**20,75**

PER SPESE GENERALI IL 14 % (ex delibera 37/2000 autorità vigilanza LLPP)	€/m2	2,81	€/m2	2,74	€/m2	2,81	€/m2	2,82	€/m2	2,91
PER UTILE D'IMPRESA IL 10 % (ex delibera 37/2000 autorità vigilanza LLPP)	€/m2	2,29	€/m2	2,23	€/m2	2,29	€/m2	2,29	€/m2	2,37
SICUREZZA 6%	€/m2	1,51	€/m2	1,47	€/m2	1,51	€/m2	1,51	€/m2	1,56
PREZZO DI APPLICAZIONE PER UNITA' DI MISURA PARI A 1 m2	**€/m2**	**26,66**	**€/m2**	**26,05**	**€/m2**	**26,67**	**€/m2**	**26,76**	**€/m2**	**27,58**

Tipologia	21
Trapianto dal selvatico di cespi e rizomi	

Oggetto	Unità di misura	Quantità	Prezzo elementare	Importo	Prezzo elementare	Importo	Prezzo elementare	Importo	Prezzo elementare	Importo	Prezzo elementare	Importo
A) MANODOPERA:			**ROMA**		**LATINA**		**VITERBO**		**RIETI**		**FROSINONE**	
Operaio specializzato	ora	0	20,37	0,00	18,30	0,00	20,29	0,00	20,50	0,00	23,01	0,00
Operaio qualificato	ora	0,05	19,02	0,95	17,23	0,86	19,10	0,96	19,29	0,96	21,61	1,08
Operaio comune	ora	0,1	17,47	1,75	15,96	1,60	17,47	1,75	17,74	1,77	19,77	1,98
				2,70		2,46		2,70		2,74		3,06
B) NOLI:												
Autocarro	ora	0,005	31,00	0,16	31,00	0,16	31,00	0,16	31,00	0,16	31,00	0,16
Escavatore	ora	0,003	41,30	0,12	41,30	0,12	41,30	0,12	41,30	0,12	41,30	0,12
				0,279		0,28		0,28		0,28		0,28
C) MATERIALI:												
Rizomi e cespi	cad	5		0,00		0,00		0,00		0,00		0,00
Terreno vegetale	m^3	0,05	10,10	0,51	10,10	0,51	10,10	0,51	10,10	0,51	10,10	0,51
				0,51		0,51		0,51		0,51		0,51
TOTALE COSTI			**€/m^2**	**3,48**	**€/m^2**	**3,24**	**€/m^2**	**3,49**	**€/m^2**	**3,52**	**€/m^2**	**3,84**
PER SPESE GENERALI IL 14 % (ex delibera 37/2000 autorità vigilanza LLPP)			€/m2	0,49	€/m2	0,45	€/m2	0,49	€/m2	0,49	€/m2	0,54
PER UTILE D'IMPRESA IL 10 % (ex delibera 37/2000 autorità vigilanza LLPP)			€/m2	0,40	€/m2	0,37	€/m2	0,40	€/m2	0,40	€/m2	0,44
SICUREZZA 6%			€/m2	0,26	€/m2	0,24	€/m2	0,26	€/m2	0,27	€/m2	0,29
PREZZO DI APPLICAZIONE PER UNITA' DI MISURA PARI A 1 m2			**€/m2**	**4,63**	**€/m2**	**4,31**	**€/m2**	**4,63**	**€/m2**	**4,68**	**€/m2**	**5,11**

Tipologia	22
Viminata viva	

Oggetto	Unità di misura	Quantità	Prezzo elementare	Importo	Prezzo elementare	Importo	Prezzo elementare	Importo	Prezzo elementare	Importo	Prezzo elementare	Importo
A) MANODOPERA:			**ROMA**		**LATINA**		**VITERBO**		**RIETI**		**FROSINONE**	
Operaio specializzato	ora	0	20,37	0,00	18,30	0,00	20,29	0,00	20,50	0,00	23,01	0,00
Operaio qualificato	ora	0,4	19,02	7,61	17,23	6,89	19,10	7,64	19,29	7,72	21,61	8,64
Operaio comune	ora	0,4	17,47	6,99	15,96	6,38	17,47	6,99	17,74	7,10	19,77	7,91
				14,60		13,28		14,63		14,81		16,55
B) NOLI:												
Autocarro	ora	0,002	31,00	0,06	31,00	0,06	31,00	0,06	31,00	0,06	31,00	0,06
				0,06		0,06		0,06		0,06		0,06
C) MATERIALI:												
Verghe vive di salice	cad	8	0,80	6,40	0,80	6,40	0,80	6,40	0,80	6,40	0,80	6,40
Paletti di legno	cad	1	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Talee	cad	2	0,80	1,60	0,80	1,60	0,80	1,60	0,80	1,60	0,80	1,60
Filo di ferro cotto	kg	0,18	0,80	0,14	0,80	0,14	0,80	0,14	0,80	0,14	0,80	0,14
				9,14		9,14		9,14		9,14		9,14
TOTALE COSTI			**€/m**	**23,80**	**€/m**	**22,48**	**€/m**	**23,83**	**€/m**	**24,02**	**€/m**	**25,76**
PER SPESE GENERALI IL 14 % (ex delibera 37/2000 autorità vigilanza LLPP)			€/m	3,33	€/m	3,15	€/m	3,34	€/m	3,36	€/m	3,61
PER UTILE D'IMPRESA IL 10 % (ex delibera 37/2000 autorità vigilanza LLPP)			€/m	2,71	€/m	2,56	€/m	2,72	€/m	2,74	€/m	2,94
SICUREZZA 6%			€/m	1,79	€/m	1,69	€/m	1,79	€/m	1,81	€/m	1,94
PREZZO DI APPLICAZIONE PER UNITA' DI MISURA PARI A 1 m			**€/m**	**31,64**	**€/m**	**29,88**	**€/m**	**31,68**	**€/m**	**31,93**	**€/m**	**34,24**

Tipologia	23
Gradonata viva	

Oggetto	Unità di misura	Quantità	Prezzo elementare	Importo	Prezzo elementare	Importo	Prezzo elementare	Importo	Prezzo elementare	Importo	Prezzo elementare	Importo
A) MANODOPERA:			**ROMA**		**LATINA**		**VITERBO**		**RIETI**		**FROSINONE**	
Operaio specializzato	ora	0	20,37	0,00	18,30	0,00	20,29	0,00	20,50	0,00	23,01	0,00
Operaio qualificato	ora	0,2	19,02	3,80	17,23	3,45	19,10	3,82	19,29	3,86	21,61	4,32
Operaio comune	ora	0,2	17,47	3,49	15,96	3,19	17,47	3,49	17,74	3,55	19,77	3,95
				7,30		6,64		7,31		7,41		8,28
B) NOLI:												
Autocarro	ora	0,002	31,00	0,06	31,00	0,06	31,00	0,06	31,00	0,06	31,00	0,06
Ragno meccanico	ora	0,3	41,30	12,39	41,30	12,39	41,30	12,39	41,30	12,39	41,30	12,39
				12,45		12,45		12,45		12,45		12,45
C) MATERIALI:												
Ramaglia di salice o tamerice	cad	10	0,80	8,00	0,80	8,00	0,80	8,00	0,80	8,00	0,80	8,00
				8,00		8,00		8,00		8,00		8,00
TOTALE COSTI			**€/m**	**27,75**	**€/m**	**27,09**	**€/m**	**27,77**	**€/m**	**27,86**	**€/m**	**28,73**
PER SPESE GENERALI IL 14 % (ex delibera 37/2000 autorità vigilanza LLPP)			€/m	3,89	€/m	3,79	€/m	3,89	€/m	3,90	€/m	4,02
PER UTILE D'IMPRESA IL 10 % (ex delibera 37/2000 autorità vigilanza LLPP)			€/m	3,16	€/m	3,09	€/m	3,17	€/m	3,18	€/m	3,27
SICUREZZA 6%			€/m	2,09	€/m	2,04	€/m	2,09	€/m	2,10	€/m	2,16
PREZZO DI APPLICAZIONE PER UNITA' DI MISURA PARI A 1 m			**€/m**	**36,89**	**€/m**	**36,01**	**€/m**	**36,91**	**€/m**	**37,03**	**€/m**	**38,19**

Tipologia	24
Fascinata viva su pendio	

Oggetto	Unità di misura	Quantità	Prezzo elementare	Importo	Prezzo elementare	Importo	Prezzo elementare	Importo	Prezzo elementare	Importo	Prezzo elementare	Importo
A) MANODOPERA:			**ROMA**		**LATINA**		**VITERBO**		**RIETI**		**FROSINONE**	
Operaio specializzato	ora	0	20,37	0,00	18,30	0,00	20,29	0,00	20,50	0,00	23,01	0,00
Operaio qualificato	ora	0,3	19,02	5,71	17,23	5,17	19,10	5,73	19,29	5,79	21,61	6,48
Operaio comune	ora	0,3	17,47	5,24	15,96	4,79	17,47	5,24	17,74	5,32	19,77	5,93
				10,95		9,96		10,97		11,11		12,41
B) NOLI:												
Autocarro	ora	0,02	41,30	0,83	41,30	0,83	41,30	0,83	41,30	0,83	41,30	0,83
				0,83		0,83		0,83		0,83		0,83
C) MATERIALI:												
Verghe vive di salice	cad	10	0,80	8,00	0,80	8,00	0,80	8,00	0,80	8,00	0,80	8,00
Picchetti	kg	1,4	1,30	1,82	1,30	1,82	1,30	1,82	1,30	1,82	1,30	1,82
Filo di ferro	kg	0,3	0,80	0,24	0,80	0,24	0,80	0,24	0,80	0,24	0,80	0,24
				10,06		10,06		10,06		10,06		10,06
TOTALE COSTI			**€/m**	**21,83**	**€/m**	**20,84**	**€/m**	**21,86**	**€/m**	**22,00**	**€/m**	**23,30**
PER SPESE GENERALI IL 14 % (ex delibera 37/2000 autorità vigilanza LLPP)			€/m	3,06	€/m	2,92	€/m	3,06	€/m	3,08	€/m	3,26
PER UTILE D'IMPRESA IL 10 % (ex delibera 37/2000 autorità vigilanza LLPP)			€/m	2,49	€/m	2,38	€/m	2,49	€/m	2,51	€/m	2,66
SICUREZZA 6%			€/m	1,64	€/m	1,57	€/m	1,64	€/m	1,65	€/m	1,75
PREZZO DI APPLICAZIONE PER UNITA' DI MISURA PARI A 1 m			**€/m**	**29,02**	**€/m**	**27,71**	**€/m**	**29,05**	**€/m**	**29,24**	**€/m**	**30,97**

Tipologia	25
Fascinata viva drenante su pendio	

Oggetto	Unità di misura	Quantità	Prezzo elementare	Importo	Prezzo elementare	Importo	Prezzo elementare	Importo	Prezzo elementare	Importo	Prezzo elementare	Importo
A) MANODOPERA:			**ROMA**		**LATINA**		**VITERBO**		**RIETI**		**FROSINONE**	
Operaio specializzato	ora	0	20,37	0,00	18,30	0,00	20,29	0,00	20,50	0,00	23,01	0,00
Operaio qualificato	ora	0,8	19,02	15,22	17,23	13,78	19,10	15,28	19,29	15,43	21,61	17,29
Operaio comune	ora	0,8	17,47	13,98	15,96	12,77	17,47	13,98	17,74	14,19	19,77	15,82
				29,19		26,55		29,26		29,62		33,10
B) NOLI:												
				0,00		0,00		0,00		0,00		0,00
C) MATERIALI:												
Verghe vive di salice	cad	20	0,80	16,00	0,80	16,00	0,80	16,00	0,80	16,00	0,80	16,00
Picchetti	kg	1,4	1,30	1,82	1,30	1,82	1,30	1,82	1,30	1,82	1,30	1,82
Filo di ferro	kg	0,5	0,80	0,40	0,80	0,40	0,80	0,40	0,80	0,40	0,80	0,40
				18,22		18,22		18,22		18,22		18,22
TOTALE COSTI			**€/m**	**47,41**	**€/m**	**44,77**	**€/m**	**47,48**	**€/m**	**47,84**	**€/m**	**51,32**
PER SPESE GENERALI IL 14 % (ex delibera 37/2000 autorità vigilanza LLPP)			€/m	6,64	€/m	6,27	€/m	6,65	€/m	6,70	€/m	7,19
PER UTILE D'IMPRESA IL 10 % (ex delibera 37/2000 autorità vigilanza LLPP)			€/m	5,40	€/m	5,10	€/m	5,41	€/m	5,45	€/m	5,85
SICUREZZA 6%			€/m	3,57	€/m	3,37	€/m	3,57	€/m	3,60	€/m	3,86
PREZZO DI APPLICAZIONE PER UNITA' DI MISURA PARI A 1 m			**€/m**	**63,02**	**€/m**	**59,51**	**€/m**	**63,11**	**€/m**	**63,60**	**€/m**	**68,22**

Tipologia	26 a
Cordonata viva	

Oggetto	Unità di misura	Quantità	Prezzo elementare	Importo	Prezzo elementare	Importo	Prezzo elementare	Importo	Prezzo elementare	Importo	Prezzo elementare	Importo
A) MANODOPERA:			**ROMA**		**LATINA**		**VITERBO**		**RIETI**		**FROSINONE**	
Operaio specializzato	ora	0	20,37	0,00	18,30	0,00	20,29	0,00	20,50	0,00	23,01	0,00
Operaio qualificato	ora	0,25	19,02	4,76	17,23	4,31	19,10	4,78	19,29	4,82	21,61	5,40
Operaio comune	ora	0,25	17,47	4,37	15,96	3,99	17,47	4,37	17,74	4,44	19,77	4,94
				9,12		8,30		9,14		9,26		10,35
B) NOLI:												
Autocarro	ora	0,002	31,00	0,06	31,00	0,06	31,00	0,06	31,00	0,06	31,00	0,06
Ragno meccanico	ora	0,1	41,30	4,13	41,30	4,13	41,30	4,13	41,30	4,13	41,30	4,13
				4,19		4,19		4,19		4,19		4,19
C) MATERIALI:												
Pertiche	kg	20	0,10	2,00	0,10	2,00	0,10	2,00	0,10	2,00	0,10	2,00
Talee di salice	cad	10	0,80	8,00	0,80	8,00	0,80	8,00	0,80	8,00	0,80	8,00
Ramaglia di conifere	cad	4	0,90	3,60	0,90	3,60	0,90	3,60	0,90	3,60	0,90	3,60
Filo di ferro	kg	0,3	0,80	0,24	0,80	0,24	0,80	0,24	0,80	0,24	0,80	0,24
				13,84		13,84		13,84		13,84		13,84
TOTALE COSTI			**€/m**	**27,15**	**€/m**	**26,33**	**€/m**	**27,17**	**€/m**	**27,29**	**€/m**	**28,38**
PER SPESE GENERALI IL 14 % (ex delibera 37/2000 autorità vigilanza LLPP)			€/m	3,80	€/m	3,69	€/m	3,80	€/m	3,82	€/m	3,97
PER UTILE D'IMPRESA IL 10 % (ex delibera 37/2000 autorità vigilanza LLPP)			€/m	3,10	€/m	3,00	€/m	3,10	€/m	3,11	€/m	3,23
SICUREZZA 6%			€/m	2,04	€/m	1,98	€/m	2,04	€/m	2,05	€/m	2,14
PREZZO DI APPLICAZIONE PER UNITA' DI MISURA PARI A 1 m			**€/m**	**36,09**	**€/m**	**35,00**	**€/m**	**36,12**	**€/m**	**36,27**	**€/m**	**37,72**

Tipologia	26 b
Cordonata viva con piloti	

Oggetto	Unità di misura	Quantità	Prezzo elementare	Importo	Prezzo elementare	Importo	Prezzo elementare	Importo	Prezzo elementare	Importo	Prezzo elementare	Importo
A) MANODOPERA:			**ROMA**		**LATINA**		**VITERBO**		**RIETI**		**FROSINONE**	
Operaio specializzato	ora	0	20,37	0,00	18,30	0,00	20,29	0,00	20,50	0,00	23,01	0,00
Operaio qualificato	ora	0,3	19,02	5,71	17,23	5,17	19,10	5,73	19,29	5,79	21,61	6,48
Operaio comune	ora	0,3	17,47	5,24	15,96	4,79	17,47	5,24	17,74	5,32	19,77	5,93
				10,95		9,96		10,97		11,11		12,41
B) NOLI:												
Autocarro	ora	0,002	31,00	0,06	31,00	0,06	31,00	0,06	31,00	0,06	31,00	0,06
				0,06		0,06		0,06		0,06		0,06
C) MATERIALI:												
Piloti	kg	1,4	1,10	1,54	1,10	1,54	1,10	1,54	1,10	1,54	1,10	1,54
Pertiche	kg	10	0,10	1,00	0,10	1,00	0,10	1,00	0,10	1,00	0,10	1,00
Piantine a radice nuda	cad	5	3,50	17,50	3,50	17,50	3,50	17,50	3,50	17,50	3,50	17,50
Filo di ferro	kg	0,3	0,80	0,24	0,80	0,24	0,80	0,24	0,80	0,24	0,80	0,24
				20,28		20,28		20,28		20,28		20,28
TOTALE COSTI			**€/m**	**31,29**	**€/m**	**30,30**	**€/m**	**31,31**	**€/m**	**31,45**	**€/m**	**32,76**
PER SPESE GENERALI IL 14 % (ex delibera 37/2000 autorità vigilanza LLPP)			€/m	4,38	€/m	4,24	€/m	4,38	€/m	4,40	€/m	4,59
PER UTILE D'IMPRESA IL 10 % (ex delibera 37/2000 autorità vigilanza LLPP)			€/m	3,57	€/m	3,45	€/m	3,57	€/m	3,59	€/m	3,73
SICUREZZA 6%			€/m	2,35	€/m	2,28	€/m	2,36	€/m	2,37	€/m	2,46
PREZZO DI APPLICAZIONE PER UNITA' DI MISURA PARI A 1 m			**€/m**	**41,59**	**€/m**	**40,27**	**€/m**	**41,62**	**€/m**	**41,81**	**€/m**	**43,54**

Tipologia	27
Palizzata viva	

Oggetto	Unità di misura	Quantità	Prezzo elementare	Importo	Prezzo elementare	Importo	Prezzo elementare	Importo	Prezzo elementare	Importo	Prezzo elementare	Importo
A) MANODOPERA:			**ROMA**		**LATINA**		**VITERBO**		**RIETI**		**FROSINONE**	
Operaio specializzato	ora	0	20,37	0,00	18,30	0,00	20,29	0,00	20,50	0,00	23,01	0,00
Operaio qualificato	ora	0,3	19,02	5,71	17,23	5,17	19,10	5,73	19,29	5,79	21,61	6,48
Operaio comune	ora	0,3	17,47	5,24	15,96	4,79	17,47	5,24	17,74	5,32	19,77	5,93
				10,95		9,96		10,97		11,11		12,41
B) NOLI:												
Autocarro	ora	0,002	31,00	0,06	31,00	0,06	31,00	0,06	31,00	0,06	31,00	0,06
Escavatore	ora	0,1	41,30	4,13	41,30	4,13	41,03	4,10	41,30	4,13	41,30	4,13
				4,19		4,19		4,17		4,19		4,19
C) MATERIALI:												
Palo trasversale diam 10 L= 2 m	m^3	0,02	64,60	1,29	64,60	1,29	64,60	1,29	64,60	1,29	64,60	1,29
Filo di ferro cotto	m	0,3	0,80	0,24	0,80	0,24	0,80	0,24	0,80	0,24	0,80	0,24
Talee di salice diam 5 cm L= 1,5 m	cad	15	0,80	12,00	0,80	12,00	0,80	12,00	0,80	12,00	0,80	12,00
				13,53		13,53		13,53		13,53		13,53
PREZZO DI APPLICAZIONE			**€/m**	**28,67**	**€/m**	**27,68**	**€/m**	**28,67**	**€/m**	**28,83**	**€/m**	**30,14**
PER SPESE GENERALI IL 14 % (ex delibera 37/2000 autorità vigilanza LLPP)			€/m	4,01	€/m	3,88	€/m	4,01	€/m	4,04	€/m	4,22
PER UTILE D'IMPRESA IL 10 % (ex delibera 37/2000 autorità vigilanza LLPP)			€/m	3,27	€/m	3,16	€/m	3,27	€/m	3,29	€/m	3,44
SICUREZZA 6%			€/m	2,16	€/m	2,08	€/m	2,16	€/m	2,17	€/m	2,27
PREZZO DI APPLICAZIONE PER UNITA' DI MISURA PARI A 1 m			**€/m**	**38,11**	**€/m**	**36,79**	**€/m**	**38,11**	**€/m**	**38,33**	**€/m**	**40,06**

Tipologia	28
Grata viva su scarpata	

Oggetto	Unità di misura	Quantità	Prezzo elementare	Importo	Prezzo elementare	Importo	Prezzo elementare	Importo	Prezzo elementare	Importo	Prezzo elementare	Importo
A) MANODOPERA:			**ROMA**		**LATINA**		**VITERBO**		**RIETI**		**FROSINONE**	
Operaio specializzato	ora	0	20,37	0,00	18,30	0,00	20,29	0,00	20,50	0,00	23,01	0,00
Operaio qualificato	ora	0,5	19,02	9,51	17,23	8,62	19,10	9,55	19,29	9,65	21,61	10,81
Operaio comune	ora	0,8	17,47	13,98	15,96	12,77	17,47	13,98	17,74	14,19	19,77	15,82
				23,49		21,38		23,53		23,84		26,62
B) NOLI:												
Autocarro	ore	0,10	31,00	3,10	31,00	3,10	31,00	3,10	31,00	3,10	31,00	3,10
Ragno meccanico	ore	0,35	41,30	14,46	41,30	14,46	41,30	14,46	41,30	14,46	41,30	14,46
Motosega a catena	ore	0,08	3,20	0,26	3,20	0,26	3,20	0,26	3,20	0,26	3,20	0,26
Generatore con trapano	ore	0,06	4,30	0,26	4,30	0,26	4,30	0,26	4,30	0,26	4,30	0,26
				18,07		18,07		18,07		18,07		18,07
C) MATERIALI:												
Chiodi (spezzoni di acciaio dotati di punta)	cad	3	0,80	2,40	0,80	2,40	0,80	2,40	0,80	2,40	0,80	2,40
Rete elettrosaldata	kg	1	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00
Talee di salice	cad	10	0,80	8,00	0,80	8,00	0,80	8,00	0,80	8,00	0,80	8,00
Legname scortecciato	m^3	0,25	114,60	28,65	114,60	28,65	114,60	28,65	114,60	28,65	114,60	28,65
Arbusti	cad	1	6,50	6,50	6,50	6,50	6,50	6,50	6,50	6,50	6,50	6,50
Idrosemina	m^2	1	1,07	1,07	1,03	1,03	1,07	1,07	1,07	1,07	1,12	1,12
				48,62		48,58		48,62		48,62		48,67
TOTALE COSTI			**€/m^2**	**90,18**	**€/m^2**	**88,03**	**€/m^2**	**90,22**	**€/m^2**	**90,53**	**€/m^2**	**93,36**

PER SPESE GENERALI IL 14 % (ex delibera 37/2000 autorità vigilanza LLPP)	€/m2	12,62	€/m2	12,32	€/m2	12,63	€/m2	12,67	€/m2	13,07
PER UTILE D'IMPRESA IL 10 % (ex delibera 37/2000 autorità vigilanza LLPP)	€/m2	10,28	€/m2	10,04	€/m2	10,28	€/m2	10,32	€/m2	10,64
SICUREZZA 6%	€/m2	6,78	€/m2	6,62	€/m2	6,79	€/m2	6,81	€/m2	7,02
PREZZO DI APPLICAZIONE PER UNITA' DI MISURA PARI A 1 m2	**€/m2**	**119,86**	**€/m2**	**117,02**	**€/m2**	**119,92**	**€/m2**	**120,33**	**€/m2**	**124,10**

Tipologia	29
Palificata viva di sostegno semplice	

Oggetto	Unità di misura	Quantità	Prezzo elementare	Importo	Prezzo elementare	Importo	Prezzo elementare	Importo	Prezzo elementare	Importo	Prezzo elementare	Importo
A) MANODOPERA:			**ROMA**		**LATINA**		**VITERBO**		**RIETI**		**FROSINONE**	
Operaio specializzato	ora	0,00	20,37	0,00	18,30	0,00	20,29	0,00	20,50	0,00	23,01	0,00
Operaio qualificato	ora	0,4	19,02	7,61	17,23	6,89	19,10	7,64	19,29	7,72	21,61	8,64
Operaio comune	ora	0,6	17,47	10,48	15,96	9,58	17,47	10,48	17,74	10,64	19,77	11,86
				18,09		16,47		18,12		18,36		20,51
B) NOLI:												
Autocarro	ore	0,10	31,00	3,10	31,00	3,10	31,00	3,10	31,00	3,10	31,00	3,10
Ragno meccanico	ore	0,70	41,30	28,91	41,30	28,91	41,30	28,91	41,30	28,91	41,30	28,91
Motosega a catena	ore	0,30	3,20	0,96	3,20	0,96	3,20	0,96	3,20	0,96	3,20	0,96
Generatore con trapano	ore	0,06	4,30	0,26	4,30	0,26	4,30	0,26	4,30	0,26	4,30	0,26
Compressore con pistola	ore	0,30	18,60	5,58	18,60	5,58	18,60	5,58	18,60	5,58	18,60	5,58
				38,81		38,81		38,81		38,81		38,81
C) MATERIALI:												
Picchetti metallici	kg	1,40	0,80	1,12	0,80	1,12	0,80	1,12	0,80	1,12	0,80	1,12
Cambre	kg	0,40	5,00	2,00	5,00	2,00	5,00	2,00	5,00	2,00	5,00	2,00
Legname scortecciato	m^3	0,40	114,60	45,84	114,60	45,84	114,60	45,84	114,60	45,84	114,60	45,84
Talee salice o tamerice	cad	20	0,80	16,00	0,80	16,00	0,80	16,00	0,80	16,00	0,80	16,00
				64,96		64,96		64,96		64,96		64,96
PREZZO DI APPLICAZIONE			**€/m^3**	**121,86**	**€/m^3**	**120,24**	**€/m^3**	**121,89**	**€/m^3**	**122,13**	**€/m^3**	**124,27**

PER SPESE GENERALI IL 14 % (ex delibera 37/2000 autorità vigilanza LLPP)	€/m3	17,06	€/m3	16,83	€/m3	17,06	€/m3	17,10	€/m3	17,40
PER UTILE D'IMPRESA IL 10 % (ex delibera 37/2000 autorità vigilanza LLPP)	€/m3	13,89	€/m3	13,71	€/m3	13,90	€/m3	13,92	€/m3	14,17
SICUREZZA 6%	€/m3	9,17	€/m3	9,05	€/m3	9,17	€/m3	9,19	€/m3	9,35
PREZZO DI APPLICAZIONE PER UNITA' DI MISURA PARI A 1 m3	**€/m3**	**161,98**	**€/m3**	**159,82**	**€/m3**	**162,02**	**€/m3**	**162,34**	**€/m3**	**165,19**

lume 2

di sostegno doppia

Tipologia	30
Palificata viva di sostegno doppia	

Oggetto	Unità di misura	Quantità	Prezzo elementare	Importo	Prezzo elementare	Importo	Prezzo elementare	Importo	Prezzo elementare	Importo	Prezzo elementare	Importo
A) MANODOPERA:			**ROMA**		**LATINA**		**VITERBO**		**RIETI**		**FROSINONE**	
Operaio specializzato	ora	0,00	20,37	0,00	18,30	0,00	20,29	0,00	20,50	0,00	23,01	0,00
Operaio qualificato	ora	0,7	19,02	13,31	17,23	12,06	19,10	13,37	19,29	13,50	21,61	15,13
Operaio comune	ora	0,8	17,47	13,98	15,96	12,77	17,47	13,98	17,74	14,19	19,77	15,82
				27,29		24,83		27,35		27,70		30,94
B) NOLI:												
Autocarro	ore	0,10	31,00	3,10	31,00	3,10	31,00	3,10	31,00	3,10	31,00	3,10
Ragno meccanico	ore	0,70	41,30	28,91	41,30	28,91	41,30	28,91	41,30	28,91	41,30	28,91
Motosega a catena	ore	0,30	3,20	0,96	3,20	0,96	3,20	0,96	3,20	0,96	3,20	0,96
Generatore con trapano	ore	0,06	4,30	0,26	4,30	0,26	4,30	0,26	4,30	0,26	4,30	0,26
Compressore con pistola	ore	0,30	18,60	5,58	18,60	5,58	18,60	5,58	18,60	5,58	18,60	5,58
				38,81		38,81		38,81		38,81		38,81
C) MATERIALI:												
Chiodi (spezzoni di acciaio dotati di punta)	cad	4	1,40	5,60	1,40	5,60	1,40	5,60	1,40	5,60	1,40	5,60
Cambre	kg	0,50	5,00	2,50	5,00	2,50	5,00	2,50	5,00	2,50	5,00	2,50
Legname scortecciato	m^3	0,50	114,60	57,30	114,60	57,30	114,60	57,30	114,60	57,30	114,60	57,30
Arbusti	cad	1	6,50	6,50	6,50	6,50	6,50	6,50	6,50	6,50	6,50	6,50
Talee salice o tamerice	cad	20	0,80	16,00	0,80	16,00	0,80	16,00	0,80	16,00	0,80	16,00
				87,90		87,90		87,90		87,90		87,90
TOTALE COSTI			**€/m^3**	**154,00**	**€/m^3**	**151,54**	**€/m^3**	**154,05**	**€/m^3**	**154,40**	**€/m^3**	**157,65**
PER SPESE GENERALI IL 14 % (ex delibera 37/2000 autorità vigilanza LLPP)	€/m3			21,56	€/m3	21,22	€/m3	21,57	€/m3	21,62	€/m3	22,07
PER UTILE D'IMPRESA IL 10 % (ex delibera 37/2000 autorità vigilanza LLPP)	€/m3			17,56	€/m3	17,28	€/m3	17,56	€/m3	17,60	€/m3	17,97
SICUREZZA 6%	€/m3			11,59	€/m3	11,40	€/m3	11,59	€/m3	11,62	€/m3	11,86
PREZZO DI APPLICAZIONE PER UNITA' DI MISURA PARI A 1 m3	**€/m3**			**204,70**	**€/m3**	**201,43**	**€/m3**	**204,77**	**€/m3**	**205,24**	**€/m3**	**209,56**

Tipologia	31
Palificata viva di sostegno *Roma*	

Oggetto	Unità di misura	Quantità	Prezzo elementare	Importo	Prezzo elementare	Importo	Prezzo elementare	Importo	Prezzo elementare	Importo	Prezzo elementare	Importo
A) MANODOPERA:			**ROMA**		**LATINA**		**VITERBO**		**RIETI**		**FROSINONE**	
Operaio specializzato	ora	0	20,37	0,00	18,30	0,00	20,29	0,00	20,50	0,00	23,01	0,00
Operaio qualificato	ora	0,6	19,02	11,41	17,23	10,34	19,10	11,46	19,29	11,57	21,61	12,97
Operaio comune	ora	0,8	17,47	13,98	15,96	12,77	17,47	13,98	17,74	14,19	19,77	15,82
				25,39		23,11		25,44		25,77		28,78
B) NOLI:												
Autocarro	ore	0,1	31,00	3,10	31,00	3,10	31,00	3,10	31,00	3,10	31,00	3,10
Ragno meccanico	ore	0,60	41,30	24,78	41,30	24,78	41,30	24,78	41,30	24,78	41,30	24,78
Motosega a catena	ore	0,30	3,20	0,96	3,20	0,96	3,20	0,96	3,20	0,96	3,20	0,96
Generatore con trapano	ore	0,06	4,30	0,26	4,30	0,26	4,30	0,26	4,30	0,26	4,30	0,26
Compressore con pistola	ore	0,30	18,60	5,58	18,60	5,58	18,60	5,58	18,60	5,58	18,60	5,58
				34,68		34,68		34,68		34,68		34,68
C) MATERIALI:												
Chiodi (spezzoni di acciaio dotati di punta)	cad	2	0,80	1,60	0,80	1,60	0,80	1,60	0,80	1,60	0,80	1,60
Barre filettate in acciaio	cad	4	4,00	16,00	4,00	16,00	4,00	16,00	4,00	16,00	4,00	16,00
Rete in acciaio doppia torsione plastificata	m^2	1	3,90	3,90	3,90	3,90	3,90	3,90	3,90	3,90	3,90	3,90
Legname scortecciato	m^3	0,4	114,60	45,84	114,60	45,84	114,60	45,84	114,60	45,84	114,60	45,84
Talee salice o tamerice	cad	15	0,80	12,00	0,80	12,00	0,80	12,00	0,80	12,00	0,80	12,00
Arbusti	cad	1	6,50	6,50	6,50	6,50	6,50	6,50	6,50	6,50	6,50	6,50
				85,84		85,84		85,84		85,84		85,84
TOTALE COSTI			**€/m^2**	**145,91**	**€/m^2**	**143,62**	**€/m^2**	**145,95**	**€/m^2**	**146,28**	**€/m^2**	**149,30**

PER SPESE GENERALI IL 14 % (ex delibera 37/2000 autorità vigilanza LLPP)	€/m2	20,43	€/m2	20,11	€/m2	20,43	€/m2	20,48	€/m2	20,90
PER UTILE D'IMPRESA IL 10 % (ex delibera 37/2000 autorità vigilanza LLPP)	€/m2	16,63	€/m2	16,37	€/m2	16,64	€/m2	16,68	€/m2	17,02
SICUREZZA 6%	€/m2	10,98	€/m2	10,81	€/m2	10,98	€/m2	11,01	€/m2	11,23
PREZZO DI APPLICAZIONE PER UNITA' DI MISURA PARI A 1 m2	**€/m2**	**193,94**	**€/m2**	**190,91**	**€/m2**	**194,01**	**€/m2**	**194,45**	**€/m2**	**198,46**

Tipologia	32
Gabbionata in rete metallica zincata rinverdita	

Oggetto	Unità di misura	Quantità	Prezzo elementare	Importo	Prezzo elementare	Importo	Prezzo elementare	Importo	Prezzo elementare	Importo	Prezzo elementare	Importo
A) MANODOPERA:			**ROMA**		**LATINA**		**VITERBO**		**RIETI**		**FROSINONE**	
Operaio specializzato	ora	0,00	20,37	0,00	18,30	0,00	20,29	0,00	20,50	0,00	23,01	0,00
Operaio qualificato	ora	1,10	19,02	20,92	17,23	18,95	19,10	21,01	19,29	21,22	21,61	23,77
Operaio comune	ora	1,10	17,47	19,22	15,96	17,56	17,47	19,22	17,74	19,51	19,77	21,75
				40,14		36,51		40,23		40,73		45,52
B) NOLI:												
Pala caricatrice articolata	ora	0,25	41,30	10,33	41,30	10,33	41,30	10,33	41,30	10,33	41,30	10,33
				10,33		10,33		10,33		10,33		10,33
C) MATERIALI:												
Gabbioni h= 1 m	kg	9,15	3,00	27,45	3,00	27,45	3,00	27,45	3,00	27,45	3,00	27,45
Punti metallici	cad	30,00	0,30	9,00	0,30	9,00	0,30	9,00	0,30	9,00	0,30	9,00
Pietrame di riempimento	m^3	1,20	6,60	7,92	6,60	7,92	6,60	7,92	6,60	7,92	6,60	7,92
Verghe di salice	cad	10,00	0,80	8,00	0,80	8,00	0,80	8,00	0,80	8,00	0,80	8,00
				52,37		52,37		52,37		52,37		52,37
TOTALE COSTI			**€/m^3**	**102,83**	**€/m^3**	**99,20**	**€/m^3**	**102,92**	**€/m^3**	**103,43**	**€/m^3**	**108,21**

PER SPESE GENERALI IL 14 % (ex delibera 37/2000 autorità vigilanza LLPP)	€/m3	14,40	€/m3	13,89	€/m3	14,41	€/m3	14,48	€/m3	15,15
PER UTILE D'IMPRESA IL 10 % (ex delibera 37/2000 autorità vigilanza LLPP)	€/m3	11,72	€/m3	11,31	€/m3	11,73	€/m3	11,79	€/m3	12,34
SICUREZZA 6%	€/m3	7,74	€/m3	7,46	€/m3	7,74	€/m3	7,78	€/m3	8,14
PREZZO DI APPLICAZIONE PER UNITA' DI MISURA PARI A 1 m3	**€/m3**	**136,69**	**€/m3**	**131,87**	**€/m3**	**136,81**	**€/m3**	**137,48**	**€/m3**	**143,84**

Tipologia	33
Terra rinforzata rinverdita	

Oggetto	Unità di misura	Quantità	Prezzo elementare	Importo	Prezzo elementare	Importo	Prezzo elementare	Importo	Prezzo elementare	Importo	Prezzo elementare	Importo
A) MANODOPERA:			**ROMA**		**LATINA**		**VITERBO**		**RIETI**		**FROSINONE**	
Operaio specializzato	ora	0	20,37	0,00	18,30	0,00	20,29	0,00	20,50	0,00	23,01	0,00
Operaio qualificato	ora	0,25	19,02	4,76	17,23	4,31	19,10	4,78	19,29	4,82	21,61	5,40
Operaio comune	ora	0,5	17,47	8,74	15,96	7,98	17,47	8,74	17,74	8,87	19,77	9,89
				13,49		12,29		13,51		13,69		15,29
B) NOLI:												
Terna	ora	0,25	41,30	10,33	41,30	10,33	41,30	10,33	41,30	10,33	41,30	10,33
Piastra vibrante	ora	0,25	5,10	1,28	5,10	1,28	5,10	1,28	5,10	1,28	5,10	1,28
Rullo compressore	ora	0,25	25,80	6,45	25,80	6,45	25,80	6,45	25,80	6,45	25,80	6,45
				18,05		18,05		18,05		18,05		18,05
C) MATERIALI:												
Terra rinforzata	m^2	1,28	97,00	124,16	97,00	124,16	97,00	124,16	97,00	124,16	97,00	124,16
Punti metallici	cad	20	0,30	6,00	0,30	6,00	0,30	6,00	0,30	6,00	0,30	6,00
Pietrame	m^3	1,6	6,60	10,56	6,60	10,56	6,60	10,56	6,60	10,56	6,60	10,56
Terreno vegetale	m^3	0,6	10,10	6,06	10,10	6,06	10,10	6,06	10,10	6,06	10,10	6,06
Verghe	cad	5	0,80	4,00	0,80	4,00	0,80	4,00	0,80	4,00	0,80	4,00
Idrosemina	m^2	1	1,07	1,07	1,03	1,03	1,07	1,07	1,07	1,07	1,12	1,12
				151,85		151,81		151,85		151,85		151,90
TOTALE COSTI			**€/m^2**	**183,39**	**€/m^2**	**182,15**	**€/m^2**	**183,41**	**€/m^2**	**183,59**	**€/m^2**	**185,24**
PER SPESE GENERALI IL 14 % (ex delibera 37/2000 autorità vigilanza LLPP)	€/m2		25,67	€/m2	25,50	€/m2	25,68	€/m2	25,70	€/m2	25,93	
PER UTILE D'IMPRESA IL 10 % (ex delibera 37/2000 autorità vigilanza LLPP)	€/m2		20,91	€/m2	20,76	€/m2	20,91	€/m2	20,93	€/m2	21,12	
SICUREZZA 6%	€/m2		13,80	€/m2	13,70	€/m2	13,80	€/m2	13,81	€/m2	13,94	
PREZZO DI APPLICAZIONE PER UNITA' DI MISURA PARI A 1 m2	**€/m2**		**243,77**	**€/m2**	**242,12**	**€/m2**	**243,80**	**€/m2**	**244,04**	**€/m2**	**246,23**	

Tipologia	34
Muro a secco rinverdito	

Oggetto	Unità di misura	Quantità	Prezzo elementare	Importo	Prezzo elementare	Importo	Prezzo elementare	Importo	Prezzo elementare	Importo	Prezzo elementare	Importo
A) MANODOPERA:			**ROMA**		**LATINA**		**VITERBO**		**RIETI**		**FROSINONE**	
Operaio specializzato	ora	0	20,37	0,00	18,30	0,00	20,29	0,00	20,50	0,00	23,01	0,00
Operaio qualificato	ora	0,2	19,02	3,80	17,23	3,45	19,10	3,82	19,29	3,86	21,61	4,32
Operaio comune	ora	0,2	17,47	3,49	15,96	3,19	17,47	3,49	17,74	3,55	19,77	3,95
				7,30		6,64		7,31		7,41		8,28
B) NOLI:												
Pala caricatrice articolata	ora	0,2	41,30	8,26	41,30	8,26	41,30	8,26	41,30	8,26	41,30	8,26
				8,26		8,26		8,26		8,26		8,26
C) MATERIALI:												
Pietrame	m^3	1,50	20,70	31,05	20,70	31,05	20,70	31,05	20,70	31,05	20,70	31,05
Talee	cad	10	0,80	8,00	0,80	8,00	0,80	8,00	0,80	8,00	0,80	8,00
				39,05		39,05		39,05		39,05		39,05
TOTALE COSTI			**€/m^3**	**54,61**	**€/m^3**	**53,95**	**€/m^3**	**54,62**	**€/m^3**	**54,72**	**€/m^3**	**55,59**

PER SPESE GENERALI IL 14 % (ex delibera 37/2000 autorità vigilanza LLPP)	€/m3		7,65	€/m3	7,55	€/m3	7,65	€/m3	7,66	€/m3	7,78
PER UTILE D'IMPRESA IL 10 % (ex delibera 37/2000 autorità vigilanza LLPP)	€/m3		6,23	€/m3	6,15	€/m3	6,23	€/m3	6,24	€/m3	6,34
SICUREZZA 6%	€/m3		4,11	€/m3	4,06	€/m3	4,11	€/m3	4,12	€/m3	4,18
PREZZO DI APPLICAZIONE PER UNITA' DI MISURA PARI A 1 m3	**€/m3**		**72,59**	**€/m3**	**71,71**	**€/m3**	**72,61**	**€/m3**	**72,73**	**€/m3**	**73,89**

Tipologia	35
Cuneo filtrante	

Oggetto	Unità di misura	Quantità	Prezzo elementare	Importo	Prezzo elementare	Importo	Prezzo elementare	Importo	Prezzo elementare	Importo	Prezzo elementare	Importo
A) MANODOPERA:			**ROMA**		**LATINA**		**VITERBO**		**RIETI**		**FROSINONE**	
Operaio specializzato	ora	0	20,37	0,00	18,30	0,00	20,29	0,00	20,50	0,00	23,01	0,00
Operaio qualificato	ora	0,6	19,02	11,41	17,23	10,34	19,10	11,46	19,29	11,57	21,61	12,97
Operaio comune	ora	0,6	17,47	10,48	15,96	9,58	17,47	10,48	17,74	10,64	19,77	11,86
				21,89		19,91		21,94		22,22		24,83
B) NOLI:												
Pala caricatrice articolata	ora	0,3		0,00		0,00		0,00		0,00		0,00
				0,00		0,00		0,00		0,00		0,00
C) MATERIALI:												
Pietrame	m^3	1,00	6,60	6,60	6,60	6,60	6,60	6,60	6,60	6,60	6,60	6,60
Idrosemina	m^2	1,00	1,07		1,03	1,03	1,07	1,07	1,07	1,07	1,12	1,12
Tubo drenante a parete doppia	m	0,30										
Talee	cad	8,00	0,80	6,40	0,80	6,40	0,80	6,40	0,80	6,40	0,80	6,40
				13,00		14,03		14,07		14,07		14,12
PREZZO DI APPLICAZIONE			**€/m^3**	**34,89**	**€/m^3**	**33,94**	**€/m^3**	**36,01**	**€/m^3**	**36,29**	**€/m^3**	**38,95**

PER SPESE GENERALI IL 14 % (ex delibera 37/2000 autorità vigilanza LLPP)	€/m3		4,89	€/m3	4,75	€/m3	5,04	€/m3	5,08	€/m3	5,45
PER UTILE D'IMPRESA IL 10 % (ex delibera 37/2000 autorità vigilanza LLPP)	€/m3		3,98	€/m3	3,87	€/m3	4,11	€/m3	4,14	€/m3	4,44
SICUREZZA 6%	€/m3		2,63	€/m3	2,55	€/m3	2,71	€/m3	2,73	€/m3	2,93
PREZZO DI APPLICAZIONE PER UNITA' DI MISURA PARI A 1 m3	**€/m3**		**46,38**	**€/m3**	**45,12**	**€/m3**	**47,87**	**€/m3**	**48,24**	**€/m3**	**51,77**

Tipologia	36
Scogliera rinverdita	

Oggetto	Unità di misura	Quantità	Prezzo elementare	Importo	Prezzo elementare	Importo	Prezzo elementare	Importo	Prezzo elementare	Importo	Prezzo elementare	Importo
A) MANODOPERA:			**ROMA**		**LATINA**		**VITERBO**		**RIETI**		**FROSINONE**	
Operaio specializzato	ora	0	20,37	0,00	18,30	0,00	20,29	0,00	20,50	0,00	23,01	0,00
Operaio qualificato	ora	0,2	19,02	3,80	17,23	3,45	19,10	3,82	19,29	3,86	21,61	4,32
Operaio comune	ora	0,2	17,47	3,49	15,96	3,19	17,47	3,49	17,74	3,55	19,77	3,95
				7,30		6,64		7,31		7,41		8,28
B) NOLI:												
Pala caricatrice articolata	ora	0,1	41,30	4,13	41,30	4,13	41,30	4,13	41,30	4,13	41,30	4,13
				4,13		4,13		4,13		4,13		4,13
C) MATERIALI:												
Pietrame	m^3	2,60	20,70	53,82	20,70	53,82	20,70	53,82	20,70	53,82	20,70	53,82
Inerte terroso-sabbioso	m^3	0,10	10,30	1,03	10,30	1,03	10,30	1,03	10,30	1,03	10,30	1,03
Talee	cad	5	0,80	4,00	0,80	4,00	0,80	4,00	0,80	4,00	0,80	4,00
				58,85		58,85		58,85		58,85		58,85
TOTALE COSTI			€/m3	**70,28**	€/m3	**69,62**	€/m3	**70,29**	€/m3	**70,39**	€/m3	**71,26**

PER SPESE GENERALI IL 14 % (ex delibera 37/2000 autorità vigilanza LLPP)	€/m3	9,84	€/m3	9,75	€/m3	9,84	€/m3	9,85	€/m3	9,98
PER UTILE D'IMPRESA IL 10 % (ex delibera 37/2000 autorità vigilanza LLPP)	€/m3	8,01	€/m3	7,94	€/m3	8,01	€/m3	8,02	€/m3	8,12
SICUREZZA 6%	€/m3	5,29	€/m3	5,24	€/m3	5,29	€/m3	5,30	€/m3	5,36
PREZZO DI APPLICAZIONE PER UNITA' DI MISURA PARI A 1 m3	**€/m3**	**93,42**	**€/m3**	**92,54**	**€/m3**	**93,44**	**€/m3**	**93,56**	**€/m3**	**94,72**

Tipologia	37
Muro cellulare (alveolare) rinverdito	

Oggetto	Unità di misura	Quantità	Prezzo elementare	Importo	Prezzo elementare	Importo	Prezzo elementare	Importo	Prezzo elementare	Importo	Prezzo elementare	Importo
A) MANODOPERA:			**ROMA**		**LATINA**		**VITERBO**		**RIETI**		**FROSINONE**	
Operaio specializzato	ora	0,00	20,37	0,00	18,30	0,00	20,29	0,00	20,50	0,00	23,01	0,00
Operaio qualificato	ora	0,20	19,02	3,80	17,23	3,45	19,10	3,82	19,29	3,86	21,61	4,32
Operaio comune	ora	0,60	17,47	10,48	15,96	9,58	17,47	10,48	17,74	10,64	19,77	11,86
				14,29		13,02		14,30		14,50		16,18
B) NOLI:												
Terna	ora	0,25	41,30	10,33	41,30	10,33	41,30	10,33	41,30	10,33	41,30	10,33
				10,33		10,33		10,33		10,33		10,33
C) MATERIALI:												
Muro cellulare	cad	1	60,00	60,00	60,00	60,00	60,00	60,00	60,00	60,00	60,00	60,00
Impianto di irrigazione	cad	1		0,00		0,00		0,00		0,00		0,00
Inerte di riempimento	m^3	0,60	11,90	7,14	11,90	7,14	11,90	7,14	11,90	7,14	11,90	7,14
Terreno vegetale	m^3	0,20	10,10	2,02	10,10	2,02	10,10	2,02	10,10	2,02	10,10	2,02
Arbusti	cad	3	6,50	19,50	6,50	19,50	6,50	19,50	6,50	19,50	6,50	19,50
Ammendanti	kg	0,05	1,00	0,05	1,00	0,05	1,00	0,05	1,00	0,05	1,00	0,05
				88,71		88,71		88,71		88,71		88,71
TOTALE COSTI			**€/m^3**	**113,32**	**€/m^3**	**112,06**	**€/m^3**	**113,34**	**€/m^3**	**113,54**	**€/m^3**	**115,22**

PER SPESE GENERALI IL 14 % (ex delibera 37/2000 autorità vigilanza LLPP)	€/m3	15,86	€/m3	15,69	€/m3	15,87	€/m3	15,90	€/m3	16,13
PER UTILE D'IMPRESA IL 10 % (ex delibera 37/2000 autorità vigilanza LLPP)	€/m3	12,92	€/m3	12,77	€/m3	12,92	€/m3	12,94	€/m3	13,13
SICUREZZA 6%	€/m3	8,53	€/m3	8,43	€/m3	8,53	€/m3	8,54	€/m3	8,67
PREZZO DI APPLICAZIONE PER UNITA' DI MISURA PARI A 1 m3	**€/m3**	**150,63**	**€/m3**	**148,95**	**€/m3**	**150,65**	**€/m3**	**150,92**	**€/m3**	**153,15**

Tipologia	38
Briglia viva in legname e pietrame	

Oggetto	Unità di misura	Quantità	Prezzo elementare	Importo	Prezzo elementare	Importo	Prezzo elementare	Importo	Prezzo elementare	Importo	Prezzo elementare	Importo
A) MANODOPERA:			**ROMA**		**LATINA**		**VITERBO**		**RIETI**		**FROSINONE**	
Operaio specializzato	ora	0,00	20,37	0,00	18,30	0,00	20,29	0,00	20,50	0,00	23,01	0,00
Operaio qualificato	ora	1,00	19,02	19,02	17,23	17,23	19,10	19,10	19,29	19,29	21,61	21,61
Operaio comune	ora	2,00	17,47	34,94	15,96	31,92	17,47	34,94	17,74	35,48	19,77	39,54
				53,96		49,15		54,04		54,77		61,15
B) NOLI:												
Autocarro	ora	0,10	31,00	3,10	31,00	3,10	31,00	3,10	31,00	3,10	31,00	3,10
Ragno meccanico	ora	0,90	41,30	37,17	41,30	37,17	41,30	37,17	41,30	37,17	41,30	37,17
Motosega a catena	ore	0,30	3,20	0,96	3,20	0,96	3,20	0,96	3,20	0,96	3,20	0,96
Generatore con trapano	ora	0,30	4,30	1,29	4,30	1,29	4,30	1,29	4,30	1,29	4,30	1,29
				42,52		42,52		42,52		42,52		42,52
C) MATERIALI:												
Pietrame	m^3	0,70	6,60	4,62	6,60	4,62	6,60	4,62	6,60	4,62	6,60	4,62
Legname scortecciato	m^3	0,30	114,60	34,38	114,60	34,38	114,60	34,38	114,60	34,38	114,60	34,38
Chiodi	cad	4	1,40	5,60	1,40	5,60	1,40	5,60	1,40	5,60	1,40	5,60
Cambre	kg	0,50	5,00	2,50	5,00	2,50	5,00	2,50	5,00	2,50	5,00	2,50
Talee di salice	cad	20	0,80	16,00	0,80	16,00	0,80	16,00	0,80	16,00	0,80	16,00
				63,10		63,10		63,10		63,10		63,10
TOTALE COSTI			**€/m^3**	**159,58**	**€/m^3**	**154,77**	**€/m^3**	**159,66**	**€/m^3**	**160,39**	**€/m^3**	**166,77**

PER SPESE GENERALI IL 14 % (ex delibera 37/2000 autorità vigilanza LLPP)	€/m3	22,34	€/m3	21,67	€/m3	22,35	€/m3	22,45	€/m3	23,35
PER UTILE D'IMPRESA IL 10 % (ex delibera 37/2000 autorità vigilanza LLPP)	€/m3	18,19	€/m3	17,64	€/m3	18,20	€/m3	18,28	€/m3	19,01
SICUREZZA 6%	€/m3	12,01	€/m3	11,64	€/m3	12,01	€/m3	12,07	€/m3	12,55
PREZZO DI APPLICAZIONE PER UNITA' DI MISURA PARI A 1 m3	**€/m3**	**212,12**	**€/m3**	**205,73**	**€/m3**	**212,23**	**€/m3**	**213,20**	**€/m3**	**221,68**

ELENCO PREZZI
(fonte AIPIN)

1.00.00 COSTI E PREZZI MANO D'OPERA CON INDENNITA' SOSTITUTIVA DI MENSA (Fonte B.U.R.L. n. 24 30-8-2003, Supplemento 4: Rilevamenti semestrali 1° gennaio 2003)

1.01.00	**ROMA**		
	Operaio specializzato	€/ora	20,37
	Operaio qualificato	€/ora	19,02
	Operaio comune	€/ora	17,47
1.02.00	**LATINA**		
	Operaio specializzato	€/ora	18,30
	Operaio qualificato	€/ora	17,23
	Operaio comune	€/ora	15,96
1.03.00	**VITERBO**		
	Operaio specializzato	€/ora	20,29
	Operaio qualificato	€/ora	19,10
	Operaio comune	€/ora	17,47
1.04.00	**RIETI**		
	Operaio specializzato	€/ora	20,50
	Operaio qualificato	€/ora	19,29
	Operaio comune	€/ora	17,74
1.05.00	**FROSINONE**		
	Operaio specializzato	€/ora	23,01
	Operaio qualificato	€/ora	21,61
	Operaio comune	€/ora	19,77

2.00.00 NOLI

2.01.00 AUTOMEZZI

2.01.01	**Autocarro** con pianale ribaltabile, compreso consumi carburante e lubrificante		
	- portata da 40 q a 120 q	€/ora	31,00
	- portata da 161 q a 200 q	€/ora	41,30
2.01.02	**Autocarro con gru semovente** e pianale ribaltabile, compreso consumi, carburante e lubrificante		
	- portata da 61 q a 150 q	€/ora	49,00

2.02.00 MACCHINE ED ATTREZZATURE DA CANTIERE

2.02.01	**Escavatore** con attrezzatura frontale, cingolato o gommato, compreso consumi, carburante e lubrificante		
	- con motore da 111 Hp a 160 Hp	€/ora	41,30
2.02.02	**Pala caricatrice** cingolata o gommata compreso consumi, carburante e lubrificantearticolata		
	- con motore da 81 Hp a 110 Hp	€/ora	41,30
2.02.03	**Rullo compressore** statico o vibrante a piastre con pari effetto, anche gommato, compreso consumi, carburante e lubrificante		

		- 6t - 8t	€/ora	25,80
	2.02.04	**Terna**	€/ora	41,30
	2.02.05	**Ragno meccanico**	€/ora	41,30
	2.02.06	**Battipalo** con maglio di peso adeguato, con operatore, carburante e lubrificante.		
		- diesel 150 Hp a caduta libera con maglio oltre 300 kg	€/ora	69,40
		- con centralina idraulica con maglio fino a 300 kg	€/ora	24,40
2.03.00	**ATTREZZATURE EDILI**			
	2.03.01	**Compressore** con pistola perforatrice		
		- capacità da 2000 a 4000 l	€/ora	18,60
	2.03.02	**Gruppo elettrogeno** con mootore diesel, con uscita trifase, motato su carrello gommato, compreso consumi, carburante e lubrificante		
		- da 15 kVA, potenza resa	€/ora	9,40
	2.03.03	**Piastra vibrante**	€/ora	5,10
	2.03.04	**Autocestello**	€/ora	56,80
2.04.00	**MACCHINE ED ATTREZZATURE AGRICOLO-FORESTALI**			
	2.04.01	**Trattore con cisterna**, cingolato o gommato, completo di attrezzature accessorie per opere agricolo-forestali, compreso consumi, carburante e lubrificante		
		- con motore oltre 60 Hp	€/ora	32,20
	2.04.02	**Motosega a catena**, compreso consumi, carburante e lubrificante	€/ora	3,20
	2.04.03	**Idroseminatrice**, compreso consumi, carburante e lubrificante		
		- portata oltre 4 m^3 di organico	€/ora	36,10
	2.04.04	**Pompa irroratrice** per bitume	€/ora	25,80
	2.04.05	**Verricello**	€/ora	6,20

2.04.06	**Generatore con trapano**		
		€/ora	4,30
3.00.00	**MATERIALI**		
3.01.00	**INERTI E TERRE**		
3.01.01	**Ghiaino e ghiaia**		
	- diam. 10-15 mm	€/kg	1,24
	- diam. 30-60 mm	€/m^3	11,90
3.01.02	**Inerte terroso-sabbioso**		
		€/m^3	10,30
3.01.03	**Terreno vegetale**		
		€/m^3	10,10
3.01.04	**Tout venant sabbioso sciolto**		
		€/m^3	22,90
3.01.05	**Pietrame**		
	- pietrame di riempimento	€/m^3	6,60
	- massi per scogliera	€/m^3	20,70
3.02.00	**BITUMI E CONGLOMERATI BITUMINOSI**		
3.02.01	**Bitume**		
		€/Kg	1,00
3.03.00	**CALCESTRUZZI E MALTE PRECONFEZIONATE**		
3.03.01	**Malta pronta** a base cementizia		
	- cementizia	€/Kg	0,80
	- antiritiro	€/Kg	0,90
3.03.02	**Muro cellulare**		
	- moduli prefabbricati in cls	€/cad	56,00
3.04.00	**MATERIALI METALLICI**		
3.04.01	**Acciaio** Fe B 44 K tondo ad aderenza migliorata		
	- diam. 14 mm - 28 mm	€/Kg	0,60
3.04.02	**Picchetto metallico**		
	- diam. 14 mm, L = 1,5 m	€/Kg	0,80
3.04.03	**Rete elettrosaldata** in acciaio ad aderenza migliorata Fe B 44 K		
		€/Kg	2,00
		€/m^2	4,00
3.04.04	**Chiodi**		
		€/cad	1,40
		€/kg	0,60
	- spezzoni di acciaio appuntiti	€/cad	0,80
3.04.05	**Barra con asola**		
		€/cad	2,60
	> 60 cm	€/cad	1,90
	> 80 cm	€/cad	2,80

3.04.06	**Filo di ferro**		
	- diam 3 mm	€/kg	0,80
3.04.07	**Punti metallici**		
		€/cad	0,30
		€/kg	0,60
3.04.08	**Zanche o cambre o staffe**		
	- in acciaio	€/kg	5,00
3.04.09	**Fune di acciaio** zincato		
	- diam. 12 mm	€/m	2,00
	- diam. 16 mm	€/m	5,00
	- diam. 20 mm	€/m	7,00
3.04.10	**Morsetto serrafune d'acciaio**		
		€/cad	1,80
3.04.11	**Puntale in ferro**		
		€/cad	1,00
3.04.12	**Rete metallica**		
		€/m^2	3,90
	- con rivestimento in PVC	€/m^2	1,00
3.04.13	**Elementi preconfezionati in rete metallica**		
	- moduli per materassi 1 x 2 m	€/kg	2,90
	- moduli per gabbioni 1x 1 m	€/kg	3,00
	- moduli per terre rinforzate	€/m^2	97,00
3.04.14	**Flangia e dado**		
		€/cad	1,60
3.04.14	**Piloti**		
		€/cad	10,00
		€/kg	1,10
3.04.15	**Barre**		
	- lisce	€/cad	2,00
	- filettate	€/cad	4,00
3.04.16	**Putrelle HEB 180**		
		€/cad	0,80

3.05.00 GEOSINTETICI E BIOSTUOIE

3.05.01	**Geostuoia tridimensionale** in materiale sintetico		
		€/m^2	6,80
3.05.02	**Geostuoia tridimensionale** in polipropilene stabilizzato UV abbinata, in fase di estrusione, ad una rete metallica a doppia torsione -spessore 10 mm maglia 6 x 8 filo diam. 2,20 mm, resistenza longitudinale 35 kN/m	€/m^2	9,00

3.05.03	**Geostuoia tridimensionale** in materiale sintetico prebitumata a caldo	€/m^2	33,60
3.05.04	**Biofeltro** in cocco	€/m^2	3,60
3.05.05	**Biorete** in cocco	€/m^2	3,60
3.05.06	**Biostuoia**		
	- di paglia, peso di 400 g/mq	€/m^2	1,00
	- di cocco, peso di 400 g/mq	€/m^2	2,50
	- di paglia e cocco,peso di 400 g/mq	€/m^2	2,00
3.05.07	**Biotessile**		
	- in cocco del peso di 700 g/m^2	€/m^2	5,00
	- in juta del peso di 500 g/m^2	€/m^2	1,80
3.05.08	**Rete in fibra naturale di juta**	€/m^2	2,50
3.05.09	**Rullo** cilindrico o prismatico in fibre contenute da rete in fibre di poliestere tessute		
	- di cocco, con diam. 500 mm e peso 25 kg/m	€/m	65,00
		€/cad	31,00
3.05.10	**Geocelle a nido d'ape**	€/m^2	15,50
3.05.11	**Geotessuto**	€/m^2	6,70

3.06.00 LEGNAMI E MATERIALI LEGNOSI

3.06.01	**Legname scortecciato**		
	- di castagno diam. 20-25 cm L=4-5 m	€/m^3	114,60
	- pino nero da opera	€/m^3	64,60
3.06.02	**Paletti di legno**		
	- diam. 5 cm L=80 cm	€/cad	1,00
	- diam. 8 cm L=100 cm	€/cad	1,30
	- diam. 8 cm L=2-3 m	€/cad	6,20
3.06.03	**Ramaglia**		
	- di salice arbustivo L = 2 - 2,5 m, diam. 2 - 5 cm	€/cad	0,80
	- di conifere	€/kg	0,04
3.06.04	**Verghe da intreccio**		
	- di salice vivo	€/cad	0,80
3.06.05	**Verghe morte**		
	- L= 2,00 m, diam. 3 cm	€/cad	0,20
3.06.06	**Paglia**	€/ql	10,30

3.06.07	**Pertiche di castagno**		
		€/kg	0,10
3.06.08	**Traverse ferroviarie in legno**		
		€/cad	1,80
3.07.00	**PIANTE, SEMENTI, CONCIMI**		
3.07.01	**Talee di salice o tamerice**		
		€/cad	0,80
3.07.02	**Pianta in vasetto o zolla**		
	- arbusto	€/cad	6,50
	- albero	€/cad	12,20
3.07.03	**Sementi**		
	- miscela di sementi	€/kg	3,60
3.07.04	**Concime**		
	- fertilizzanti organici	€/kg	0,50
	- ammendanti	€/kg	1,00
3.07.05	**Varie per semina**		
	- collante organico	€/kg	2,40
	- per idrosemina a spessore	€/kg	13,20
3.07.06	**Canna palustre** dal selvatico		
	- culmi di canna	€/cad	
	- rizomi e cespi	€/cad	
	- zolle	€/cad	1,40
3.07.07	**Materiali accessori per piantagioni**		
	- dischi in biofeltro per pacciamatura	€/cad	1,30
	- palo tutore	€/cad	1,30
	- impianto irrigazione	€/m^2	12,90
3.07.08	**Tappeto erboso pronto**		
		€/m^2	8,20
3.07.09	**Ramaglia di conifere**		
		€/cad	0,90

APPENDICE B

Manuale di Ingegneria Naturalistica applicabile al settore idraulico

Tipologia											1
Semina a spaglio											
Oggetto	**Unità di misura**	**Quantità**	**Prezzo elementare**	**Importo**	**Prezzo elementare**	**Importo**	**Prezzo elementare**	**Importo**	**Prezzo elementare**	**Importo**	**Prezzo elementare**	**Importo**
A) MANODOPERA:			**ROMA**		**LATINA**		**VITERBO**		**RIETI**		**FROSINONE**	
Operaio specializzato	ora	0	20,37	0,00	18,30	0,00	20,29	0,00	20,50	0,00	23,01	0,00
Operaio qualificato	ora	0	19,02	0,00	17,23	0,00	19,10	0,00	19,29	0,00	21,61	0,00
Operaio comune	ora	0,02	17,47	0,35	15,96	0,32	17,47	0,35	17,74	0,35	19,77	0,40
				0,35		0,32		0,35		0,35		0,40
B) NOLI:												
				0,00		0,00		0,00		0,00		0,00
C) MATERIALI:												
Miscela per sementi 50 g/m^2	Kg	0,05	3,60	0,18	3,60	0,18	3,60	0,18	3,60	0,18	3,60	0,18
				0,18		0,18		0,18		0,18		0,18
TOTALE COSTI			€/m^2	0,53	€/m^2	0,50	€/m^2	0,53	€/m^2	0,53	€/m^2	0,58
PER SPESE GENERALI IL 14 % (ex delibera 37/2000 autorità vigilanza LLPP)			€/m2	0,07	€/m2	0,07	€/m2	0,07	€/m2	0,07	€/m2	0,08
PER UTILE D'IMPRESA IL 10 % (ex delibera 37/2000 autorità vigilanza LLPP)			€/m2	0,06	€/m2	0,06	€/m2	0,06	€/m2	0,06	€/m2	0,07
SICUREZZA 6%			€/m2	0,04	€/m2	0,04	€/m2	0,04	€/m2	0,04	€/m2	0,04
PREZZO DI APPLICAZIONE PER UNITA' DI MISURA PARI A 1 m2			€/m2	**0,70**	€/m2	**0,66**	€/m2	**0,70**	€/m2	**0,71**	€/m2	**0,76**

Tipologia	2
Idrosemina	

Oggetto	Unità di misura	Quantità	Prezzo elementare	Importo	Prezzo elementare	Importo	Prezzo elementare	Importo	Prezzo elementare	Importo	Prezzo elementare	Importo
A) MANODOPERA:			**ROMA**		**LATINA**		**VITERBO**		**RIETI**		**FROSINONE**	
Operaio specializzato	ora	0	20,37	0,00	18,30	0,00	20,29	0,00	20,50	0,00	23,01	0,00
Operaio qualificato	ora	0,01	19,02	0,19	17,23	0,17	19,10	0,19	19,29	0,19	21,61	0,22
Operaio comune	ora	0,01	17,47	0,17	15,96	0,16	17,47	0,17	17,74	0,18	19,77	0,20
				0,36		0,33		0,37		0,37		0,41
B) NOLI:												
Idroseminatrice	ora	0,010	36,10	0,36	36,10	0,36	36,10	0,36	36,10	0,36	36,10	0,36
				0,36		0,36		0,36		0,36		0,36
C) MATERIALI:												
Miscela sementi	kg	0,04	3,60	0,14	3,60	0,14	3,60	0,14	3,60	0,14	3,60	0,14
Fertilizzanti organici	kg	0,06	0,50	0,03	0,50	0,03	0,50	0,03	0,50	0,03	0,50	0,03
Collante organico	kg	0,07	2,40	0,17	2,40	0,17	2,40	0,17	2,40	0,17	2,40	0,17
				0,34		0,34		0,34		0,34		0,34
TOTALE COSTI			€/m^2	1,07	€/m^2	1,03	€/m^2	1,07	€/m^2	1,07	€/m^2	1,12
PER SPESE GENERALI IL 14 % (ex delibera 37/2000 autorità vigilanza LLPP)			€/m2	0,15	€/m2	0,14	€/m2	0,15	€/m2	0,15	€/m2	0,16
PER UTILE D'IMPRESA IL 10 % (ex delibera 37/2000 autorità vigilanza LLPP)			€/m2	0,12	€/m2	0,12	€/m2	0,12	€/m2	0,12	€/m2	0,13
SICUREZZA 6%			€/m2	0,08	€/m2	0,08	€/m2	0,08	€/m2	0,08	€/m2	0,08
PREZZO DI APPLICAZIONE PER UNITA' DI MISURA PARI A 1 m2			€/m2	**1,42**	€/m2	**1,38**	€/m2	**1,42**	€/m2	**1,43**	€/m2	**1,48**

Tipologia	3
Biotessile in juta	

Oggetto	Unità di misura	Quantità	Prezzo elementare	Importo	Prezzo elementare	Importo	Prezzo elementare	Importo	Prezzo elementare	Importo	Prezzo elementare	Importo
A) MANODOPERA:			**ROMA**		**LATINA**		**VITERBO**		**RIETI**		**FROSINONE**	
Operaio specializzato	ora	0	20,37	0,00	18,30	0,00	20,29	0,00	20,50	0,00	23,01	0,00
Operaio qualificato	ora	0,08	19,02	1,52	17,23	1,38	19,10	1,53	19,29	1,54	21,61	1,73
Operaio comune	ora	0,08	17,47	1,40	15,96	1,28	17,47	1,40	17,74	1,42	19,77	1,58
				2,92		2,66		2,93		2,96		3,31
B) NOLI:												
				0,00		0,00		0,00		0,00		0,00
C) MATERIALI:												
Stuoia in fibra naturale di juta	m^2	1	1,80	1,80	1,80	1,80	1,80	1,80	1,80	1,80	1,80	1,80
Picchetti acciaio e staffe	Kg	1,40	0,80	1,12	0,80	1,12	0,80	1,12	0,80	1,12	0,80	1,12
Talee di salice o tamerice	cad	1	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80
Semina	m^2	1	0,53	0,53	0,50	0,50	0,53	0,53	0,53	0,53	0,58	0,58
				4,25		4,22		4,25		4,25		4,30
TOTALE COSTI			€/m^2	7,17	€/m^2	6,88	€/m^2	7,18	€/m^2	7,21	€/m^2	7,61
PER SPESE GENERALI IL 14 % (ex delibera 37/2000 autorità vigilanza LLPP)			€/m2	1,00	€/m2	0,96	€/m2	1,00	€/m2	1,01	€/m2	1,07
PER UTILE D'IMPRESA IL 10 % (ex delibera 37/2000 autorità vigilanza LLPP)			€/m2	0,82	€/m2	0,78	€/m2	0,82	€/m2	0,82	€/m2	0,87
SICUREZZA 6%			€/m2	0,54	€/m2	0,52	€/m2	0,54	€/m2	0,54	€/m2	0,57
PREZZO DI APPLICAZIONE PER UNITA' DI MISURA PARI A 1 m2			€/m2	**9,53**	€/m2	**9,14**	€/m2	**9,54**	€/m2	**9,59**	€/m2	**10,12**

Tipologia	4
Biostuoia in fibra vegetale (cocco, paglia, mista cocco e paglia)	

Oggetto	Unità di misura	Quantità	Prezzo elementare	Importo	Prezzo elementare	Importo	Prezzo elementare	Importo	Prezzo elementare	Importo	Prezzo elementare	Importo
A) MANODOPERA:			**ROMA**		**LATINA**		**VITERBO**		**RIETI**		**FROSINONE**	
Operaio specializzato	ora	0	20,37	0,00	18,30	0,00	20,29	0,00	20,50	0,00	23,01	0,00
Operaio qualificato	ora	0,08	19,02	1,52	17,23	1,38	19,10	1,53	19,29	1,54	21,61	1,73
Operaio comune	ora	0,08	17,47	1,40	15,96	1,28	17,47	1,40	17,74	1,42	19,77	1,58
				2,92		2,66		2,93		2,96		3,31
B) NOLI:												
				0,00		0,00		0,00		0,00		0,00
C) MATERIALI:												
biostuoia preseminata	m^2	1	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50
picchetti in ferro	kg	0,70	0,80	0,56	0,80	0,56	0,80	0,56	0,80	0,56	0,80	0,56
Talee salice o tamerice	cad	1	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80
staffe	kg	0,70	5,00	3,50	5,00	3,50	5,00	3,50	5,00	3,50	5,00	3,50
				7,36		7,36		7,36		7,36		7,36
TOTALE COSTI			€/m^2	10,28	€/m^2	10,02	€/m^2	10,29	€/m^2	10,32	€/m^2	10,67
PER SPESE GENERALI IL 14 % (ex delibera 37/2000 autorità vigilanza LLPP)		€/m2		1,44	€/m2	1,40	€/m2	1,44	€/m2	1,45	€/m2	1,49
PER UTILE D'IMPRESA IL 10 % (ex delibera 37/2000 autorità vigilanza LLPP)		€/m2		1,17	€/m2	1,14	€/m2	1,17	€/m2	1,18	€/m2	1,22
SICUREZZA 6%		€/m2		0,77	€/m2	0,75	€/m2	0,77	€/m2	0,78	€/m2	0,80
PREZZO DI APPLICAZIONE PER UNITA' DI MISURA PARI A 1 m2		€/m2		**13,66**	€/m2	**13,31**	€/m2	**13,67**	€/m2	**13,72**	€/m2	**14,18**

Tipologia	5
Biotessile in cocco	

Oggetto	Unità di misura	Quantità	Prezzo elementare	Importo	Prezzo elementare	Importo	Prezzo elementare	Importo	Prezzo elementare	Importo	Prezzo elementare	Importo
A) MANODOPERA:			**ROMA**		**LATINA**		**VITERBO**		**RIETI**		**FROSINONE**	
Operaio specializzato	ora	0	20,37	0,00	18,30	0,00	20,29	0,00	20,50	0,00	23,01	0,00
Operaio qualificato	ora	0,08	19,02	1,52	17,23	1,38	19,10	1,53	19,29	1,54	21,61	1,73
Operaio comune	ora	0,08	17,47	1,40	15,96	1,28	17,47	1,40	17,74	1,42	19,77	1,58
				2,92		2,66		2,93		2,96		3,31
B) NOLI:												
				0,00		0,00		0,00		0,00		0,00
C) MATERIALI:												
biotessile in cocco	m^2	1	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00
picchetti in ferro	kg	0,70	0,80	0,56	0,80	0,56	0,80	0,56	0,80	0,56	0,80	0,56
staffe	kg	0,70	5,00	3,50	5,00	3,50	5,00	3,50	5,00	3,50	5,00	3,50
Talee salice o tamerice	cad	1	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80
Semina	m^2	1	0,53	0,53	0,50	0,50	0,53	0,53	0,53	0,53	0,58	0,58
				10,39		10,36		10,39		10,39		10,44
TOTALE COSTI			€/m^2	13,31	€/m^2	13,02	€/m^2	13,32	€/m^2	13,35	€/m^2	13,75
PER SPESE GENERALI IL 14 % (ex delibera 37/2000 autorità vigilanza LLPP)			€/m2	1,86	€/m2	1,82	€/m2	1,86	€/m2	1,87	€/m2	1,93
PER UTILE D'IMPRESA IL 10 % (ex delibera 37/2000 autorità vigilanza LLPP)			€/m2	1,52	€/m2	1,48	€/m2	1,52	€/m2	1,52	€/m2	1,57
SICUREZZA 6%			€/m2	1,00	€/m2	0,98	€/m2	1,00	€/m2	1,00	€/m2	1,03
PREZZO DI APPLICAZIONE PER UNITA' DI MISURA PARI A 1 m2			€/m2	**17,69**	€/m2	**17,30**	€/m2	**17,70**	€/m2	**17,75**	€/m2	**18,28**

Tipologia	6
Biorete in cocco	

Oggetto	Unità di misura	Quantità	Prezzo elementare	Importo	Prezzo elementare	Importo	Prezzo elementare	Importo	Prezzo elementare	Importo	Prezzo elementare	Importo
A) MANODOPERA:			**ROMA**		**LATINA**		**VITERBO**		**RIETI**		**FROSINONE**	
Operaio specializzato	ora	0	20,37	0,00	18,30	0,00	20,29	0,00	20,50	0,00	23,01	0,00
Operaio qualificato	ora	0,08	19,02	1,52	17,23	1,38	19,10	1,53	19,29	1,54	21,61	1,73
Operaio comune	ora	0,08	17,47	1,40	15,96	1,28	17,47	1,40	17,74	1,42	19,77	1,58
				2,92		2,66		2,93		2,96		3,31
B) NOLI:												
				0,00		0,00		0,00		0,00		0,00
C) MATERIALI:												
biorete in cocco	m^2	1	3,60	3,60	3,60	3,60	3,60	3,60	3,60	3,60	3,60	3,60
picchetti in ferro	kg	1,40	0,80	1,12	0,80	1,12	0,80	1,12	0,80	1,12	0,80	1,12
staffe	kg	1,40	5,00	7,00	5,00	7,00	5,00	7,00	5,00	7,00	5,00	7,00
talee salice o tamerice	cad	1	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80
semina	m^2	1	0,53	0,53	0,50	0,50	0,53	0,53	0,53	0,53	0,58	0,58
				13,05		13,02		13,05		13,05		13,10
TOTALE COSTI			€/m^2	15,97	€/m^2	15,68	€/m^2	15,98	€/m^2	16,01	€/m^2	16,41
PER SPESE GENERALI IL 14 % (ex delibera 37/2000 autorità vigilanza LLPP)			€/m2	2,24	€/m2	2,19	€/m2	2,24	€/m2	2,24	€/m2	2,30
PER UTILE D'IMPRESA IL 10 % (ex delibera 37/2000 autorità vigilanza LLPP)			€/m2	1,82	€/m2	1,79	€/m2	1,82	€/m2	1,83	€/m2	1,87
SICUREZZA 6%			€/m2	1,20	€/m2	1,18	€/m2	1,20	€/m2	1,20	€/m2	1,23
PREZZO DI APPLICAZIONE PER UNITA' DI MISURA PARI A 1 m2			€/m2	**21,23**	€/m2	**20,84**	€/m2	**21,24**	€/m2	**21,28**	€/m2	**21,81**

Tipologia	7
Geostuoia tridimensionale sintetica	

Oggetto	Unità di misura	Quantità	ROMA Prezzo elementare	ROMA Importo	LATINA Prezzo elementare	LATINA Importo	VITERBO Prezzo elementare	VITERBO Importo	RIETI Prezzo elementare	RIETI Importo	FROSINONE Prezzo elementare	FROSINONE Importo
A) MANODOPERA:												
Operaio specializzato	ora	0	20,37	0,00	18,30	0,00	20,29	0,00	20,50	0,00	23,01	0,00
Operaio qualificato	ora	0,1	19,02	1,90	17,23	1,72	19,10	1,91	19,29	1,93	21,61	2,16
Operaio comune	ora	0,1	17,47	1,75	15,96	1,60	17,47	1,75	17,74	1,77	19,77	1,98
				3,65		3,32		3,66		3,70		4,14
B) NOLI:												
				0,00		0,00		0,00		0,00		0,00
C) MATERIALI:												
Geostuoia tridimensionale in materiale sintetico	m^2	1	6,80	6,80	6,80	6,80	6,80	6,80	6,80	6,80	6,80	6,80
Terreno vegetale	m^3	0,02	10,10	0,20	10,10	0,20	10,10	0,20	10,10	0,20	10,10	0,20
Picchetti o staffe acciaio	Kg	1,40	0,80	1,12	0,80	1,12	0,80	1,12	0,80	1,12	0,80	1,12
Semina	m^2	1	0,53	0,53	0,50	0,50	0,53	0,53	0,53	0,53	0,58	0,58
Talee di salice o tamerice	cad	1	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80
				9,45		9,42		9,45		9,45		9,50
TOTALE COSTI			€/m^2	13,10	€/m^2	12,74	€/m^2	13,11	€/m^2	13,16	€/m^2	13,64
PER SPESE GENERALI IL 14 % (ex delibera 37/2000 autorità vigilanza LLPP)			€/m2	1,83	€/m2	1,78	€/m2	1,84	€/m2	1,84	€/m2	1,91
PER UTILE D'IMPRESA IL 10 % (ex delibera 37/2000 autorità vigilanza LLPP)			€/m2	1,49	€/m2	1,45	€/m2	1,49	€/m2	1,50	€/m2	1,55
SICUREZZA 6%			€/m2	0,99	€/m2	0,96	€/m2	0,99	€/m2	0,99	€/m2	1,03
PREZZO DI APPLICAZIONE PER UNITA' DI MISURA PARI A 1 m2			€/m2	**17,41**	€/m2	**16,94**	€/m2	**17,43**	€/m2	**17,49**	€/m2	**18,13**

Tipologia	8
Geostuoia tridimensionale sintetica bitumata in opera a freddo	

Oggetto	Unità di misura	Quantità	Prezzo elementare	Importo	Prezzo elementare	Importo	Prezzo elementare	Importo	Prezzo elementare	Importo	Prezzo elementare	Importo
A) MANODOPERA:			**ROMA**		**LATINA**		**VITERBO**		**RIETI**		**FROSINONE**	
Operaio specializzato	ora	0	20,37	0,00	18,30	0,00	20,29	0,00	20,50	0,00	23,01	0,00
Operaio qualificato	ora	0,25	19,02	4,76	17,23	4,31	19,10	4,78	19,29	4,82	21,61	5,40
Operaio comune	ora	0,5	17,47	8,74	15,96	7,98	17,47	8,74	17,74	8,87	19,77	9,89
				13,49		12,29		13,51		13,69		15,29
B) NOLI:												
Autocarro	ora	0,02	31,00	0,62	31,00	0,62	31,00	0,62	31,00	0,62	31,00	0,62
Escavatore	ora	0,02	41,30	0,83	41,30	0,83	41,30	0,83	41,30	0,83	41,30	0,83
Pompa irroratrice	ora	0,01	25,80	0,26	25,80	0,26	25,80	0,26	25,80	0,26	25,80	0,26
				1,70		1,70		1,70		1,70		1,70
C) MATERIALI:												
Geostuoia tridimensionale in materiale sintetico	m^2	1	6,80	6,80	6,80	6,80	6,80	6,80	6,80	6,80	6,80	6,80
Sfridi	%	55		3,74		3,74		3,74		3,74		3,74
Ghiaino	Kg	20	1,24	24,80	1,24	24,80	1,24	24,80	1,24	24,80	1,24	24,80
Bitume	Kg	1,5	1,00	1,50	1,00	1,50	1,00	1,50	1,00	1,50	1,00	1,50
Picchetti o staffe acciaio	Kg	1,4	5,00	7,00	5,00	7,00	5,00	7,00	5,00	7,00	5,00	7,00
Idrosemina	m^2	1	1,07	1,07	1,03	1,03	1,07	1,07	1,07	1,07	1,12	1,12
Talee di salice o tamerice	cad	1	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80
				45,71		45,67		45,71		45,71		45,76
TOTALE COSTI			€/m^2	60,90	€/m^2	59,66	€/m^2	60,92	€/m^2	61,11	€/m^2	62,75
PER SPESE GENERALI IL 14 % (ex delibera 37/2000 autorità vigilanza LLPP)			€/m2	8,53	€/m2	8,35	€/m2	8,53	€/m2	8,55	€/m2	8,79
PER UTILE D'IMPRESA IL 10 % (ex delibera 37/2000 autorità vigilanza LLPP)			€/m2	6,94	€/m2	6,80	€/m2	6,95	€/m2	6,97	€/m2	7,15
SICUREZZA 6%			€/m2	4,58	€/m2	4,49	€/m2	4,58	€/m2	4,60	€/m2	4,72
PREZZO DI APPLICAZIONE PER UNITA' DI MISURA PARI A 1 m2			€/m2	**80,96**	€/m2	**79,30**	€/m2	**80,98**	€/m2	**81,23**	€/m2	**83,41**

Tipologia	9
Geostuoia tridimensionale sintetica prebitumata industrialmente a caldo	

Oggetto	Unità di misura	Quantità	Prezzo elementare	Importo	Prezzo elementare	Importo	Prezzo elementare	Importo	Prezzo elementare	Importo	Prezzo elementare	Importo
A) MANODOPERA:			**ROMA**		**LATINA**		**VITERBO**		**RIETI**		**FROSINONE**	
Operaio specializzato	ora	0	20,37	0,00	18,30	0,00	20,29	0,00	20,50	0,00	23,01	0,00
Operaio qualificato	ora	0,08	19,02	1,52	17,23	1,38	19,10	1,53	19,29	1,54	21,61	1,73
Operaio comune	ora	0,1	17,47	1,75	15,96	1,60	17,47	1,75	17,74	1,77	19,77	1,98
				3,27		2,97		3,28		3,32		3,71
B) NOLI:												
Autocarro	ora	0,05	31,00	1,55	31,00	1,55	31,00	1,55	31,00	1,55	31,00	1,55
Escavatore	ora	0,05	41,30	2,07	41,30	2,07	41,30	2,07	41,30	2,07	41,30	2,07
				3,62		3,62		3,62		3,62		3,62
C) MATERIALI:												
Geostuoia tridimensionale in materiale sintetico prebitumata a caldo	m^2	1	33,60	33,60	33,60	33,60	33,60	33,60	33,60	33,60	33,60	33,60
Picchetti o staffe acciaio a.m.	kg	1,4	5,00	7,00	5,00	7,00	5,00	7,00	5,00	7,00	5,00	7,00
talee	cad	1	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80
Idrosemina	m^2	1	1,07	1,07	1,03	1,03	1,07	1,07	1,07	1,07	1,12	1,12
				42,47		42,43		42,47		42,47		42,52
TOTALE COSTI			€/m^2	49,35	€/m^2	49,02	€/m^2	49,36	€/m^2	49,40	€/m^2	49,84
PER SPESE GENERALI IL 14 % (ex delibera 37/2000 autorità vigilanza LLPP)			€/m2	6,91	€/m2	6,86	€/m2	6,91	€/m2	6,92	€/m2	6,98
PER UTILE D'IMPRESA IL 10 % (ex delibera 37/2000 autorità vigilanza LLPP)			€/m2	5,63	€/m2	5,59	€/m2	5,63	€/m2	5,63	€/m2	5,68
SICUREZZA 6%			€/m2	3,71	€/m2	3,69	€/m2	3,71	€/m2	3,72	€/m2	3,75
PREZZO DI APPLICAZIONE PER UNITA' DI MISURA PARI A 1 m2			€/m2	**65,60**	€/m2	**65,16**	€/m2	**65,61**	€/m2	**65,67**	€/m2	**66,25**

Tipologia	10
Rivestimento vegetativo spondale in rete metallica a doppia torsione e geostuoia tridimensionale	

Oggetto	Unità di misura	Quantità	Prezzo elementare	Importo	Prezzo elementare	Importo	Prezzo elementare	Importo	Prezzo elementare	Importo	Prezzo elementare	Importo
A) MANODOPERA:			**ROMA**		**LATINA**		**VITERBO**		**RIETI**		**FROSINONE**	
Operaio specializzato	ora	0	20,37	0,00	18,30	0,00	20,29	0,00	20,50	0,00	23,01	0,00
Operaio qualificato	ora	0,8	19,02	15,22	17,23	13,78	19,10	15,28	19,29	15,43	21,61	17,29
Operaio comune	ora	0,8	17,47	13,98	15,96	12,77	17,47	13,98	17,74	14,19	19,77	15,82
				29,19		26,55		29,26		29,62		33,10
B) NOLI:												
Autocarro	ora	0,06	31,00	1,86	31,00	1,86	31,00	1,86	31,00	1,86	31,00	1,86
Verricello	ora	0,30	6,20	1,86	6,20	1,86	6,20	1,86	6,20	1,86	6,20	1,86
Compressore con pistola perforatrice	ora	0,20	18,60	3,72	18,60	3,72	18,60	3,72	18,60	3,72	18,60	3,72
				7,44		7,44		7,44		7,44		7,44
C) MATERIALI:												
geostuoia tridimensionale abbinata a rete metallica	m^2	1	9,00	9,00	9,00	9,00	9,00	9,00	9,00	9,00	9,00	9,00
Barre	cad	0,50	4,00	2,00	4,00	2,00	4,00	2,00	4,00	2,00	4,00	2,00
picchetti in tondino di ferro	kg	2,80	0,80	2,24	0,80	2,24	0,80	2,24	0,80	2,24	0,80	2,24
staffe in tondino di ferro	kg	1,40	0,60	0,84	0,60	0,84	0,60	0,84	0,60	0,84	0,60	0,84
fune di acciaio	m	0,20	2,00	0,40	2,00	0,40	2,00	0,40	2,00	0,40	2,00	0,40
malta cementizia antiritiro	kg	0,20	0,90	0,18	0,90	0,18	0,90	0,18	0,90	0,18	0,90	0,18
idrosemina	m^2	1	1,07	1,07	1,03	1,03	1,07	1,07	1,07	1,07	1,12	1,12
morsetto serrafune d'acciaio	cad	2	1,80	3,60	1,80	3,60	1,80	3,60	1,80	3,60	1,80	3,60
				19,33		19,29		19,33		19,33		19,38
TOTALE COSTI			€/m^2	55,96	€/m^2	53,28	€/m^2	56,03	€/m^2	56,39	€/m^2	59,92
PER SPESE GENERALI IL 14 % (ex delibera 37/2000 autorità vigilanza LLPP)			€/m2	7,83	€/m2	7,46	€/m2	7,84	€/m2	7,90	€/m2	8,39
PER UTILE D'IMPRESA IL 10 % (ex delibera 37/2000 autorità vigilanza LLPP)			€/m2	6,38	€/m2	6,07	€/m2	6,39	€/m2	6,43	€/m2	6,83
SICUREZZA 6%			€/m2	4,21	€/m2	4,01	€/m2	4,22	€/m2	4,24	€/m2	4,51
PREZZO DI APPLICAZIONE PER UNITA' DI MISURA PARI A 1 m2			€/m2	**74,39**	€/m2	**70,82**	€/m2	**74,47**	€/m2	**74,96**	€/m2	**79,65**

Tipologia	11
Messa a dimora di talee	

Oggetto	Unità di misura	Quantità	Prezzo elementare	Importo	Prezzo elementare	Importo	Prezzo elementare	Importo	Prezzo elementare	Importo	Prezzo elementare	Importo
A) MANODOPERA:			**ROMA**		**LATINA**		**VITERBO**		**RIETI**		**FROSINONE**	
Operaio specializzato	ora	0	20,37	0,00	18,30	0,00	20,29	0,00	20,50	0,00	23,01	0,00
Operaio qualificato	ora	0,05	19,02	0,95	17,23	0,86	19,10	0,96	19,29	0,96	21,61	1,08
Operaio comune	ora	0,05	17,47	0,87	15,96	0,80	17,47	0,87	17,74	0,89	19,77	0,99
				1,82		1,66		1,83		1,85		2,07
B) NOLI:												
Autocarro	ora	0,002	31,00	0,06	31,00	0,06	31,00	0,06	31,00	0,06	31,00	0,06
Motosega	ora	0,003	3,20	0,01	3,20	0,01	3,20	0,01	3,20	0,01	3,20	0,01
				0,07		0,07		0,07		0,07		0,07
C) MATERIALI:												
Talee	cad	1	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80
				0,80		0,80		0,80		0,80		0,80
TOTALE COSTI			€/cad	2,70	€/cad	2,53	€/cad	2,70	€/cad	2,72	€/cad	2,94
PER SPESE GENERALI IL 14 % (ex delibera 37/2000 autorità vigilanza			€/cad	0,38	€/cad	0,35	€/cad	0,38	€/cad	0,38	€/cad	0,41
PER UTILE D'IMPRESA IL 10 % (ex delibera 37/2000 autorità vigilanza			€/cad	0,31	€/cad	0,29	€/cad	0,31	€/cad	0,31	€/cad	0,34
SICUREZZA 6%			€/cad	0,20	€/cad	0,19	€/cad	0,20	€/cad	0,20	€/cad	0,22
PREZZO DI APPLICAZIONE PER UNITA' DI MISURA PARI A cad			€/cad	**3,58**	€/cad	**3,36**	€/cad	**3,59**	€/cad	**3,62**	€/cad	**3,91**

Tipologia	12
Piantagione di arbusti	

Oggetto	Unità di misura	Quantità	Prezzo elementare	Importo	Prezzo elementare	Importo	Prezzo elementare	Importo	Prezzo elementare	Importo	Prezzo elementare	Importo
A) MANODOPERA:			**ROMA**		**LATINA**		**VITERBO**		**RIETI**		**FROSINONE**	
Operaio specializzato	ora	0,01	20,37	0,20	18,30	0,18	20,29	0,20	20,50	0,21	23,01	0,23
Operaio qualificato	ora	0,06	19,02	1,14	17,23	1,03	19,10	1,15	19,29	1,16	21,61	1,30
Operaio comune	ora	0,1	17,47	1,75	15,96	1,60	17,47	1,75	17,74	1,77	19,77	1,98
				3,09		2,81		3,10		3,14		3,50
B) NOLI:												
Autocarro	ora	0,01	31,00	0,31	31,00	0,31	31,00	0,31	31,00	0,31	31,00	0,31
Trattore con cisterna	ora	0,04	32,20	1,29	32,20	1,29	32,20	1,29	32,20	1,29	32,20	1,29
				1,60		1,60		1,60		1,60		1,60
C) MATERIALI:												
Pianta in vasetto o zolla	cad	1	6,50	6,50	6,50	6,50	6,50	6,50	6,50	6,50	6,50	6,50
Pacciamatura	cad	1	1,30	1,30	1,30	1,30	1,30	1,30	1,30	1,30	1,30	1,30
				7,80		7,80		7,80		7,80		7,80
TOTALE COSTI			€/cad	12,49	€/cad	12,21	€/cad	12,49	€/cad	12,53	€/cad	12,90
PER SPESE GENERALI IL 14 % (ex delibera 37/2000 autorità vigilanza LLPP)			€/cad	1,75	€/cad	1,71	€/cad	1,75	€/cad	1,75	€/cad	1,81
PER UTILE D'IMPRESA IL 10 % (ex delibera 37/2000 autorità vigilanza LLPP)			€/cad	1,42	€/cad	1,39	€/cad	1,42	€/cad	1,43	€/cad	1,47
SICUREZZA 6%			€/cad	0,94	€/cad	0,92	€/cad	0,94	€/cad	0,94	€/cad	0,97
PREZZO DI APPLICAZIONE PER UNITA' DI MISURA PARI A cad			€/cad	**16,60**	€/cad	**16,23**	€/cad	**16,61**	€/cad	**16,66**	€/cad	**17,15**

Tipologia	13
Piantagione di alberi	

Oggetto	Unità di misura	Quantità	Prezzo elementare	Importo	Prezzo elementare	Importo	Prezzo elementare	Importo	Prezzo elementare	Importo	Prezzo elementare	Importo
A) MANODOPERA:			**ROMA**		**LATINA**		**VITERBO**		**RIETI**		**FROSINONE**	
Operaio specializzato	ora	0,01	20,37	0,20	18,30	0,18	20,29	0,20	20,50	0,21	23,01	0,23
Operaio qualificato	ora	0,06	19,02	1,14	17,23	1,03	19,10	1,15	19,29	1,16	21,61	1,30
Operaio comune	ora	0,15	17,47	2,62	15,96	2,39	17,47	2,62	17,74	2,66	19,77	2,97
				3,97		3,61		3,97		4,02		4,49
B) NOLI:												
Autocarro	ora	0,01	31,00	0,31	31,00	0,31	31,00	0,31	31,00	0,31	31,00	0,31
Trattore con cisterna	ora	0,04	32,20	1,29	32,20	1,29	32,20	1,29	32,20	1,29	32,20	1,29
				1,60		1,60		1,60		1,60		1,60
C) MATERIALI:												
Pianta in vasetto o zolla	cad	1	12,20	12,20	12,20	12,20	12,20	12,20	12,20	12,20	12,20	12,20
Palo tutore	cad	1	1,30	1,30	1,30	1,30	1,30	1,30	1,30	1,30	1,30	1,30
Pacciamatura	cad	1	1,30	1,30	1,30	1,30	1,30	1,30	1,30	1,30	1,30	1,30
				14,80		14,80		14,80		14,80		14,80
TOTALE COSTI			€/cad	20,36	€/cad	20,01	€/cad	20,37	€/cad	20,42	€/cad	20,89
PER SPESE GENERALI IL 14 % (ex delibera 37/2000 autorità vigilanza LLPP)			€/cad	2,85	€/cad	2,80	€/cad	2,85	€/cad	2,86	€/cad	2,92
PER UTILE D'IMPRESA IL 10 % (ex delibera 37/2000 autorità vigilanza LLPP)			€/cad	2,32	€/cad	2,28	€/cad	2,32	€/cad	2,33	€/cad	2,38
SICUREZZA 6%			€/cad	1,53	€/cad	1,51	€/cad	1,53	€/cad	1,54	€/cad	1,57
PREZZO DI APPLICAZIONE PER UNITA' DI MISURA PARI A cad			€/cad	**27,07**	€/cad	**26,60**	€/cad	**27,07**	€/cad	**27,14**	€/cad	**27,77**

Tipologia	14
Trapianto di rizomi e cespi	

Oggetto	Unità di misura	Quantità	Prezzo elementare	Importo	Prezzo elementare	Importo	Prezzo elementare	Importo	Prezzo elementare	Importo	Prezzo elementare	Importo
A) MANODOPERA:			**ROMA**		**LATINA**		**VITERBO**		**RIETI**		**FROSINONE**	
Operaio specializzato	ora	0	20,37	0,00	18,30	0,00	20,29	0,00	20,50	0,00	23,01	0,00
Operaio qualificato	ora	0,05	19,02	0,95	17,23	0,86	19,10	0,96	19,29	0,96	21,61	1,08
Operaio comune	ora	0,1	17,47	1,75	15,96	1,60	17,47	1,75	17,74	1,77	19,77	1,98
				2,70		2,46		2,70		2,74		3,06
B) NOLI:												
Autocarro	ora	0,005	31,00	0,16	31,00	0,16	31,00	0,16	31,00	0,16	31,00	0,16
Escavatore	ora	0,003	41,30	0,12	41,30	0,12	41,30	0,12	41,30	0,12	41,30	0,12
				0,28		0,28		0,28		0,28		0,28
C) MATERIALI:												
Rizomi e cespi	cad	5		0,00		0,00		0,00		0,00		0,00
Terreno vegetale	m^3	0,05	10,10	0,51	10,10	0,51	10,10	0,51	10,10	0,51	10,10	0,51
				0,51		0,51		0,51		0,51		0,51
TOTALE COSTI			€/m^2	3,48	€/m^2	3,24	€/m^2	3,49	€/m^2	3,52	€/m^2	3,84
PER SPESE GENERALI IL 14 % (ex delibera 37/2000 autorità vigilanza			€/m2	0,49	€/m2	0,45	€/m2	0,49	€/m2	0,49	€/m2	0,54
PER UTILE D'IMPRESA IL 10 % (ex delibera 37/2000 autorità vigilanza			€/m2	0,40	€/m2	0,37	€/m2	0,40	€/m2	0,40	€/m2	0,44
SICUREZZA 6%			€/m2	0,26	€/m2	0,24	€/m2	0,26	€/m2	0,27	€/m2	0,29
PREZZO DI APPLICAZIONE PER UNITA' DI MISURA PARI A 1 m2			€/m2	**4,63**	€/m2	**4,31**	€/m2	**4,63**	€/m2	**4,68**	€/m2	**5,11**

Tipologia	15
Copertura diffusa con ramaglia viva	

Oggetto	Unità di misura	Quantità	Prezzo elementare	Importo	Prezzo elementare	Importo	Prezzo elementare	Importo	Prezzo elementare	Importo	Prezzo elementare	Importo
A) MANODOPERA:			**ROMA**		**LATINA**		**VITERBO**		**RIETI**		**FROSINONE**	
Operaio specializzato	ora	0	20,37	0,00	18,30	0,00	20,29	0,00	20,50	0,00	23,01	0,00
Operaio qualificato	ora	1,45	19,02	27,58	17,23	24,98	19,10	27,70	19,29	27,97	21,61	31,33
Operaio comune	ora	1,45	17,47	25,33	15,96	23,14	17,47	25,33	17,74	25,72	19,77	28,67
				52,91		48,13		53,03		53,69		60,00
B) NOLI:												
Autocarro	ora	0,04	31,00	1,24	31,00	1,24	31,00	1,24	31,00	1,24	31,00	1,24
Escavatore	ora	0,05	41,30	2,07	41,30	2,07	41,30	2,07	41,30	2,07	41,30	2,07
				3,31		3,31		3,31		3,31		3,31
C) MATERIALI:												
Ramaglia	cad	20	0,90	18,00	0,90	18,00	0,90	18,00	0,90	18,00	0,90	18,00
Terreno	m^3	0,1	10,10	1,01	10,10	1,01	10,10	1,01	10,10	1,01	10,10	1,01
Paletto in legno	cad	2	1,30	2,60	1,30	2,60	1,30	2,60	1,30	2,60	1,30	2,60
Filo di ferro	Kg	0,18	0,80	0,14	0,80	0,14	0,80	0,14	0,80	0,14	0,80	0,14
				21,75		21,75		21,75		21,75		21,75
TOTALE COSTI			€/m	77,97	€/m	73,18	€/m	78,09	€/m	78,75	€/m	85,06
PER SPESE GENERALI IL 14 % (ex delibera 37/2000 autorità vigilanza			€/m	10,92	€/m	10,25	€/m	10,93	€/m	11,03	€/m	11,91
PER UTILE D'IMPRESA IL 10 % (ex delibera 37/2000 autorità vigilanza			€/m	8,89	€/m	8,34	€/m	8,90	€/m	8,98	€/m	9,70
SICUREZZA 6%			€/m	5,87	€/m	5,51	€/m	5,88	€/m	5,93	€/m	6,40
PREZZO DI APPLICAZIONE PER UNITA' DI MISURA PARI A 1 m			€/m	**103,64**	€/m	**97,28**	€/m	**103,79**	€/m	**104,68**	€/m	**113,07**

Tipologia	16
Copertura diffusa con culmi di canna	

Oggetto	Unità di misura	Quantità	Prezzo elementare	Importo	Prezzo elementare	Importo	Prezzo elementare	Importo	Prezzo elementare	Importo	Prezzo elementare	Importo
A) MANODOPERA:			**ROMA**		**LATINA**		**VITERBO**		**RIETI**		**FROSINONE**	
Operaio specializzato	ora	0	20,37	0,00	18,30	0,00	20,29	0,00	20,50	0,00	23,01	0,00
Operaio qualificato	ora	1	19,02	19,02	17,23	17,23	19,10	19,10	19,29	19,29	21,61	21,61
Operaio comune	ora	1	17,47	17,47	15,96	15,96	17,47	17,47	17,74	17,74	19,77	19,77
				36,49		33,19		36,57		37,03		41,38
B) NOLI:												
Autocarro	ora	0,02	31,00	0,62	31,00	0,62	31,00	0,62	31,00	0,62	31,00	0,62
				0,62		0,62		0,62		0,62		0,62
C) MATERIALI:												
Culmi di canna	cad	60										
Paletto in legno	cad	2,00	1,30	2,60	1,30	2,60	1,30	2,60	1,30	2,60	1,30	2,60
Filo di ferro	Kg	0,18	0,80	0,14	0,80	0,14	0,80	0,14	0,80	0,14	0,80	0,14
				2,74		2,74		2,74		2,74		2,74
TOTALE COSTI			€/m	39,85	€/m	36,55	€/m	39,93	€/m	40,39	€/m	44,74
PER SPESE GENERALI IL 14 % (ex delibera 37/2000 autorità vigilanza			€/m	5,58	€/m	5,12	€/m	5,59	€/m	5,66	€/m	6,26
PER UTILE D'IMPRESA IL 10 % (ex delibera 37/2000 autorità vigilanza			€/m	4,54	€/m	4,17	€/m	4,55	€/m	4,60	€/m	5,10
SICUREZZA 6%			€/m	3,00	€/m	2,75	€/m	3,00	€/m	3,04	€/m	3,37
PREZZO DI APPLICAZIONE PER UNITA' DI MISURA PARI A 1 m			€/m	**52,98**	€/m	**48,59**	€/m	**53,08**	€/m	**53,69**	€/m	**59,48**

Tipologia	17
Viminata viva spondale	

Oggetto	Unità di misura	Quantità	Prezzo elementare	Importo	Prezzo elementare	Importo	Prezzo elementare	Importo	Prezzo elementare	Importo	Prezzo elementare	Importo
A) MANODOPERA:			**ROMA**		**LATINA**		**VITERBO**		**RIETI**		**FROSINONE**	
Operaio specializzato	ora	0	20,37	0,00	18,30	0,00	20,29	0,00	20,50	0,00	23,01	0,00
Operaio qualificato	ora	0,4	19,02	7,61	17,23	6,89	19,10	7,64	19,29	7,72	21,61	8,64
Operaio comune	ora	0,4	17,47	6,99	15,96	6,38	17,47	6,99	17,74	7,10	19,77	7,91
				14,60		13,28		14,63		14,81		16,55
B) NOLI:												
Autocarro	ora	0,02	31,00	0,62	31,00	0,62	31,00	0,62	31,00	0,62	31,00	0,62
				0,62		0,62		0,62		0,62		0,62
C) MATERIALI:												
verghe vive di salice	cad	8	0,80	6,40	0,80	6,40	0,80	6,40	0,80	6,40	0,80	6,40
paletti di legno	cad	1	1,30	1,30	1,30	1,30	1,30	1,30	1,30	1,30	1,30	1,30
filo di ferro cotto	kg	0,3	0,80	0,24	0,80	0,24	0,80	0,24	0,80	0,24	0,80	0,24
				7,94		7,94		7,94		7,94		7,94
TOTALE COSTI			€/m	23,16	€/m	21,84	€/m	23,19	€/m	23,37	€/m	25,11
PER SPESE GENERALI IL 14 % (ex delibera 37/2000 autorità vigilanza LLPP)			€/m	3,24	€/m	3,06	€/m	3,25	€/m	3,27	€/m	3,52
PER UTILE D'IMPRESA IL 10 % (ex delibera 37/2000 autorità vigilanza LLPP)			€/m	2,64	€/m	2,49	€/m	2,64	€/m	2,66	€/m	2,86
SICUREZZA 6%			€/m	1,74	€/m	1,64	€/m	1,74	€/m	1,76	€/m	1,89
PREZZO DI APPLICAZIONE PER UNITA' DI MISURA PARI A 1 m			€/m	**30,78**	€/m	**29,03**	€/m	**30,82**	€/m	**31,07**	€/m	**33,38**

Tipologia	18
Fascinata viva spondale	

Oggetto	Unità di misura	Quantità	Prezzo elementare	Importo	Prezzo elementare	Importo	Prezzo elementare	Importo	Prezzo elementare	Importo	Prezzo elementare	Importo
A) MANODOPERA:			**ROMA**		**LATINA**		**VITERBO**		**RIETI**		**FROSINONE**	
Operaio specializzato	ora	0	20,37	0,00	18,30	0,00	20,29	0,00	20,50	0,00	23,01	0,00
Operaio qualificato	ora	0,25	19,02	4,76	17,23	4,31	19,10	4,78	19,29	4,82	21,61	5,40
Operaio comune	ora	0,25	17,47	4,37	15,96	3,99	17,47	4,37	17,74	4,44	19,77	4,94
				9,12		8,30		9,14		9,26		10,35
B) NOLI:												
Autocarro	ora	0,02	31,00	0,62	31,00	0,62	31,00	0,62	31,00	0,62	31,00	0,62
				0,62		0,62		0,62		0,62		0,62
C) MATERIALI:												
verghe vive di salice	cad	20	0,80	16,00	0,80	16,00	0,80	16,00	0,80	16,00	0,80	16,00
picchetti	kg	1,4	1,30	1,82	1,30	1,82	1,30	1,82	1,30	1,82	1,30	1,82
filo di ferro	kg	0,6	0,80	0,48	0,80	0,48	0,80	0,48	0,80	0,48	0,80	0,48
				18,30		18,30		18,30		18,30		18,30
TOTALE COSTI			€/m	28,04	€/m	27,22	€/m	28,06	€/m	28,18	€/m	29,27
PER SPESE GENERALI IL 14 % (ex delibera 37/2000 autorità vigilanza LLPP)			€/m	3,93	€/m	3,81	€/m	3,93	€/m	3,94	€/m	4,10
PER UTILE D'IMPRESA IL 10 % (ex delibera 37/2000 autorità vigilanza LLPP)			€/m	3,20	€/m	3,10	€/m	3,20	€/m	3,21	€/m	3,34
SICUREZZA 6%			€/m	2,11	€/m	2,05	€/m	2,11	€/m	2,12	€/m	2,20
PREZZO DI APPLICAZIONE PER UNITA' DI MISURA PARI A 1 m			€/m	**37,28**	€/m	**36,18**	€/m	**37,30**	€/m	**37,45**	€/m	**38,90**

Tipologia	19
Fascinata sommersa	

Oggetto	Unità di misura	Quantità	Prezzo elementare	Importo	Prezzo elementare	Importo	Prezzo elementare	Importo	Prezzo elementare	Importo	Prezzo elementare	Importo
A) MANODOPERA:			**ROMA**		**LATINA**		**VITERBO**		**RIETI**		**FROSINONE**	
Operaio specializzato	ora	0	20,37	0,00	18,30	0,00	20,29	0,00	20,50	0,00	23,01	0,00
Operaio qualificato	ora	0,25	19,02	4,76	17,23	4,31	19,10	4,78	19,29	4,82	21,61	5,40
Operaio comune	ora	0,25	17,47	4,37	15,96	3,99	17,47	4,37	17,74	4,44	19,77	4,94
				9,12		8,30		9,14		9,26		10,35
B) NOLI:												
Autocarro	ora	0,02	31,00	0,62	31,00	0,62	31,00	0,62	31,00	0,62	31,00	0,62
				0,62		0,62		0,62		0,62		0,62
C) MATERIALI:												
verghe morte	cad	20	0,20	4,00	0,20	4,00	0,20	4,00	0,20	4,00	0,20	4,00
picchetti	kg	1,4	1,30	1,82	1,30	1,82	1,30	1,82	1,30	1,82	1,30	1,82
filo di ferro	kg	0,6	0,80	0,48	0,80	0,48	0,80	0,48	0,80	0,48	0,80	0,48
				6,30		6,30		6,30		6,30		6,30
TOTALE COSTI			€/m	16,04	€/m	15,22	€/m	16,06	€/m	16,18	€/m	17,27
PER SPESE GENERALI IL 14 % (ex delibera 37/2000 autorità vigilanza LLPP)			€/m	2,25	€/m	2,13	€/m	2,25	€/m	2,26	€/m	2,42
PER UTILE D'IMPRESA IL 10 % (ex delibera 37/2000 autorità vigilanza LLPP)			€/m	1,83	€/m	1,73	€/m	1,83	€/m	1,84	€/m	1,97
SICUREZZA 6%			€/m	1,21	€/m	1,14	€/m	1,21	€/m	1,22	€/m	1,30
PREZZO DI APPLICAZIONE PER UNITA' DI MISURA PARI A 1 m			€/m	**21,32**	€/m	**20,23**	€/m	**21,35**	€/m	**21,50**	€/m	**22,95**

Tipologia	20
Fascinata spondale viva con culmi di canna	

Oggetto	Unità di misura	Quantità	Prezzo elementare	Importo	Prezzo elementare	Importo	Prezzo elementare	Importo	Prezzo elementare	Importo	Prezzo elementare	Importo
A) MANODOPERA:			**ROMA**		**LATINA**		**VITERBO**		**RIETI**		**FROSINONE**	
Operaio specializzato	ora	0	20,37	0,00	18,30	0,00	20,29	0,00	20,50	0,00	23,01	0,00
Operaio qualificato	ora	0,15	19,02	2,85	17,23	2,58	19,10	2,87	19,29	2,89	21,61	3,24
Operaio comune	ora	0,25	17,47	4,37	15,96	3,99	17,47	4,37	17,74	4,44	19,77	4,94
				7,22		6,57		7,23		7,33		8,18
B) NOLI:												
Autocarro	ora	0,02	31,00	0,62	31,00	0,62	31,00	0,62	31,00	0,62	31,00	0,62
				0,62		0,62		0,62		0,62		0,62
C) MATERIALI:												
culmi di canna				0,00		0,00		0,00		0,00		0,00
paletti in legno	cad	1	1,30	1,30	1,30	1,30	1,30	1,30	1,30	1,30	1,30	1,30
filo di ferro	kg	0,6	0,80	0,48	0,80	0,48	0,80	0,48	0,80	0,48	0,80	0,48
				1,78		1,78		1,78		1,78		1,78
TOTALE COSTI			€/m	9,62	€/m	8,97	€/m	9,63	€/m	9,73	€/m	10,58
PER SPESE GENERALI IL 14 % (ex delibera 37/2000 autorità vigilanza LLPP)			€/m	1,35	€/m	1,26	€/m	1,35	€/m	1,36	€/m	1,48
PER UTILE D'IMPRESA IL 10 % (ex delibera 37/2000 autorità vigilanza LLPP)			€/m	1,10	€/m	1,02	€/m	1,10	€/m	1,11	€/m	1,21
SICUREZZA 6%			€/m	0,72	€/m	0,68	€/m	0,72	€/m	0,73	€/m	0,80
PREZZO DI APPLICAZIONE PER UNITA' DI MISURA PARI A 1 m			€/m	**12,79**	€/m	**11,93**	€/m	**12,80**	€/m	**12,93**	€/m	**14,07**

Tipologia	22
Ribalta viva	

Oggetto	Unità di misura	Quantità	Prezzo elementare	Importo	Prezzo elementare	Importo	Prezzo elementare	Importo	Prezzo elementare	Importo	Prezzo elementare	Importo
A) MANODOPERA:			**ROMA**		**LATINA**		**VITERBO**		**RIETI**		**FROSINONE**	
Operaio specializzato	ora	0,00	20,37	0,00	18,30	0,00	20,29	0,00	20,50	0,00	23,01	0,00
Operaio qualificato	ora	1,00	19,02	19,02	17,23	17,23	19,10	19,10	19,29	19,29	21,61	21,61
Operaio comune	ora	1,00	17,47	17,47	15,96	15,96	17,47	17,47	17,74	17,74	19,77	19,77
				36,49		33,19		36,57		37,03		41,38
B) NOLI:												
				0,00		0,00		0,00		0,00		0,00
C) MATERIALI:												
Picchetti acciaio	Kg	1,8	0,80	1,44	0,80	1,44	0,80	1,44	0,80	1,44	0,80	1,44
Picchetti legno	cad	2	1,30	2,60	1,30	2,60	1,30	2,60	1,30	2,60	1,30	2,60
Filo di ferro	Kg	0,3	0,80	0,24	0,80	0,24	0,80	0,24	0,80	0,24	0,80	0,24
Talee di salice	cad	30	0,80	24,00	0,80	24,00	0,80	24,00	0,80	24,00	0,80	24,00
Verghe vive	cad	18	0,80	14,40	0,80	14,40	0,80	14,40	0,80	14,40	0,80	14,40
Verghe morte	cad	24	0,20	4,80	0,20	4,80	0,20	4,80	0,20	4,80	0,20	4,80
				47,48		47,48		47,48		47,48		47,48
TOTALE COSTI			€/m²	83,97	€/m²	80,67	€/m²	84,05	€/m²	84,51	€/m²	88,86

PER SPESE GENERALI IL 14 % (ex delibera 37/2000 autorità vigilanza LLPP)	€/m2	11,76	€/m2	11,29	€/m2	11,77	€/m2	11,83	€/m2	12,44
PER UTILE D'IMPRESA IL 10 % (ex delibera 37/2000 autorità vigilanza LLPP)	€/m2	9,57	€/m2	9,20	€/m2	9,58	€/m2	9,63	€/m2	10,13
SICUREZZA 6%	€/m2	6,32	€/m2	6,07	€/m2	6,32	€/m2	6,36	€/m2	6,69
PREZZO DI APPLICAZIONE PER UNITA' DI MISURA PARI A 1 m2	€/m2	**111,62**	€/m2	**107,23**	€/m2	**111,72**	€/m2	**112,33**	€/m2	**118,12**

Tipologia	23
Grata viva spondale	

Oggetto	Unità di misura	Quantità	ROMA Prezzo elementare	ROMA Importo	LATINA Prezzo elementare	LATINA Importo	VITERBO Prezzo elementare	VITERBO Importo	RIETI Prezzo elementare	RIETI Importo	FROSINONE Prezzo elementare	FROSINONE Importo
A) MANODOPERA:												
Operaio specializzato	ora	0	20,37	0,00	18,30	0,00	20,29	0,00	20,50	0,00	23,01	0,00
Operaio qualificato	ora	0,5	19,02	9,51	17,23	8,62	19,10	9,55	19,29	9,65	21,61	10,81
Operaio comune	ora	0,8	17,47	13,98	15,96	12,77	17,47	13,98	17,74	14,19	19,77	15,82
				23,49		21,38		23,53		23,84		26,62
B) NOLI:												
Autocarro	ore	0,10	31,00	3,10	31,00	3,10	31,00	3,10	31,00	3,10	31,00	3,10
Pala meccanica	ore	0,50	41,30	20,65	41,30	20,65	41,30	20,65	41,30	20,65	41,30	20,65
Motosega a catena	ore	0,08	3,20	0,26	3,20	0,26	3,20	0,26	3,20	0,26	3,20	0,26
Generatore con trapano	ore	0,06	4,30	0,26	4,30	0,26	4,30	0,26	4,30	0,26	4,30	0,26
				24,26		24,26		24,26		24,26		24,26
C) MATERIALI:												
chiodi (spezzoni di acciaio dotati di punta)	cad	3	0,80	2,40	0,80	2,40	0,80	2,40	0,80	2,40	0,80	2,40
rete elettrosaldata	kg	1	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00
talee di salice	cad	20	0,80	16,00	0,80	16,00	0,80	16,00	0,80	16,00	0,80	16,00
legname scortecciato	m^3	0,25	114,60	28,65	114,60	28,65	114,60	28,65	114,60	28,65	114,60	28,65
arbusti	cad	1	6,50	6,50	6,50	6,50	6,50	6,50	6,50	6,50	6,50	6,50
idrosemina	m^2	1	1,07	1,07	1,03	1,03	1,07	1,07	1,07	1,07	1,12	1,12
				56,62		56,58		56,62		56,62		56,67
TOTALE COSTI			€/m^2	104,37	€/m^2	102,23	€/m^2	104,41	€/m^2	104,72	€/m^2	107,56
PER SPESE GENERALI IL 14 % (ex delibera 37/2000 autorità vigilanza LLPP)			€/m2	14,61	€/m2	14,31	€/m2	14,62	€/m2	14,66	€/m2	15,06
PER UTILE D'IMPRESA IL 10 % (ex delibera 37/2000 autorità vigilanza LLPP)			€/m2	11,90	€/m2	11,65	€/m2	11,90	€/m2	11,94	€/m2	12,26
SICUREZZA 6%			€/m2	7,85	€/m2	7,69	€/m2	7,86	€/m2	7,88	€/m2	8,09
PREZZO DI APPLICAZIONE PER UNITA' DI MISURA PARI A 1 m2			€/m2	**138,73**	€/m2	**135,88**	€/m2	**138,79**	€/m2	**139,20**	€/m2	**142,97**

Tipologia	24
Palificata viva spondale con palo verticale frontale	

Oggetto	Unità di misura	Quantità	Prezzo elementare	Importo	Prezzo elementare	Importo	Prezzo elementare	Importo	Prezzo elementare	Importo	Prezzo elementare	Importo
A) MANODOPERA:			**ROMA**		**LATINA**		**VITERBO**		**RIETI**		**FROSINONE**	
Operaio specializzato	ora	0	20,37	0,00	18,30	0,00	20,29	0,00	20,50	0,00	23,01	0,00
Operaio qualificato	ora	0,7	19,02	13,31	17,23	12,06	19,10	13,37	19,29	13,50	21,61	15,13
Operaio comune	ora	0,8	17,47	13,98	15,96	12,77	17,47	13,98	17,74	14,19	19,77	15,82
				27,29		24,83		27,35		27,70		30,94
B) NOLI:												
Autocarro	ore	0,30	31,00	9,30	31,00	9,30	31,00	9,30	31,00	9,30	31,00	9,30
Ragno meccanico	ore	0,80	41,30	33,04	41,30	33,04	41,30	33,04	41,30	33,04	41,30	33,04
Motosega a catena	ore	0,30	3,20	0,96	3,20	0,96	3,20	0,96	3,20	0,96	3,20	0,96
Generatore con trapano	ore	0,06	4,30	0,26	4,30	0,26	4,30	0,26	4,30	0,26	4,30	0,26
Compressore con pistola	ore	0,30	18,60	5,58	18,60	5,58	18,60	5,58	18,60	5,58	18,60	5,58
				49,14		49,14		49,14		49,14		49,14
C) MATERIALI:												
chiodi (spezzoni di acciaio dotati di punta)	cad	4	0,80	3,20	0,80	3,20	0,80	3,20	0,80	3,20	0,80	3,20
cambre	kg	0,5	5,00	2,50	5,00	2,50	5,00	2,50	5,00	2,50	5,00	2,50
fascine vive di salice	cad	1	27,40	27,40	26,30	26,30	27,00	27,00	27,20	27,20	28,20	28,20
legname scortecciato	m^3	0,5	114,60	57,30	114,60	57,30	114,60	57,30	114,60	57,30	114,60	57,30
pietrame di riempimento	m^3	1	6,60	6,60	6,60	6,60	6,60	6,60	6,60	6,60	6,60	6,60
talee salice o tamerice	cad	15	0,80	12,00	0,80	12,00	0,80	12,00	0,80	12,00	0,80	12,00
palo frontale	m^3	0,09	114,60	10,31	114,60	10,31	114,60	10,31	114,60	10,31	114,60	10,31
puntale in ferro	cad	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
				120,31		119,21		119,91		120,11		121,11
TOTALE COSTI			€/m	196,74	€/m	193,18	€/m	196,40	€/m	196,95	€/m	201,20
PER SPESE GENERALI IL 14 % (ex delibera 37/2000 autorità vigilanza LLPP)			€/m	27,54	€/m	27,05	€/m	27,50	€/m	27,57	€/m	28,17
PER UTILE D'IMPRESA IL 10 % (ex delibera 37/2000 autorità vigilanza LLPP)			€/m	22,43	€/m	22,02	€/m	22,39	€/m	22,45	€/m	22,94
SICUREZZA 6%			€/m	14,80	€/m	14,53	€/m	14,78	€/m	14,82	€/m	15,14
PREZZO DI APPLICAZIONE PER UNITA' DI MISURA PARI A 1 m			€/m	**261,52**	€/m	**256,78**	€/m	**261,06**	€/m	**261,79**	€/m	**267,44**

Tipologia	25
Palificata viva spondale	

Oggetto	Unità di misura	Quantità	Prezzo elementare	Importo	Prezzo elementare	Importo	Prezzo elementare	Importo	Prezzo elementare	Importo	Prezzo elementare	Importo
A) MANODOPERA:			**ROMA**		**LATINA**		**VITERBO**		**RIETI**		**FROSINONE**	
Operaio specializzato	ora	0,00	20,37	0,00	18,30	0,00	20,29	0,00	20,50	0,00	23,01	0,00
Operaio qualificato	ora	0,7	19,02	13,31	17,23	12,06	19,10	13,37	19,29	13,50	21,61	15,13
Operaio comune	ora	0,8	17,47	13,98	15,96	12,77	17,47	13,98	17,74	14,19	19,77	15,82
				27,29		24,83		27,35		27,70		30,94
B) NOLI:												
Autocarro	ore	0,10	31,00	3,10	31,00	3,10	31,00	3,10	31,00	3,10	31,00	3,10
Ragno meccanico	ore	0,70	41,30	28,91	41,30	28,91	41,30	28,91	41,30	28,91	41,30	28,91
Motosega a catena	ore	0,30	3,20	0,96	3,20	0,96	3,20	0,96	3,20	0,96	3,20	0,96
Generatore con trapano	ore	0,06	4,30	0,26	4,30	0,26	4,30	0,26	4,30	0,26	4,30	0,26
Compressore con pistola	ore	0,30	18,60	5,58	18,60	5,58	18,60	5,58	18,60	5,58	18,60	5,58
				38,81		38,81		38,81		38,81		38,81
C) MATERIALI:												
chiodi (spezzoni di acciaio dotati di punta)	cad	4	1,40	5,60	1,40	5,60	1,40	5,60	1,40	5,60	1,40	5,60
cambre	kg	0,50	5,00	2,50	5,00	2,50	5,00	2,50	5,00	2,50	5,00	2,50
fascine vive di salice	cad	1,50	27,40	41,10	26,30	39,45	27,00	40,50	27,20	40,80	28,20	42,30
legname scortecciato	m^3	0,50	114,60	57,30	114,60	57,30	114,60	57,30	114,60	57,30	114,60	57,30
talee salice o tamerice	cad	15	0,80	12,00	0,80	12,00	0,80	12,00	0,80	12,00	0,80	12,00
massi da scogliera	m^3	1	20,70	20,70	20,70	20,70	20,70	20,70	20,70	20,70	20,70	20,70
fune d'acciaio	m	1	2,00	2,40	2,00	2,40	2,00	2,40	2,00	2,40	2,00	2,40
malta cementizia	kg	2	0,80	1,60	0,80	1,60	0,80	1,60	0,80	1,60	0,80	1,60
morsetto serrafune	cad	1	1,80	1,80	1,80	1,80	1,80	1,80	1,80	1,80	1,80	1,80
barra d'acciaio con asola	cad	1	2,80	2,80	2,80	2,80	2,80	2,80	2,80	2,80	2,80	2,80
				147,80		146,15		147,20		147,50		149,00
TOTALE COSTI			€/m^2	213,90	€/m^2	209,79	€/m^2	213,35	€/m^2	214,00	€/m^2	218,75

PER SPESE GENERALI IL 14 % (ex delibera 37/2000 autorità vigilanza LLPP)	€/m2	29,95	€/m2	29,37	€/m2	29,87	€/m2	29,96	€/m2	30,63
PER UTILE D'IMPRESA IL 10 % (ex delibera 37/2000 autorità vigilanza LLPP)	€/m2	24,38	€/m2	23,92	€/m2	24,32	€/m2	24,40	€/m2	24,94
SICUREZZA 6%	€/m2	16,09	€/m2	15,78	€/m2	16,05	€/m2	16,10	€/m2	16,46
PREZZO DI APPLICAZIONE PER UNITA' DI MISURA PARI A 1 m2	€/m2	**284,32**	€/m2	**278,86**	€/m2	**283,60**	€/m2	**284,46**	€/m2	**290,77**

Tipologia	26
Palificata viva spondale *Roma*	

Oggetto	Unità di misura	Quantità	Prezzo elementare	Importo	Prezzo elementare	Importo	Prezzo elementare	Importo	Prezzo elementare	Importo	Prezzo elementare	Importo
A) MANODOPERA:			**ROMA**		**LATINA**		**VITERBO**		**RIETI**		**FROSINONE**	
Operaio specializzato	ora	0	20,37	0,00	18,30	0,00	20,29	0,00	20,50	0,00	23,01	0,00
Operaio qualificato	ora	0,6	19,02	11,41	17,23	10,34	19,10	11,46	19,29	11,57	21,61	12,97
Operaio comune	ora	1,2	17,47	20,96	15,96	19,15	17,47	20,96	17,74	21,29	19,77	23,72
				32,38		29,49		32,42		32,86		36,69
B) NOLI:												
Autocarro	ore	0,1	31,00	3,10	31,00	3,10	31,00	3,10	31,00	3,10	31,00	3,10
Ragno meccanico	ore	0,60	41,30	24,78	41,30	24,78	41,30	24,78	41,30	24,78	41,30	24,78
Motosega a catena	ore	0,30	3,20	0,96	3,20	0,96	3,20	0,96	3,20	0,96	3,20	0,96
Generatore con trapano	ore	0,06	4,30	0,26	4,30	0,26	4,30	0,26	4,30	0,26	4,30	0,26
Compressore con pistola	ore	0,30	18,60	5,58	18,60	5,58	18,60	5,58	18,60	5,58	18,60	5,58
				34,68		34,68		34,68		34,68		34,68
C) MATERIALI:												
chiodi (spezzoni di acciaio dotati di punta)	cad	2	0,80	1,60	0,80	1,60	0,80	1,60	0,80	1,60	0,80	1,60
barre filettate in acciaio	cad	4	4,00	16,00	4,00	16,00	4,00	16,00	4,00	16,00	4,00	16,00
rete in acciaio doppia torsione plastificata	m^2	1	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
fascine vive di salice	cad	1,5	27,40	41,10	26,30	39,45	27,00	40,50	27,20	40,80	28,20	42,30
legname scortecciato	m^3	0,4	114,60	45,84	114,60	45,84	114,60	45,84	114,60	45,84	114,60	45,84
talee salice o tamerice	cad	15	0,80	12,00	0,80	12,00	0,80	12,00	0,80	12,00	0,80	12,00
massi da scogliera	m^3	1	20,70	20,70	20,70	20,70	20,70	20,70	20,70	20,70	20,70	20,70
fune d'acciaio	m	1,2	2,00	2,40	2,00	2,40	2,00	2,40	2,00	2,40	2,00	2,40
malta cementizia	kg	2	0,80	1,60	0,80	1,60	0,80	1,60	0,80	1,60	0,80	1,60
morsetto serrafune	cad	1	1,80	1,80	1,80	1,80	1,80	1,80	1,80	1,80	1,80	1,80
barra d'acciaio con asola	cad	1	2,80	2,80	2,80	2,80	2,80	2,80	2,80	2,80	2,80	2,80
				146,84		145,19		146,24		146,54		148,04
TOTALE COSTI			€/m^2	213,89	€/m^2	209,36	€/m^2	213,34	€/m^2	214,08	€/m^2	219,41
PER SPESE GENERALI IL 14 % (ex delibera 37/2000 autorità vigilanza LLPP)			€/m2	29,95	€/m2	29,31	€/m2	29,87	€/m2	29,97	€/m2	30,72
PER UTILE D'IMPRESA IL 10 % (ex delibera 37/2000 autorità vigilanza LLPP)			€/m2	24,38	€/m2	23,87	€/m2	24,32	€/m2	24,41	€/m2	25,01
SICUREZZA 6%			€/m2	16,09	€/m2	15,75	€/m2	16,05	€/m2	16,11	€/m2	16,51
PREZZO DI APPLICAZIONE PER UNITA' DI MISURA PARI A 1 m2			€/m2	**284,32**	€/m2	**278,29**	€/m2	**283,58**	€/m2	**284,56**	€/m2	**291,65**

Tipologia	27
Pennelli e repellenti vivi	

Oggetto	Unità di misura	Quantità	Prezzo elementare	Importo	Prezzo elementare	Importo	Prezzo elementare	Importo	Prezzo elementare	Importo	Prezzo elementare	Importo
A) MANODOPERA:			**ROMA**		**LATINA**		**VITERBO**		**RIETI**		**FROSINONE**	
Operaio specializzato	ora	0	20,37	0,00	18,30	0,00	20,29	0,00	20,50	0,00	23,01	0,00
Operaio qualificato	ora	0,5	19,02	9,51	17,23	8,62	19,10	9,55	19,29	9,65	21,61	10,81
Operaio comune	ora	0,5	17,47	8,74	15,96	7,98	17,47	8,74	17,74	8,87	19,77	9,89
				18,25		16,60		18,29		18,52		20,69
B) NOLI:												
Autocarro	ora	0,1	31,00	3,10	31,00	3,10	31,00	3,10	31,00	3,10	31,00	3,10
				3,10		3,10		3,10		3,10		3,10
C) MATERIALI:												
Verghe vive	cad	10	0,80	8,00	0,80	8,00	0,80	8,00	0,80	8,00	0,80	8,00
Fascine vive	m	1	27,40	27,40	26,30	26,30	27,00	27,00	27,20	27,20	28,20	28,20
Picchetti in acciaio	kg	1,4	0,80	1,12	0,80	1,12	0,80	1,12	0,80	1,12	0,80	1,12
Filo di ferro	kg	0,18	0,80	0,14	0,80	0,14	0,80	0,14	0,80	0,14	0,80	0,14
Paletti in legno	cad	2	1	2,00	1,00	2,00	1,00	2,00	1,00	2,00	1,00	2,00
				38,66		37,56		38,26		38,46		39,46
TOTALE COSTI			€/m	60,01	€/m	57,26	€/m	59,65	€/m	60,08	€/m	63,25
PER SPESE GENERALI IL 14 % (ex delibera 37/2000 autorità vigilanza LLPP)			€/m	8,40	€/m	8,02	€/m	8,35	€/m	8,41	€/m	8,86
PER UTILE D'IMPRESA IL 10 % (ex delibera 37/2000 autorità vigilanza LLPP)			€/m	6,84	€/m	6,53	€/m	6,80	€/m	6,85	€/m	7,21
SICUREZZA 6%			€/m	4,52	€/m	4,31	€/m	4,49	€/m	4,52	€/m	4,76
PREZZO DI APPLICAZIONE PER UNITA' DI MISURA PARI A 1 m			€/m	**79,77**	€/m	**76,11**	€/m	**79,29**	€/m	**79,86**	€/m	**84,08**

Tipologia	28
Rullo spondale con zolle (pani) di canna	

Oggetto	Unità di misura	Quantità	Prezzo elementare	Importo	Prezzo elementare	Importo	Prezzo elementare	Importo	Prezzo elementare	Importo	Prezzo elementare	Importo
A) MANODOPERA:			**ROMA**		**LATINA**		**VITERBO**		**RIETI**		**FROSINONE**	
Operaio specializzato	ora	0	20,37	0,00	18,30	0,00	20,29	0,00	20,50	0,00	23,01	0,00
Operaio qualificato	ora	0,3	19,02	5,71	17,23	5,17	19,10	5,73	19,29	5,79	21,61	6,48
Operaio comune	ora	0,3	17,47	5,24	15,96	4,79	17,47	5,24	17,74	5,32	19,77	5,93
				10,95		9,96		10,97		11,11		12,41
B) NOLI:												
				0,00		0,00		0,00		0,00		0,00
C) MATERIALI:												
Rete metallica	m^2	1,5	3,90	5,85	3,90	5,85	3,90	5,85	3,90	5,85	3,90	5,85
Geostuoia	m^2	1,5	6,80	10,20	6,80	10,20	6,80	10,20	6,80	10,20	6,80	10,20
Tout venant sabbioso	m^3	0,12	22,90	2,75	22,90	2,75	22,90	2,75	22,90	2,75	22,90	2,75
Zolle di canne (dal selvatico)	cad	3	1,40	4,20	1,40	4,20	1,40	4,20	1,40	4,20	1,40	4,20
Pali in legno	kg	0,02	114,60	2,29	114,60	2,29	114,60	2,29	114,60	2,29	114,60	2,29
Filo di ferro	kg	0,18	0,80	0,14	0,80	0,14	0,80	0,14	0,80	0,14	0,80	0,14
				25,43		25,43		25,43		25,43		25,43
TOTALE COSTI			€/m	36,38	€/m	35,39	€/m	36,41	€/m	36,54	€/m	37,85
PER SPESE GENERALI IL 14 % (ex delibera 37/2000 autorità vigilanza			€/m	5,09	€/m	4,95	€/m	5,10	€/m	5,12	€/m	5,30
PER UTILE D'IMPRESA IL 10 % (ex delibera 37/2000 autorità vigilanza			€/m	4,15	€/m	4,03	€/m	4,15	€/m	4,17	€/m	4,31
SICUREZZA 6%			€/m	2,74	€/m	2,66	€/m	2,74	€/m	2,75	€/m	2,85
PREZZO DI APPLICAZIONE PER UNITA' DI MISURA PARI A 1 m			€/m	**48,36**	€/m	**47,04**	€/m	**48,39**	€/m	**48,57**	€/m	**50,31**

Tipologia	29
Rullo con ramaglia viva	

Oggetto	Unità di misura	Quantità	Prezzo elementare	Importo	Prezzo elementare	Importo	Prezzo elementare	Importo	Prezzo elementare	Importo	Prezzo elementare	Importo
A) MANODOPERA:			**ROMA**		**LATINA**		**VITERBO**		**RIETI**		**FROSINONE**	
Operaio specializzato	ora	0	20,37	0,00	18,30	0,00	20,29	0,00	20,50	0,00	23,01	0,00
Operaio qualificato	ora	0,1	19,02	1,90	17,23	1,72	19,10	1,91	19,29	1,93	21,61	2,16
Operaio comune	ora	0,15	17,47	2,62	15,96	2,39	17,47	2,62	17,74	2,66	19,77	2,97
				4,52		4,12		4,53		4,59		5,13
B) NOLI:												
Pala caricatrice articolata	ora	0,2	41,30	8,26	41,30	8,26	41,30	8,26	41,30	8,26	41,30	8,26
				8,26		8,26		8,26		8,26		8,26
C) MATERIALI:												
Rete metallica	m^2	1,5	3,90	5,85	3,90	5,85	3,90	5,85	3,90	5,85	3,90	5,85
Filo di ferro	kg	0,18	0,80	0,14	0,80	0,14	0,80	0,14	0,80	0,14	0,80	0,14
Verghe di salice vive	cad	10	0,80	8,00	0,80	8,00	0,80	8,00	0,80	8,00	0,80	8,00
Pali in legno	m^3	0,02	114,60	2,29	114,60	2,29	114,60	2,29	114,60	2,29	114,60	2,29
				16,29		16,29		16,29		16,29		16,29
TOTALE COSTI			€/m	29,07	€/m	28,66	€/m	29,08	€/m	29,14	€/m	29,67
PER SPESE GENERALI IL 14 % (ex delibera 37/2000 autorità vigilanza			€/m	4,07	€/m	4,01	€/m	4,07	€/m	4,08	€/m	4,15
PER UTILE D'IMPRESA IL 10 % (ex delibera 37/2000 autorità vigilanza			€/m	3,31	€/m	3,27	€/m	3,31	€/m	3,32	€/m	3,38
SICUREZZA 6%			€/m	2,19	€/m	2,16	€/m	2,19	€/m	2,19	€/m	2,23
PREZZO DI APPLICAZIONE PER UNITA' DI MISURA PARI A 1 m			€/m	**38,64**	€/m	**38,10**	€/m	**38,65**	€/m	**38,73**	€/m	**39,44**

Tipologia	30
Rullo spondale in fibra di cocco	

Oggetto	Unità di misura	Quantità	Prezzo elementare	Importo	Prezzo elementare	Importo	Prezzo elementare	Importo	Prezzo elementare	Importo	Prezzo elementare	Importo
A) MANODOPERA:			**ROMA**		**LATINA**		**VITERBO**		**RIETI**		**FROSINONE**	
Operaio specializzato	ora	0	20,37	0,00	18,30	0,00	20,29	0,00	20,50	0,00	23,01	0,00
Operaio qualificato	ora	0,1	19,02	1,90	17,23	1,72	19,10	1,91	19,29	1,93	21,61	2,16
Operaio comune	ora	0,1	17,47	1,75	15,96	1,60	17,47	1,75	17,74	1,77	19,77	1,98
				3,65		3,32		3,66		3,70		4,14
B) NOLI:												
Pala caricatrice articolata	ora	0,25	41,30	10,33	41,30	10,33	41,30	10,33	41,30	10,33	41,30	10,33
				10,33		10,33		10,33		10,33		10,33
C) MATERIALI:												
Rullo di cocco	cad	1	31,00	31,00	31,00	31,00	31,00	31,00	31,00	31,00	31,00	31,00
Talee	cad	8	0,80	6,40	0,80	6,40	0,80	6,40	0,80	6,40	0,80	6,40
Pali in legno	m^3	0,02	114,60	2,29	114,60	2,29	114,60	2,29	114,60	2,29	114,60	2,29
				39,69		39,69		39,69		39,69		39,69
TOTALE COSTI			€/m	53,67	€/m	53,34	€/m	53,67	€/m	53,72	€/m	54,16
PER SPESE GENERALI IL 14 % (ex delibera 37/2000 autorità vigilanza			€/m	7,51	€/m	7,47	€/m	7,51	€/m	7,52	€/m	7,58
PER UTILE D'IMPRESA IL 10 % (ex delibera 37/2000 autorità vigilanza			€/m	6,12	€/m	6,08	€/m	6,12	€/m	6,12	€/m	6,17
SICUREZZA 6%			€/m	4,04	€/m	4,01	€/m	4,04	€/m	4,04	€/m	4,07
PREZZO DI APPLICAZIONE PER UNITA' DI MISURA PARI A 1 m			€/m	**71,33**	€/m	**70,90**	€/m	**71,35**	€/m	**71,41**	€/m	**71,98**

Tipologia	31
Gabbionata in rete metallica zincata rinverdita	

Oggetto	Unità di misura	Quantità	Prezzo elementare	Importo	Prezzo elementare	Importo	Prezzo elementare	Importo	Prezzo elementare	Importo	Prezzo elementare	Importo
A) MANODOPERA:			**ROMA**		**LATINA**		**VITERBO**		**RIETI**		**FROSINONE**	
Operaio specializzato	ora	0,00	20,37	0,00	18,30	0,00	20,29	0,00	20,50	0,00	23,01	0,00
Operaio qualificato	ora	1,10	19,02	20,92	17,23	18,95	19,10	21,01	19,29	21,22	21,61	23,77
Operaio comune	ora	1,10	17,47	19,22	15,96	17,56	17,47	19,22	17,74	19,51	19,77	21,75
				40,14		36,51		40,23		40,73		45,52
B) NOLI:												
Pala caricatrice articolata	ora	0,25	41,30	10,33	41,30	10,33	41,30	10,33	41,30	10,33	41,30	10,33
				10,33		10,33		10,33		10,33		10,33
C) MATERIALI:												
gabbioni h= 1 m	kg	9,15	3,00	27,45	3,00	27,45	3,00	27,45	3,00	27,45	3,00	27,45
punti metallici	cad	30	0,30	9,00	0,30	9,00	0,30	9,00	0,30	9,00	0,30	9,00
pietrame di riempimento	m^3	1,20	6,60	7,92	6,60	7,92	6,60	7,92	6,60	7,92	6,60	7,92
verghe di salice	cad	10	0,80	8,00	0,80	8,00	0,80	8,00	0,80	8,00	0,80	8,00
				52,37		52,37		52,37		52,37		52,37
TOTALE COSTI			€/m^3	102,83	€/m^3	99,20	€/m^3	102,92	€/m^3	103,43	€/m^3	108,21
PER SPESE GENERALI IL 14 % (ex delibera 37/2000 autorità vigilanza			€/m3	14,40	€/m3	13,89	€/m3	14,41	€/m3	14,48	€/m3	15,15
PER UTILE D'IMPRESA IL 10 % (ex delibera 37/2000 autorità vigilanza			€/m3	11,72	€/m3	11,31	€/m3	11,73	€/m3	11,79	€/m3	12,34
SICUREZZA 6%			€/m3	7,74	€/m3	7,46	€/m3	7,74	€/m3	7,78	€/m3	8,14
PREZZO DI APPLICAZIONE PER UNITA' DI MISURA PARI A 1 m3			€/m3	**136,69**	€/m3	**131,87**	€/m3	**136,81**	€/m3	**137,48**	€/m3	**143,84**

Tipologia	32
Materasso spondale in rete metallica rinverdito	

Oggetto	Unità di misura	Quantità	Prezzo elementare	Importo	Prezzo elementare	Importo	Prezzo elementare	Importo	Prezzo elementare	Importo	Prezzo elementare	Importo
A) MANODOPERA:			**ROMA**		**LATINA**		**VITERBO**		**RIETI**		**FROSINONE**	
Operaio specializzato	ora	0	20,37	0,00	18,30	0,00	20,29	0,00	20,50	0,00	23,01	0,00
Operaio qualificato	ora	0,5	19,02	9,51	17,23	8,62	19,10	9,55	19,29	9,65	21,61	10,81
Operaio comune	ora	0,5	17,47	8,74	15,96	7,98	17,47	8,74	17,74	8,87	19,77	9,89
				18,25		16,60		18,29		18,52		20,69
B) NOLI:												
Pala caricatrice articolata	ora	0,15	41,30	6,20	41,30	6,20	41,30	6,20	41,30	6,20	41,30	6,20
				6,20		6,20		6,20		6,20		6,20
C) MATERIALI:												
Materasso	Kg	3,7	2,90	10,73	2,90	10,73	2,90	10,73	2,90	10,73	2,90	10,73
Biofeltro	m^2	2	3,60	7,20	3,60	7,20	3,60	7,20	3,60	7,20	3,60	7,20
Punti metallici	cad	18	0,30	5,40	0,30	5,40	0,30	5,40	0,30	5,40	0,30	5,40
Pietrame	m^3	0,1	6,60	0,66	6,60	0,66	6,60	0,66	6,60	0,66	6,60	0,66
Terreno vegetale	m^3	0,3	10,10	3,03	10,10	3,03	10,10	3,03	10,10	3,03	10,10	3,03
Talee	cad	3	0,80	2,40	0,80	2,40	0,80	2,40	0,80	2,40	0,80	2,40
Idrosemina	m^2	1	1,07	1,07	1,03	1,03	1,07	1,07	1,07	1,07	1,12	1,12
				30,49		30,45		30,49		30,49		30,54
TOTALE COSTI			€/m^3	54,93	€/m^3	53,24	€/m^3	54,97	€/m^3	55,20	€/m^3	57,43
PER SPESE GENERALI IL 14 % (ex delibera 37/2000 autorità vigilanza LLPP)			€/m3	7,69	€/m3	7,45	€/m3	7,70	€/m3	7,73	€/m3	8,04
PER UTILE D'IMPRESA IL 10 % (ex delibera 37/2000 autorità vigilanza LLPP)			€/m3	6,26	€/m3	6,07	€/m3	6,27	€/m3	6,29	€/m3	6,55
SICUREZZA 6%			€/m3	4,13	€/m3	4,01	€/m3	4,14	€/m3	4,15	€/m3	4,32
PREZZO DI APPLICAZIONE PER UNITA' DI MISURA PARI A 1 m3			€/m3	**73,02**	€/m3	**70,77**	€/m3	**73,07**	€/m3	**73,37**	€/m3	**76,33**

Tipologia	33
Terra rinforzata a paramento vegetato	

Oggetto	Unità di misura	Quantità	Prezzo elementare	Importo	Prezzo elementare	Importo	Prezzo elementare	Importo	Prezzo elementare	Importo	Prezzo elementare	Importo
A) MANODOPERA:			**ROMA**		**LATINA**		**VITERBO**		**RIETI**		**FROSINONE**	
Operaio specializzato	ora	0	20,37	0,00	18,30	0,00	20,29	0,00	20,50	0,00	23,01	0,00
Operaio qualificato	ora	0,3	19,02	5,71	17,23	5,17	19,10	5,73	19,29	5,79	21,61	6,48
Operaio comune	ora	0,3	17,47	5,24	15,96	4,79	17,47	5,24	17,74	5,32	19,77	5,93
				10,95		9,96		10,97		11,11		12,41
B) NOLI:												
Pala caricatrice articolata	ora	0,2	41,30	8,26	41,30	8,26	41,30	8,26	41,30	8,26	41,30	8,26
Piastra vibrante	ora	0,2	5,10	1,02	5,10	1,02	5,10	1,02	5,10	1,02	5,10	1,02
Rullo compressore	ora	0,005	25,80	0,13	25,80	0,13	25,80	0,13	25,80	0,13	25,80	0,13
				9,41		9,41		9,41		9,41		9,41
C) MATERIALI:												
Terra rinforzata	m^2	1,28	97,00	124,16	97,00	124,16	97,00	124,16	97,00	124,16	97,00	124,16
Punti metallici	cad	20	0,30	6,00	0,30	6,00	0,30	6,00	0,30	6,00	0,30	6,00
Pietrame	m^3	1,6	6,60	10,56	6,60	10,56	6,60	10,56	6,60	10,56	6,60	10,56
Terreno vegetale	m^3	0,6	10,10	6,06	10,10	6,06	10,10	6,06	10,10	6,06	10,10	6,06
Verghe	cad	5	0,80	4,00	0,80	4,00	0,80	4,00	0,80	4,00	0,80	4,00
Idrosemina	m^2	1	1,07	1,07	1,03	1,03	1,07	1,07	1,07	1,07	1,12	1,12
				151,85		151,81		151,85		151,85		151,90
TOTALE COSTI			€/m^2	172,21	€/m^2	171,18	€/m^2	172,23	€/m^2	172,37	€/m^2	173,72
PER SPESE GENERALI IL 14 % (ex delibera 37/2000 autorità vigilanza LLPP)		€/m2		24,11	€/m2	23,96	€/m2	24,11	€/m2	24,13	€/m2	24,32
PER UTILE D'IMPRESA IL 10 % (ex delibera 37/2000 autorità vigilanza LLPP)		€/m2		19,63	€/m2	19,51	€/m2	19,63	€/m2	19,65	€/m2	19,80
SICUREZZA 6%		€/m2		12,96	€/m2	12,88	€/m2	12,96	€/m2	12,97	€/m2	13,07
PREZZO DI APPLICAZIONE PER UNITA' DI MISURA PARI A 1 m2		€/m2		**228,90**	€/m2	**227,53**	€/m2	**228,94**	€/m2	**229,12**	€/m2	**230,92**

Tipologia	34
Rampa a blocchi	

Oggetto	Unità di misura	Quantità	Prezzo elementare	Importo	Prezzo elementare	Importo	Prezzo elementare	Importo	Prezzo elementare	Importo	Prezzo elementare	Importo
A) MANODOPERA:			**ROMA**		**LATINA**		**VITERBO**		**RIETI**		**FROSINONE**	
Operaio specializzato	ora	0	20,37	0,00	18,30	0,00	20,29	0,00	20,50	0,00	23,01	0,00
Operaio qualificato	ora	0	19,02	0,00	17,23	0,00	19,10	0,00	19,29	0,00	21,61	0,00
Operaio comune	ora	0,5	17,47	8,74	15,96	7,98	17,47	8,74	17,74	8,87	19,77	9,89
				8,74		7,98		8,74		8,87		9,89
B) NOLI:												
Autocarro	ora	0,1	31,00	3,10	31,00	3,10	31,00	3,10	31,00	3,10	31,00	3,10
Pala caricatrice articolata	ora	0,4	41,30	16,52	41,30	16,52	41,30	16,52	41,30	16,52	41,30	16,52
				19,62		19,62		19,62		19,62		19,62
C) MATERIALI:												
Pietrame	m^3	2,60	20,70	53,82	20,70	53,82	20,70	53,82	20,70	53,82	20,70	53,82
Piloti in acciaio	kg	1	1,10	1,10	1,10	1,10	1,10	1,10	1,10	1,10	1,10	1,10
				54,92		54,92		54,92		54,92		54,92
TOTALE COSTI			€/m^3	83,28	€/m^3	82,52	€/m^3	83,28	€/m^3	83,41	€/m^3	84,43
PER SPESE GENERALI IL 14 % (ex delibera 37/2000 autorità vigilanza			€/m3	11,66	€/m3	11,55	€/m3	11,66	€/m3	11,68	€/m3	11,82
PER UTILE D'IMPRESA IL 10 % (ex delibera 37/2000 autorità vigilanza			€/m3	9,49	€/m3	9,41	€/m3	9,49	€/m3	9,51	€/m3	9,62
SICUREZZA 6%			€/m3	6,27	€/m3	6,21	€/m3	6,27	€/m3	6,28	€/m3	6,35
PREZZO DI APPLICAZIONE PER UNITA' DI MISURA PARI A 1 m3			€/m3	**110,69**	€/m3	**109,69**	€/m3	**110,69**	€/m3	**110,87**	€/m3	**112,22**

Tipologia	35
Blocchi incatenati	

Oggetto	Unità di misura	Quantità	Prezzo elementare	Importo	Prezzo elementare	Importo	Prezzo elementare	Importo	Prezzo elementare	Importo	Prezzo elementare	Importo
A) MANODOPERA:			**ROMA**		**LATINA**		**VITERBO**		**RIETI**		**FROSINONE**	
Operaio specializzato	ora	0	20,37	0,00	18,30	0,00	20,29	0,00	20,50	0,00	23,01	0,00
Operaio qualificato	ora	0,2	19,02	3,80	17,23	3,45	19,10	3,82	19,29	3,86	21,61	4,32
Operaio comune	ora	0,2	17,47	3,49	15,96	3,19	17,47	3,49	17,74	3,55	19,77	3,95
				7,30		6,64		7,31		7,41		8,28
B) NOLI:												
Pala caricatrice articolata	ora	0,3	41,30	12,39	41,30	12,39	41,30	12,39	41,30	12,39	41,30	12,39
Compressore con pistola perforatrice	ore	0,3	18,60	5,58	18,60	5,58	18,60	5,58	18,60	5,58	18,60	5,58
				17,97		17,97		17,97		17,97		17,97
C) MATERIALI:												
Pietrame	m^3	2,6	20,70	53,82	20,70	53,82	20,70	53,82	20,70	53,82	20,70	53,82
Piloti in acciaio	kg	23	1,10	25,30	1,10	25,30	1,10	25,30	1,10	25,30	1,10	25,30
Malta cementizia	kg	2	0,80	1,60	0,80	1,60	0,80	1,60	0,80	1,60	0,80	1,60
Chiodi con asola	cad	1	2,60	2,60	2,60	2,60	2,60	2,60	2,60	2,60	2,60	2,60
Morsetti	cad	1	1,80	1,80	1,80	1,80	1,80	1,80	1,80	1,80	1,80	1,80
Fune di acciaio	m	1,2	2,00	2,40	2,00	2,40	2,00	2,40	2,00	2,40	2,00	2,40
				87,52		87,52		87,52		87,52		87,52
TOTALE COSTI			€/m^3	112,79	€/m^3	112,13	€/m^3	112,80	€/m^3	112,90	€/m^3	113,77
PER SPESE GENERALI IL 14 % (ex delibera 37/2000 autorità vigilanza			€/m3	15,79	€/m3	15,70	€/m3	15,79	€/m3	15,81	€/m3	15,93
PER UTILE D'IMPRESA IL 10 % (ex delibera 37/2000 autorità vigilanza			€/m3	12,86	€/m3	12,78	€/m3	12,86	€/m3	12,87	€/m3	12,97
SICUREZZA 6%			€/m3	8,49	€/m3	8,44	€/m3	8,49	€/m3	8,49	€/m3	8,56
PREZZO DI APPLICAZIONE PER UNITA' DI MISURA PARI A 1 m3			€/m3	**149,92**	€/m3	**149,05**	€/m3	**149,94**	€/m3	**150,07**	€/m3	**151,22**

Tipologia	36
Scogliera rinverdita	

Oggetto	Unità di misura	Quantità	Prezzo elementare	Importo	Prezzo elementare	Importo	Prezzo elementare	Importo	Prezzo elementare	Importo	Prezzo elementare	Importo
A) MANODOPERA:			**ROMA**		**LATINA**		**VITERBO**		**RIETI**		**FROSINONE**	
Operaio specializzato	ora	0	20,37	0,00	18,30	0,00	20,29	0,00	20,50	0,00	23,01	0,00
Operaio qualificato	ora	0,2	19,02	3,80	17,23	3,45	19,10	3,82	19,29	3,86	21,61	4,32
Operaio comune	ora	0,2	17,47	3,49	15,96	3,19	17,47	3,49	17,74	3,55	19,77	3,95
				7,30		6,64		7,31		7,41		8,28
B) NOLI:												
Pala caricatrice articolata	ora	0,3	41,30	12,39	41,30	12,39	41,30	12,39	41,30	12,39	41,30	12,39
				12,39		12,39		12,39		12,39		12,39
C) MATERIALI:												
Pietrame	m^3	2,60	20,70	53,82	20,70	53,82	20,70	53,82	20,70	53,82	20,70	53,82
Inerte terroso-sabbioso	m^3	0,10	10,30	1,03	10,30	1,03	10,30	1,03	10,30	1,03	10,30	1,03
Talee	cad	5	0,80	4,00	0,80	4,00	0,80	4,00	0,80	4,00	0,80	4,00
				58,85		58,85		58,85		58,85		58,85
TOTALE COSTI			€/m^3	78,54	€/m^3	77,88	€/m^3	78,55	€/m^3	78,65	€/m^3	79,52
PER SPESE GENERALI IL 14 % (ex delibera 37/2000 autorità vigilanza LLPP)			€/m3	11,00	€/m3	10,90	€/m3	11,00	€/m3	11,01	€/m3	11,13
PER UTILE D'IMPRESA IL 10 % (ex delibera 37/2000 autorità vigilanza LLPP)			€/m3	8,95	€/m3	8,88	€/m3	8,96	€/m3	8,97	€/m3	9,06
SICUREZZA 6%			€/m3	5,91	€/m3	5,86	€/m3	5,91	€/m3	5,92	€/m3	5,98
PREZZO DI APPLICAZIONE PER UNITA' DI MISURA PARI A 1 m3			€/m3	**104,40**	€/m3	**103,52**	€/m3	**104,42**	€/m3	**104,54**	€/m3	**105,70**

Tipologia	37
Briglia viva in legname e pietrame	

Oggetto	Unità di misura	Quantità	Prezzo elementare	Importo	Prezzo elementare	Importo	Prezzo elementare	Importo	Prezzo elementare	Importo	Prezzo elementare	Importo
A) MANODOPERA:			**ROMA**		**LATINA**		**VITERBO**		**RIETI**		**FROSINONE**	
Operaio specializzato	ora	0,00	20,37	0,00	18,30	0,00	20,29	0,00	20,50	0,00	23,01	0,00
Operaio qualificato	ora	1,00	19,02	19,02	17,23	17,23	19,10	19,10	19,29	19,29	21,61	21,61
Operaio comune	ora	0,70	17,47	12,23	15,96	11,17	17,47	12,23	17,74	12,42	19,77	13,84
				31,25		28,40		31,33		31,71		35,45
B) NOLI:												
Autocarro	ora	0,10	31,00	3,10	31,00	3,10	31,00	3,10	31,00	3,10	31,00	3,10
Ragno meccanico	ora	0,90	41,30	37,17	41,30	37,17	41,30	37,17	41,30	37,17	41,30	37,17
Motosega a catena	ore	0,30	3,20	0,96	3,20	0,96	3,20	0,96	3,20	0,96	3,20	0,96
Generatore con trapano	ora	0,06	4,30	0,26	4,30	0,26	4,30	0,26	4,30	0,26	4,30	0,26
				41,49		41,49		41,49		41,49		41,49
C) MATERIALI:												
Pietrame	m^3	3	6,60	19,80	6,60	19,80	6,60	19,80	6,60	19,80	6,60	19,80
Legname scortecciato	m^3	0,50	114,60	57,30	114,60	57,30	114,60	57,30	114,60	57,30	114,60	57,30
Chiodi	cad	4	1,40	5,60	1,40	5,60	1,40	5,60	1,40	5,60	1,40	5,60
Cambre	kg	0,50	5,00	2,50	5,00	2,50	5,00	2,50	5,00	2,50	5,00	2,50
Talee di salice	cad	20	0,80	16,00	0,80	16,00	0,80	16,00	0,80	16,00	0,80	16,00
				101,20		101,20		101,20		101,20		101,20
TOTALE COSTI			€/m^3	173,94	€/m^3	171,09	€/m^3	174,02	€/m^3	174,40	€/m^3	178,14
PER SPESE GENERALI IL 14 % (ex delibera 37/2000 autorità vigilanza LLPP)			€/m3	24,35	€/m3	23,95	€/m3	24,36	€/m3	24,42	€/m3	24,94
PER UTILE D'IMPRESA IL 10 % (ex delibera 37/2000 autorità vigilanza LLPP)			€/m3	19,83	€/m3	19,50	€/m3	19,84	€/m3	19,88	€/m3	20,31
SICUREZZA 6%			€/m3	13,09	€/m3	12,87	€/m3	13,09	€/m3	13,12	€/m3	13,40
PREZZO DI APPLICAZIONE PER UNITA' DI MISURA PARI A 1 m3			€/m3	**231,20**	€/m3	**227,42**	€/m3	**231,31**	€/m3	**231,81**	€/m3	**236,79**

Tipologia	38
Palizzata viva in putrelle traverse	

Oggetto	Unità di misura	Quantità	ROMA Prezzo elementare	ROMA Importo	LATINA Prezzo elementare	LATINA Importo	VITERBO Prezzo elementare	VITERBO Importo	RIETI Prezzo elementare	RIETI Importo	FROSINONE Prezzo elementare	FROSINONE Importo
A) MANODOPERA:												
Operaio specializzato	ora	1,17	20,37	23,83	18,30	21,41	20,29	23,74	20,50	23,99	23,01	26,92
Operaio qualificato	ora	1,17	19,02	22,25	17,23	20,16	19,10	22,35	19,29	22,57	21,61	25,28
Operaio comune	ora	1,17	17,47	20,44	15,96	18,67	17,47	20,44	17,74	20,76	19,77	23,13
				66,53		60,24		66,53		67,31		75,34
B) NOLI:												
Autocarro	ora	0,20	31,00	6,20	31,00	6,20	31,00	6,20	31,00	6,20	31,00	6,20
Escavatore	ora	1,17	41,30	48,32	41,30	48,32	41,30	48,32	41,30	48,32	41,30	48,32
Battipalo	ora	2,17	69,40	150,60	69,40	150,60	69,40	150,60	69,40	150,60	69,40	150,60
				205,12		205,12		205,12		205,12		205,12
C) MATERIALI:												
Putrelle HEB 180	kg	31,16	0,80	24,93	0,80	24,93	0,80	24,93	0,80	24,93	0,80	24,93
Tavoloni in larice	cad	1	1,60	1,60	1,60	1,60	1,60	1,60	1,60	1,60	1,60	1,60
Talee di salice	cad	35	0,80	28,00	0,80	28,00	0,80	28,00	0,80	28,00	0,80	28,00
				54,53		54,53		54,53		54,53		54,53
TOTALE COSTI			€/m²	326,17	€/m²	319,89	€/m²	326,17	€/m²	326,96	€/m²	334,98
PER SPESE GENERALI IL 14 % (ex delibera 37/2000 autorità vigilanza LLPP)			€/m2	45,66	€/m2	44,78	€/m2	45,66	€/m2	45,77	€/m2	46,90
PER UTILE D'IMPRESA IL 10 % (ex delibera 37/2000 autorità vigilanza LLPP)			€/m2	37,18	€/m2	36,47	€/m2	37,18	€/m2	37,27	€/m2	38,19
SICUREZZA 6%			€/m2	24,54	€/m2	24,07	€/m2	24,54	€/m2	24,60	€/m2	25,20
PREZZO DI APPLICAZIONE PER UNITA' DI MISURA PARI A 1 m2			€/m2	**433,56**	€/m2	**425,21**	€/m2	**433,56**	€/m2	**434,60**	€/m2	**445,27**

ELENCO PREZZI (fonte AIPIN)			
1.00.00	**COSTI E PREZZI MANO D'OPERA CON INDENNITA' SOSTITUTIVA DI MENSA** (Fonte B.U.R.L. n. 24 30-8-2003, Supplemento 4: Rilevamenti semestrali 1° gennaio 2003)		
1.01.00	**ROMA**		
	Operaio specializzato	€/ora	20,37
	Operaio qualificato	€/ora	19,02
	Operaio comune	€/ora	17,47
1.02.00	**LATINA**		
	Operaio specializzato	€/ora	18,30
	Operaio qualificato	€/ora	17,23
	Operaio comune	€/ora	15,96
1.03.00	**VITERBO**		
	Operaio specializzato	€/ora	20,29
	Operaio qualificato	€/ora	19,10
	Operaio comune	€/ora	17,47
1.04.00	**RIETI**		
	Operaio specializzato	€/ora	20,50
	Operaio qualificato	€/ora	19,29
	Operaio comune	€/ora	17,74
1.05.00	**FROSINONE**		
	Operaio specializzato	€/ora	23,01
	Operaio qualificato	€/ora	21,61
	Operaio comune	€/ora	19,77
2.00.00	**NOLI**		
2.01.00	**AUTOMEZZI**		
2.01.01	**Autocarro** con pianale ribaltabile, compreso consumi carburante e lubrificante		
	- portata da 40 q a 120 q	€/ora	31,00
	- portata da 161 q a 200 q	€/ora	41,30
2.01.02	**Autocarro con gru semovente** e pianale ribaltabile, compreso consumi, carburante e lubrificante		
	- portata da 61 q a 150 q	€/ora	49,00
2.02.00	**MACCHINE ED ATTREZZATURE DA CANTIERE**		
2.02.01	**Escavatore** con attrezzatura frontale, cingolato o gommato, compreso consumi, carburante e lubrificante		
	- con motore da 111 Hp a 160 Hp	€/ora	41,30
2.02.02	**Pala caricatrice** cingolata o gommata compreso consumi, carburante e lubrificantearticolata		
	- con motore da 81 Hp a 110 Hp	€/ora	41,30
2.02.03	**Rullo compressore** statico o vibrante a piastre con pari effetto, anche gommato, compreso consumi, carburante e lubrificante		

		- 6t - 8t	€/ora	25,80
	2.02.04	**Terna**	€/ora	41,30
	2.02.05	**Ragno meccanico**	€/ora	41,30
	2.02.06	**Battipalo** con maglio di peso adeguato, con operatore, carburante e lubrificante.		
		- diesel 150 Hp a caduta libera con maglio oltre 300 kg	€/ora	69,40
		- con centralina idraulica con maglio fino a 300 kg	€/ora	24,40
2.03.00	**ATTREZZATURE EDILI**			
	2.03.01	**Compressore** con pistola perforatrice		
		- capacità da 2000 a 4000 l	€/ora	18,60
	2.03.02	**Gruppo elettrogeno** con mootore diesel, con uscita trifase, motato su carrello gommato, compreso consumi, carburante e lubrificante		
		- da 15 kVA, potenza resa	€/ora	9,40
	2.03.03	**Piastra vibrante**	€/ora	5,10
	2.03.04	**Autocestello**	€/ora	56,80
2.04.00	**MACCHINE ED ATTREZZATURE AGRICOLO-FORESTALI**			
	2.04.01	**Trattore con cisterna**, cingolato o gommato, completo di attrezzature accessorie per opere agricolo-forestali, compreso consumi, carburante e lubrificante		
		- con motore oltre 60 Hp	€/ora	32,20
	2.04.02	**Motosega a catena**, compreso consumi, carburante e lubrificante	€/ora	3,20
	2.04.03	**Idroseminatrice**, compreso consumi, carburante e lubrificante		
		- portata oltre 4 m^3 di organico	€/ora	36,10
	2.04.04	**Pompa irroratrice** per bitume	€/ora	25,80
	2.04.05	**Verricello**	€/ora	6,20

2.04.06	**Generatore con trapano**		
		€/ora	4,30

3.00.00 MATERIALI

3.01.00 INERTI E TERRE

3.01.01	**Ghiaino e ghiaia**		
	- diam. 10-15 mm	€/kg	1,24
	- diam. 30-60 mm	€/m^3	11,90
3.01.02	**Inerte terroso-sabbioso**		
		€/m^3	10,30
3.01.03	**Terreno vegetale**		
		€/m^3	10,10
3.01.04	**Tout venant sabbioso sciolto**		
		€/m^3	22,90
3.01.05	**Pietrame**		
	- pietrame di riempimento	€/m^3	6,60
	- massi per scogliera	€/m^3	20,70

3.02.00 BITUMI E CONGLOMERATI BITUMINOSI

3.02.01	**Bitume**		
		€/Kg	1,00

3.03.00 CALCESTRUZZI E MALTE PRECONFEZIONATE

3.03.01	**Malta pronta** a base cementizia		
	- cementizia	€/Kg	0,80
	- antiritiro	€/Kg	0,90
3.03.02	**Muro cellulare**		
	- moduli prefabbricati in cls	€/cad	56,00

3.04.00 MATERIALI METALLICI

3.04.01	**Acciaio** Fe B 44 K tondo ad aderenza migliorata		
	- diam. 14 mm - 28 mm	€/Kg	0,60
3.04.02	**Picchetto metallico**		
	- diam. 14 mm, L = 1,5 m	€/Kg	0,80
3.04.03	**Rete elettrosaldata** in acciaio ad aderenza migliorata Fe B 44 K		
		€/Kg	2,00
		€/m^2	4,00
3.04.04	**Chiodi**		
		€/cad	1,40
		€/kg	0,60
	- spezzoni di acciaio appuntiti	€/cad	0,80
3.04.05	**Barra con asola**		
		€/cad	2,60
	> 60 cm	€/cad	1,90
	> 80 cm	€/cad	2,80

3.04.06	**Filo di ferro**		
	- diam 3 mm	€/kg	0,80
3.04.07	**Punti metallici**		
		€/cad	0,30
		€/kg	0,60
3.04.08	**Zanche o cambre o staffe**		
	- in acciaio	€/kg	5,00
3.04.09	**Fune di acciaio** zincato		
	- diam. 12 mm	€/m	2,00
	- diam. 16 mm	€/m	5,00
	- diam. 20 mm	€/m	7,00
3.04.10	**Morsetto serrafune d'acciaio**		
		€/cad	1,80
3.04.11	**Puntale in ferro**		
		€/cad	1,00
3.04.12	**Rete metallica**		
		€/m^2	3,90
	- con rivestimento in PVC	€/m^2	1,00
3.04.13	**Elementi preconfezionati in rete metallica**		
	- moduli per materassi 1 x 2 m	€/kg	2,90
	- moduli per gabbioni 1x 1 m	€/kg	3,00
	- moduli per terre rinforzate	€/m^2	97,00
3.04.14	**Flangia e dado**		
		€/cad	1,60
3.04.14	**Piloti**		
		€/cad	10,00
		€/kg	1,10
3.04.15	**Barre**		
	- lisce	€/cad	2,00
	- filettate	€/cad	4,00
3.04.16	**Putrelle HEB 180**		
		€/cad	0,80

3.05.00 GEOSINTETICI E BIOSTUOIE

3.05.01	**Geostuoia tridimensionale** in materiale sintetico		
		€/m^2	6,80
3.05.02	**Geostuoia tridimensionale** in polipropilene stabilizzato UV abbinata, in fase di estrusione, ad una rete metallica a doppia torsione -spessore 10 mm maglia 6 x 8 filo diam. 2,20 mm, resistenza longitudinale 35 kN/m	€/m^2	9,00

3.05.03	**Geostuoia tridimensionale** in materiale sintetico prebitumata a caldo	€/m^2	33,60
3.05.04	**Biofeltro** in cocco	€/m^2	3,60
3.05.05	**Biorete** in cocco	€/m^2	3,60
3.05.06	**Biostuoia**		
	- di paglia, peso di 400 g/mq	€/m^2	1,00
	- di cocco, peso di 400 g/mq	€/m^2	2,50
	- di paglia e cocco,peso di 400 g/mq	€/m^2	2,00
3.05.07	**Biotessile**		
	- in cocco del peso di 700 g/m^2	€/m^2	5,00
	- in juta del peso di 500 g/m^2	€/m^2	1,80
3.05.08	**Rete in fibra naturale di juta**	€/m^2	2,50
3.05.09	**Rullo** cilindrico o prismatico in fibre contenute da rete in fibre di poliestere tessute		
	- di cocco, con diam. 500 mm e peso 25 kg/m	€/m	65,00
		€/cad	31,00
3.05.10	**Geocelle a nido d'ape**	€/m^2	15,50
3.05.11	**Geotessuto**	€/m^2	6,70

3.06.00 LEGNAMI E MATERIALI LEGNOSI

3.06.01	**Legname scortecciato**		
	- di castagno diam. 20-25 cm L=4-5 m	€/m^3	114,60
	- pino nero da opera	€/m^3	64,60
3.06.02	**Paletti di legno**		
	- diam. 5 cm L=80 cm	€/cad	1,00
	- diam. 8 cm L=100 cm	€/cad	1,30
	- diam. 8 cm L=2-3 m	€/cad	6,20
3.06.03	**Ramaglia**		
	- di salice arbustivo L = 2 - 2,5 m, diam. 2 - 5 cm	€/cad	0,80
	- di conifere	€/kg	0,04
3.06.04	**Verghe da intreccio**		
	- di salice vivo	€/cad	0,80
3.06.05	**Verghe morte**		
	- L= 2,00 m, diam. 3 cm	€/cad	0,20
3.06.06	**Paglia**	€/ql	10,30

3.06.07	**Pertiche di castagno**	€/kg	0,10
3.06.08	**Traverse ferroviarie in legno**	€/cad	1,80

3.07.00 PIANTE, SEMENTI, CONCIMI

3.07.01	**Talee di salice o tamerice**	€/cad	0,80
3.07.02	**Pianta in vasetto o zolla**		
	- arbusto	€/cad	6,50
	- albero	€/cad	12,20
3.07.03	**Sementi**		
	- miscela di sementi	€/kg	3,60
3.07.04	**Concime**		
	- fertilizzanti organici	€/kg	0,50
	- ammendanti	€/kg	1,00
3.07.05	**Varie per semina**		
	- collante organico	€/kg	2,40
	- per idrosemina a spessore	€/kg	13,20
3.07.06	**Canna palustre** dal selvatico		
	- culmi di canna	€/cad	
	- rizomi e cespi	€/cad	
	- zolle	€/cad	1,40
3.07.07	**Materiali accessori per piantagioni**		
	- dischi in biofeltro per pacciamatura	€/cad	1,30
	- palo tutore	€/cad	1,30
	- impianto irrigazione	€/m^2	12,90
3.07.08	**Tappeto erboso pronto**	€/m^2	8,20
3.07.09	**Ramaglia di conifere**	€/cad	0,90

Manuale di Ingegneria Naturalistica applicabile ai settori delle strade

Tipologia	1
Semina a spaglio	

Oggetto	Unità di misura	Quantità	Prezzo elementare	Importo	Prezzo elementare	Importo	Prezzo elementare	Importo	Prezzo elementare	Importo	Prezzo elementare	Importo
A) MANODOPERA:			**ROMA**		**LATINA**		**VITERBO**		**RIETI**		**FROSINONE**	
Operaio specializzato	ora	0	20,37	0,00	18,30	0,00	20,29	0,00	20,50	0,00	23,01	0,00
Operaio qualificato	ora	0	19,02	0,00	17,23	0,00	19,10	0,00	19,29	0,00	21,61	0,00
Operaio comune	ora	0,02	17,47	0,35	15,96	0,32	17,47	0,35	17,74	0,35	19,77	0,40
				0,35		0,32		0,35		0,35		0,40
B) NOLI:												
				0,00		0,00		0,00		0,00		0,00
C) MATERIALI:												
Miscela per sementi 50 g/m^2	Kg	0,05	3,60	0,18	3,60	0,18	3,60	0,18	3,60	0,18	3,60	0,18
				0,18		0,18		0,18		0,18		0,18
TOTALE COSTI			**€/m^2**	**0,53**	**€/m^2**	**0,50**	**€/m^2**	**0,53**	**€/m^2**	**0,53**	**€/m^2**	**0,58**
PER SPESE GENERALI IL 14 % (ex delibera 37/2000 autorità vigilanza LLPP)			€/m2	0,07	€/m2	0,07	€/m2	0,07	€/m2	0,07	€/m2	0,08
PER SPESE GENERALI IL 14 % (ex delibera 37/2000 autorità vigilanza LLPP)			€/m2	0,06	€/m2	0,06	€/m2	0,06	€/m2	0,06	€/m2	0,07
SICUREZZA 6%			€/m2	0,04	€/m2	0,04	€/m2	0,04	€/m2	0,04	€/m2	0,04
PREZZO DI APPLICAZIONE PER UNITA' DI MISURA PARI A 1 m2			€/m2	**0,70**	€/m2	**0,66**	€/m2	**0,70**	€/m2	**0,71**	€/m2	**0,76**

Tipologia	2
Semina a paglia e bitume	

Oggetto	Unità di misura	Quantità	Prezzo elementare	Importo	Prezzo elementare	Importo	Prezzo elementare	Importo	Prezzo elementare	Importo	Prezzo elementare	Importo
A) MANODOPERA:			**ROMA**		**LATINA**		**VITERBO**		**RIETI**		**FROSINONE**	
Operaio specializzato	ora	0	20,37	0,00	18,30	0,00	20,29	0,00	20,50	0,00	23,01	0,00
Operaio qualificato	ora	0,02	19,02	0,38	17,23	0,34	19,10	0,38	19,29	0,39	21,61	0,43
Operaio comune	ora	0,04	17,47	0,70	15,96	0,64	17,47	0,70	17,74	0,71	19,77	0,79
				1,08		0,98		1,08		1,10		1,22
B) NOLI:												
Pompa irroratrice	ora	0,02	25,80	0,52	25,80	0,52	25,80	0,52	25,80	0,52	25,80	0,52
				0,52		0,52		0,52		0,52		0,52
C) MATERIALI:												
Miscela per sementi 50 g/m^2	Kg	0,05	3,60	0,18	3,60	0,18	3,60	0,18	3,60	0,18	3,60	0,18
Paglia	ql	0,01	10,30	0,10	10,30	0,10	10,30	0,10	10,30	0,10	10,30	0,10
Bitume	Kg	0,70	1,00	0,70	1,00	0,70	1,00	0,70	1,00	0,70	1,00	0,70
Ammendanti	Kg	0,1	1,00	0,10	1,00	0,10	1,00	0,10	1,00	0,10	1,00	0,10
				1,08		1,08		1,08		1,08		1,08
TOTALE COSTI			**€/m^2**	**2,68**	**€/m^2**	**2,58**	**€/m^2**	**2,68**	**€/m^2**	**2,69**	**€/m^2**	**2,82**
PER SPESE GENERALI IL 14 % (ex delibera 37/2000 autorità vigilanza LLPP)			€/m2	0,37	€/m2	0,36	€/m2	0,38	€/m2	0,38	€/m2	0,40
PER SPESE GENERALI IL 14 % (ex delibera 37/2000 autorità vigilanza LLPP)			€/m2	0,31	€/m2	0,29	€/m2	0,31	€/m2	0,31	€/m2	0,32
SICUREZZA 6%			€/m2	0,20	€/m2	0,19	€/m2	0,20	€/m2	0,20	€/m2	0,21
PREZZO DI APPLICAZIONE PER UNITA' DI MISURA PARI A 1 m2			€/m2	**3,56**	€/m2	**3,43**	€/m2	**3,56**	€/m2	**3,58**	€/m2	**3,75**

Tipologia	3
Idrosemina	

Oggetto	Unità di misura	Quantità	Prezzo elementare	Importo	Prezzo elementare	Importo	Prezzo elementare	Importo	Prezzo elementare	Importo	Prezzo elementare	Importo
A) MANODOPERA:			**ROMA**		**LATINA**		**VITERBO**		**RIETI**		**FROSINONE**	
Operaio specializzato	ora	0	20,37	0,00	18,30	0,00	20,29	0,00	20,50	0,00	23,01	0,00
Operaio qualificato	ora	0,01	19,02	0,19	17,23	0,17	19,10	0,19	19,29	0,19	21,61	0,22
Operaio comune	ora	0,01	17,47	0,17	15,96	0,16	17,47	0,17	17,74	0,18	19,77	0,20
				0,36		0,33		0,37		0,37		0,41
B) NOLI:												
Idroseminatrice	ora	0,010	36,10	0,36	36,10	0,36	36,10	0,36	36,10	0,36	36,10	0,36
				0,36		0,36		0,36		0,36		0,36
C) MATERIALI:												
Miscela sementi	kg	0,04	3,60	0,14	3,60	0,14	3,60	0,14	3,60	0,14	3,60	0,14
Fertilizzanti organici	kg	0,06	0,50	0,03	0,50	0,03	0,50	0,03	0,50	0,03	0,50	0,03
Collante organico	kg	0,07	2,40	0,17	2,40	0,17	2,40	0,17	2,40	0,17	2,40	0,17
				0,34		0,34		0,34		0,34		0,34
TOTALE COSTI			**€/m²**	**1,07**	**€/m²**	**1,03**	**€/m²**	**1,07**	**€/m²**	**1,07**	**€/m²**	**1,12**
PER SPESE GENERALI IL 14 % (ex delibera 37/2000 autorità vigilanza LLPP)			€/m2	0,15	€/m2	0,14	€/m2	0,15	€/m2	0,15	€/m2	0,16
PER SPESE GENERALI IL 14 % (ex delibera 37/2000 autorità vigilanza LLPP)			€/m2	0,12	€/m2	0,12	€/m2	0,12	€/m2	0,12	€/m2	0,13
SICUREZZA 6%			€/m2	0,08	€/m2	0,08	€/m2	0,08	€/m2	0,08	€/m2	0,08
PREZZO DI APPLICAZIONE PER UNITA' DI MISURA PARI A 1 m2			€/m2	**1,42**	€/m2	**1,38**	€/m2	**1,42**	€/m2	**1,43**	€/m2	**1,48**

Tipologia	4
Idrosemina a spessore	

Oggetto	Unità di misura	Quantità	Prezzo elementare	Importo	Prezzo elementare	Importo	Prezzo elementare	Importo	Prezzo elementare	Importo	Prezzo elementare	Importo
A) MANODOPERA:			**ROMA**		**LATINA**		**VITERBO**		**RIETI**		**FROSINONE**	
Operaio specializzato	ora	0	20,37	0,00	18,30	0,00	20,29	0,00	20,50	0,00	23,01	0,00
Operaio qualificato	ora	0,015	19,02	0,29	17,23	0,26	19,10	0,29	19,29	0,29	21,61	0,32
Operaio comune	ora	0,015	17,47	0,26	15,96	0,24	17,47	0,26	17,74	0,27	19,77	0,30
				0,55		0,50		0,55		0,56		0,62
B) NOLI:												
Idroseminatrice	ora	0,010	36,10	0,36	36,10	0,36	36,10	0,36	36,10	0,36	36,10	0,36
				0,36		0,36		0,36		0,36		0,36
C) MATERIALI:												
Miscela sementi	kg	0,04	3,60	0,14	3,60	0,14	3,60	0,14	3,60	0,14	3,60	0,14
Fibra vegetale (paglia, cellulosa)	kg	0,50	0,10	0,05	0,10	0,05	0,10	0,05	0,10	0,05	0,10	0,05
Fertilizzanti organici	kg	0,06	0,50	0,03	0,50	0,03	0,50	0,03	0,50	0,03	0,50	0,03
Collante organico	kg	0,07	13,20	0,92	13,20	0,92	13,20	0,92	13,20	0,92	13,20	0,92
				1,15		1,15		1,15		1,15		1,15
TOTALE COSTI			**€/m²**	**2,06**	**€/m²**	**2,01**	**€/m²**	**2,06**	**€/m²**	**2,06**	**€/m²**	**2,13**

PER SPESE GENERALI IL 14 % (ex delibera 37/2000 autorità vigilanza LLPP)	€/m2	0,29	€/m2	0,28	€/m2	0,29	€/m2	0,29	€/m2	0,30
PER SPESE GENERALI IL 14 % (ex delibera 37/2000 autorità vigilanza LLPP)	€/m2	0,23	€/m2	0,23	€/m2	0,23	€/m2	0,24	€/m2	0,24
SICUREZZA 6%	€/m2	0,15	€/m2	0,15	€/m2	0,15	€/m2	0,16	€/m2	0,16
PREZZO DI APPLICAZIONE PER UNITA' DI MISURA PARI A 1 m2	€/m2	**2,73**	€/m2	**2,67**	€/m2	**2,73**	€/m2	**2,74**	€/m2	**2,83**

Tipologia	6
Stuoia in juta	

Oggetto	Unità di misura	Quantità	Prezzo elementare	Importo	Prezzo elementare	Importo	Prezzo elementare	Importo	Prezzo elementare	Importo	Prezzo elementare	Importo
A) MANODOPERA:			**ROMA**		**LATINA**		**VITERBO**		**RIETI**		**FROSINONE**	
Operaio specializzato	ora	0	20,37	0,00	18,30	0,00	20,29	0,00	20,50	0,00	23,01	0,00
Operaio qualificato	ora	0,08	19,02	1,52	17,23	1,38	19,10	1,53	19,29	1,54	21,61	1,73
Operaio comune	ora	0,08	17,47	1,40	15,96	1,28	17,47	1,40	17,74	1,42	19,77	1,58
				2,92		2,66		2,93		2,96		3,31
B) NOLI:												
				0,00		0,00		0,00		0,00		0,00
C) MATERIALI:												
Stuoia in fibra naturale di juta	m^2	1,00	1,80	1,80	1,80	1,80	1,80	1,80	1,80	1,80	1,80	1,80
Picchetti acciaio e staffe	Kg	1,40	0,80	1,12	0,80	1,12	0,80	1,12	0,80	1,12	0,80	1,12
Talee di salice o tamerice	cad	1,00	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80
Semina a spaglio	m^2	1,00	0,53	0,53	0,50	0,50	0,53	0,53	0,53	0,53	0,58	0,58
				4,25		4,22		4,25		4,25		4,30
TOTALE COSTI			**€/m^2**	**7,17**	**€/m^2**	**6,88**	**€/m^2**	**7,18**	**€/m^2**	**7,21**	**€/m^2**	**7,61**
PER SPESE GENERALI IL 14 % (ex delibera 37/2000 autorità vigilanza LLPP)			€/m2	1,00	€/m2	0,96	€/m2	1,00	€/m2	1,01	€/m2	1,07
PER SPESE GENERALI IL 14 % (ex delibera 37/2000 autorità vigilanza LLPP)			€/m2	0,82	€/m2	0,78	€/m2	0,82	€/m2	0,82	€/m2	0,87
SICUREZZA 6%			€/m2	0,54	€/m2	0,52	€/m2	0,54	€/m2	0,54	€/m2	0,57
PREZZO DI APPLICAZIONE PER UNITA' DI MISURA PARI A 1 m2			€/m2	**9,53**	€/m2	**9,14**	€/m2	**9,54**	€/m2	**9,59**	€/m2	**10,12**

Tipologia	7
Stuoia in fibra vegetale (cocco, paglia, mista cocco e paglia)	

Oggetto	Unità di misura	Quantità	Prezzo elementare	Importo	Prezzo elementare	Importo	Prezzo elementare	Importo	Prezzo elementare	Importo	Prezzo elementare	Importo
A) MANODOPERA:			**ROMA**		**LATINA**		**VITERBO**		**RIETI**		**FROSINONE**	
Operaio specializzato	ora	0	20,37	0,00	18,30	0,00	20,29	0,00	20,50	0,00	23,01	0,00
Operaio qualificato	ora	0,08	19,02	1,52	17,23	1,38	19,10	1,53	19,29	1,54	21,61	1,73
Operaio comune	ora	0,08	17,47	1,40	15,96	1,28	17,47	1,40	17,74	1,42	19,77	1,58
				2,92		2,66		2,93		2,96		3,31
B) NOLI:												
				0,00		0,00		0,00		0,00		0,00
C) MATERIALI:												
biostuoia preseminata	m^2	1,00	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50
picchetti in ferro	kg	0,70	0,80	0,56	0,80	0,56	0,80	0,56	0,80	0,56	0,80	0,56
Talee salice o tamerice	cad	1,00	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80
staffe	kg	0,70	5,00	3,50	5,00	3,50	5,00	3,50	5,00	3,50	5,00	3,50
				7,36		7,36		7,36		7,36		7,36
TOTALE COSTI			**€/m^2**	**10,28**	**€/m^2**	**10,02**	**€/m^2**	**10,29**	**€/m^2**	**10,32**	**€/m^2**	**10,67**

PER SPESE GENERALI IL 14 % (ex delibera 37/2000 autorità vigilanza LLPP)	€/m2	1,44	€/m2	1,40	€/m2	1,44	€/m2	1,45	€/m2	1,49
PER SPESE GENERALI IL 14 % (ex delibera 37/2000 autorità vigilanza LLPP)	€/m2	1,17	€/m2	1,14	€/m2	1,17	€/m2	1,18	€/m2	1,22
SICUREZZA 6%	€/m2	0,77	€/m2	0,75	€/m2	0,77	€/m2	0,78	€/m2	0,80
PREZZO DI APPLICAZIONE PER UNITA' DI MISURA PARI A 1 m2	€/m2	**13,66**	€/m2	**13,31**	€/m2	**13,67**	€/m2	**13,72**	€/m2	**14,18**

Tipologia	8
Stuoia in cocco (Sin. Biotessile in cocco)	

Oggetto	Unità di misura	Quantità	ROMA Prezzo elementare	ROMA Importo	LATINA Prezzo elementare	LATINA Importo	VITERBO Prezzo elementare	VITERBO Importo	RIETI Prezzo elementare	RIETI Importo	FROSINONE Prezzo elementare	FROSINONE Importo
A) MANODOPERA:												
Operaio specializzato	ora	0	20,37	0,00	18,30	0,00	20,29	0,00	20,50	0,00	23,01	0,00
Operaio qualificato	ora	0,08	19,02	1,52	17,23	1,38	19,10	1,53	19,29	1,54	21,61	1,73
Operaio comune	ora	0,08	17,47	1,40	15,96	1,28	17,47	1,40	17,74	1,42	19,77	1,58
				2,92		2,66		2,93		2,96		3,31
B) NOLI:												
				0,00		0,00		0,00		0,00		0,00
C) MATERIALI:												
biotessile in cocco	m^2	1,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00
picchetti in ferro	kg	0,70	0,80	0,56	0,80	0,56	0,80	0,56	0,80	0,56	0,80	0,56
staffe	kg	0,70	5,00	3,50	5,00	3,50	5,00	3,50	5,00	3,50	5,00	3,50
Talee salice o tamerice	cad	1,00	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80
Semina	m^2	1,00	0,53	0,53	0,50	0,50	0,53	0,53	0,53	0,53	0,58	0,58
				10,39		10,36		10,39		10,39		10,44
TOTALE COSTI			**€/m^2**	**13,31**	**€/m^2**	**13,02**	**€/m^2**	**13,32**	**€/m^2**	**13,35**	**€/m^2**	**13,75**
PER SPESE GENERALI IL 14 % (ex delibera 37/2000 autorità vigilanza LLPP)			€/m2	1,86	€/m2	1,82	€/m2	1,86	€/m2	1,87	€/m2	1,93
PER SPESE GENERALI IL 14 % (ex delibera 37/2000 autorità vigilanza LLPP)			€/m2	1,52	€/m2	1,48	€/m2	1,52	€/m2	1,52	€/m2	1,57
SICUREZZA 6%			€/m2	1,00	€/m2	0,98	€/m2	1,00	€/m2	1,00	€/m2	1,03
PREZZO DI APPLICAZIONE PER UNITA' DI MISURA PARI A 1 m2			€/m2	**17,69**	€/m2	**17,30**	€/m2	**17,70**	€/m2	**17,75**	€/m2	**18,28**

Tipologia	9
Geostuoia tridimensionale sintetica	

Oggetto	Unità di misura	Quantità	Prezzo elementare	Importo	Prezzo elementare	Importo	Prezzo elementare	Importo	Prezzo elementare	Importo	Prezzo elementare	Importo
A) MANODOPERA:			**ROMA**		**LATINA**		**VITERBO**		**RIETI**		**FROSINONE**	
Operaio specializzato	ora	0	20,37	0,00	18,30	0,00	20,29	0,00	20,50	0,00	23,01	0,00
Operaio qualificato	ora	0,1	19,02	1,90	17,23	1,72	19,10	1,91	19,29	1,93	21,61	2,16
Operaio comune	ora	0,1	17,47	1,75	15,96	1,60	17,47	1,75	17,74	1,77	19,77	1,98
				3,65		3,32		3,66		3,70		4,14
B) NOLI:												
				0,00		0,00		0,00		0,00		0,00
C) MATERIALI:												
Geostuoia tridimensionale sintetica	m^2	1,00	6,80	6,80	6,80	6,80	6,80	6,80	6,80	6,80	6,80	6,80
Terreno vegetale	m^3	0,02	10,10	0,20	10,10	0,20	10,10	0,20	10,10	0,20	10,10	0,20
Picchetti o staffe acciaio	Kg	1,40	0,80	1,12	0,80	1,12	0,80	1,12	0,80	1,12	0,80	1,12
Semina	m^2	1,00	0,53	0,53	0,50	0,50	0,53	0,53	0,53	0,53	0,58	0,58
Talee di salice o tamerice	cad	1,00	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80
				9,45		9,42		9,45		9,45		9,50
TOTALE COSTI			**€/m^2**	**13,10**	**€/m^2**	**12,74**	**€/m^2**	**13,11**	**€/m^2**	**13,16**	**€/m^2**	**13,64**

PER SPESE GENERALI IL 14 % (ex delibera 37/2000 autorità vigilanza LLPP)	€/m2	1,83	€/m2	1,78	€/m2	1,84	€/m2	1,84	€/m2	1,91
PER SPESE GENERALI IL 14 % (ex delibera 37/2000 autorità vigilanza LLPP)	€/m2	1,49	€/m2	1,45	€/m2	1,49	€/m2	1,50	€/m2	1,55
SICUREZZA 6%	€/m2	0,99	€/m2	0,96	€/m2	0,99	€/m2	0,99	€/m2	1,03
PREZZO DI APPLICAZIONE PER UNITA' DI MISURA PARI A 1 m2	€/m2	**17,41**	€/m2	**16,94**	€/m2	**17,43**	€/m2	**17,49**	€/m2	**18,13**

Tipologia	10
Geostuoia tridimensionale sintetica bitumata in opera a freddo	

Oggetto	Unità di misura	Quantità	Prezzo elementare	Importo	Prezzo elementare	Importo	Prezzo elementare	Importo	Prezzo elementare	Importo	Prezzo elementare	Importo
A) MANODOPERA:			**ROMA**		**LATINA**		**VITERBO**		**RIETI**		**FROSINONE**	
Operaio specializzato	ora	0	20,37	0,00	18,30	0,00	20,29	0,00	20,50	0,00	23,01	0,00
Operaio qualificato	ora	0,25	19,02	4,76	17,23	4,31	19,10	4,78	19,29	4,82	21,61	5,40
Operaio comune	ora	0,5	17,47	8,74	15,96	7,98	17,47	8,74	17,74	8,87	19,77	9,89
				13,49		12,29		13,51		13,69		15,29
B) NOLI:												
Autocarro	ora	0,02	31,00	0,62	31,00	0,62	31,00	0,62	31,00	0,62	31,00	0,62
Escavatore	ora	0,02	41,30	0,83	41,30	0,83	41,30	0,83	41,30	0,83	41,30	0,83
Pompa irroratrice	ora	0,01	25,80	0,26	25,80	0,26	25,80	0,26	25,80	0,26	25,80	0,26
				1,70		1,70		1,70		1,70		1,70
C) MATERIALI:												
Geostuoia tridimensionale in materiale sintetico	m^2	1	6,80	6,80	6,80	6,80	6,80	6,80	6,80	6,80	6,80	6,80
Sfridi	%	55		3,74		3,74		3,74		3,74		3,74
Ghiaino	Kg	20	1,24	24,80	1,24	24,80	1,24	24,80	1,24	24,80	1,24	24,80
Bitume	Kg	1,5	1,00	1,50	1,00	1,50	1,00	1,50	1,00	1,50	1,00	1,50
Picchetti o staffe acciaio	Kg	1,4	5,00	7,00	5,00	7,00	5,00	7,00	5,00	7,00	5,00	7,00
Idrosemina	m^2	1	1,07	1,07	1,03	1,03	1,07	1,07	1,07	1,07	1,12	1,12
Talee di salice o tamerice	cad	1	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80
				45,71		45,67		45,71		45,71		45,76
TOTALE COSTI			**€/m^2**	**60,90**	**€/m^2**	**59,66**	**€/m^2**	**60,92**	**€/m^2**	**61,11**	**€/m^2**	**62,75**
PER SPESE GENERALI IL 14 % (ex delibera 37/2000 autorità vigilanza LLPP)	€/m2		€/m2	8,53	€/m2	8,35	€/m2	8,53	€/m2	8,55	€/m2	8,79
PER SPESE GENERALI IL 14 % (ex delibera 37/2000 autorità vigilanza LLPP)	€/m2		€/m2	6,94	€/m2	6,80	€/m2	6,95	€/m2	6,97	€/m2	7,15
SICUREZZA 6%	€/m2		€/m2	4,58	€/m2	4,49	€/m2	4,58	€/m2	4,60	€/m2	4,72
PREZZO DI APPLICAZIONE PER UNITA' DI MISURA PARI A 1 m2	€/m2		€/m2	**80,96**	€/m2	**79,30**	€/m2	**80,98**	€/m2	**81,23**	€/m2	**83,41**

Tipologia	11
Geocelle a nido d'ape in materiale sintetico	

Oggetto	Unità di misura	Quantità	Prezzo elementare	Importo	Prezzo elementare	Importo	Prezzo elementare	Importo	Prezzo elementare	Importo	Prezzo elementare	Importo
A) MANODOPERA:			**ROMA**		**LATINA**		**VITERBO**		**RIETI**		**FROSINONE**	
Operaio specializzato	ora	0	20,37	0,00	18,30	0,00	20,29	0,00	20,50	0,00	23,01	0,00
Operaio qualificato	ora	0,08	19,02	1,52	17,23	1,38	19,10	1,53	19,29	1,54	21,61	1,73
Operaio comune	ora	0,1	17,47	1,75	15,96	1,60	17,47	1,75	17,74	1,77	19,77	1,98
				3,27		2,97		3,28		3,32		3,71
B) NOLI:												
Autocarro	ora	0,01	31,00	0,31	31,00	0,31	31,00	0,31	31,00	0,31	31,00	0,31
Escavatore	ora	0,05	41,30	2,07	41,30	2,07	41,30	2,07	41,30	2,07	41,30	2,07
				2,38		2,38		2,38		2,38		2,38
C) MATERIALI:												
Geocelle a nido d'ape h 10 cm	m^2	1	15,50	15,50	15,50	15,50	15,50	15,50	15,50	15,50	15,50	15,50
Picchetti o staffe in acciaio	kg	1,4	5,00	7,00	5,00	7,00	5,00	7,00	5,00	7,00	5,00	7,00
Terreno vegetale	m^3	0,1	10,10	1,01	10,10	1,01	10,10	1,01	10,10	1,01	10,10	1,01
Idrosemina	m^2	1	1,07	1,07	1,03	1,03	1,07	1,07	1,07	1,07	1,12	1,12
Arbusti	cad	1	6,50		6,50		6,50		6,50		6,50	
Talee di salice o tamerice	cad	1	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80
				25,38		25,34		25,38		25,38		25,43
TOTALE COSTI			**€/m^2**	**31,02**	**€/m^2**	**30,69**	**€/m^2**	**31,03**	**€/m^2**	**31,07**	**€/m^2**	**31,51**

PER SPESE GENERALI IL 14 % (ex delibera 37/2000 autorità vigilanza LLPP)	€/m2		4,34	€/m2	4,30	€/m2	4,34	€/m2	4,35	€/m2	4,41
PER SPESE GENERALI IL 14 % (ex delibera 37/2000 autorità vigilanza LLPP)	€/m2		3,54	€/m2	3,50	€/m2	3,54	€/m2	3,54	€/m2	3,59
SICUREZZA 6%	€/m2		2,33	€/m2	2,31	€/m2	2,33	€/m2	2,34	€/m2	2,37
PREZZO DI APPLICAZIONE PER UNITA' DI MISURA PARI A 1 m2	€/m2		**41,24**	€/m2	**40,79**	€/m2	**41,25**	€/m2	**41,30**	€/m2	**41,89**

Tipologia	12
Rete metallica a doppia torsione	

Oggetto	Unità di misura	Quantità	Prezzo elementare	Importo	Prezzo elementare	Importo	Prezzo elementare	Importo	Prezzo elementare	Importo	Prezzo elementare	Importo
A) MANODOPERA:			**ROMA**		**LATINA**		**VITERBO**		**RIETI**		**FROSINONE**	
Operaio specializzato	ora	0	20,37	0,00	18,30	0,00	20,29	0,00	20,50	0,00	23,01	0,00
Operaio qualificato	ora	0,8	19,02	15,22	17,23	13,78	19,10	15,28	19,29	15,43	21,61	17,29
Operaio comune	ora	0,8	17,47	13,98	15,96	12,77	17,47	13,98	17,74	14,19	19,77	15,82
				29,19		26,55		29,26		29,62		33,10
B) NOLI:												
Autocarro	ora	0,03	31,00	0,93	31,00	0,93	31,00	0,93	31,00	0,93	31,00	0,93
Verricello	ora	0,15	6,20	0,93	6,20	0,93	6,20	0,93	6,20	0,93	6,20	0,93
Compressore con pistola perforatrice	ora	0,20	18,60	3,72	18,60	3,72	18,60	3,72	18,60	3,72	18,60	3,72
				5,58		5,58		5,58		5,58		5,58
C) MATERIALI:												
Rete metallica	m^2	1,00	3,90	3,90	3,90	3,90	3,90	3,90	3,90	3,90	3,90	3,90
Barre	cad	0,50	4,00	2,00	4,00	2,00	4,00	2,00	4,00	2,00	4,00	2,00
Fune diam. 12 mm	m	0,20	2,00	0,40	2,00	0,40	2,00	0,40	2,00	0,40	2,00	0,40
Morsetto serrafune d'acciaio	cad	2,00	1,80	3,60	1,80	3,60	1,80	3,60	1,80	3,60	1,80	3,60
Malta antiritiro	kg	0,20	0,90	0,18	0,90	0,18	0,90	0,18	0,90	0,18	0,90	0,18
Idrosemina	m^2	1,00	1,07	1,07	1,03	1,03	1,07	1,07	1,07	1,07	1,12	1,12
				0,00		0,00		0,00		0,00		0,00
				11,15		11,11		11,15		11,15		11,20
TOTALE COSTI			**€/m^2**	**45,92**	**€/m^2**	**43,24**	**€/m^2**	**45,99**	**€/m^2**	**46,35**	**€/m^2**	**49,88**
PER SPESE GENERALI IL 14 % (ex delibera 37/2000 autorità vigilanza LLPP)			€/m2	6,43	€/m2	6,05	€/m2	6,44	€/m2	6,49	€/m2	6,98
PER SPESE GENERALI IL 14 % (ex delibera 37/2000 autorità vigilanza LLPP)			€/m2	5,24	€/m2	4,93	€/m2	5,24	€/m2	5,28	€/m2	5,69
SICUREZZA 6%			€/m2	3,46	€/m2	3,25	€/m2	3,46	€/m2	3,49	€/m2	3,75
PREZZO DI APPLICAZIONE PER UNITA' DI MISURA PARI A 1 m2			€/m2	**61,04**	€/m2	**57,48**	€/m2	**61,13**	€/m2	**61,62**	€/m2	**66,31**

Tipologia	13
Rivestimento vegetativo in rete metallica a doppia torsione zincata (e plastificata) e biostuoie	

Oggetto	Unità di misura	Quantità	Prezzo elementare	Importo	Prezzo elementare	Importo	Prezzo elementare	Importo	Prezzo elementare	Importo	Prezzo elementare	Importo
A) MANODOPERA:			**ROMA**		**LATINA**		**VITERBO**		**RIETI**		**FROSINONE**	
Operaio specializzato	ora	0	20,37	0,00	18,30	0,00	20,29	0,00	20,50	0,00	23,01	0,00
Operaio qualificato	ora	0,8	19,02	15,22	17,23	13,78	19,10	15,28	19,29	15,43	21,61	17,29
Operaio comune	ora	0,8	17,47	13,98	15,96	12,77	17,47	13,98	17,74	14,19	19,77	15,82
				29,19		26,55		29,26		29,62		33,10
B) NOLI:												
Autocarro	ora	0,06	31,00	1,86	31,00	1,86	31,00	1,86	31,00	1,86	31,00	1,86
Verricello	ora	0,30	6,20	1,86	6,20	1,86	6,20	1,86	6,20	1,86	6,20	1,86
Compressore con pistola perforatrice	ora	0,20	18,60	3,72	18,60	3,72	18,60	3,72	18,60	3,72	18,60	3,72
				7,44		7,44		7,44		7,44		7,44
C) MATERIALI:												
Rete metallica	m^2	1,00	3,90	3,90	3,90	3,90	3,90	3,90	3,90	3,90	3,90	3,90
Barre	cad	0,50	4,00	2,00	4,00	2,00	4,00	2,00	4,00	2,00	4,00	2,00
Biostuoia	m^2	1,00	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50
Fune	m	0,20	2,00	0,40	2,00	0,40	2,00	0,40	2,00	0,40	2,00	0,40
Morsetto serrafune d'acciaio	cad	2,00	1,80	3,60	1,80	3,60	1,80	3,60	1,80	3,60	1,80	3,60
Malta antiritiro	kg	0,20	0,90	0,18	0,90	0,18	0,90	0,18	0,90	0,18	0,90	0,18
Picchetti e chiodi	kg	2,80	0,80	2,24	0,80	2,24	0,80	2,24	0,80	2,24	0,80	2,24
Idrosemina	m^2	1,00	1,07	1,07	1,03	1,03	1,07	1,07	1,07	1,07	1,12	1,12
				15,89		15,85		15,89		15,89		15,94
TOTALE COSTI			**€/m²**	**52,52**	**€/m²**	**49,84**	**€/m²**	**52,59**	**€/m²**	**52,95**	**€/m²**	**56,48**
PER SPESE GENERALI IL 14 % (ex delibera 37/2000 autorità vigilanza LLPP)		€/m2		7,35	€/m2	6,98	€/m2	7,36	€/m2	7,41	€/m2	7,91
PER SPESE GENERALI IL 14 % (ex delibera 37/2000 autorità vigilanza LLPP)		€/m2		5,99	€/m2	5,68	€/m2	5,99	€/m2	6,04	€/m2	6,44
SICUREZZA 6%		€/m2		3,95	€/m2	3,75	€/m2	3,96	€/m2	3,98	€/m2	4,25
PREZZO DI APPLICAZIONE PER UNITA' DI MISURA PARI A 1 m2		€/m2		**69,81**	€/m2	**66,25**	€/m2	**69,90**	€/m2	**70,39**	€/m2	**75,08**

Tipologia	14
Rivestimento vegetativo in rete metallica a doppia torsione e geostuoia tridimensionale	

Oggetto	Unità di misura	Quantità	Prezzo elementare	Importo	Prezzo elementare	Importo	Prezzo elementare	Importo	Prezzo elementare	Importo	Prezzo elementare	Importo
A) MANODOPERA:			**ROMA**		**LATINA**		**VITERBO**		**RIETI**		**FROSINONE**	
Operaio specializzato	ora	0	20,37	0,00	18,30	0,00	20,29	0,00	20,50	0,00	23,01	0,00
Operaio qualificato	ora	0,8	19,02	15,22	17,23	13,78	19,10	15,28	19,29	15,43	21,61	17,29
Operaio comune	ora	0,8	17,47	13,98	15,96	12,77	17,47	13,98	17,74	14,19	19,77	15,82
				29,19		26,55		29,26		29,62		33,10
B) NOLI:												
Autocarro	ora	0,06	31,00	1,86	31,00	1,86	31,00	1,86	31,00	1,86	31,00	1,86
Verricello	ora	0,30	6,20	1,86	6,20	1,86	6,20	1,86	6,20	1,86	6,20	1,86
Compressore con pistola perforatrice	ora	0,20	18,60	3,72	18,60	3,72	18,60	3,72	18,60	3,72	18,60	3,72
				7,44		7,44		7,44		7,44		7,44
C) MATERIALI:												
Geostuoia tridimensionale abbinata a rete metallica	m^2	1,00	9,00	9,00	9,00	9,00	9,00	9,00	9,00	9,00	9,00	9,00
Barre	cad	0,50	4,00	2,00	4,00	2,00	4,00	2,00	4,00	2,00	4,00	2,00
Picchetti in tondino di ferro	kg	2,80	0,80	2,24	0,80	2,24	0,80	2,24	0,80	2,24	0,80	2,24
Staffe in tondino di ferro	kg	1,40	0,60	0,84	0,60	0,84	0,60	0,84	0,60	0,84	0,60	0,84
Fune di acciaio	m	0,20	2,00	0,40	2,00	0,40	2,00	0,40	2,00	0,40	2,00	0,40
Malta cementizia antiritiro	kg	0,20	0,90	0,18	0,90	0,18	0,90	0,18	0,90	0,18	0,90	0,18
Idrosemina	m^2	1,00	1,07	1,07	1,03	1,03	1,07	1,07	1,07	1,07	1,12	1,12
Morsetto serrafune d'acciaio	cad	2,00	1,80	3,60	1,80	3,60	1,80	3,60	1,80	3,60	1,80	3,60
				19,33		19,29		19,33		19,33		19,38
TOTALE COSTI			**€/m^2**	**55,96**	**€/m^2**	**53,28**	**€/m^2**	**56,03**	**€/m^2**	**56,39**	**€/m^2**	**59,92**
PER SPESE GENERALI IL 14 % (ex delibera 37/2000 autorità vigilanza LLPP)			€/m2	7,83	€/m2	7,46	€/m2	7,84	€/m2	7,90	€/m2	8,39
PER SPESE GENERALI IL 14 % (ex delibera 37/2000 autorità vigilanza LLPP)			€/m2	6,38	€/m2	6,07	€/m2	6,39	€/m2	6,43	€/m2	6,83
SICUREZZA 6%			€/m2	4,21	€/m2	4,01	€/m2	4,22	€/m2	4,24	€/m2	4,51
PREZZO DI APPLICAZIONE PER UNITA' DI MISURA PARI A 1 m2			€/m2	**74,39**	€/m2	**70,82**	€/m2	**74,47**	€/m2	**74,96**	€/m2	**79,65**

Tipologia	15
Rivestimento vegetativo a materasso confezionato in opera in rete metallica a doppia torsione zincata (e plastificata) e diaframmi con non tessuto, biofeltro e geostuoia tridimensionale	

Oggetto	Unità di misura	Quantità	Prezzo elementare	Importo	Prezzo elementare	Importo	Prezzo elementare	Importo	Prezzo elementare	Importo	Prezzo elementare	Importo
A) MANODOPERA:			**ROMA**		**LATINA**		**VITERBO**		**RIETI**		**FROSINONE**	
Operaio specializzato	ora	0	20,37	0,00	18,30	0,00	20,29	0,00	20,50	0,00	23,01	0,00
Operaio qualificato	ora	1	19,02	19,02	17,23	17,23	19,10	19,10	19,29	19,29	21,61	21,61
Operaio comune	ora	1	17,47	17,47	15,96	15,96	17,47	17,47	17,74	17,74	19,77	19,77
				36,49		33,19		36,57		37,03		41,38
B) NOLI:												
Autocarro	ora	0,15	31,00	4,65	31,00	4,65	31,00	4,65	31,00	4,65	31,00	4,65
Escavatore	ora	0,03	41,30	1,24	41,30	1,24	41,30	1,24	41,30	1,24	41,30	1,24
Verricello	ora	0,60	6,20	3,72	6,20	3,72	6,20	3,72	6,20	3,72	6,20	3,72
Compressore con pistola perforatrice	ora	0,40	18,60	7,44	18,60	7,44	18,60	7,44	18,60	7,44	18,60	7,44
				17,05		17,05		17,05		17,05		17,05
C) MATERIALI:												
Rete metallica	m^2	1,20	3,90	4,68	3,90	4,68	3,90	4,68	3,90	4,68	3,90	4,68
Geostuoia	m^2	1,00	6,80	6,80	6,80	6,80	6,80	6,80	6,80	6,80	6,80	6,80
Punti metallici	kg	1,40	0,60	0,84	0,60	0,84	0,60	0,84	0,60	0,84	0,60	0,84
Barre filettate zincate	cad	1,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00
Flangia e dado	cad	1,00	1,60	1,60	1,60	1,60	1,60	1,60	1,60	1,60	1,60	1,60
Fune	m2	0,20	2,00	0,40	2,00	0,40	2,00	0,40	2,00	0,40	2,00	0,40
Morsetto serrafune d'acciaio	cad	2,00	1,80	3,60	1,80	3,60	1,80	3,60	1,80	3,60	1,80	3,60
Malta antiritiro	kg	0,40	0,90	0,36	0,90	0,36	0,90	0,36	0,90	0,36	0,90	0,36
Terreno vegetale	m^3	0,30	10,10	3,03	10,10	3,03	10,10	3,03	10,10	3,03	10,10	3,03
Idrosemina	m^2	1,00	1,07	1,07	1,03	1,03	1,07	1,07	1,07	1,07	1,12	1,12
Talee	cad	1,00	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80
				27,18		27,14		27,18		27,18		27,23
TOTALE COSTI			**€/m^2**	**80,72**	**€/m^2**	**77,38**	**€/m^2**	**80,80**	**€/m^2**	**81,26**	**€/m^2**	**85,66**
PER SPESE GENERALI IL 14 % (ex delibera 37/2000 autorità vigilanza LLPP)	€/m2		€/m2	11,30	€/m2	10,83	€/m2	11,31	€/m2	11,38	€/m2	11,99
PER SPESE GENERALI IL 14 % (ex delibera 37/2000 autorità vigilanza LLPP)	€/m2		€/m2	9,20	€/m2	8,82	€/m2	9,21	€/m2	9,26	€/m2	9,77
SICUREZZA 6%	€/m2		€/m2	6,07	€/m2	5,82	€/m2	6,08	€/m2	6,11	€/m2	6,44
PREZZO DI APPLICAZIONE PER UNITA' DI MISURA PARI A 1 m2	€/m2		€/m2	**107,29**	€/m2	**102,86**	€/m2	**107,40**	€/m2	**108,01**	€/m2	**113,86**

Tipologia	16
Materasso verde di versante preconfezionato	

Oggetto	Unità di misura	Quantità	Prezzo elementare	Importo	Prezzo elementare	Importo	Prezzo elementare	Importo	Prezzo elementare	Importo	Prezzo elementare	Importo
A) MANODOPERA:			**ROMA**		**LATINA**		**VITERBO**		**RIETI**		**FROSINONE**	
Operaio specializzato	ora	0	18,64	0,00	16,23	0,00	17,86	0,00	18,19	0,00	20,48	0,00
Operaio qualificato	ora	0,8	17,56	14,05	15,34	12,27	16,87	13,50	17,23	13,79	19,33	15,46
Operaio comune	ora	0,8	16,23	12,98	14,18	11,35	15,58	12,47	15,98	12,79	17,83	14,26
				27,03		23,62		25,96		26,57		29,72
B) NOLI:												
Pala caricatrice articolata	ora	0,15	41,30	6,20	41,30	6,20	41,30	6,20	41,30	6,20	41,30	6,20
	ora			0,00		0,00		0,00		0,00		0,00
	ora			0,00		0,00		0,00		0,00		0,00
				6,20		6,20		6,20		6,20		6,20
C) MATERIALI:												
Materasso	kg	3,7	2,90	10,73	2,90	10,73	2,90	10,73	2,90	10,73	2,90	10,73
Biofeltri, biostuoie, geostuoie	m^2	2,0	3,60	7,20	3,60	7,20	3,60	7,20	3,60	7,20	3,60	7,20
Punti metallici	cad	18,0	0,30	5,40	0,30	5,40	0,30	5,40	0,30	5,40	0,30	5,40
Pietrame di riempimento	m^3	0,1	6,60	0,66	6,60	0,66	6,60	0,66	6,60	0,66	6,60	0,66
Terreno vegetale	m^3	0,3	10,10	3,03	10,10	3,03	10,10	3,03	10,10	3,03	10,10	3,03
Talee e/o arbusti	cad	3,0	0,80	2,40	0,80	2,40	0,80	2,40	0,80	2,40	0,80	2,40
Idrosemina	m^2	1,0	1,07	1,07	1,03	1,03	1,07	1,07	1,07	1,07	1,12	1,12
				30,49		30,45		30,49		30,49		30,54
TOTALE COSTI			**€/m^2**	**63,71**	**€/m^2**	**60,27**	**€/m^2**	**62,65**	**€/m^2**	**63,26**	**€/m^2**	**66,46**
PER SPESE GENERALI IL 14 % (ex delibera 37/2000 autorità vigilanza LLPP)			€/m2	8,92	€/m2	8,44	€/m2	8,77	€/m2	8,86	€/m2	9,30
PER SPESE GENERALI IL 14 % (ex delibera 37/2000 autorità vigilanza LLPP)			€/m2	7,26	€/m2	6,87	€/m2	7,14	€/m2	7,21	€/m2	7,58
SICUREZZA 6%			€/m2	4,79	€/m2	4,53	€/m2	4,71	€/m2	4,76	€/m2	5,00
PREZZO DI APPLICAZIONE PER UNITA' DI MISURA PARI A 1 m2			€/m2	**84,69**	€/m2	**80,11**	€/m2	**83,27**	€/m2	**84,08**	€/m2	**88,34**

Tipologia	17
Rivestimento vegetativo a tasche in rete zincata e geostuoia sintetica	

Oggetto	Unità di misura	Quantità	Prezzo elementare	Importo	Prezzo elementare	Importo	Prezzo elementare	Importo	Prezzo elementare	Importo	Prezzo elementare	Importo
A) MANODOPERA:			**ROMA**		**LATINA**		**VITERBO**		**RIETI**		**FROSINONE**	
Operaio specializzato	ora	0	20,37	0,00	18,30	0,00	20,29	0,00	20,50	0,00	23,01	0,00
Operaio qualificato	ora	1	19,02	19,02	17,23	17,23	19,10	19,10	19,29	19,29	21,61	21,61
Operaio comune	ora	1	17,47	17,47	15,96	15,96	17,47	17,47	17,74	17,74	19,77	19,77
				36,49		33,19		36,57		37,03		41,38
B) NOLI:												
Autocarro	ora	0,15	31,00	4,65	31,00	4,65	31,00	4,65	31,00	4,65	31,00	4,65
Escavatore	ora	0,03	41,30	1,24	41,30	1,24	41,30	1,24	41,30	1,24	41,30	1,24
Verricello	ora	0,60	6,20	3,72	6,20	3,72	6,20	3,72	6,20	3,72	6,20	3,72
Compressore con pistola perforatrice	ora	0,40	18,60	7,44	18,60	7,44	18,60	7,44	18,60	7,44	18,60	7,44
				17,05		17,05		17,05		17,05		17,05
C) MATERIALI:												
Rete a tasche rivestite in geostuoia	m^2	1,00	6,80	6,80	6,80	6,80	6,80	6,80	6,80	6,80	6,80	6,80
Punti metallici	kg	1,40	0,60	0,84	0,60	0,84	0,60	0,84	0,60	0,84	0,60	0,84
Barre filettate zincate	cad	1,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00
Flangia e dado	cad	1,00	1,60	1,60	1,60	1,60	1,60	1,60	1,60	1,60	1,60	1,60
Fune	m2	1,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00
Morsetto serrafune d'acciaio	cad	2,00	1,80	3,60	1,80	3,60	1,80	3,60	1,80	3,60	1,80	3,60
Malta antiritiro	kg	1,00	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90
Terreno vegetale	m^3	1,00	10,10	10,10	10,10	10,10	10,10	10,10	10,10	10,10	10,10	10,10
Idrosemina	m^2	1,00	1,07	1,07	1,03	1,03	1,07	1,07	1,07	1,07	1,12	1,12
Arbusti	cad	0,25	6,50	1,63	6,50	1,63	6,50	1,63	6,50	1,63	6,50	1,63
Talee	cad	0,50	0,80	0,40	0,80	0,40	0,80	0,40	0,80	0,40	0,80	0,40
				32,94		32,90		32,94		32,94		32,99
TOTALE COSTI			**€/m^2**	**86,47**	**€/m^2**	**83,13**	**€/m^2**	**86,55**	**€/m^2**	**87,01**	**€/m^2**	**91,41**
PER SPESE GENERALI IL 14 % (ex delibera 37/2000 autorità vigilanza LLPP)	€/m2		€/m2	12,11	€/m2	11,64	€/m2	12,12	€/m2	12,18	€/m2	12,80
PER SPESE GENERALI IL 14 % (ex delibera 37/2000 autorità vigilanza LLPP)	€/m2		€/m2	9,86	€/m2	9,48	€/m2	9,87	€/m2	9,92	€/m2	10,42
SICUREZZA 6%	€/m2		€/m2	6,51	€/m2	6,26	€/m2	6,51	€/m2	6,55	€/m2	6,88
PREZZO DI APPLICAZIONE PER UNITA' DI MISURA PARI A 1 m2	€/m2		€/m2	**114,94**	€/m2	**110,51**	€/m2	**115,05**	€/m2	**115,66**	€/m2	**121,51**

Tipologia	18
Messa a dimora di talee	

Oggetto	Unità di misura	Quantità	Prezzo elementare	Importo	Prezzo elementare	Importo	Prezzo elementare	Importo	Prezzo elementare	Importo	Prezzo elementare	Importo
A) MANODOPERA:			**ROMA**		**LATINA**		**VITERBO**		**RIETI**		**FROSINONE**	
Operaio specializzato	ora	0	20,37	0,00	18,30	0,00	20,29	0,00	20,50	0,00	23,01	0,00
Operaio qualificato	ora	0,05	19,02	0,95	17,23	0,86	19,10	0,96	19,29	0,96	21,61	1,08
Operaio comune	ora	0,05	17,47	0,87	15,96	0,80	17,47	0,87	17,74	0,89	19,77	0,99
				1,82		1,66		1,83		1,85		2,07
B) NOLI:												
Autocarro	ora	0,002	31,00	0,06	31,00	0,06	31,00	0,06	31,00	0,06	31,00	0,06
Motosega	ora	0,003	3,20	0,01	3,20	0,01	3,20	0,01	3,20	0,01	3,20	0,01
				0,07		0,07		0,07		0,07		0,07
C) MATERIALI:												
Talee	cad	1	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80
				0,80		0,80		0,80		0,80		0,80
TOTALE COSTI			**€/cad**	**2,70**	**€/cad**	**2,53**	**€/cad**	**2,70**	**€/cad**	**2,72**	**€/cad**	**2,94**
PER SPESE GENERALI IL 14 % (ex delibera 37/2000 autorità vigilanza			€/cad	0,38	€/cad	0,35	€/cad	0,38	€/cad	0,38	€/cad	0,41
PER SPESE GENERALI IL 14 % (ex delibera 37/2000 autorità vigilanza			€/cad	0,31	€/cad	0,29	€/cad	0,31	€/cad	0,31	€/cad	0,34
SICUREZZA 6%			€/cad	0,20	€/cad	0,19	€/cad	0,20	€/cad	0,20	€/cad	0,22
PREZZO DI APPLICAZIONE PER UNITA' DI MISURA PARI A cad			€/cad	**3,58**	€/cad	**3,36**	€/cad	**3,59**	€/cad	**3,62**	€/cad	**3,91**

Tipologia	19
Piantagione di arbusti	

Oggetto	Unità di misura	Quantità	Prezzo elementare	Importo	Prezzo elementare	Importo	Prezzo elementare	Importo	Prezzo elementare	Importo	Prezzo elementare	Importo
A) MANODOPERA:			**ROMA**		**LATINA**		**VITERBO**		**RIETI**		**FROSINONE**	
Operaio specializzato	ora	0,01	20,37	0,20	18,30	0,18	20,29	0,20	20,50	0,21	23,01	0,23
Operaio qualificato	ora	0,06	19,02	1,14	17,23	1,03	19,10	1,15	19,29	1,16	21,61	1,30
Operaio comune	ora	0,1	17,47	1,75	15,96	1,60	17,47	1,75	17,74	1,77	19,77	1,98
				3,09		2,81		3,10		3,14		3,50
B) NOLI:												
Autocarro	ora	0,01	31,00	0,31	31,00	0,31	31,00	0,31	31,00	0,31	31,00	0,31
Trattore con cisterna	ora	0,04	32,20	1,29	32,20	1,29	32,20	1,29	32,20	1,29	32,20	1,29
				1,60		1,60		1,60		1,60		1,60
C) MATERIALI:												
Pianta in vasetto o zolla	cad	1	6,50	6,50	6,50	6,50	6,50	6,50	6,50	6,50	6,50	6,50
Pacciamatura	cad	1	1,30	1,30	1,30	1,30	1,30	1,30	1,30	1,30	1,30	1,30
				7,80		7,80		7,80		7,80		7,80
TOTALE COSTI			**€/cad**	**12,49**	**€/cad**	**12,21**	**€/cad**	**12,49**	**€/cad**	**12,53**	**€/cad**	**12,90**
PER SPESE GENERALI IL 14 % (ex delibera 37/2000 autorità vigilanza LLPP)			€/cad	1,75	€/cad	1,71	€/cad	1,75	€/cad	1,75	€/cad	1,81
PER SPESE GENERALI IL 14 % (ex delibera 37/2000 autorità vigilanza LLPP)			€/cad	1,42	€/cad	1,39	€/cad	1,42	€/cad	1,43	€/cad	1,47
SICUREZZA 6%			€/cad	0,94	€/cad	0,92	€/cad	0,94	€/cad	0,94	€/cad	0,97
PREZZO DI APPLICAZIONE PER UNITA' DI MISURA PARI A cad			€/cad	**16,60**	€/cad	**16,23**	€/cad	**16,61**	€/cad	**16,66**	€/cad	**17,15**

Tipologia	20
Piantagione di alberi	

Oggetto	Unità di misura	Quantità	Prezzo elementare	Importo	Prezzo elementare	Importo	Prezzo elementare	Importo	Prezzo elementare	Importo	Prezzo elementare	Importo
A) MANODOPERA:			**ROMA**		**LATINA**		**VITERBO**		**RIETI**		**FROSINONE**	
Operaio specializzato	ora	0,01	20,37	0,20	18,30	0,18	20,29	0,20	20,50	0,21	23,01	0,23
Operaio qualificato	ora	0,06	19,02	1,14	17,23	1,03	19,10	1,15	19,29	1,16	21,61	1,30
Operaio comune	ora	0,15	17,47	2,62	15,96	2,39	17,47	2,62	17,74	2,66	19,77	2,97
				3,97		3,61		3,97		4,02		4,49
B) NOLI:												
Autocarro	ora	0,01	31,00	0,31	31,00	0,31	31,00	0,31	31,00	0,31	31,00	0,31
Trattore con cisterna	ora	0,04	32,20	1,29	32,20	1,29	32,20	1,29	32,20	1,29	32,20	1,29
				1,60		1,60		1,60		1,60		1,60
C) MATERIALI:												
Pianta in vasetto o zolla	cad	1	12,20	12,20	12,20	12,20	12,20	12,20	12,20	12,20	12,20	12,20
Palo tutore	cad	1	1,30	1,30	1,30	1,30	1,30	1,30	1,30	1,30	1,30	1,30
Pacciamatura	cad	1	1,30	1,30	1,30	1,30	1,30	1,30	1,30	1,30	1,30	1,30
				14,80		14,80		14,80		14,80		14,80
TOTALE COSTI			**€/cad**	**20,36**	**€/cad**	**20,01**	**€/cad**	**20,37**	**€/cad**	**20,42**	**€/cad**	**20,89**
PER SPESE GENERALI IL 14 % (ex delibera 37/2000 autorità vigilanza LLPP)			€/cad	2,85	€/cad	2,80	€/cad	2,85	€/cad	2,86	€/cad	2,92
PER SPESE GENERALI IL 14 % (ex delibera 37/2000 autorità vigilanza LLPP)			€/cad	2,32	€/cad	2,28	€/cad	2,32	€/cad	2,33	€/cad	2,38
SICUREZZA 6%			€/cad	1,53	€/cad	1,51	€/cad	1,53	€/cad	1,54	€/cad	1,57
PREZZO DI APPLICAZIONE PER UNITA' DI MISURA PARI A cad			€/cad	**27,07**	€/cad	**26,60**	€/cad	**27,07**	€/cad	**27,14**	€/cad	**27,77**

Tipologia	21
Trapianto dal selvatico di zolle erbose	

Oggetto	Unità di misura	Quantità	Prezzo elementare	Importo	Prezzo elementare	Importo	Prezzo elementare	Importo	Prezzo elementare	Importo	Prezzo elementare	Importo
A) MANODOPERA:			**ROMA**		**LATINA**		**VITERBO**		**RIETI**		**FROSINONE**	
Operaio specializzato	ora	0,01	20,37	0,20	18,30	0,18	20,29	0,20	20,50	0,21	23,01	0,23
Operaio qualificato	ora	0,06	19,02	1,14	17,23	1,03	19,10	1,15	19,29	1,16	21,61	1,30
Operaio comune	ora	0,2	17,47	3,49	15,96	3,19	17,47	3,49	17,74	3,55	19,77	3,95
				4,84		4,41		4,84		4,91		5,48
B) NOLI:												
Autocarro	ora	0,04	31,00	1,24	31,00	1,24	31,00	1,24	31,00	1,24	31,00	1,24
Escavatore	ora	0,25	41,30	10,33	41,30	10,33	41,30	10,33	41,30	10,33	41,30	10,33
Trattore con cisterna	ora	0,05	32,20	1,61	32,20	1,61	32,20	1,61	32,20	1,61	32,20	1,61
				13,18		13,18		13,18		13,18		13,18
C) MATERIALI:												
Zolle erbose	m^2	1		0,00		0,00		0,00		0,00		0,00
Terreno vegetale	m^3	0,15	10,10	1,52	10,10	1,52	10,10	1,52	10,10	1,52	10,10	1,52
Semina	m^2	1	0,53	0,53	0,50	0,50	0,53	0,53	0,53	0,53	0,58	0,58
				2,05		2,02		2,05		2,05		2,10
TOTALE COSTI			**€/m^2**	**20,06**	**€/m^2**	**19,60**	**€/m^2**	**20,06**	**€/m^2**	**20,13**	**€/m^2**	**20,75**
PER SPESE GENERALI IL 14 % (ex delibera 37/2000 autorità vigilanza LLPP)			€/m2	2,81	€/m2	2,74	€/m2	2,81	€/m2	2,82	€/m2	2,91
PER SPESE GENERALI IL 14 % (ex delibera 37/2000 autorità vigilanza LLPP)			€/m2	2,29	€/m2	2,23	€/m2	2,29	€/m2	2,29	€/m2	2,37
SICUREZZA 6%			€/m2	1,51	€/m2	1,47	€/m2	1,51	€/m2	1,51	€/m2	1,56
PREZZO DI APPLICAZIONE PER UNITA' DI MISURA PARI A 1 m2			€/m2	**26,66**	€/m2	**26,05**	€/m2	**26,67**	€/m2	**26,76**	€/m2	**27,58**

Tipologia	22
Trapianto dal selvatico di cespi e rizomi	

Oggetto	Unità di misura	Quantità	Prezzo elementare	Importo	Prezzo elementare	Importo	Prezzo elementare	Importo	Prezzo elementare	Importo	Prezzo elementare	Importo
A) MANODOPERA:			**ROMA**		**LATINA**		**VITERBO**		**RIETI**		**FROSINONE**	
Operaio specializzato	ora	0	20,37	0,00	18,30	0,00	20,29	0,00	20,50	0,00	23,01	0,00
Operaio qualificato	ora	0,05	19,02	0,95	17,23	0,86	19,10	0,96	19,29	0,96	21,61	1,08
Operaio comune	ora	0,1	17,47	1,75	15,96	1,60	17,47	1,75	17,74	1,77	19,77	1,98
				2,70		2,46		2,70		2,74		3,06
B) NOLI:												
Autocarro	ora	0,005	31,00	0,16	31,00	0,16	31,00	0,16	31,00	0,16	31,00	0,16
Escavatore	ora	0,003	41,30	0,12	41,30	0,12	41,30	0,12	41,30	0,12	41,30	0,12
				0,28		0,28		0,28		0,28		0,28
C) MATERIALI:												
Rizomi e cespi	cad	5		0,00		0,00		0,00		0,00		0,00
Terreno vegetale	m^3	0,05	10,10	0,51	10,10	0,51	10,10	0,51	10,10	0,51	10,10	0,51
				0,51		0,51		0,51		0,51		0,51
TOTALE COSTI			**€/m^2**	**3,48**	**€/m^2**	**3,24**	**€/m^2**	**3,49**	**€/m^2**	**3,52**	**€/m^2**	**3,84**
PER SPESE GENERALI IL 14 % (ex delibera 37/2000 autorità vigilanza	€/m2		0,49	€/m2	0,45	€/m2	0,49	€/m2	0,49	€/m2	0,54	
PER SPESE GENERALI IL 14 % (ex delibera 37/2000 autorità vigilanza	€/m2		0,40	€/m2	0,37	€/m2	0,40	€/m2	0,40	€/m2	0,44	
SICUREZZA 6%	€/m2		0,26	€/m2	0,24	€/m2	0,26	€/m2	0,27	€/m2	0,29	
PREZZO DI APPLICAZIONE PER UNITA' DI MISURA PARI A 1 m2	€/m2		**4,63**	€/m2	**4,31**	€/m2	**4,63**	€/m2	**4,68**	€/m2	**5,11**	

Tipologia	23
Tappeto erboso pronto	

Oggetto	Unità di misura	Quantità	Prezzo elementare	Importo	Prezzo elementare	Importo	Prezzo elementare	Importo	Prezzo elementare	Importo	Prezzo elementare	Importo
A) MANODOPERA:			**ROMA**		**LATINA**		**VITERBO**		**RIETI**		**FROSINONE**	
Operaio specializzato	ora	0	20,37	0,00	18,30	0,00	20,29	0,00	20,50	0,00	23,01	0,00
Operaio qualificato	ora	0,15	19,02	2,85	17,23	2,58	19,10	2,87	19,29	2,89	21,61	3,24
Operaio comune	ora	0,15	17,47	2,62	15,96	2,39	17,47	2,62	17,74	2,66	19,77	2,97
				5,47		4,98		5,49		5,55		6,21
B) NOLI:												
Autocarro	ora	0,04	31,00	1,24	31,00	1,24	31,00	1,24	31,00	1,24	31,00	1,24
Escavatore	ora	0,04	41,30	1,65	41,30	1,65	41,30	1,65	41,30	1,65	41,30	1,65
Rullo	ora											
				2,89		2,89		2,89		2,89		2,89
C) MATERIALI:												
Tappeto erboso	m^2	1	8,20	8,20	8,20	8,20	8,20	8,20	8,20	8,20	8,20	8,20
Terreno vegetale	m^3	0,05	10,10	0,51	10,10	0,51	10,10	0,51	10,10	0,51	10,10	0,51
				0,00		0,00		0,00		0,00		0,00
				8,71		8,71		8,71		8,71		8,71
TOTALE COSTI			**€/m**	**17,07**	**€/m**	**16,58**	**€/m**	**17,08**	**€/m**	**17,15**	**€/m**	**17,80**

PER SPESE GENERALI IL 14 % (ex delibera 37/2000 autorità vigilanza LLPP)	€/m	2,39	€/m	2,32	€/m	2,39	€/m	2,40	€/m	2,49
PER SPESE GENERALI IL 14 % (ex delibera 37/2000 autorità vigilanza LLPP)	€/m	1,95	€/m	1,89	€/m	1,95	€/m	1,96	€/m	2,03
SICUREZZA 6%	€/m	1,28	€/m	1,25	€/m	1,29	€/m	1,29	€/m	1,34
PREZZO DI APPLICAZIONE PER UNITA' DI MISURA PARI A 1 m	€/m	**22,69**	€/m	**22,03**	€/m	**22,71**	€/m	**22,80**	€/m	**23,67**

Tipologia	24
Viminata viva	

Oggetto	Unità di misura	Quantità	Prezzo elementare	Importo	Prezzo elementare	Importo	Prezzo elementare	Importo	Prezzo elementare	Importo	Prezzo elementare	Importo
A) MANODOPERA:			**ROMA**		**LATINA**		**VITERBO**		**RIETI**		**FROSINONE**	
Operaio specializzato	ora	0	20,37	0,00	18,30	0,00	20,29	0,00	20,50	0,00	23,01	0,00
Operaio qualificato	ora	0,4	19,02	7,61	17,23	6,89	19,10	7,64	19,29	7,72	21,61	8,64
Operaio comune	ora	0,4	17,47	6,99	15,96	6,38	17,47	6,99	17,74	7,10	19,77	7,91
				14,60		13,28		14,63		14,81		16,55
B) NOLI:												
Autocarro	ora	0,002	31,00	0,06	31,00	0,06	31,00	0,06	31,00	0,06	31,00	0,06
				0,06		0,06		0,06		0,06		0,06
C) MATERIALI:												
Verghe vive di salice	cad	8	0,80	6,40	0,80	6,40	0,80	6,40	0,80	6,40	0,80	6,40
Paletti di legno	cad	1	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Talee	cad	2	0,80	1,60	0,80	1,60	0,80	1,60	0,80	1,60	0,80	1,60
Filo di ferro cotto	kg	0,18	0,80	0,14	0,80	0,14	0,80	0,14	0,80	0,14	0,80	0,14
				9,14		9,14		9,14		9,14		9,14
TOTALE COSTI			**€/m**	**23,80**	**€/m**	**22,48**	**€/m**	**23,83**	**€/m**	**24,02**	**€/m**	**25,76**
PER SPESE GENERALI IL 14 % (ex delibera 37/2000 autorità vigilanza LLPP)			€/m	3,33	€/m	3,15	€/m	3,34	€/m	3,36	€/m	3,61
PER SPESE GENERALI IL 14 % (ex delibera 37/2000 autorità vigilanza LLPP)			€/m	2,71	€/m	2,56	€/m	2,72	€/m	2,74	€/m	2,94
SICUREZZA 6%			€/m	1,79	€/m	1,69	€/m	1,79	€/m	1,81	€/m	1,94
PREZZO DI APPLICAZIONE PER UNITA' DI MISURA PARI A 1 m			€/m	**31,64**	€/m	**29,88**	€/m	**31,68**	€/m	**31,93**	€/m	**34,24**

Tipologia	25
Gradonata viva	

Oggetto	Unità di misura	Quantità	Prezzo elementare	Importo	Prezzo elementare	Importo	Prezzo elementare	Importo	Prezzo elementare	Importo	Prezzo elementare	Importo
A) MANODOPERA:			**ROMA**		**LATINA**		**VITERBO**		**RIETI**		**FROSINONE**	
Operaio specializzato	ora	0	20,37	0,00	18,30	0,00	20,29	0,00	20,50	0,00	23,01	0,00
Operaio qualificato	ora	0,2	19,02	3,80	17,23	3,45	19,10	3,82	19,29	3,86	21,61	4,32
Operaio comune	ora	0,2	17,47	3,49	15,96	3,19	17,47	3,49	17,74	3,55	19,77	3,95
				7,30		6,64		7,31		7,41		8,28
B) NOLI:												
Autocarro	ora	0,002	31,00	0,06	31,00	0,06	31,00	0,06	31,00	0,06	31,00	0,06
Ragno meccanico	ora	0,3	41,30	12,39	41,30	12,39	41,30	12,39	41,30	12,39	41,30	12,39
				12,45		12,45		12,45		12,45		12,45
C) MATERIALI:												
Ramaglia di salice	cad	10	0,80	8,00	0,80	8,00	0,80	8,00	0,80	8,00	0,80	8,00
Talee di salice o tamerice	cad	10	0,80	8,00	0,80	8,00	0,80	8,00	0,80	8,00	0,80	8,00
				16,00		16,00		16,00		16,00		16,00
TOTALE COSTI			**€/m**	**35,75**	**€/m**	**35,09**	**€/m**	**35,77**	**€/m**	**35,86**	**€/m**	**36,73**
PER SPESE GENERALI IL 14 % (ex delibera 37/2000 autorità vigilanza LLPP)			€/m	5,01	€/m	4,91	€/m	5,01	€/m	5,02	€/m	5,14
PER SPESE GENERALI IL 14 % (ex delibera 37/2000 autorità vigilanza LLPP)			€/m	4,08	€/m	4,00	€/m	4,08	€/m	4,09	€/m	4,19
SICUREZZA 6%			€/m	2,69	€/m	2,64	€/m	2,69	€/m	2,70	€/m	2,76
PREZZO DI APPLICAZIONE PER UNITA' DI MISURA PARI A 1 m			€/m	**47,52**	€/m	**46,64**	€/m	**47,54**	€/m	**47,66**	€/m	**48,82**

Tipologia	26
Grata viva su scarpata	

Oggetto	Unità di misura	Quantità	Prezzo elementare	Importo	Prezzo elementare	Importo	Prezzo elementare	Importo	Prezzo elementare	Importo	Prezzo elementare	Importo
A) MANODOPERA:			**ROMA**		**LATINA**		**VITERBO**		**RIETI**		**FROSINONE**	
Operaio specializzato	ora	0	20,37	0,00	18,30	0,00	20,29	0,00	20,50	0,00	23,01	0,00
Operaio qualificato	ora	0,5	19,02	9,51	17,23	8,62	19,10	9,55	19,29	9,65	21,61	10,81
Operaio comune	ora	0,8	17,47	13,98	15,96	12,77	17,47	13,98	17,74	14,19	19,77	15,82
				23,49		21,38		23,53		23,84		26,62
B) NOLI:												
Autocarro	ore	0,10	31,00	3,10	31,00	3,10	31,00	3,10	31,00	3,10	31,00	3,10
Pala meccanica	ore	0,50	41,30	20,65	41,30	20,65	41,30	20,65	41,30	20,65	41,30	20,65
Motosega a catena	ore	0,08	3,20	0,26	3,20	0,26	3,20	0,26	3,20	0,26	3,20	0,26
Generatore con trapano	ore	0,06	4,30	0,26	4,30	0,26	4,30	0,26	4,30	0,26	4,30	0,26
				24,26		24,26		24,26		24,26		24,26
C) MATERIALI:												
Chiodi (spezzoni di acciaio dotati di punta)	cad	3,00	0,80	2,40	0,80	2,40	0,80	2,40	0,80	2,40	0,80	2,40
Rete elettrosaldata	kg	1,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00
Talee di salice	cad	20,00	0,80	16,00	0,80	16,00	0,80	16,00	0,80	16,00	0,80	16,00
Legname scortecciato	m^3	0,25	114,60	28,65	114,60	28,65	114,60	28,65	114,60	28,65	114,60	28,65
Arbusti	cad	1,00	6,50	6,50	6,50	6,50	6,50	6,50	6,50	6,50	6,50	6,50
Idrosemina	m^2	1,00	1,07	1,07	1,03	1,03	1,07	1,07	1,07	1,07	1,12	1,12
				56,62		56,58		56,62		56,62		56,67
TOTALE COSTI			**€/m^2**	**104,37**	**€/m^2**	**102,23**	**€/m^2**	**104,41**	**€/m^2**	**104,72**	**€/m^2**	**107,56**
PER SPESE GENERALI IL 14 % (ex delibera 37/2000 autorità vigilanza			€/m2	14,61	€/m2	14,31	€/m2	14,62	€/m2	14,66	€/m2	15,06
PER SPESE GENERALI IL 14 % (ex delibera 37/2000 autorità vigilanza			€/m2	11,90	€/m2	11,65	€/m2	11,90	€/m2	11,94	€/m2	12,26
SICUREZZA 6%			€/m2	7,85	€/m2	7,69	€/m2	7,86	€/m2	7,88	€/m2	8,09
PREZZO DI APPLICAZIONE PER UNITA' DI MISURA PARI A 1 m2			€/m2	**138,73**	€/m2	**135,88**	€/m2	**138,79**	€/m2	**139,20**	€/m2	**142,97**

Tipologia	27
Palificata viva di sostegno doppia	

Oggetto	Unità di misura	Quantità	Prezzo elementare	Importo	Prezzo elementare	Importo	Prezzo elementare	Importo	Prezzo elementare	Importo	Prezzo elementare	Importo
A) MANODOPERA:			**ROMA**		**LATINA**		**VITERBO**		**RIETI**		**FROSINONE**	
Operaio specializzato	ora	0,00	20,37	0,00	18,30	0,00	20,29	0,00	20,50	0,00	23,01	0,00
Operaio qualificato	ora	0,7	19,02	13,31	17,23	12,06	19,10	13,37	19,29	13,50	21,61	15,13
Operaio comune	ora	0,8	17,47	13,98	15,96	12,77	17,47	13,98	17,74	14,19	19,77	15,82
				27,29		24,83		27,35		27,70		30,94
B) NOLI:												
Autocarro	ore	0,10	31,00	3,10	31,00	3,10	31,00	3,10	31,00	3,10	31,00	3,10
Ragno meccanico	ore	0,70	41,30	28,91	41,30	28,91	41,30	28,91	41,30	28,91	41,30	28,91
Motosega a catena	ore	0,30	3,20	0,96	3,20	0,96	3,20	0,96	3,20	0,96	3,20	0,96
Generatore con trapano	ore	0,06	4,30	0,26	4,30	0,26	4,30	0,26	4,30	0,26	4,30	0,26
Compressore con pistola	ore	0,30	18,60	5,58	18,60	5,58	18,60	5,58	18,60	5,58	18,60	5,58
				38,81		38,81		38,81		38,81		38,81
C) MATERIALI:												
Chiodi (spezzoni di acciaio dotati di punta)	cad	4,00	1,40	5,60	1,40	5,60	1,40	5,60	1,40	5,60	1,40	5,60
Cambre	kg	0,50	5,00	2,50	5,00	2,50	5,00	2,50	5,00	2,50	5,00	2,50
Legname scortecciato	m^3	0,50	114,60	57,30	114,60	57,30	114,60	57,30	114,60	57,30	114,60	57,30
Arbusti	cad	1	6,50	6,50	6,50	6,50	6,50	6,50	6,50	6,50	6,50	6,50
Talee salice o tamerice	cad	20,00	0,80	16,00	0,80	16,00	0,80	16,00	0,80	16,00	0,80	16,00
				87,90		87,90		87,90		87,90		87,90
TOTALE COSTI			**€/m²**	**154,00**	**€/m²**	**151,54**	**€/m²**	**154,05**	**€/m²**	**154,40**	**€/m²**	**157,65**

PER SPESE GENERALI IL 14 % (ex delibera 37/2000 autorità vigilanza	€/m2	21,56	€/m2	21,22	€/m2	21,57	€/m2	21,62	€/m2	22,07
PER SPESE GENERALI IL 14 % (ex delibera 37/2000 autorità vigilanza	€/m2	17,56	€/m2	17,28	€/m2	17,56	€/m2	17,60	€/m2	17,97
SICUREZZA 6%	€/m2	11,59	€/m2	11,40	€/m2	11,59	€/m2	11,62	€/m2	11,86
PREZZO DI APPLICAZIONE PER UNITA' DI MISURA PARI A 1 m2	€/m2	**204,70**	€/m2	**201,43**	€/m2	**204,77**	€/m2	**205,24**	€/m2	**209,56**

Tipologia	28
Palificata viva di sostegno *Roma*	

Oggetto	Unità di misura	Quantità	Prezzo elementare	Importo	Prezzo elementare	Importo	Prezzo elementare	Importo	Prezzo elementare	Importo	Prezzo elementare	Importo
A) MANODOPERA:			**ROMA**		**LATINA**		**VITERBO**		**RIETI**		**FROSINONE**	
Operaio specializzato	ora	0	20,37	0,00	18,30	0,00	20,29	0,00	20,50	0,00	23,01	0,00
Operaio qualificato	ora	0,6	19,02	11,41	17,23	10,34	19,10	11,46	19,29	11,57	21,61	12,97
Operaio comune	ora	0,8	17,47	13,98	15,96	12,77	17,47	13,98	17,74	14,19	19,77	15,82
				25,39		23,11		25,44		25,77		28,78
B) NOLI:												
Autocarro	ore	0,1	31,00	3,10	31,00	3,10	31,00	3,10	31,00	3,10	31,00	3,10
Ragno meccanico	ore	0,60	41,30	24,78	41,30	24,78	41,30	24,78	41,30	24,78	41,30	24,78
Motosega a catena	ore	0,30	3,20	0,96	3,20	0,96	3,20	0,96	3,20	0,96	3,20	0,96
Generatore con trapano	ore	0,06	4,30	0,26	4,30	0,26	4,30	0,26	4,30	0,26	4,30	0,26
Compressore con pistola	ore	0,30	18,60	5,58	18,60	5,58	18,60	5,58	18,60	5,58	18,60	5,58
				34,68		34,68		34,68		34,68		34,68
C) MATERIALI:												
Chiodi (spezzoni di acciaio dotati di punta)	cad	2	0,80	1,60	0,80	1,60	0,80	1,60	0,80	1,60	0,80	1,60
Barre filettate in acciaio	cad	4	4,00	16,00	4,00	16,00	4,00	16,00	4,00	16,00	4,00	16,00
Rete in acciaio doppia torsione plastificata	m^2	1	3,90	3,90	3,90	3,90	3,90	3,90	3,90	3,90	3,90	3,90
Legname scortecciato	m^3	0,4	114,60	45,84	114,60	45,84	114,60	45,84	114,60	45,84	114,60	45,84
Talee salice o tamerice	cad	15	0,80	12,00	0,80	12,00	0,80	12,00	0,80	12,00	0,80	12,00
Arbusti	cad	1	6,50	6,50	6,50	6,50	6,50	6,50	6,50	6,50	6,50	6,50
				85,84		85,84		85,84		85,84		85,84
TOTALE COSTI			**€/m^2**	**145,91**	**€/m^2**	**143,62**	**€/m^2**	**145,95**	**€/m^2**	**146,28**	**€/m^2**	**149,30**
PER SPESE GENERALI IL 14 % (ex delibera 37/2000 autorità vigilanza LLPP)	€/m2		20,43	€/m2	20,11	€/m2	20,43	€/m2	20,48	€/m2	20,90	
PER SPESE GENERALI IL 14 % (ex delibera 37/2000 autorità vigilanza LLPP)	€/m2		16,63	€/m2	16,37	€/m2	16,64	€/m2	16,68	€/m2	17,02	
SICUREZZA 6%	€/m2		10,98	€/m2	10,81	€/m2	10,98	€/m2	11,01	€/m2	11,23	
PREZZO DI APPLICAZIONE PER UNITA' DI MISURA PARI A 1 m2	€/m2	**193,94**	€/m2	**190,91**	€/m2	**194,01**	€/m2	**194,45**	€/m2	**198,46**		

Tipologia	29
Muro cellulare (alveolare) rinverdito	

Oggetto	Unità di misura	Quantità	Prezzo elementare	Importo	Prezzo elementare	Importo	Prezzo elementare	Importo	Prezzo elementare	Importo	Prezzo elementare	Importo
A) MANODOPERA:			**ROMA**		**LATINA**		**VITERBO**		**RIETI**		**FROSINONE**	
Operaio specializzato	ora	0,00	20,37	0,00	18,30	0,00	20,29	0,00	20,50	0,00	23,01	0,00
Operaio qualificato	ora	0,20	19,02	3,80	17,23	3,45	19,10	3,82	19,29	3,86	21,61	4,32
Operaio comune	ora	0,60	17,47	10,48	15,96	9,58	17,47	10,48	17,74	10,64	19,77	11,86
				14,29		13,02		14,30		14,50		16,18
B) NOLI:												
Terna	ora	0,25	41,30	10,33	41,30	10,33	41,30	10,33	41,30	10,33	41,30	10,33
				10,33		10,33		10,33		10,33		10,33
C) MATERIALI:												
Muro cellulare	cad	1,00	60,00	60,00	60,00	60,00	60,00	60,00	60,00	60,00	60,00	60,00
Impianto di irrigazione	cad	1,00		0,00		0,00		0,00		0,00		0,00
Inerte di riempimento	m^3	0,60	11,90	7,14	11,90	7,14	11,90	7,14	11,90	7,14	11,90	7,14
Terreno vegetale	m^3	0,20	10,10	2,02	10,10	2,02	10,10	2,02	10,10	2,02	10,10	2,02
Arbusti	cad	3,00	6,50	19,50	6,50	19,50	6,50	19,50	6,50	19,50	6,50	19,50
Ammendanti	kg	0,05	1,00	0,05	1,00	0,05	1,00	0,05	1,00	0,05	1,00	0,05
				88,71		88,71		88,71		88,71		88,71
TOTALE COSTI			**€/m^3**	**113,32**	**€/m^3**	**112,06**	**€/m^3**	**113,34**	**€/m^3**	**113,54**	**€/m^3**	**115,22**
PER SPESE GENERALI IL 14 % (ex delibera 37/2000 autorità vigilanza	€/m3			15,86	€/m3	15,69	€/m3	15,87	€/m3	15,90	€/m3	16,13
PER SPESE GENERALI IL 14 % (ex delibera 37/2000 autorità vigilanza	€/m3			12,92	€/m3	12,77	€/m3	12,92	€/m3	12,94	€/m3	13,13
SICUREZZA 6%	€/m3			8,53	€/m3	8,43	€/m3	8,53	€/m3	8,54	€/m3	8,67
PREZZO DI APPLICAZIONE PER UNITA' DI MISURA PARI A 1 m3	€/m3			**150,63**	€/m3	**148,95**	€/m3	**150,65**	€/m3	**150,92**	€/m3	**153,15**

Tipologia	31
Gabbionata in rete metallica zincata rinverdita	

Oggetto	Unità di misura	Quantità	Prezzo elementare	Importo	Prezzo elementare	Importo	Prezzo elementare	Importo	Prezzo elementare	Importo	Prezzo elementare	Importo
A) MANODOPERA:			**ROMA**		**LATINA**		**VITERBO**		**RIETI**		**FROSINONE**	
Operaio specializzato	ora	0,00	20,37	0,00	18,30	0,00	20,29	0,00	20,50	0,00	23,01	0,00
Operaio qualificato	ora	1,10	19,02	20,92	17,23	18,95	19,10	21,01	19,29	21,22	21,61	23,77
Operaio comune	ora	1,10	17,47	19,22	15,96	17,56	17,47	19,22	17,74	19,51	19,77	21,75
				40,14		36,51		40,23		40,73		45,52
B) NOLI:												
Pala caricatrice articolata	ora	0,25	41,30	10,33	41,30	10,33	41,30	10,33	41,30	10,33	41,30	10,33
				10,33		10,33		10,33		10,33		10,33
C) MATERIALI:												
Gabbioni h= 1 m	kg	9,15	3,00	27,45	3,00	27,45	3,00	27,45	3,00	27,45	3,00	27,45
Punti metallici	cad	30,00	0,30	9,00	0,30	9,00	0,30	9,00	0,30	9,00	0,30	9,00
Pietrame di riempimento	m^3	1,20	6,60	7,92	6,60	7,92	6,60	7,92	6,60	7,92	6,60	7,92
Verghe di salice	cad	8,00	0,80	6,40	0,80	6,40	0,80	6,40	0,80	6,40	0,80	6,40
				50,77		50,77		50,77		50,77		50,77
TOTALE COSTI			**€/m^3**	**101,23**	**€/m^3**	**97,60**	**€/m^3**	**101,32**	**€/m^3**	**101,83**	**€/m^3**	**106,61**

PER SPESE GENERALI IL 14 % (ex delibera 37/2000 autorità vigilanza	€/m3		14,17	€/m3	13,66	€/m3	14,19	€/m3	14,26	€/m3	14,93
PER SPESE GENERALI IL 14 % (ex delibera 37/2000 autorità vigilanza	€/m3		11,54	€/m3	11,13	€/m3	11,55	€/m3	11,61	€/m3	12,15
SICUREZZA 6%	€/m3		7,62	€/m3	7,34	€/m3	7,62	€/m3	7,66	€/m3	8,02
PREZZO DI APPLICAZIONE PER UNITA' DI MISURA PARI A 1 m3	€/m3		**134,56**	€/m3	**129,74**	€/m3	**134,68**	€/m3	**135,35**	€/m3	**141,71**

Tipologia	32
Terra rinforzata rinverdita	

Oggetto	Unità di misura	Quantità	Prezzo elementare	Importo	Prezzo elementare	Importo	Prezzo elementare	Importo	Prezzo elementare	Importo	Prezzo elementare	Importo
A) MANODOPERA:			**ROMA**		**LATINA**		**VITERBO**		**RIETI**		**FROSINONE**	
Operaio specializzato	ora	0	20,37	0,00	18,30	0,00	20,29	0,00	20,50	0,00	23,01	0,00
Operaio qualificato	ora	0,3	19,02	5,71	17,23	5,17	19,10	5,73	19,29	5,79	21,61	6,48
Operaio comune	ora	0,3	17,47	5,24	15,96	4,79	17,47	5,24	17,74	5,32	19,77	5,93
				10,95		9,96		10,97		11,11		12,41
B) NOLI:												
Pala caricatrice articolata	ora	0,2	41,30	8,26	41,30	8,26	41,30	8,26	41,30	8,26	41,30	8,26
Piastra vibrante	ora	0,2	5,10	1,02	5,10	1,02	5,10	1,02	5,10	1,02	5,10	1,02
Rullo compressore	ora	0,005	25,80	0,13	25,80	0,13	25,80	0,13	25,80	0,13	25,80	0,13
				9,41		9,41		9,41		9,41		9,41
C) MATERIALI:												
Terra rinforzata	m^2	1,28	97,00	124,16	97,00	124,16	97,00	124,16	97,00	124,16	97,00	124,16
Punti metallici	cad	20	0,30	6,00	0,30	6,00	0,30	6,00	0,30	6,00	0,30	6,00
Pietrame	m^3	1,6	6,60	10,56	6,60	10,56	6,60	10,56	6,60	10,56	6,60	10,56
Terreno vegetale	m^3	0,6	10,10	6,06	10,10	6,06	10,10	6,06	10,10	6,06	10,10	6,06
Verghe	cad	5	0,80	4,00	0,80	4,00	0,80	4,00	0,80	4,00	0,80	4,00
Idrosemina	m^2	1	1,07	1,07	1,03	1,03	1,07	1,07	1,07	1,07	1,12	1,12
				151,85		151,81		151,85		151,85		151,90
TOTALE COSTI			**€/m^2**	**172,21**	**€/m^2**	**171,18**	**€/m^2**	**172,23**	**€/m^2**	**172,37**	**€/m^2**	**173,72**
PER SPESE GENERALI IL 14 % (ex delibera 37/2000 autorità vigilanza			€/m2	24,11	€/m2	23,96	€/m2	24,11	€/m2	24,13	€/m2	24,32
PER SPESE GENERALI IL 14 % (ex delibera 37/2000 autorità vigilanza			€/m2	19,63	€/m2	19,51	€/m2	19,63	€/m2	19,65	€/m2	19,80
SICUREZZA 6%			€/m2	12,96	€/m2	12,88	€/m2	12,96	€/m2	12,97	€/m2	13,07
PREZZO DI APPLICAZIONE PER UNITA' DI MISURA PARI A 1 m2			€/m2	**228,90**	€/m2	**227,53**	€/m2	**228,94**	€/m2	**229,12**	€/m2	**230,92**

Tipologia	33
Muro a secco rinverdito	

Oggetto	Unità di misura	Quantità	Prezzo elementare	Importo	Prezzo elementare	Importo	Prezzo elementare	Importo	Prezzo elementare	Importo	Prezzo elementare	Importo
A) MANODOPERA:			**ROMA**		**LATINA**		**VITERBO**		**RIETI**		**FROSINONE**	
Operaio specializzato	ora	0	20,37	0,00	18,30	0,00	20,29	0,00	20,50	0,00	23,01	0,00
Operaio qualificato	ora	0,2	19,02	3,80	17,23	3,45	19,10	3,82	19,29	3,86	21,61	4,32
Operaio comune	ora	0,2	17,47	3,49	15,96	3,19	17,47	3,49	17,74	3,55	19,77	3,95
				7,30		6,64		7,31		7,41		8,28
B) NOLI:												
Pala caricatrice articolata	ora	0,2	41,30	8,26	41,30	8,26	41,30	8,26	41,30	8,26	41,30	8,26
				8,26		8,26		8,26		8,26		8,26
C) MATERIALI:												
Pietrame	m^3	1,50	20,70	31,05	20,70	31,05	20,70	31,05	20,70	31,05	20,70	31,05
Talee	cad	5,00	0,80	4,00	0,80	4,00	0,80	4,00	0,80	4,00	0,80	4,00
				35,05		35,05		35,05		35,05		35,05
TOTALE COSTI			**€/m^3**	**50,61**	**€/m^3**	**49,95**	**€/m^3**	**50,62**	**€/m^3**	**50,72**	**€/m^3**	**51,59**
PER SPESE GENERALI IL 14 % (ex delibera 37/2000 autorità vigilanza LLPP)			€/m3	7,09	€/m3	6,99	€/m3	7,09	€/m3	7,10	€/m3	7,22
PER SPESE GENERALI IL 14 % (ex delibera 37/2000 autorità vigilanza LLPP)			€/m3	5,77	€/m3	5,69	€/m3	5,77	€/m3	5,78	€/m3	5,88
SICUREZZA 6%			€/m3	3,81	€/m3	3,76	€/m3	3,81	€/m3	3,82	€/m3	3,88
PREZZO DI APPLICAZIONE PER UNITA' DI MISURA PARI A 1 m3			€/m3	**67,27**	€/m3	**66,39**	€/m3	**67,29**	€/m3	**67,41**	€/m3	**68,57**

Tipologia	34
Barriera vegetativa antirumore (in terrapieno compresso)	

Oggetto	Unità di misura	Quantità	Prezzo elementare	Importo	Prezzo elementare	Importo	Prezzo elementare	Importo	Prezzo elementare	Importo	Prezzo elementare	Importo
A) MANODOPERA:			**ROMA**		**LATINA**		**VITERBO**		**RIETI**		**FROSINONE**	
Operaio specializzato	ora	0	20,37	0,00	18,30	0,00	20,29	0,00	20,50	0,00	23,01	0,00
Operaio qualificato	ora	0,8	19,02	15,22	17,23	13,78	19,10	15,28	19,29	15,43	21,61	17,29
Operaio comune	ora	1,5	17,47	26,21	15,96	23,94	17,47	26,21	17,74	26,61	19,77	29,66
				41,42		37,72		41,49		42,04		46,94
B) NOLI:												
Terna	ora	0,6	41,30	24,78	41,30	24,78	41,30	24,78	41,30	24,78	41,30	24,78
Autocarro con gru	ora	0,5	49,00	24,50	49,00	24,50	49,00	24,50	49,00	24,50	49,00	24,50
Autocestello	ora	0,5	56,80	28,40	56,80	28,40	56,80	28,40	56,80	28,40	56,80	28,40
				77,68		77,68		77,68		77,68		77,68
C) MATERIALI:												
Struttura metallica di sostegno bifaccia e impianto di irrigazione	m^2	1	40,00	40,00	40,00	40,00	40,00	40,00	40,00	40,00	40,00	40,00
Ammendanti	kg	0,10	1,00	0,10	1,00	0,10	1,00	0,10	1,00	0,10	1,00	0,10
Inerti speciali	m^3	0,20	15,00	3,00	15,00		15,00		15,00		15,00	
Terreno vegetale migliorato	m^3	1,50	25,00	37,50	25,00	37,50	25,00	37,50	25,00	37,50	25,00	37,50
Idrosemina a spessore	m^2	1,00	7,16	7,16	7,11	7,11	7,16	7,16	7,16	7,16	7,23	7,23
Arbusti	cad	3	6,50	19,50	6,50	19,50	6,50	19,50	6,50	19,50	6,50	19,50
				107,26		104,21		104,26		104,26		104,33
TOTALE COSTI			**€/m^3**	**226,36**	**€/m^3**	**219,61**	**€/m^3**	**223,43**	**€/m^3**	**223,98**	**€/m^3**	**228,95**
PER SPESE GENERALI IL 14 % (ex delibera 37/2000 autorità vigilanza	€/m3		€/m3	31,69	€/m3	30,75	€/m3	31,28	€/m3	31,36	€/m3	32,05
PER SPESE GENERALI IL 14 % (ex delibera 37/2000 autorità vigilanza	€/m3		€/m3	25,81	€/m3	25,04	€/m3	25,47	€/m3	25,53	€/m3	26,10
SICUREZZA 6%	€/m3		€/m3	17,03	€/m3	16,52	€/m3	16,81	€/m3	16,85	€/m3	17,23
PREZZO DI APPLICAZIONE PER UNITA' DI MISURA PARI A 1 m3	€/m3		€/m3	**300,89**	€/m3	**291,92**	€/m3	**296,99**	€/m3	**297,73**	€/m3	**304,33**

ELENCO PREZZI (fonte AIPIN)			
1.00.00	**COSTI E PREZZI MANO D'OPERA CON INDENNITA' SOSTITUTIVA DI MENSA** (Fonte B.U.R.L. n. 24 30-8-2003, Supplemento 4: Rilevamenti semestrali 1° gennaio 2003)		
1.01.00	**ROMA**		
	Operaio specializzato	€/ora	20,37
	Operaio qualificato	€/ora	19,02
	Operaio comune	€/ora	17,47
1.02.00	**LATINA**		
	Operaio specializzato	€/ora	18,30
	Operaio qualificato	€/ora	17,23
	Operaio comune	€/ora	15,96
1.03.00	**VITERBO**		
	Operaio specializzato	€/ora	20,29
	Operaio qualificato	€/ora	19,10
	Operaio comune	€/ora	17,47
1.04.00	**RIETI**		
	Operaio specializzato	€/ora	20,50
	Operaio qualificato	€/ora	19,29
	Operaio comune	€/ora	17,74
1.05.00	**FROSINONE**		
	Operaio specializzato	€/ora	23,01
	Operaio qualificato	€/ora	21,61
	Operaio comune	€/ora	19,77
2.00.00	**NOLI**		
2.01.00	**AUTOMEZZI**		
2.01.01	**Autocarro** con pianale ribaltabile, compreso consumi carburante e lubrificante		
	- portata da 40 q a 120 q	€/ora	31,00
	- portata da 161 q a 200 q	€/ora	41,30
2.01.02	**Autocarro con gru semovente** e pianale ribaltabile, compreso consumi, carburante e lubrificante		
	- portata da 61 q a 150 q	€/ora	49,00
2.02.00	**MACCHINE ED ATTREZZATURE DA CANTIERE**		
2.02.01	**Escavatore** con attrezzatura frontale, cingolato o gommato, compreso consumi, carburante e lubrificante		
	- con motore da 111 Hp a 160 Hp	€/ora	41,30
2.02.02	**Pala caricatrice** cingolata o gommata compreso consumi, carburante e lubrificantearticolata		
	- con motore da 81 Hp a 110 Hp	€/ora	41,30
2.02.03	**Rullo compressore** statico o vibrante a piastre con pari effetto, anche gommato, compreso consumi, carburante e lubrificante		

		- 6t - 8t	€/ora	25,80
	2.02.04	**Terna**	€/ora	41,30
	2.02.05	**Ragno meccanico**	€/ora	41,30
	2.02.06	**Battipalo** con maglio di peso adeguato, con operatore, carburante e lubrificante.		
		- diesel 150 Hp a caduta libera con maglio oltre 300 kg	€/ora	69,40
		- con centralina idraulica con maglio fino a 300 kg	€/ora	24,40
2.03.00	**ATTREZZATURE EDILI**			
	2.03.01	**Compressore** con pistola perforatrice		
		- capacità da 2000 a 4000 l	€/ora	18,60
	2.03.02	**Gruppo elettrogeno** con mootore diesel, con uscita trifase, motato su carrello gommato, compreso consumi, carburante e lubrificante		
		- da 15 kVA, potenza resa	€/ora	9,40
	2.03.03	**Piastra vibrante**	€/ora	5,10
	2.03.04	**Autocestello**	€/ora	56,80
2.04.00	**MACCHINE ED ATTREZZATURE AGRICOLO-FORESTALI**			
	2.04.01	**Trattore con cisterna**, cingolato o gommato, completo di attrezzature accessorie per opere agricolo-forestali, compreso consumi, carburante e lubrificante		
		- con motore oltre 60 Hp	€/ora	32,20
	2.04.02	**Motosega a catena**, compreso consumi, carburante e lubrificante	€/ora	3,20
	2.04.03	**Idroseminatrice**, compreso consumi, carburante e lubrificante		
		- portata oltre 4 m^3 di organico	€/ora	36,10
	2.04.04	**Pompa irroratrice** per bitume	€/ora	25,80
	2.04.05	**Verricello**	€/ora	6,20

2.04.06	**Generatore con trapano**		
		€/ora	4,30
3.00.00	**MATERIALI**		
3.01.00	**INERTI E TERRE**		
3.01.01	**Ghiaino e ghiaia**		
	- diam. 10-15 mm	€/kg	1,24
	- diam. 30-60 mm	€/m^3	11,90
3.01.02	**Inerte terroso-sabbioso**		
		€/m^3	10,30
3.01.03	**Terreno vegetale**		
		€/m^3	10,10
3.01.04	**Tout venant sabbioso sciolto**		
		€/m^3	22,90
3.01.05	**Pietrame**		
	- pietrame di riempimento	€/m^3	6,60
	- massi per scogliera	€/m^3	20,70
3.02.00	**BITUMI E CONGLOMERATI BITUMINOSI**		
3.02.01	**Bitume**		
		€/Kg	1,00
3.03.00	**CALCESTRUZZI E MALTE PRECONFEZIONATE**		
3.03.01	**Malta pronta** a base cementizia		
	- cementizia	€/Kg	0,80
	- antiritiro	€/Kg	0,90
3.03.02	**Muro cellulare**		
	- moduli prefabbricati in cls	€/cad	56,00
3.04.00	**MATERIALI METALLICI**		
3.04.01	**Acciaio** Fe B 44 K tondo ad aderenza migliorata		
	- diam. 14 mm - 28 mm	€/Kg	0,60
3.04.02	**Picchetto metallico**		
	- diam. 14 mm, L = 1,5 m	€/Kg	0,80
3.04.03	**Rete elettrosaldata** in acciaio ad aderenza migliorata Fe B 44 K		
		€/Kg	2,00
		€/m^2	4,00
3.04.04	**Chiodi**		
		€/cad	1,40
		€/kg	0,60
	- spezzoni di acciaio appuntiti	€/cad	0,80
3.04.05	**Barra con asola**		
		€/cad	2,60
	> 60 cm	€/cad	1,90
	> 80 cm	€/cad	2,80

3.04.06	**Filo di ferro**		
	- diam 3 mm	€/kg	0,80
3.04.07	**Punti metallici**		
		€/cad	0,30
		€/kg	0,60
3.04.08	**Zanche o cambre o staffe**		
	- in acciaio	€/kg	5,00
3.04.09	**Fune di acciaio** zincato		
	- diam. 12 mm	€/m	2,00
	- diam. 16 mm	€/m	5,00
	- diam. 20 mm	€/m	7,00
3.04.10	**Morsetto serrafune d'acciaio**		
		€/cad	1,80
3.04.11	**Puntale in ferro**		
		€/cad	1,00
3.04.12	**Rete metallica**		
		€/m^2	3,90
	- con rivestimento in PVC	€/m^2	1,00
3.04.13	**Elementi preconfezionati in rete metallica**		
	- moduli per materassi 1 x 2 m	€/kg	2,90
	- moduli per gabbioni 1x 1 m	€/kg	3,00
	- moduli per terre rinforzate	€/m^2	97,00
3.04.14	**Flangia e dado**		
		€/cad	1,60
3.04.14	**Piloti**		
		€/cad	10,00
		€/kg	1,10
3.04.15	**Barre**		
	- lisce	€/cad	2,00
	- filettate	€/cad	4,00
3.04.16	**Putrelle HEB 180**		
		€/cad	0,80

3.05.00 GEOSINTETICI E BIOSTUOIE

3.05.01	**Geostuoia tridimensionale** in materiale sintetico		
		€/m^2	6,80
3.05.02	**Geostuoia tridimensionale** in polipropilene stabilizzato UV abbinata, in fase di estrusione, ad una rete metallica a doppia torsione -spessore 10 mm maglia 6 x 8 filo diam. 2,20 mm, resistenza longitudinale 35 kN/m	€/m^2	9,00

3.05.03	**Geostuoia tridimensionale** in materiale sintetico prebitumata a caldo	€/m^2	33,60
3.05.04	**Biofeltro** in cocco	€/m^2	3,60
3.05.05	**Biorete** in cocco	€/m^2	3,60
3.05.06	**Biostuoia**		
	- di paglia, peso di 400 g/mq	€/m^2	1,00
	- di cocco, peso di 400 g/mq	€/m^2	2,50
	- di paglia e cocco,peso di 400 g/mq	€/m^2	2,00
3.05.07	**Biotessile**		
	- in cocco del peso di 700 g/m^2	€/m^2	5,00
	- in juta del peso di 500 g/m^2	€/m^2	1,80
3.05.08	**Rete in fibra naturale di juta**	€/m^2	2,50
3.05.09	**Rullo** cilindrico o prismatico in fibre contenute da rete in fibre di poliestere tessute		
	- di cocco, con diam. 500 mm e peso 25 kg/m	€/m	65,00
		€/cad	31,00
3.05.10	**Geocelle a nido d'ape**	€/m^2	15,50
3.05.11	**Geotessuto**	€/m^2	6,70

3.06.00 LEGNAMI E MATERIALI LEGNOSI

3.06.01	**Legname scortecciato**		
	- di castagno diam. 20-25 cm L=4-5 m	€/m^3	114,60
	- pino nero da opera	€/m^3	64,60
3.06.02	**Paletti di legno**		
	- diam. 5 cm L=80 cm	€/cad	1,00
	- diam. 8 cm L=100 cm	€/cad	1,30
	- diam. 8 cm L=2-3 m	€/cad	6,20
3.06.03	**Ramaglia**		
	- di salice arbustivo L = 2 - 2,5 m, diam. 2 - 5 cm	€/cad	0,80
	- di conifere	€/kg	0,04
3.06.04	**Verghe da intreccio**		
	- di salice vivo	€/cad	0,80
3.06.05	**Verghe morte**		
	- L= 2,00 m, diam. 3 cm	€/cad	0,20
3.06.06	**Paglia**	€/ql	10,30

3.06.07	**Pertiche di castagno**		
		€/kg	0,10
3.06.08	**Traverse ferroviarie in legno**		
		€/cad	1,80
3.07.00	**PIANTE, SEMENTI, CONCIMI**		
3.07.01	**Talee di salice o tamerice**		
		€/cad	0,80
3.07.02	**Pianta in vasetto o zolla**		
	- arbusto	€/cad	6,50
	- albero	€/cad	12,20
3.07.03	**Sementi**		
	- miscela di sementi	€/kg	3,60
3.07.04	**Concime**		
	- fertilizzanti organici	€/kg	0,50
	- ammendanti	€/kg	1,00
3.07.05	**Varie per semina**		
	- collante organico	€/kg	2,40
	- per idrosemina a spessore	€/kg	13,20
3.07.06	**Canna palustre** dal selvatico		
	- culmi di canna	€/cad	
	- rizomi e cespi	€/cad	
	- zolle	€/cad	1,40
3.07.07	**Materiali accessori per piantagioni**		
	- dischi in biofeltro per pacciamatura	€/cad	1,30
	- palo tutore	€/cad	1,30
	- impianto irrigazione	€/m^2	12,90
3.07.08	**Tappeto erboso pronto**		
		€/m^2	8,20
3.07.09	**Ramaglia di conifere**		
		€/cad	0,90

APPENDICE C

AA.VV. (1993) - *Manuale tecnico di ingegneria naturalistica*. Regione Emilia Romagna, Regione Veneto.
AA.VV. (1995) - *Opere e tecniche di ingegneria naturalistica e recupero ambientale*. Regione Liguria, Ass. edilizia, Energia e Difesa del suolo.
AA.VV. (1996) - *Dictionar of Soil Bioengineering* Verein für Ingenieurbiologie vdf Hochschulverlag AG an der ETH Zürich B.G. Teubner Stuttgart
AA. VV. (2000) - *Principi e linee guida per l'ingegneria naturalistica*. *Vol. 1 e 2*. Regione Toscana
AA.VV. (2001) - *Interventi di Ingegneria Naturalistica nel Parco Nazionale del Vesuvio*. Ente Parco nazionale del Vesuvio; Fondo Europeo di Sviluppo Regionale.
AA.VV. (2003) *Interventi di sistemazione del territorio con tecniche di Ingegneria Naturalistica*. Regione Piemonte Direzione tutela e risanamento ambientale, Programmazione gestione rifiuti; Direzione Opere Pubbliche.
AA. VV. 2003 - *Manuale tecnico di Ingegneria Naturalistica della Provincia di Terni*. *Applicabilità delle tecniche, limiti e soluzioni*. PTCP Provincia di Terni
ANPA (2001) - *Atlante delle opere di sistemazione dei versanti*.
APAT *Dipartimento Difesa del suolo - Progetto IFFI (Inventario dei Fenomeni Franosi in Italia)* - www.sinanet.apat.it/progettoiffi
Begemann W., Schiechtl H.M. (1986) - *Ingenieur Biologie*. *Handbuch zum ökologischen Wasser - und Erdbau*. Bauverlag GMBH. Wiesbaden und Berlin
Carbonari A., Mezzanotte M. (1993) - *Tecniche naturalistiche nella sistemazione del territorio*. Prov. Autonoma di Trento
Carbonari A., Mezzanotte M. (2000) - *Tecniche naturalistiche nella sistemazione del territorio*. Prov. Autonoma di Trento
Cornelini P., Sauli G., (in stampa) "*Manuale di Indirizzo delle scelte progettuali per interventi di difesa del suolo con tecniche di Ingegneria Naturalistica*". PODIS Ministero dell'Ambiente.
Elenco prezzi dei materiali ed opere per il recupero ambientale delle aree degradate e per la sistemazione e rinaturazione di sponde ed alvei fluviali e lacustri. Regione Piemonte, Assessorato all'ambiente (1995).
Elenco prezzi dei materiali ed opere per il recupero ambientale e l'Ingegneria Naturalistica. Regione Piemonte, Assessorato all'ambiente (1997).
Grünflächen bei Bahnanlagen. *Handbuch für die Projektierung*. SBB CFF FFS.
Ministero dell'Ambiente (Roma Settembre 1997) - *Linee guida per capitolati speciali per interventi di ingegneria naturalistica e lavori di opere a verde*.
Paiero P., Semenzato P., Urso T. (1997) - *Biologia vegetale applicata alla tutela del territorio*.
Regione autonoma FVG, Dir. Reg. Foreste, Dip. Territorio e sistemi agro-forestali Univ. Padova. Ed. Progetto Padova.
Sauli G. (1998) - *Soil Biological Engineering Works in the Road Sector and their Applications in Different Climatic Conditions* in THE ENVIRONMENT IN ROAD LOCATION AND DESIGN. AIPCR (Associazione mondiale della strada). Helsinky, 14-15 maggio 1998.
Sauli G. (1998) - *Utilisation du génie végétal pour la protection des berges en Italie* Séminaire transnational "au fil de l'eau" Berdes et rivières d'Europe Valence (F) 30/09 - 2/10 1998
Sauli G. (1999) - *Casistica di interventi di ingegneria naturalistica: costi e risultanze*. Atti del Convegno transnazionale "Efficacia e costi degli interventi di ingegneria naturalistica" EFIB - AIPIN . Trieste 25-27 novembre 1999.
Sauli G. (1999) - *The transfer of soil bioengineering into new climatic, edaphic and floristic zone*s - Atti della Conferenza 1999 " Ground and Water Bioengineering for Erosion Control and Slope Stabilization" IECA - First Asia Pacific Conference and Exibition Manila - Filippine 19-21 aprile 1999.
Sauli G., Siben S. (1995) - *Capitolato AIPIN*. *Voci di capitolato opere di ingegneria naturalistica dell'AIPIN*.
Sauli G., Cornelini P., Preti F. (2002) - *Manuale di Ingegneria Naturalistica Applicabile al settore idraulico* - Regione Lazio Assessorato per l'Ambiente Dipartimento Ambiente e Protezione Civile.
Sauli G., Cornelini P., Preti F (2003) - *Manuale di Ingegneria Naturalistica Applicabile ai settori delle strade, cave, discariche e coste sabbiose* - Regione Lazio Assessorato per l'Ambiente Dipartimento Ambiente e Protezione Civile.
Sauli G. (2003) - *Linee Guida sugli interventi di mitigazione delle grosse infrastrutture soggette a procedura V.I.A.* - Commissione V.I.A. Ministero Ambiente.
Schiecthl H. M. (1992) - *I salici nell'uso pratico*. Ed. Arca.
Schiechtl H. M. - *Bioingegneria forestale*. *Basi - Materiali da costruzione vivi - Metodi*. Ed Castaldi (Feltre).
Schiechtl H. M., Stern R. (1992) - *Ingegneria naturalistica*. *Manuale delle opere in terra*. Ed Castaldi (Feltre).
Sotir R. B. (1992) - *Soil Bioengineering for Upland Slope Protection and Erosion Reduction*. Cap. 18. United States Department of Agriculture Soil Conservation Service
Zeh H. (1993) - *Ingenieurbiologische Bauweisen*. Studienbericht Nr. 4, 1993.

BIBLIOGRAFIA del Capitolo 7.3
DALLE SISTEMAZIONI IDRAULICO-FORESTALI ALL'INGEGNERIA NATURALISTICA

Agnoletti M, 2002, Le Sistemazioni Idraulico Forestali dei bacini montani dall'unità d'Italia alla metà del XX secolo, in Disboscamento montano e politiche territoriali, a cura di Lazzarini A., Franco Angeli
Amorfini A., Bartelletti A., Preti F., 2002, Note sull'evento alluvionale del 19 giugno 1996 in Alta Versilia-Garfagnana e sugli interventi di

sistemazione dei versanti, Quaderni di Idronomia Montana n. 18 (2002).
Andrich A., D'Agostino V., 2000, Le opere in legno nella sistemazione dei torrenti, A.R.P.A.V. Centro Valanghe di Arabba, 2000.
Andrich A., Dorigo G., 1994, Atti del corso di formazione professionale in Ingegneria Naturalistica, Regione Veneto-Centro sperimentale valanghe e difesa idrogeologica di Arabba, tipografia Piave, Belluno.
ARSIA, 2000, Monitoraggio di interventi sperimentali di Ingegneria Naturalistica realizzati in Toscana. Rapporto finale della commissione Tecnica di Coordinamento. ARSIA, Firenze.
Benini, G., 1990, Sistemazioni Idraulico Forestali, UTET Ed., Torino, 1990.
Bresci E., F. Preti, 2001, Un confronto storico fra "Sistemazioni Idraulico Forestali" e "Ingegneria Naturalistica", Convegno Ingegneria Naturalistica: dal Progetto ai Risultati, Milano 15-16 novembre 2001, pp. 7.
Bresci E., Preti F., Un'indagine storica sull'evoluzione di alcune tecniche di sistemazione idraulico-forestale (interventi su versante), Rivista di Ingegneria Agraria
Bresci, E., Preti, F., 2001, Alcuni spunti per un'analisi comparata fra Sistemazioni Idraulico Forestali e Ingegneria Naturalistica. Conv.
AIIA: Ingegneria Agraria per lo sviluppo dei paesi del Mediterraneo, Vieste, settembre 2001.
Bresci, E., Sorbetti Guerri, F., 2000. L'ingegneria naturalistica: tradizioni storiche e problematica attuale. Convegno su Le costruzioni per la produzione agricola e il territorio rurale, Bologna, ottobre, 2000.
Calabresi G.A., G. Ciota, 1913, Le graticciate viventi per la sistemazione dei piccoli valloni montani, (1913), Vasto Casa Editrice, L'arte de la stampa.
Cantini C., 2001, Criteri di progettazione e monitoraggio delle opere di Ingegneria Naturalistica. Tesi di laurea in Ingegneria per l'Ambiente e il Territorio, Università di Firenze, 2001.
Carbonari A., Mezzanotte M., 1996, Tecniche naturalistiche nella sistemazione del territorio, Prov. Autonoma di Trento, Servizio ripristino e valorizzazione ambientale, Litotipografia Alcione, Trento.
CIRF, 2001, Manuale di riqualificazione fluviale - Le esperienze pioniere della rinaturalizzazione in Europa, Mazzanti Editori, 2001
Coslop D., 2001, Tecnica delle Sistemazioni Idraulico Forestali, Calderini edagricole
De Horatiis M., 1930, Istituzioni di Idronomia Montana ad uso dei forestali e degli ingegneri. Tipografia di Marino Ricci, Firenze, 1930.
De Philippis A., ?, La copertura forestale e la difesa del suolo, in La difesa del suolo, pp. 183÷194
Di Tella G., F. Bay, 1939, Le correzioni dei torrenti, (1939), S.A.G. Barbera, Ed. Firenze
Fanizzi L., S. Misceo, 2003, Gli effetti delle sistemazioni agroforestali sul deflusso idrico e trasporto solido nei bacini idrografici, Scienza e Inquinamento, L'ambiente 3/03, pp. 12÷15
FAO, 1976, Conservation in arid and semi-arid zones. FAO Conservation Guide, 3, 1976.
Ferro V., 2002, La sistemazione dei bacini idrografici, MCGraw-Hill
Florineth F., 2002, Grabensicherung mit ingenieurbiologischen Massnahmen in den europäischen Alpen und in Nepal Stabilisation of gullies with soil-bioengineering methods in the European Alps and in Nepal. Zeitschrift für Wildbach-, Erosions- und Steinschlagschutz, 147, pp. 69÷88.
Florineth F., 2002, Stabilisation of Gullies with Soil-Bioengineering Methods in the Alps and in Nepal, in Center for mountain Envirement Research, Chinese Academy of Sciences (Ed.), 2nd International Symposium on Gully Erosion under Global Change, 22.-25.05.2002, Chengdu, China, 30, Chengdu.
Florineth F., H.P Rauch,.H.P. Staffler, 2002, Stabilization of landslides with bio-engineering measures in South Tyrol/Italy and Thankot/Nepal, in Interpraevent 2002 in the Pacific Rim (Ed.): Interpraevent 2002 in the Pacific Rim, 2002, Matsumoto/Japan; Congress publication, Volume 2, pp. 827÷837, Matsumoto/Japan.
Florineth F., H.P. Rauch, S. Wibmer, W. Lammeraner, 2002, Endbericht zum Forschungsprojekt Untersuchungen ingenieurbiologischer Hangsicherungen in Nepal . Auftraggeber: Österreichische Akademie der Wissenschaften, Kommission für Entwicklungsfragen
Florineth F. e M. Molon, 2005 Dispensa di Ingegneria Naturalistica, 2004-2005, Istituto di Ingegneria Naturalistica e Costruzione del Paesaggio, Università di Bodenkultur, Vienna
Fontana S., Per l'agricoltore di montagna una nuova vita, Alberi e Territorio, n. 3 -2004
Gasparini M., ?, Evoluzione delle sistemazioni idraulico-agrarie nelle terre declivi, in La difesa del suolo, pp. 119÷124
Gibelli M.G., D. Meucci, F. Oggionni, F. Palmeri, F. Vallone, 1995, Quaderni di Ingegneria Naturalistica. Sistemazioni in ambito fluviale, Ed. Il Verde Editoriale.
Gray D.H., R.B. Sotir, 1996, Biotechnical and soil bioengineering slope stabiliazion. A practical guide for erosion control, (1996), John Wiley & Sons, Inc. New York.
Grazi S., 2000, Sviluppo storico delle Sistemazioni Idraulico Forestali nell'arco appenninico e recenti orientamenti di Ingegneria Naturalistica , progetto IFNAT, intervento al PIN, Prato, file Grazitot.html
Grazi S., 2003, Manfredi de Horatiis, ricordo presentato all'incontro Prima che l'acqua giunga al piano, L'azione dei forestali per il governo delle acque in montagna, Roma
Grazi S., a.a. '76-'77, Appunti delle lezioni di idronomia montana (Sistemazioni Idraulico Forestali), Università degli studi di Firenze, Facoltà di Scienze Agrarie e Forestali.
Grazi, S. Sistemazioni idraulico-forestali: problema attuale o del passato? Annali dell'Accademia Italiana di Scienze Forestali, XXXIV, 97-118, 1985.
Grazi, S., 1985, Sistemazioni Idraulico Forestali: problema attuale o del passato? Annali dell'Accademia Italiana di Scienze Forestali, XXXIV, 97-118, 1985.
Hofmann A., 1936, La sistemazione idraulico-forestale dei bacini montani, UTET Torino, Ed., 1936.
Lenzi M. A., D'Agostino V., Sorde P., 2000, Ricostruzione morfologica e recupero ambientale dei torrenti, Ed. Bios, Cosenza
Maione U., 1998, Sistemazione dei bacini montani, Ed. Bios, Cosenza.
Malcevschi S., 2000, Nuovi ecosistemi e Reti ecologiche, Convegno internazionale "Reti ecologiche", Centro Studi "Valerio Giacomini", Gargano (BS), Palazzo.
Menduni G. , 2002, Lettura su "La regimazione delle acque. Dalle sistemazioni dei terreni, ai laghetti collinari ed alle casse di espansione", adunanza pubblica all'Accademia dei Georgofili del 2 maggio 2002.

Merendi A., 1936, La difesa vegetale, S.A.G. Barbera, Ed. Firenze, 1936.
Ministero dell'Ambiente, 1997, Linee guida per capitolati speciali per interventi di Ingegneria Naturalistica e lavori di opere a verde, Prestampa: Segreteria Nazionale AIPIN.
Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio, 2002, Criteri e tecniche per la manutenzione del territorio ai fini della prevenzione del rischio idrogeologico, Internet.
Parco Nazionale del Vesuvio, 2001, Interventi di Ingegneria Naturalistica nel Parco Nazionale del Vesuvio, a cura di Carlo Bifulco, Studi e Ricerche del Parco Nazionale del Vesuvio
Pareto R.,1886, Memoria sui torrenti, burroni e frane, Tipografia degli Ingegneri, Milano, 1866.
Petrone A., F. Preti, 2003, Ingegneria Naturalistica: sostenibile e appropriata per i cosiddetti PVS?, manoscritto stampato in proprio e presentato a Sancti Spiritus (Cuba) e a Torino, 2003
Petrone A., F. Preti, 2004, "Ingeniería naturalística en Centroamerica", collana Manuali Tecnici per la Cooperazione allo Sviluppo, IAO (Istituto Agronomico per l'Oltremare), pp. 72, in corso di stampa
Piccioli F., 1905, Boschi e torrenti, Casa Editrice Nazionale, Roma-Torino, 1905.
Preti F., 2001, Versanti terrazzati e dissesto idrogeologico, in Atti del VII Convegno Nazionale di Ingegneria Agraria "Ingegneria agraria per lo sviluppo dei paesi mediterranei", Vieste del Gargano, 11-14 settembre 2001
Preti F., 2004, Sistemazioni Idraulico-Forestali e Ingegneria Naturalistica per la difesa del territorio, relazione presentata su invito al Convegno L'Ingegneria Naturalistica in ambiente mediterraneo, Pisa, 22 aprile 2004
Preti F., Barneschi, M., 2004, Versanti vegetati: consolidamento, stabilizzazione e rivestimento, inviato a L'ingegneria agraria per lo sviluppo sostenibile dell'area Mediterranea, AIIA 2005, Catania, 27-30 giugno 2005
Preti F., Bresci E., 2001, Variazione dell'uso del suolo e risposta idrologica, in Atti del VII Convegno Nazionale di Ingegneria Agraria "Ingegneria agraria per lo sviluppo dei paesi mediterranei", Vieste del Gargano, 11-14 settembre 2001
Preti F., Galeotti L., Brugioni M., 1999 -Caratterizzazione dell'evento alluvionale del 19 giugno 1996 in Versilia e Garfagnana per gli interventi di sistemazione idraulico-forestale. Monti&Boschi 3-4, 21-28.
Preti F., M. Sargentini, 2003, Principi e linee guida per l'Ingegneria Naturalistica: il contributo della Regione Toscana alla manualistica, Convegno Ingegneria Naturalistica: dal Progetto ai Risultati, Milano 15-16 novembre 2001, pp. 8.
Provincia di Milano, 2003, Linee guida per interventi di Ingegneria Naturalistica lungo i corsi d'acqua, Quaderni del Piano Territoriale, n. 20 Guerini e Associati
Provincia di Terni, 2003, Manuale tecnico di Ingegneria Naturalistica della Provincia di Terni, Applicabilità delle tecniche, limiti soluzioni.
Pugi F., Analisi delle caratteristiche progettuali e costruttive delle briglie in legno, Tesi di laurea in Ingegneria per l'Ambiente ed il Territorio, Università di Firenze, 1999.
Puglisi S., 1996, Le scienze forestali contro le alluvioni, in Atti a cura di M. Falciai e F. Preti del Convegno sul trentennale dell'alluvione di Firenze - La difesa dalle alluvioni, Firenze, 4-5 November 1996, n. 1963 CNR-GNDCI, Tecnoprint, Bologna.
Puglisi S., 2000, Il controllo dell'erosione di versante con le tecniche dell'ingegneria naturalistica, L'Acqua, (2000), 3, 11-20.
Puglisi S., 2002, L'Ingegneria Naturalistica nella sistemazione dei bacini montani, Quaderni di Idronomia Montana, n. 18, Ed Bios, Cosenza
Puglisi S., 2003, Attualità delle Sistemazioni Idraulico Forestali in un mondo che cambia, L'Italia forestale e montana, Settembre-Ottobre 2003, anno LVIII, n. 5, Firenze, pp. 331÷352
Rauch H.P., S. Belihart, D. Ertl, S. Wibmer, W. Lammeranner, 2004, Implementation and Monitoring of soil-bioengineering measures at a landslide in the Middle Mountains of Nepal, International Conference on Eco-engineering "The use of vegetation to improve slope stability", Tesshaloniki, 10-17 september 2004
Regione Emilia-Romagna, Regione Veneto, 1993, Manuale tecnico di Ingegneria Naturalistica, Centro formazione professionale O. Malaguti.
Regione Emilia-Romagna, Regione Veneto, Manuale Tecnico di Ingegneria Naturalistica. Litografia Amorth, Trento, 1993.
Regione Lazio, 2002, Manuale di Ingegneria Naturalistica, Applicabile al settore idraulico.
Regione Lazio, 2003, Manuale di Ingegneria Naturalistica, Applicabile ai settori delle strade, cave, discariche e coste sabbiose
Regione Liguria, Opere e tecniche di Ingegneria Naturalistica e recupero ambientale, Distribuito da Regione Liguria, Ass. Edilizia, Energia e Dif. Suolo, Via Fieschi 15, Genova
Regione Lombardia, 2000, Quaderno opere tipo di Ingegneria Naturalistica, in: Bollettino ufficiale della Regione Lombardia, 9 maggio 2000
Regione Piemonte, 2003, Interventi di sistemazione del territorio con tecniche di Ingegneria Naturalistica
Regione Toscana, Direttive sui criteri progettuali per l'attuazione degli interventi in materia di difesa idrogeologica, D.C.R. n. 155 del 20 maggio 1997.
Regione Toscana, 1998, Criteri e metodi per l'analisi degli eventi alluvionali, Collana Fiumi e Territorio.
Regione Toscana, 2000, Principi e linee guida per l'Ingegneria Naturalistica. Volume 1 - Processi territoriali e criteri metodologici, Collana Fiumi e Territorio
Regione Toscana, 2001, Principi e linee guida per l'Ingegneria Naturalistica - Vol. 2: Sviluppo e applicazioni in Toscana, Collana Fiumi e Territorio.
Romiti G., A. Romiti, 1957, La sistemazione dei bacini montani, (1957), Unione Tipografico- Editrice Torinese.
Sanna, S., 2003, Sistemazioni Idraulico Forestali nella difesa del suolo, Approcci metodologici di studio per ottimizzare il rapporto uomo-territorio, Flaccovio
Sauli G., Siben S. (a cura di), 1995, Tecniche di rinaturazione e di Ingegneria Naturalistica-Esperienze europee, Patron Editore.
Schiechtl H. M., 1985, FAO watershed management field manual, Vegetative and soil treatment measures, FAO Conservation Guide 13/1
Schiechtl H. M., 1987, La bioingegneria: una tecnica per il recupero ambientale, Acer, 2.
Schiechtl H. M., 1991, Bioingegneria forestale. Basi- Materiali da costruzione vivi-Metodi, Ed. Castaldi, Feltre.
Schiechtl H.M., 1991, Bioingegneria Forestale - Biotecnica naturalistica, (1991), Edizioni Castaldi, Feltre.
Schiechtl H.M., Stern R., 1992, Ingegneria Naturalistica. Manuale delle opere in terra, Ed. Castaldi, Feltre.
Schiechtl H.M., Stern R., 1994, Ingegneria Naturalistica. Manuale delle costruzioni idrauliche, Ed. Arca, Trento.
Schiechtl H.M., 1996, I salici nell'uso pratico, Ed. Arca, Trento.
Supino G., 1971, La sistemazione del Bacino dell'Arno, Commissione Interministeriale per lo studio della sistemazione idraulica e la dife-

sa del suolo, Roma.
Tornani I., E. Sanjust di Teulada, P. Pasini., F. D'Urso, 1895, Sulla correzione dei torrenti nella Svizzera nella Francia e nella Corinzia. Tipog. e Litog. del Genio Civile, Roma, 1895.
Valentini C, 1912, Sistemazione dei torrenti e dei bacini montani, (1912), HOEPLI Ed. Milano.
Viappiani A., 1915, Trattato di idraulica applicata. HOEPLI Ed., Milano, 1915.
Wang, F., 1903, Grundriss der Wildbachverbauung. Leipzig, Verlag von S. Hirzel, 1903.
WWF Lombardia - Andrea Agapito Ludovici, 2003, La manutenzione del territorio, Internet
Zeh H., 1997, Tecniche di Ingegneria Naturalistica, Ed. Il Verde Editoriale.

BIBLIOGRAFIA del Capitolo 8.3
CARATTERI GEOLOGICI E GEOMORFOLOGICI DELLA REGIONE LAZIO E DELLE REGIONI LIMITROFE

APAT. Agenzia per la Protezione dell Ambiente e per i Servizi Tecnici -Dipartimento Difesa del Suolo (2004) - Geological map of Italy (scala 1:1.250.000). SELCA, Firenze.
APAT. Agenzia per la Protezione dell Ambiente e per i Servizi Tecnici -Dipartimento Difesa del Suolo. Autori Vari (2004) - Field trip guide books 5 and 6 - from P37 to P64. Memorie Descrittive della Carta Geologica d'Italia, LXIII, 32 Congresso Internazionale di Geologia, Firenze-2004.
Autorità di Bacino del Fiume Tevere (2002) - Piano Stralcio per l'assetto Idrogeologico.
Autorità di Bacino del Sarno (2001) - Piano Stralcio per l'assetto Idrogeologico.
Autorità di Bacino Liri-Garigliano e Volturno (2001) - Piano Stralcio per l'assetto Idrogeologico.
Autorità di Bacino Nord Occidentale della Regione Campania (2001) - Piano Stralcio per l'assetto Idrogeologico.
Autorità di Bacino Regionale Destra Sele (2001) - Piano Stralcio per l'assetto Idrogeologico.
Boccaletti M., Coli M., Decandia F.A., Giannini E., Lazzarotto A. (1980) - Evoluzione dell'Appennino settentrionale secondo un nuovo modello strutturale. Mem. Soc. Geol. It., 21, pp. 359-353.
Brancaccio L., Cinque A., Romano P., Rosskopf C., Russo F., Santangelo N. (1995) - L'evoluzione delle pianure costiere della Campania: geomorfologia e neotettonica. Mem. Soc. Geogr. It. 53, pp. 313-336.
Canuti P., Focardi P., Nardi R., Puccinelli A. (2000) - Atlante dei centri abitati instabili della Toscana. Progetto SCAI, Pubblicazione CNR - GNDCI n. 2143. Stabilimento Poligrafico Fiorentino, Firenze.
Cipollari P., Cosentino D. (1992) - La linea Olevano-Antrodoco: contributo della biostratigrafia alla sua caratterizzazione cinematica. Studi Geol. Camerti 1991-2, Vol Speciale CROP 11, pp 151-156.
CNR-GNDCI (1995) - Relazioni finali Progetto AVI: Regioni Abruzzo, Umbria Campania, Lazio.
D'Alessandro L., Berti D., Buccolini M., Miccadei E., Piacentini T., Urbani A. (2003) - Relationships between the geological-structural framework and landslides types in Abruzzi (Central Appendine). Atti del 1° congresso nazionale dell'AIGA. Campus Universitario Gabriele D'Annunzio, 19-20 febbraio 2003, Chieti.
I.N.G. Istituto Nazionale di Geofisica.Autori Vari (1999) - Catalogo parametrico dei terremoti italiani. Editrice Compositori, Bologna.
Prestininzi A. (2000) - La valutazione del rischio di frana: metodologie e applicazioni al territorio della Regione Lazio. Dipartimento di Scienze della Terra dell'Università degli Studi di Roma La Sapienza.
Presidenza del Consiglio dei Ministri- Dipartimento per i Servizi Tecnici Nazionali- Servizio Geologico Nazionale (1995) - La geologia dela provincia di Roma. Memorie descrittive della carta Geologica d'Italia, Volume L. Istituto e Poligrafico e Zecca dello Stato.
Regione Toscana. Assessorato all'Ambiente. Autori Vari (2004) - The Regione Toscana Project of Geological Mapping. Case histories and data acquisition.
Società Geologica Italiana. Autori Vari (2004) - Geology of Italy.Volume speciale della Società Geologica Italiana per il 32 Congresso Internazionale di Geologia Firenze-2004.
Società geologica Italiana. Autori Vari (2003) - Abruzzo. Guide geologiche Regionali. BE-MA Editrice.
Società geologica Italiana. Autori Vari (1994) - Appennino Umbro-marchigiano. Guide geologiche Regionali. BE-MA Editrice.
Società geologica Italiana. Autori Vari (1993) - Lazio. Guide geologiche Regionali. BE-MA Editrice.
Società geologica Italiana. Autori Vari (1992) - Appennino Tosco-Emiliano. Guide geologiche Regionali. BE-MA Editrice.
Vallario A. (1992) - Frane e territorio. Le frane nella morfogenesi dei versanti e nell'uso del territorio, Liguori Editore, Napoli
Vallario A. (2001) - L'ambiente geologico della Campania.CUEN Editore, Napoli.
Varnes D.J., Slope movement types and processes, Special report 176 National Accademy of Science, Washington, 1978;

BIBLIOGRAFIA del Capitolo 8.6
GENERALITÀ SULLA VEGETAZIONE REALE E SULLE PRINCIPALI SERIE DINAMICHE DEL LAZIO E DELLE REGIONI LIMITROFE

Anzalone B., 1994. Prodromo della Flora Romana (elenco preliminare delle piante spontanee del Lazio) (Aggiornamento). Parte 1 Pteridophyta, Gymnospermae, Angiospermae Dicotyledones. Ann. Bot. (Roma) 52 (11): 1-81.
Anzalone B., 1996. Prodromo della Flora Romana (elenco preliminare delle piante spontanee del Lazio) (Aggiornamento). Parte 2, Angiospermae Monocotyledones. Ann. Bot. (Roma) 54: 7-47.
Arrigoni P.V., 1998 - La vegetazione forestale. Boschi e macchie di Toscana. Regione Toscana, Giunta Regionale, Firenze.
Avena & Blasi, 1979. Saturejo montanae-Brometum erecti ass. nova dei settori pedemontani dell'Appennino calcareo centrale. Arch. bot. Biogeogr. Ital., 55: 34-43.
Biondi E., Allegrezza M. e Frattaroli A.R., 1992 - Inquadramento fitosociologico di alcune formazioni pascolive dell' Appennino Abruzzese. Doc. Phytosoc., n.s., 14: 75-81.
Biondi E., Allegrezza M., Gujtian J., 1988b. Mantelli di vegetazione nel piano collinare dell'Appennino centrale. Doc. Phytosoc., N.S., 11: 479-

490. Camerino.
Biondi E., Gigante D., Pignattelli S., Venanzoni R. 2001. I boschi a Quercus frainetto Ten presenti nei territori centro-meridionali della penisola italiana. Fitosociologia, 38 (2): 97-111.
Biondi E., Gigante D., Pignattelli S., Venanzoni R. 2002. I boschi del piano collinare della Provincia di Terni. Fitosociologia, 39 (1): 135-160.
Blasi C., 1984. Quercus cerris & Quercus frainetto woods in Latium (Central Italy). - Ann. Bot. (Roma) 42 (1984): 7-19.
Blasi C., 1994. Fitoclimatologia del Lazio. Fitosociologia 27: 151-175.
Blasi C., 2003 - Conoscenze naturalistiche in Italia. Società Botanica Italiana - Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio (DCN).
Blasi C., Capotorti G. & Fortini P., 1998 - On the vegetation series in the northern sector of the Simbruini Mountains (Central Apennines). Fitosociologia n. 35: 85-102.
Blasi C., Carranza M. L., Frondoni R., Rosati L., 2000 - Ecosystem classification and mapping: a proposal for Italian landscapes - Applied Vegetation Science (Uppsala) 3: 233-242.
Blasi C., Di Pietro R., Filesi L, 2004 - Syntaxonomical revision of Quercetalia pubescenti-petraeae in the Italian peninsula. Fitosociologia 41 (in stampa)
Blasi C., Di Pietro R., Filesi L., Fortini P., 2001. Syntaxonomy, chorology and syndynamics of Carpinus orientalis communities in Central Italy. Phytocoenologia, 31 (1): 33-62.
Blasi C., Di Pietro R., Fortini P., 2000. A phytosociological analysis of abandoned terraced olive grove in the Tyrrhenian district of Central Italy. Plant Biosystems 134 (3): 305-331.
Blasi C., Filesi L., Abbate G., Cornelini P. 1990: La vegetazione forestale dei Monti Cimini (Italia centrale). - Doc. Phytosoc., N.S., 12: 305-320.
Blasi C., Paura B., 1993 - Su alcune stazioni a Quercus frainetto Ten. in Campania e in Molise; analisi fitosociologica e fitogeografica. Ann. Bot. (Roma), 51 (10): 353-366.
Braun-Blanquet J., 1928. Pflanzensoziologie, 1^ ed.. Berlin.
Caputo G., 1968 - Ricerche sulla vegetazione forestale del gruppo del Taburno-Camposauro (Appennino Campano). Delpinoa, n.s., 8-9: 93-134.
Cutini M., Stanisci A., Pirone G. 2002 - L'alleanza Berberidion vulgaris in Appennino centrale. Fitosociologia, 39 (2): 31-50.
De Dominicis V. & Casini S., 1979° - Memoria illustrativa della carta della vegetazione della Val di Farma (Colline Metallifere). Atti Soc. Tosc. Sci. Nat., Mem., Ser. B, 86: 1-36.
Di Pietro R., Filesi L., Blasi C., 2002 - Una nuova associazione del Cisto-Ericion nel Lazio meridionale. Inform. Bot. Ital., 34: 125-135.
Di Pietro R., Izco J, Blasi C., 2004 - Contribution to the nomenclatural knowledge of Fagus sylvatica woodlands of southern Italy. Plant Biosystems 138 (1): in stampa.
Filesi L., Blasi C., Di Marzio P., (1996): L'Orno-Querceto ilicis sigmetum nella dinamica post-incendio del promontorio del Circeo (Italia centrale). - Ann. Bot. (Roma) (1994), 52, suppl.11: 499-518.
Gehu J.M., 1988. L'analyse symphytosociologique et geosymphytosociologique de l'espace. Théorie et méthodologie. Coll. phytosoc. 17: 11-46.
Mazzoleni S., Ricciardi M., 1995. Boschi misti costieri in Campania. Ann. Bot. (Roma) 51,suppl. 10 (1993): 341-352.
Montelucci G., 1978. Lineamenti della vegetazione del Lazio. Ann. Bot. (Roma), 35-36 (1976- 1978)
Oberdorfer E. & Hofmann A., 1967 - Beitrag zur Kenntnis der Vegetation des Nordappennin. Beitr. naturk. Forsch. SW-Deutsch,. 26 (1): 83-140.
Orsomando E., Catorci A., 1999. Carta della vegetazione naturale potenziale dell'Umbria. Scala 1: 200.000. Regione dell'Umbria, Università di Camerino. S.EL.CA. Firenze.
Pignatti S., 1998. I Boschi d'Italia. Utet, Torino
Pirone G., Abbate G., Ciaschetti G., Corbetta F., Frattaroli A.R., 2002 - Gli abieti-faggeti del comprensorio di confine tra Abruzzo e Molise (Italia centrale). Archivio Geobotanico, 6 (1): 31-43.
Pirone G., Corbetta F., Ciaschetti G., Frattaroli A.R., Burri E., 2001 - Contributo alla conoscenza delle serie di vegetazione nel piano collinare della Valle del Tirino (Abruzzo, Italia Centrale). Fitosociologia 38(2): 3-23.
Rivas-Martinez S., 1987. Mapa de series de vegetacion de España. 1/400.000 y memoria. ICONA, Madrid.
Scoppola A. & Filesi L., 1995: - I boschi di latifoglie della riserva naturale regionale Monte Rufeno (VT). - Ann. Bot. (Roma) (1993), 51, suppl.10: 241-275.
Scoppola A., 1998. La vegetazione della Riserva Naturale Regionale Monte Rufeno (VT) (con note illustrative della Carta della Vegetazione, scala 1.10.000). Regione Lazio, Ass. U.T.V. delle risorse ambientali-Riserva Naturale Monte Rufeno, Comune di Acquapendente. 88 pp.
Tuxen R., 1978. Bemerkungen zur historischen, begrifflichen und methodischen Grundtagen der Synsoziologie. In: Assoziationskomplexe (Rinteln). Ber. Intern. Symphosion 1977 in Rinteln: 3-12.
Ubaldi D. & Speranza M., 1985 - Quelques hetraies du Fagion et du Laburno - Ostryon dans l'Apennin septentrional (Italie). Doc. Fitosoc., n.s. 9: 51-71.

BIBLIOGRAFIA del Capitolo 9
GEOTECNICA APPLICATA ALL'INGEGNERIA NATURALISTICA

ARPAV (Agenzia per la Prevenzione e la Protezione Ambientale del Veneto), (2000), Le opere in legno nella sistemazione dei torrenti montani, Centro Valanghe di Arabba.
Barneschi M., Preti F., (2002), Hidrogeological hazard in vegetated slopes, Convegno Nazionale su Rischio idrogeologico e Conservazione dell'ambiente, Assisi, 11-12 Dicembre, 2002, atti in corso di stampa.
Barneschi M., Preti F., (2003), Consolidamento, stabilizzazione e rivestimento dei versanti vegetati:alcune criteri di intervento, in preparazione per Le giornate dell'ingegneria Naturalistica, Torino 6, 7 e 8 Novembre 2003.

Benini, G., (1990), Sistemazioni Idraulico-Forestali, UTET, Torino.
Bruzzese A., Allegro M.L., (2000), Ecocrib, Programma di calcolo di palificate vive e muri cellulari
Bruzzese A., Allegro M.L., (2001), Uno strumento di calcolo, Il Verde Ed., ACER 4/2001, pp 67-69.
Cantini C., (2001), Criteri di progettazione e monitoraggio delle opere di ingegneria naturalistica, Università degli Studi di Firenze, Facoltà di Ingegneria, Tesi di Laurea in Ingegneria per l'Ambiente ed il Territorio, 2001.
Colombo P., (1984), Elementi di Geotecnica, Zanichelli, Bologna.
Comedini M., (2000), Verifiche di stabilità di versanti stabilizzati con tecniche di ingegneria naturalistica, Atti Convegno Opere in grigio, opere in verde, Provincia di Teramo
Cornelini P., G. Zoccoli, (1995), Schema di calcolo di una palificata viva - Interventi di ingegneria naturalistica nei lavori ferroviari, in "Tecniche di rinaturazione e di ingegneria naturalistica " a cura di Sauli e Siben Patron, Bologna: 227 - 236
GAWAC Programma di calcolo di gabbionate Officine Maccaferri
Giordano G., (1998-1993), Tecnologia del legno. Volume III parte seconda, UTET, Torino..
Gray D.H., Sotir R.B., (1996), Biotechnical and soil bioengineering slope stabilization. A practical guide for erosion control, John Wiley & Sons Inc., New York, 1996.
Greenway D.R., (1987), Vegetation and slope stability, in "Slope stability" a cura di M.G. Anderson e K.S. Richards, John Wiley et Sons, New York, pp. 187-230, 1987.
Lancellotta R., (2001), Geotecnica, Zanichelli.
Leshchinsky, ReSSA, ReSLOPE, MSEW,.programmi di geotecnica applicata - www.msew.com
MACSTARS, Programma di calcolo di terre rinforzate, Officine Maccaferri
Regione Toscana, (2000), Principi e linee guida per l'Ingegneria Naturalistica-Vol. 1: Processi territoriali e criteri metodologici, Collana "Fiumi e Territorio", Regione Toscana, 2000.
Preti F., Cantini C., (2002), Evoluzione temporale delle condizioni di stabilità per le palificate vive, in Atti XXVIII Convegno di Idraulica e Costruzioni Idrauliche, Potenza, 16-19 settembre, 2002
Provincia di Teramo, Atti Convegno: Opere in grigio, opere in verde
Pugi F., Paris E., Ceccotti A., (2000), Sui criteri progettuali delle briglie in legno, Atti del XXVIII Convegno di Idraulica e Costruzioni Idrauliche, Genova,
Schiechtl H.M., (1991), Bioingegneria forestale. Biotecnica naturalistica, Ed. Castaldi, Feltre, 1991.
Scotto M., (1995), Il rinforzo delle terre, Costruzioni n.470
Schuppener B., Design of slopes stabilised by plants, Living reinforced earth - Stabilization of slopes by plants.
Johanbuss: GGU Stability, programmi di geotecnica applicata- www.ggu-software.com
TNXSLOPE, Programma di calcolo di terre rinforzate, Soc.Tenax
Ziemer, Robert R., The Role of vegetation in the stability of forested slopes, Pacific Southwest Forest and range Experiment Station, U.S. Forest Service, U.S.D.A., Arcata, California, reperito su Internet.

BIBLIOGRAFIA del Capitolo 10
STABILITA' DEI VERSANTI VEGETATI

Anderson, M.G., G. Mummery, J.P. Renaud, 2004, Developing a Bioengineering Model for Slope Stability Analysis, International Conference on Eco-Engineering: The use of vegetation to improve slope stability, Thessaloniki, 13-17 Sep. 2004.
Bache D.H., I.A. Mac Askill, 1984, Vegetation in Civil and Landscape Engineering, Granada Publishing, London
Barneschi M., 2002, L'instabilità dei versanti vegetati: analisi di un bacino versiliese delle Alpi Apuane, Facoltà di Agraria, corso di laurea in Scienze Forestali e Ambientali, Università di Firenze.
Barneschi, M., Preti, F., 2002, Pericolosità idrogeologica in versanti vegetati: quantificazioni e verifiche, in Proceedings of National Conference "Conservazione dell'Ambiente e rischio Idrogeologico", Italy, Assisi, 56-66.
Begliomini, K., 2004, Analisi dei dissesti gravitativi su versanti boscati: l'evento alluvionale del 20 novembre 2000 a Vinchiana (LU). Facoltà di Agraria, corso di laurea in Scienze Forestali e Ambientali, Università di Firenze.
Bischetti G.B., Bonfanti F., Greppi M., 2000, Misura della resistenza a trazione delle radici: apparato sperimentale e metodologia d'analisi, Atti del seminario "Monitoraggio dei processi idrometeorologici", 30-31 ott. 2000, AGRIPOLIS, Padova, Quaderni di Idronomia Montana.
Bischetti G.B., Bonfanti F., Greppi M., On root strenght measuring and its role in slopes stability problems, Proceedings of International Conference on Sustainable Soil Management for Environmental Protection - Soil Physical Aspects, Florence, Italy, 2-7 July 2001
Bischetti G.B., Effetto stabilizzante della vegetazione sui versanti: caso di studio di due specie alpine ai versanti della Val Dorena (Val Camonica), AIIA 2001: Ing. Agraria per lo sviluppo dei paesi del Mediterraneo, Vieste (FG), 11-14 sett. 2001, 2001.
Bischetti G.B., 2000, Quantificazione dell'effetto dell'apparato radicale sulla stabilità dei versanti- Rivista di Ingegneria Agraria, n°2/2000, pp. 70-81, 2000.
Bischetti, G., Chiaradia E.A., 2004, Evaluation of the effect of root cohesion on slope failures in St. Giulio creek catchment, International Conference on Eco-Engineering: The use of vegetation to improve slope stability, Thessaloniki, 13-17 Sep. 2004.
Bischetti, G., Chiaradia, E., Simonato, T. 2002, Il ruolo della vegetazione nell'analisi di stabilità dei fenomeni franosi superficiali. L'esempio di Vararo, in Proceedings of National Conference "Conservazione dell'Ambiente e rischio Idrogeologico", Italy, Assisi, 376-384.
Bischetti, G., Greppi, M., Apuani, T., Cancelli, A., 2000, Sperimentazioni sulla valutazione dell'incremento di resistenza al taglio indotta dalla presenza di apparati radicali, in Idra2000-XXVII Convegno di Idraulica e Costruzioni idrauliche.
Bischetti, G., Simonato T., Chiaradia E.A., 2004, Valutazione del contributo degli apparati radicali nell'analisi di stabilità dei movimenti franosi superficiali, Riv. di Ing. Agr. (2004), 3, 25-32.
Bischetti, G., Speziali, B., Zocco, A., 2002, Effetto di un bosco di faggio sulla stabilità dei versanti, in Proceedings of National Conference "Conservazione dell'Ambiente e rischio Idrogeologico", Italy, Assisi, 384-393.
Bischetti G.B., E.A. Chiaradia, T. Simonato, B. Speziali, B. Vitali, P. Vullo, A. Zocco, 2005, Root strength and root area ratio of forest spe-

cies in Lombardy (Northern Italy), in corso di pubblicazione su Plant and Soil
Bishop A.W., 1955, "The use of circle in the stability analysis of slopes", Geotechnique, 5, pp.7-17.
Boll A. e F. Graf, 2001, Nachweis von Vegetationswirkungen bei oberflachennahen Bodenbewegungen - Grundlagen eines neuen Ansatzes, Schweiz. Z. Forstwes. 152 (2001) 1: 1-11
Borga, M., Tonelli, F., Dalla Fontana, G., Cazorzi, F., 2004, Evaluating the influence of forest roads on shallow landsliding, Ecological modelling, in press.
Brugioni, M., Menduni, G., 1996, Predicibilità e simulazione numerica delle soglie idrologiche d'innesco, Alluvione in Versilia, 1996.
Chiatante D., 2005, Nuove conoscenze sullo sviluppo degli apparati radicali degli alberi, Lettura del 10/2/2005 all'Accademia dei Georgofili
Dani A., 2005, Confronto tra modelli per la stabilità dei versanti vegetati a scala di bacino, Facoltà di Agraria, corso di laurea in Scienze Forestali e Ambientali, Università di Firenze
Ekanayake, C. J., Phillips, C.J., 2002, Slope stability thresholds for vegetated hillslopes: a composite model, in Canadian Geotechnical Journal, 39, 849-862.
Ekanayake, C. J., Phillips, C.J., 2003, Reply to the Discussion of "Slope stability thresholds for vegetated hillslopes: a composite model", in Canadian Geotechnical Journal, 40, 1063-1066.
Ermini L., Catani F., Casagli N., 2005, Artificial Neural Networks applied to landslide susceptibility assessment, Geomorphology 66 (2005) 327-343
Evangelista A., 1997, "Analisi di stabilità di pendii in rocce sciolte - Validità e limiti dei metodi dell'equilibrio limite", Ed. CISM, pp.185-237.
Fellenius W., 1936, "Calculation stability of earth dams", Trans. 2nd Int. Congr. Large Dams, 4, pp.445.
Florineth F. e Molon, M., Dispensa di Ingegneria Naturalistica, 2004-2005, Istituto di Ingegneria Naturalistica e Costruzione del Paesaggio, Università di Bodenkultur, Vienna
Florineth, F, 2005, Stato dell'arte dell'I.N. per il consolidamento dei versanti franosi, Convegno Applicazioni delle tecniche di ingegneria naturalistica nei settori infrastrutturali e del territorio, Bologna, 23-24 giugno, 2005.
Gray D.H. and D. Barker, 2004, Root-Soil Mechanics and Interactions, in Riparian Vegetation and Fluvial Geomorphology, Water Science and Application 8, American Geophysical Union, Washington, DC, 125÷139
Gray D.H., 1978, "Role of woody vegetation in reinforcing soils and stabilising slopes", Proc.Symp.Soil Reinforcing and Stabilising Techniques, Sydney, Australia, pp.253-306.
Gray D.H., Leiser A.J., 1982, "Biotechnical slope protection and erosion control", Van Nostrand Reinhold, New York, pp. 271.
Gray, D.H., Sotir, R.B. 1996, Biotechnical and soil bioengineering slope stabilization, J. Wiley and Sons Inc., New York, USA.
Greenway D.R., 1987, Vegetation and slope stability, Slope Stability, Ed. M.G. Anderson e K.S. Richards, John Wiley e Sons, pp. 187-230.
Greenwood J.R., 1989, Design approach for slope repairs and embankment widening, 1989, Reinforced Embankments Symposium, Cambridge Sept 1989 (Thomas Telford Ltd pp. 51÷61)
Greenwood J.R., 2004, Limit Equilibrium Slope Stability Analysis by Method of Slices, personal communication.
Greenwood J.R., 2004, SLIP4EX - Analysing the effects of vegetation on slope stability, International Conference on Eco-Engineering: The use of vegetation to improve slope stability, Thessaloniki, 13-17 Sep. 2004 or Greenwood, JR, 2004 SLIP4EX - Analysing the effects of vegetation on slope stability, John Greenwood, Nottingham Trent University
Greenwood J.R., Norris J E, Wint J and Barker D H., 2003, Bioengineering and the transportation infrastructure. Proceedings of the Symposium on Transportation Geotechnics, EMGG, Nottingham, September 2003. Thomas Telford, 205-220.
Greenwood J.R., Norris J E. and Wint J. Assessing the contribution of vegetation to slope stability. Journal of Geotechnical Engineering, in press.
Hammond, C., Hall D., Miller S., Swetik P., 1992, Level I Stability Analysis (LISA) documentation for version 2.0, Gen. Tech- Rep. INT-285. Forest Service USDA, Ogden, Utah.
Kazutoki, A. and R. Ziemer, Effect of tree roots on a shear zone: modeling reinforced shear stress, Internet.
Kondo, K., S. Hayashi, T. Nonoda, S. Numamoto, Y. Shirakawa, 2004, Role of tree roots system for slope failure obtained from two dimensional analysis, in Proceedings of 10° International Simposium of Interpraevent, Italy, Trento, Riva del Garda, fourth part, Cd - rom.
Lancellotta, R. 2001, Geotecnica (seconda edizione), Zanichelli.
Mattia C., G.B. Bischetti, F. Gentile, 2005, Biotechnical characteristics of root systems of typical Mediterranean species, in corso di pubblicazione su Plant and Soil
Menduni, G., Rosso, R., Rulli, M. Cristina 2000, L'evento che ha colpito la Versilia e la Garfagnana il 19 Giugno 1996: Analisi dei fenomeni franosi e presupposti per una modellistica idrologica, in L'Acqua, 3 (3).
Morrison, I.M. and J.R. Greenwood, 1989, Assumptions in simplified slope stability analysis by the method of slices. Geotechnique 39, No 3, 503-509.
Nicolotti, G., 1996?, La Metà Nascosta, Tecniche non distruttive idonee a valutare in sito lo stato di salute dell'apparato radicale primario di piante di alto fusto, Università di Torino - DI.VA.P.R.A. - Patologia Vegetale, http://www.diadi.it/firp/scheda/621
Norris, JE and J.R. Greenwood, 2003, Root reinforcement on unstable slopes in Northern Greece and Central Italy. Int. Conf. on Problematic Soils, Nottingham, July 2003, Nottingham Trent University, 414-418.
Paris E., F. Preti, 1992, Conoscenza dell'ambiente fluviale, Tutela e Gestione degli Ambienti Fluviali, Atti e Studi n° 8 W.W.F., Promopress, Roma, (1992), 165÷186
Pellegrino A., 1997, "Tipologia e causa delle frane - Indagini e studi specifici", Interventi di stabilizzazione dei pendii", Ed. CISM, pp.1-35.
Phillips, C., M. Marden, R. Donna and J. Ekanayake, ?, Soil stabilising characteristics of native riparian vegetation in New Zealand: application to stream bank stability, 117 Phillips Ecosystem Services, internet.
Pollen N., A. Simon and A. Collison, 2004, Advances in Assessing the Mechanical and Hydrologic Effects of Riparian Vegetation on Streambank Stability, in Riparian Vegetation and Fluvial Geomorphology, Water Science and Application 8, American Geophysical Union, Washington, DC, 113÷123
Preti F., 2005, Vegetated Slope Stability: a Quantitative Analysis, manuscript to be submitted
Preti F., E. Bresci, V. Ravenna, 2001, Field measurements for hydrologic mapping in old terraced land, International Conference on Sustainable Soil Management for Environmental Protection - Soil Physical Aspects, Florence, Italy, 2-7 July 2001
Puglisi S., 2003, Alluvioni e dissesto idrogeologico, Monti e Boschi, n.1, 2003, pagg. 3 e 48

Regione Piemonte, 2003, Interventi di sistemazione del territorio con tecniche di Ingegneria Naturalistica
Regione Toscana, 1998, Criteri e metodi per l'analisi degli eventi alluvionali, Collana Fiumi e Territorio, Regione Toscana Ed.
Regione Toscana, 2000, Principi e linee guida per l'Ingegneria Naturalistica. Volume 1: Processi territoriali e criteri metodologici. Collana Fiumi e Territorio. Regione Toscana Ed.
Regione Toscana, 2001, Principi e linee guida per l'Ingegneria Naturalistica - Vol. 2: Sviluppo e applicazioni in Toscana, Collana Fiumi e Territorio, Regione Toscana Ed.
Rinaldi M., 2003, Vegetazione e Riqualificazione Fluviale: Aspetti Geomorfologici e Geotecnici, CIRF, Orbetello (Gr), 9-11 Ottobre 2003
Sauli G., C. Cornelini, F. Preti, 2002-2003, Voll. 1 e 2 Manuale di Ingegneria Naturalistica, Regione Lazio.
Schiechtl H., 1980, Bioengineering for Land Reclamation and Conservation, 404 pp., University of Alberta Press, Edmonton, Canada
Scrinzi G., E. Gregori, F. Giannetti, D. Galvagni, G. Zorn, G. Colle and M.C. Andrenelli, 2005, Un modello di valutazione della funzionalità protettiva del bosco per la pianificazione forestale: la componente stabilità dei versanti rispetto ai fenomeni franosi superficiali, Linea Ecologica, in corso di pubblicazione
Simon A. and A. J.C. Collison, 2002, Quantifying the Mechanical and Hydrologic Effects of Riparian Vegetation on Streambank Stability, Earth Surf. Process. Landforms 27, 527÷546
Simon, A., 2001, Scientific basis for streambank stabilization using riparian vegetation, in Seventh Federal Interagency Sedimentation Conference, 25-29 March, Reno, NV, Internet.
Stokes A., 2002, Biomechanics of Tree Root Anchorage, in Plant Roots: The Hidden Half - Third Edition, Revised and Expanded, Edited by Yoav Waisel, Amram Eshel, Uzi Kafkafi, Marcel Dekker Inc, New-York
Van Rompaey A., P. Bazzoffi,, R. J.A. Jones, L. Montanarella, 2005, Modeling sediment yields in Italian catchments, Geomorphology 65 (2005) 157÷169
Versace P., 2004, Lecture on hydrological processes, XXIX Convegno di Idraulica e Costruzioni Idrauliche, Trento, 7-10 September 2004
Wu Tien H., 2004, Root reinforcement: analytical models and experimental results, key-note lecture, An International Conference on Eco-Engineering "The Use of Vegetation to Improve Slope Stability", Thessaloniki, 13-17 Sep. 2004.
Wu, T.H. 2003, Discussion of "Slope stability thresholds for vegetated hillslopes: a composite model", in Canadian Geotechnical Journal, 40, 1060-1062.
Wu, T.H. 2004, Root reinforcement: Analysis and experiments, International Conference on Eco-Engineering "The use of vegetation to improve slope stability", Thessaloniki, 13-17 Sep. 2004.
Ziemer, R.R. and D.N. Swanston, 1977, Root strength changes after logging in SE Alaska, Pacific Northwest Forest Experimental Station: USDA Forest Service Research Note, Pacific Northwest, 306
Ziemer, R., 1981, Roots and shallow stability of forested slopes, in Erosion and Sediment Transport in Pacific Rim Steeplands. Eds. Davies TRH and Pearce AJ, IAHS, Pub. n. 132, 343-361
Ziemer, Robert R., ?, The Role of vegetation in the stability of forested slopes, Pacific Southwest Forest and range Experiment Station, U.S. Forest Service, U.S.D.A., Arcata, California, internet.

BIBLIOGRAFIA del Capitolo 16
LA PROGETTAZIONE DEGLI INTERVENTI DI INGEGNERIA NATURALISTICA

Progetto dei lavori di consolidamento sulla rupe di Offeio e rocca Beatrice Cenci, Comune di Petrella Salto (RI)
Responsabili progetto: Geol. G. Bovina, Ing. A. Cataldi, Arch. F. Fabrizi, Arch. F. Milluzzo.
Relazione botanica: dott. P. Petrella

BIBLIOGRAFIA del Capitolo 19
LA SISTEMAZIONE DEI VERSANTI CALANCHIVI

Bernabei M. L., Mazzoni G., Pei A., 2003, Un freno all'erosione "ACER", n. 5.
Bubani D., 1950, La sistemazione dei calanchi, "Monti e Boschi", n. 10/11.
Calzecchi-Onesti A. 1952, La lotta al calanco, "Giornali di agricoltura", 27 genn., 3, 10, 17 febbr..
Calzecchi-Onesti A., 1954, Sistemazione del terreno e fertilità in collina, REDA, Roma.
Guidi E., 2002, I calanchi di San Marino, "ACER", n. 4.
Landeschi G. B., 1775, Saggi di agricoltura di un parroco Sanminiatese, in Passerini G., " Giovan Battista Landeschi precursore ed apostolo della difesa del suolo", Accademia Economico-agraria dei Georgofili, vol. VI - serie settima - Firenze 1959.
Puglisi S., 1963, Esperienze ed orientamenti di tecnica delle sistemazioni calanchive, in Min. Agr. e Foreste - Direz. Gener. Econom. Montana e Foreste, Collana Verde n. 9, Roma.
Puglisi S., 2002, I calanchi del Materano. Esperienze passate e studi recenti di sistemazione idraulico-forestale con tecniche di ingegneria naturalistica, in Repubblica di San Marino e AIPIN, Atti del Convegno "Interventi di rivegetazione e tecniche di ingegneria naturalistica per la stabilizzazione dei versanti calanchivi (Repubblica di San Marino, 21 giugno 2002)" a cura di Giuliano Sauli e Antonella Zilli, Trieste.
Puglisi S., 2004, Esperienze passate e studi recenti di sistemazione idraulico-forestale con tecniche di ingegneria naturalistica, in Comune di Atri, (TE), Atti del Convegno "Esperienze ed orientamenti di tecnica delle sistemazioni calanchive (Atri, 15 aprile 2004)", (in corso di stampa).
Puglisi S. e Trisorio Liuzzi G., 1992, La correzione dei torrenti da disfacimento di tipo calanchivo, in "Scritti in onore del Prof. Giuseppe Benini", Quaderni di Idronomia Montana, n. 11/12, Padova.
Ravagni L., 2002, Il Piano generale di bonifica dei calanchi di San Marino, in Repubblica di San Marino e AIPIN, Atti del Convegno "Interventi di rivegetazione e tecniche di ingegneria naturalistica per la stabilizzazione dei versanti calanchivi (Repubblica di San Marino, 21 giugno 2002)", a cura di Giuliano Sauli e Antonella Zilli.
Sabbatini L., 1922, La sistemazione dei terreni di montagna in rapporto alla legislazione forestale, in Ist. Sup. For. Naz. "Atti del 1°

Convegno tecnico-forestale italiano (Firenze, 20-21 giugno 1921)", Vallecchi, Firenze.

BIBLIOGRAFIA del Capitolo 20

IL RECUPERO DELLE AREE PERCORSE DAL FUOCO CON TECNICHE DI INGEGNERIA NATURALISTICA

Bruschini U., Tita M. (2002) - " Studi sperimentali e progettazione di interventi pilota per la difesa del suolo e recupero di aree percorse dal fuoco in Liguria" - Regione Liguria
Bruschini U., Tita M. (2001) - " Studio sugli incendi boschivi" Reg. C.E.E. 2158/92 - Provincia di Genova
Cornelini P. Sauli G. 2004 Cap.5.3 "Aree percorse dal fuoco" in Manuale di indirizzo delle scelte progettuali per interventi di difesa del suolo con tecniche di ingegneria naturalistica

BIBLIOGRAFIA del Capitolo 21

PISTE DA SCI

AA.VV. (2004): Inerbimenti e tappeti erbosi. Quaderni di divulgazione scientifica, volume 2. Inerbimenti tecnici e di recupero ambientale. Istituto Sperimentale per le Colture Foraggere, Lodi.
AA.VV. (2001): Interventi di ricomposizione e di rinverdimento nei comprensori sciistici. Direttive e manuale operativo. ARPAV Veneto - Centro Valanghe Arabba, Duck Edizioni, Feltre.
Arens, R. (1973): Grundsätze der Mischungsberechnung für Daueransaaten. Das Wirtschaftseigene Futter, 19:90-102.
Ciotti, A.; Acutis, M.; Paletto, G. (1994): Modalità ed epoca di semina per l´inerbimento di pendici erodibili nelle Alpi occidentali. Rivista di Agronomia, 28:341-347.
Dietl, W.; Jorquera, M. (2003): Wiesen- und Alpenpflanzen. Österreichischer Agrarverlag, Leopoldsdorf.
Ellenberg, H. (1996): Vegetation Mitteleuropas mit den Alpen in ökologischer, dynamischer und historischer Sicht. 5. Auflage. Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart.
Florineth, F. (1992): Hochlagenbegrünung in Südtirol. Rasen, Turf, Gazon, 23:74-78.
Holaus, K. (1997): Standortgerechte Hochlagenbegrünung unter Einbindung der Saatstärke. In: Bundesanstalt für Alpenländische Landwirtschaft Gumpenstein (Ed.): Bericht über die Gumpensteiner Samereientagung zum Thema "Standortgerechte Saatgutmischungen fur Grünland und Landschaftsbau". BAL Gumpenstein, Irdning, pp. 33-39.
Krautzer, B.; Graiss, W.; Peratoner, G.; Partl, C. (2004): Evaluation of site-specific and commercial seed mixtures for alpine pastures. Grassland Science in Europe, 9:270-272.
Krautzer, B.; Parente, G.; Spatz, G.; Partl, C.; Peratoner, G.; Venerus, S.; Graiss, W.; Bohner, A.; Lamesso, M.; Wild, A.; Meyer, J. (2003): Seed propagation of indigenous species and their use for restoration of eroded areas in the Alps. Final report CT98-4024. BAL Gumpenstein, Irdning.
Krautzer, B.; Peratoner, G.; Bozzo, F. (2004): Specie erbacee idonee al sito. Produzione del seme ed utilizzo per l'inerbimento in ambiente montano. Provincia di Pordenone, Pordenone.
Krautzer, B.; Wittmann, H.; Florineth, F. (2000): Richtlinie für standortgerechte Begrünungen. Ein Regelwerk im Interesse der Natur. Österreichische Arbeitsgemeinschaft für Grünland und Futterbau, BAL Gumpenstein, Irdning.
Lichtenegger, E. (1994): Hochlagenbegrünung unter besonderer Berücksichtigung der Berasung und Pflege von Schipisten. Klagenfurt.
Pardini, A.; Pazzi, G.; Piemontese, S.; Talamucci, P. (1997): Velocità di insediamento, sviluppo radicale ed azione antierosiva di alcune specie da impiegare nell'inerbimento di piste da sci. Rivista di Agronomia, 31:246-249.
Peratoner, G. (2003): Organic seed propagation of alpine species and their use in ecological restoration of ski runs in mountain regions. Kassel University Press, Kassel.
Schiechtl, H. M. (1973): Bioingegneria forestale. Basi - Materiali da costruzione vivi - Metodi. Edizioni Castaldi, Feltre.
Scotton, M.; Vescovo, L.; Carbonari, A. (2003): Grassland seed harvesting for ecological restoration. Grassland Science in Europe, 8:588-591.
Spatz, G.; Park, G. J. (1985): Skipistenpflege mit Schafen - eine sinnvolle Nutzungskombination. Der Bayerische Schafhalter, 1985:35-37.
Tappeiner, U. (1996): Ökologie des alpinen Rasens - Grenzen der Begrünung. Rasen, Turf, Gazon, 27:36-40.
Urbanska, K. M. (1990): Standortgerechte Skipistenbegrünung in hochalpinen Lagen. Zeitschrift für Vegetationstechnik, 13:75-78.
Wild, A.; Florineth, F. (1999): Untersuchung von Begrünungsmethoden über der Waldgrenze. Rasen, Turf, Gazon, 30:4-13.
Wittmann, H.; Rücker, T. (1997): Aktuelle Anwendugsbereiche von Ansaatmischungen mit standortgerechtem Saatgut in Österreich. Aus: Bundesanstalt für Alpenländische Landwirtschaft Gumpenstein (Ed.): Bericht über die Gumpensteiner Samereientagung zum Thema "Standortgerechte Saatgutmischungen fur Grünland und Landschaftsbau". BAL Gumpenstein, Irdning, pp. 55-64.

BIBLIOGRAFIA del Capitolo 23
INTERVENTI DI MANUTENZIONE

Arnaboldi A. et al., 2003, Caratteristiche anatomiche e auxometriche di Ailanthus altissima, una specie arborea a carattere invasivo, Sherwood n°91, Compagnia delle foreste, Arezzo, pp. 19-23.
Baldini G., Fani C., Papini F., 1992, Piano generale di interventi relativi al taglio ed allontanamento del materiale legnoso dagli alvei dei corsi d'acqua e loro ripulitura. Lavori da eseguirsi nel bacino idrografico dell'Arno, comprensorio Casentinese, progetto Ufficio Bonifica Montana, Comunità Montana del Casentino, Poppi, pp. 1-20;

Brath A., Montanari A., 2000, Vulnerabilità idraulica dei ponti, L'Acqua, n°3/2000, pp. 45-60;
Cornelini P., Petrella P., 2003, Lineamenti del fitoclima del Lazio, Manuale di Ingegneria Naturalistica volume 2, Edizione Regione Lazio, Roma, pp. 43-59;
Darby S., 1995, A computer program for prediction of stage-discharge relationships and boundary shear stress distributions in channels with vegetated boundaries - Users manual, fornito da Dipartimento Ingegneria Civile Università degli Studi di Firenze Facoltà di Ingegneria, Firenze, pp. 1-10.
Darby S., Thorne C.R., 1996, Predicting stage discharge curves in channels with bank vegetation, Journal of Hydraulic Engineering, pp. 122, 583-586.
Fani C., 1997, Manutenzione idraulico-forestale di fossi e torrenti Casentinesi - Fiumi Puliti 1997, progetto Ufficio Bonifica Montana, Comunità Montana del Casentino, Poppi, pp. 1-20.
Fani C., 2000, Manutenzione idraulico-forestale di fossi e torrenti Casentinesi Fiumi Puliti 2000, progetto Ufficio Bonifica Montana, Comunità Montana del Casentino, Poppi, pp. 1-5.
Fani C., Mazzanti L., 2000, Principi e linee guida per l'Ingegneria Naturalistica volume 1. Processi territoriali e criteri metodologici, Edizioni Regione Toscana, Firenze, pp. 365-378;
Guarnieri L., 2004, Protocollo di taglio della vegetazione ripariale in ambiente appenninico. Il caso di studio del Fosso Teggina nel Comune di Ortignano Raggiolo, tesi di laurea inedita in Scienze Forestali e Ambientali, Università degli Studi di Firenze, pp. 1, 8, 62, 63, 81, 111;
Hey R. D., 1979, Flow resistance in gravel-bed rivers. , J. Hydr. Div, Asce n°105 (4), pp. 365-379;
Masterman R., Thorne C.R., 1992, Predicting influence of bank vegetation on channel capacity, J. Hydr. Div, ASCE n°118-7, pp. 1052-1058;
Mazzanti L., Guarnieri L., 2003, Programma di manutenzione ordinaria alle opere di Ingegneria Naturalistica nel Comprensorio del Casentino, progetto Ufficio Bonifica Montana e Difesa del Suolo, Comunità Montana del Casentino, Poppi, pp. 1-13;
Mazzanti L., Casasole M., Guarnieri L., Canaccini M., 2004, Lavori di manutenzione idraulico-forestale di Fossi e Torrenti Casentinesi Fiumi Puliti 2004, progetto Ufficio Bonifica Montana e Difesa del Suolo, Comunità Montana del Casentino, Poppi, pp. 1-6;
Paiero P., Semenzato P., Urso T., 1996, Biologia vegetale applicata alla tutela del territorio, Dipartimento Territorio e sistemi agro-forestali Università di Padova, Edizioni Progetto Padova, pp. 99-103;
Preti F., 2002, Criteri per le sistemazioni idrauliche con tecniche di Ingegneria Naturalistica, Manuale tecnico di Ingegneria Naturalistica volume 1, Edizioni Regione Lazio, Roma, pp. 57-64;
Preti F., Guarnieri L., 2005, Criteri per la manutenzione della vegetazione ripariale di corsi d'acqua collinari e montani, Atti del VIII Convegno Nazionale "L'ingegneria agraria per lo sviluppo dell'area mediterranea", AIIA, Catania, 27-30 giugno 2005.
Puma F., 2000, Il concetto di manutenzione dei corsi d'acqua, L'Acqua, n°3/2000, pp. 9, 10;
Sansoni G., 2004, Progettazione ambientale dei lavori fluviali, Autorità di Bacino del Magra, normativa Autorità di Bacino del Fiume Magra, pp. 8;
Tellini Florenzano G., 2003, Monitoraggio sull'importanza degli ambienti ripariali per l'avifauna durante la primavera e l'estate, progetto D.r.e.a.m. Italia s.r.l., Poppi, pp. 1-10;

BIBLIOGRAFIA del Capitolo 25
MONITORAGGIO DEGLI INTERVENTI DI INGEGNERIA NATURALISTICA SUI VERSANTI DELLA REGIONE LAZIO

GRUPPO NAZIONALE DI GEOGRAFIA FISICA E GEOMORFOLOGIA (1987) - Cartografia della pericolosità connessa ai fenomeni di instabilità dei versanti. Nota a cura di Carrara A., Carton A., Dramis F., Panizza M., Prestininzi A.. Boll. Soc. Geol. It. 100, 199-221.
GRUPPO NAZIONALE DI GEOGRAFIA FISICA E GEOMORFOLOGIA (1994) - Proposta di legenda geomorfologica ad indirizzo applicativo. Geogr. Fis. e Din. Quat., 16 (2), 129-152.
REGIONE LAZIO - Ass. Opere e Reti di Servizi e Mobilità (1998) - Pianificazione e programmazione degli interventi nel Lazio - Censimento dei dissesti geomorfologici. Roma 10/06/1998.
REGIONE LAZIO (1999) - Individuazione e Perimetrazione delle Aree in Frana nel Territorio della Regione Lazio, CD- Rom, Roma.
REGIONE LAZIO (2002) - Manuale di Ingegneria Naturalistica- Applicabile al Settore Idraulico, Ed. Punto Stampa srl, Roma, pp. 421.
REGIONE TOSCANA (2000) - Principi e Linee Guida per l'Ingegneria Naturalistica, Vol. 1: Processi Territoriali e Criteri Metodologici, Edizioni Regione Toscana, Firenze,pp. 378.
Zocca A. (1999), "La Propagazione di Alberi e Arbusti", Edagricole, Bologna, pp. 429.