Capitolo 1

Introduzione

G. Sauli

Il presente manuale costituisce il secondo volume del **Manuale di Ingegneria Naturalistica** dedicato ai settori delle strade, cave, discariche e coste sabbiose. Il primo volume, uscito nel 2000 ed attualmente in fase di terza ristampa, era dedicato alle sistemazioni idrauliche. E' attualmente in preparazione il terzo volume sul tema delle sistemazioni di versanti franosi che completerà i principali ambiti d'applicazione dell'Ingegneria Naturalistica nei settori della difesa del suolo.

Come già per il volume 1 anche il secondo 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.

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:

1. PARTE PRIMA – GENERALE

In cui per completezza e autonomia del volume vengono ripresi e aggiornati alcuni capitoli già trattati nel volume 1.

Vengono trattati i temi relativi a:

- principi, definizioni, metodi, cronistoria, aspetti normativi e deontologici;
- le origini storiche dell'I.N. nel mondo romano antico;
- i settori di analisi di supporto alle progettazioni (geologia, clima, botanica, biotecnica, vivaistica, geotecnica);

2. PARTE SECONDA – SPECIALISTICA

In cui vengono esaminati materiali e tecniche di principale applicabilità nei settori esaminati. Vengono analizzate 34 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 nel primo volume si è adottata la distinzione classica delle tecniche in: interventi antierosivi, stabilizzanti, combinati di consolidamento e costruttivi particolari.

3. PARTE TERZA – PROGETTAZIONE

Comprendente:

- una parte introduttiva metodologica sulle analisi stazionali botaniche;
- una parte relativa ai quattro settori esaminati (strade, cave, discariche, coste sabbiose) basandosi sull' analisi di una significativa casistica regionale ed extraregionale.

4. 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 su strade e cave. Vengono anche riportate le conclusioni di una ricerca pluriennale sulla dinamica evolutiva della vegetazione di neoformazione su scarpate viarie.

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 (NB: non di tutte le tecniche si dispone di analisi verificata).

APPENDICE B

Bibliografia principale.

Capitolo 2

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 – A.A.V.V. 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, etc.), 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, che dei pubblici funzionari, che 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 assunto 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 3

Cronistoria dell'ingegneria naturalistica

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 (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.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-pratico.

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 si sente a livello Europeo 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 "*Ingenieria Naturalistica*".

E' recente (1997) la fondazione a Vienna della Österreichischer Ingenieurbiologischer Verein, pur essendo l'Austria il paese dove erano iniziate le prime applicazioni e dove risiedono a tutt'oggi molti professionisti ed esperti settore, tra cui il senior della materia Schiechtl.

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 (Ass. 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 - 2003 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.

Aspetti normativi: cave, discariche, strade, coste

AIPIN

Vengono di seguito riportati i principali provvedimenti normativi nazionali e regionali.

LEGGI NAZIONALI E REGIONALI CON RIFERIMENTI ALL'INGEGNERIA NATURALISTICA

A LIVELLO NAZIONALE:

L. 25 luglio **1904** n°52 "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

A LIVELLO REGIONALE:

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

• Circ. "Criteri progettuali per l'attuazione degli interventi in materia di difesa del suolo nel territorio della regione Lazio" rif. LR n°60/90 Polizia idraulica e T.U. Opere idrauliche 523/1904

• Delibera 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.

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"

Aspetti Normativi

***Discariche**:*

Si deve sottolineare la mancanza nei testi legislativi di un'esplicita procedura per il recupero ambientale delle discariche una volta chiuse e bonificate.

Normativa nazionale:

• D.Lgs. 5 febbraio 1997, n. 22: Decreto Ronchi, *"Attuazione delle direttive91/156/CEE sui rifiuti, 91/689/CEE sui rifiuti pericolosi, e 94/62/CE sugli imballaggi e sui rifiuti d'imballaggio"*.

• L. 9 dicembre 1998, n. 426, *"Nuovi interventi in campo ambientale"*.

• D.M. 25 ottobre 1999, n. 471, *"Regolamento recante criteri, procedure e modalità per la messa in sicurezza, la bonifica ed il ripristino ambientale dei siti inquinati, ai sensi dell'art. 17 del D. Lgs 5 febbraio 1997 n. 22 e successive modifiche e integrazioni"*.

• DM 18 settembre 2001, n. 468, *"Programma nazionale di bonifica e recupero dei siti inquinati"*.

• D. Lgs. 13 gennaio 2003, n. 36, "Attuazione della direttiva 1999/31/CE relativa alle discariche di rifiuti".

Normativa regionale:

• L.R. 9 luglio 1998, n. 27, *"Disciplina regionale della gestione dei rifiuti"*.

• D.C.R. 10 luglio 2002, n. 112, *"Approvazione piano di gestione dei rifiuti della Regione Lazio"*.

Dune costiere:

Normativa nazionale:

• L. 18 maggio 1989, n. 183, *"Norme per il riassetto organizzativo e funzionale della difesa del suolo", tale legge inquadra il problema della tutela delle coste nella pianificazione generale del bacino idrografico"*.

• D.Lgs 29 ottobre 1999, n. 490, *"Testo Unico delle disposizioni in materia di beni culturali ed ambientali"*.

Normativa regionale:

• L.R. 5 gennaio 2001, n. 1, *"Norme per la valorizzazione e lo sviluppo del litorale del Lazio"*.

Cave:

Normativa nazionale:

• R.D. 29 luglio 1927, n. 1443, *"Norme di carattere legislativo per disciplinare la ricerca e la coltivazione delle miniere nel regno"*, nota anche come *"legge mineraria"*.

Tale legge contiene la suddivisione tra miniere, cave e torbiere mantenuta ancora oggi, in mancanza di una Legge Quadro che riordini la materia.

Normativa regionale:

• L.R. 5 maggio 1993, n. 27, *"Norme per la coltivazione delle cave e delle torbiere della Regione Lazio"*.

Particolarmente importante, ai fini della possibilità d'impiego di tecniche di ingegneria naturalistica, risulta essere l'articolo 15 comma 1, lettera c e commi 4 e 5, relativi al progetto di recupero della cava da presentare all'atto della domanda di autorizzazione per l'apertura della cava stessa.

• L.R. 30 novembre 2001, n. 30, *"Disciplina dell'attività estrattiva iniziata legittimamente ai sensi della vigente normativa regionale in materia di coltivazione di cave e torbiere, in conformità alle leggi statali e regionali di tutela paesistica ed ambientale"*.

Capitolo 5

Metodologie e ambiti di applicazione

G. Sauli, R. De Filippis

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.

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 (per il Lazio vedi Capp. 8.3., 8.4 e 8.5.). 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

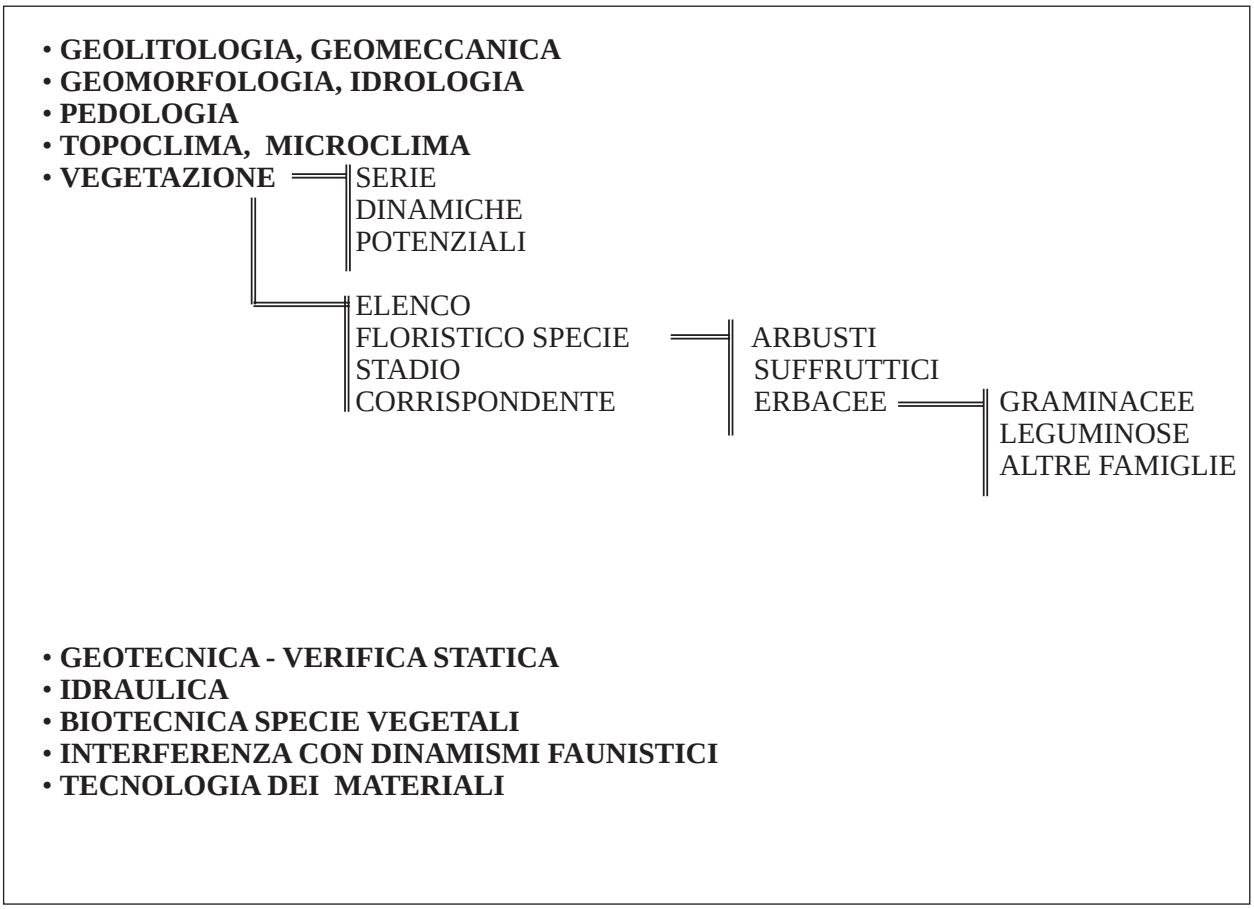


Fig. 5.1 -Settori di analisi finalizzate ad opere di mitigazione con tecniche di ingegneria naturalistica

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 (Capp. 15 e seg.) 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

1. DIFESA 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, …)
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,…)

Fig. 5.2 - Settori di applicazione delle tecniche di Ingegneria Naturalistica

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

1980 - 1990 APPLICAZIONI LOCALIZZATE E/O PIONIERISTICE
(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:

MONITORAGGIO → SVILUPPO VEGETAZIONE/ECOSISTEMI
MONITORAGGIO → MATERIALI

↓

RICERCA

↓

APPLICAZIONI SPERIMENTALI

2002 - 2003 MANUALISTICA REGIONALE SPECIALIZZATA
PROSEGUE REALIZZAZIONE CASISTICA E MONITORAGGI

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

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.

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
- 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.

- INTERVENTI INFRASTRUTTURALI PER IL MANTENIMENTO DEI DINAMISMI FAUNISTICI (ponti ecologici, sottopassi, rampe di risalita,….)
- ECOSISTEMI FILTRO - FITODEPURAZIONE ORIZZONTALE E VERTICALE PER LE ACQUE DI PRIMA PIOGGIA (piattaforme stradali, piazzali di interporti, ecc.)
- POTENZIALITA' DI RADICAZIONE AVVENTIZIA DI SPECIE ARBUSTIVE AUTOCTONE
- CALCOLO DELLA RESISTENZA A TRAZIONE/TAGLIO DELLE SPECIE ARBUSTIVE IMPIEGATE
- 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)
- VIVAISTICA REGIONALE SPECIE ARBUSTIVE AUTOCTONE
- RIPRODUZIONE DI SPECIE ERBACEE DI PRATI - PASCOLI ARIDI (fiorume, fienagione, trapianti, propagazione da cespi, rizomi)
- PRODUZIONE DI BATTERI SPECIFICI E MICORRIZE

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

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...

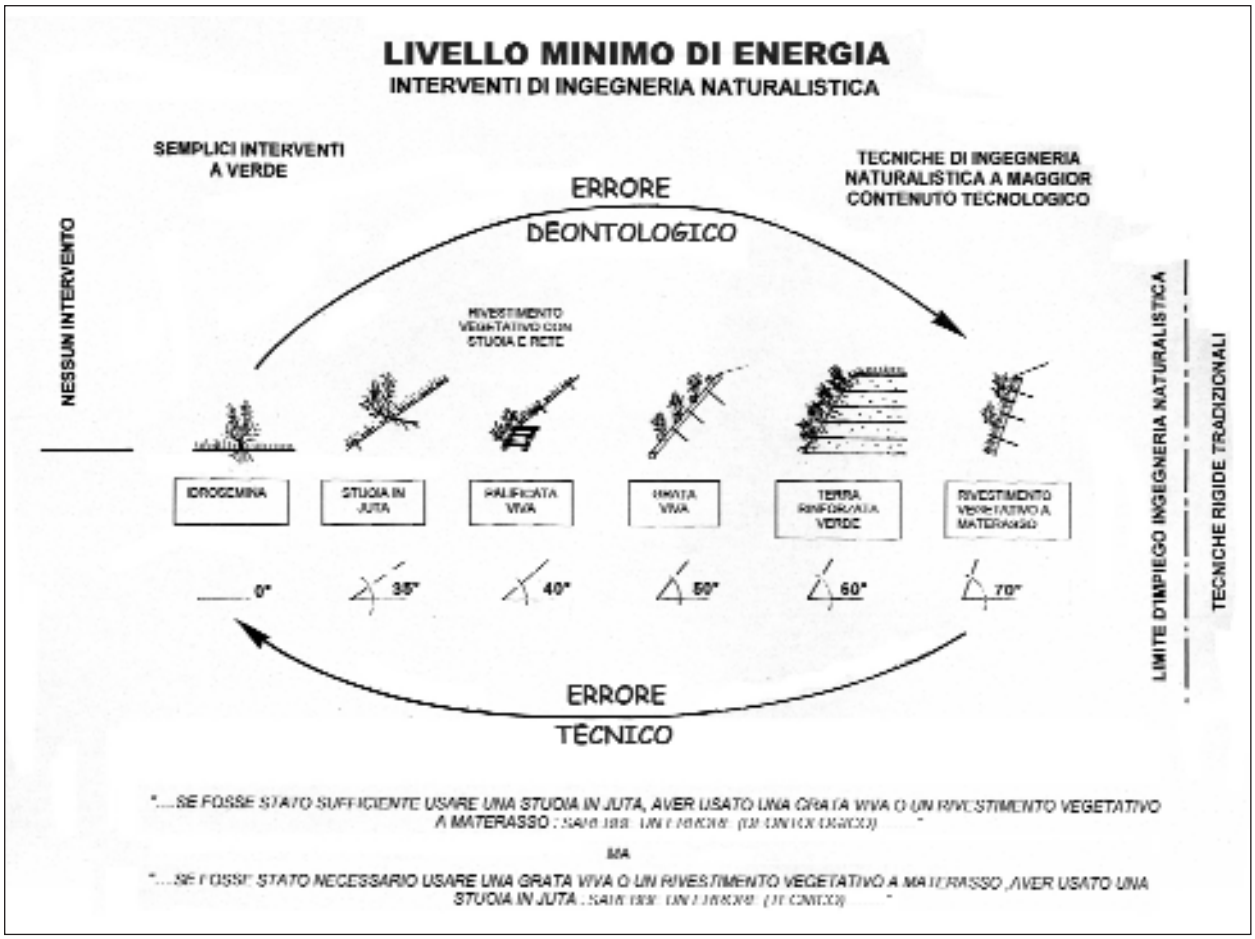
Principi di base

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, ricorrendo 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:

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 artificiali (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 biodiversità	Materiali naturali per favorire la colonizzazione spontanea delle dune	Materiali naturali per la realizzazione di unità morfologiche	Materiali naturali o artificiali per il mantenimento della biodiversità faunistica
	Es. Incannucciato	Es. Canalette legno e pietra, briglie legname e pietrame, dighe in terra per conservazione habitat	Es. Tubi per anfibi, sovrappassi per ungulati, rampe risalita per i pesci

Nella Tab. 6.1 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. Lo stesso per l'uso dei materiali.

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 biotecniche 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).

Per quanto riguarda il vetiver (o altre esotiche), 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.

TAB. 6.1 PREFERIBILITA' / LICEITA'* D'IMPIEGO DEI MATERIALI VIVI E MORTI PER LE TECNICHE DI INGEGNERIA NATURALISTICA

			PIANTE			MATERIALI UTILIZZABILI		
			← NATURALITA' CRESCENTE			← NATURALITA' CRESCENTE		
AMBITI D'IMPIEGO			PIANTE AUTOCTONE	PIANTE ESOTICHE NATURALIZZATE	PIANTE ESOTICHE DI RECENTE INTRODUZIONE	MATERIALI NATURALI	MATERIALI BIODEGRADABILI	MATERIALI ARTIFICIALI
1	NATURALITA' CRESCENTE	AREE PROTETTE	**X X X**	**-**	**-**	**X X**	**X X**	**- (1)**
2		AREE NATURALI	**X X X**	**-**	**-**	**X X**	**X X**	**X**
3		AREE AGRICOLE	**X X**	**X**	**-**	**X X**	**X X**	**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**

*	**X X X**	Impiego esclusivo
	X X	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)

Capitolo 7

Le origine storiche dell'ingegneria naturalistica nel mondo romano antico

P. Cornelini

7.1 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).

Tab. 7.1 – 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,	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.
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	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.
VI XXV; totidem dices opus esse seminibus.	Le due cifre vanno moltiplicate fra loro: 25 per 241 fa 6025: questo è il numero delle piante necessarie

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, libro3, 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)

7.2 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. 7.2). 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. 7.2 - 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 scrobibus 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.

7.3 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.* …Sono in primo luogo 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. 7.3).

Tab. 7.3 - 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. 7.4).

Tab. 7.4 - La piantagione della canna (Columella: De Re Rustica libro quarto, 32)

Harundo minus alto pastinato, melius tamen bipalio seritur.	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.
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.	Si può riprodurre un pezzo di rizoma o una talea o tutto il corpo della canna
Bulbus tripedaneis intervacantibus spatiis obrutus anno celerius maturam perticam praebet, talea et tota harundo serius praedicto tempore evenit.	Gli occhi, posti a tre piedi di distanza reciproca, in un anno producono canne mature. I rizomi o le canne intere crescono più lentamente.
……,earum cacumina, quae si obruta sunt, totae putrescunt.	…., ma se le cime sono sotto terra, tutto imputridisce.

7.4 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. 7.5).

Tab. 7.5 - 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.	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.
Vel si nec lapis erit nec glarea, sarmentis conexus velut funis informabitur in eam crassitudinem, quam solum fossae possit angustae quasi adcommodatam coartatamque capere.	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.
Tum per imum contendetur, ut super calcatis cupressinis vel pineis aut, si eae non erunt, aliis frondibus terra contegatur	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
Columella De Re Rustica Libro secondo, 2.7-11	
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	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.
Catone De Agricoltura, 43	

7.5 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) (Foto 7.1)

(Cesare, De bello Gallico VII,72).

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) (Tab. 7.6).

Foto 7.1
Vallo Romano di Alesia ricostruiti all'Archeodrome (Francia) 1979
Foto G. Sauli

Tab. 7.6 - 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 e della Talea di canna	*Seritur bulbus radicis, seritur et talea calami, nec minus toto prosternitur corpore.*	Columella De Re Rustica LIBRO QUARTO, 32
Zolle erbose a semplici 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.*	Columella De Re Rustica LIBRO SECONDO. 2.7-11
	Si lapis non erit, perticis saligneis viridibus controversus conlatis consternito; si pertica non erit, sarmentis conligatis	Catone De Agricoltura, 43

Capitolo 8

Settori di analisi ambientale di supporto alla progettazione degli interventi antierosivi, stabilizzanti e di consolidamento delle aree di cava e discarica, delle scarpate stradali e ferroviarie e delle zone costiere sabbiose

8.1 Geologia del Lazio

M. Amodio, G. Bovina

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.

I caratteri geologici

Ad un primo esame dello schema geologico riportato nella figura1, 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 territorio 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

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

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*.

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 **UNITA' 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.

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.

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.

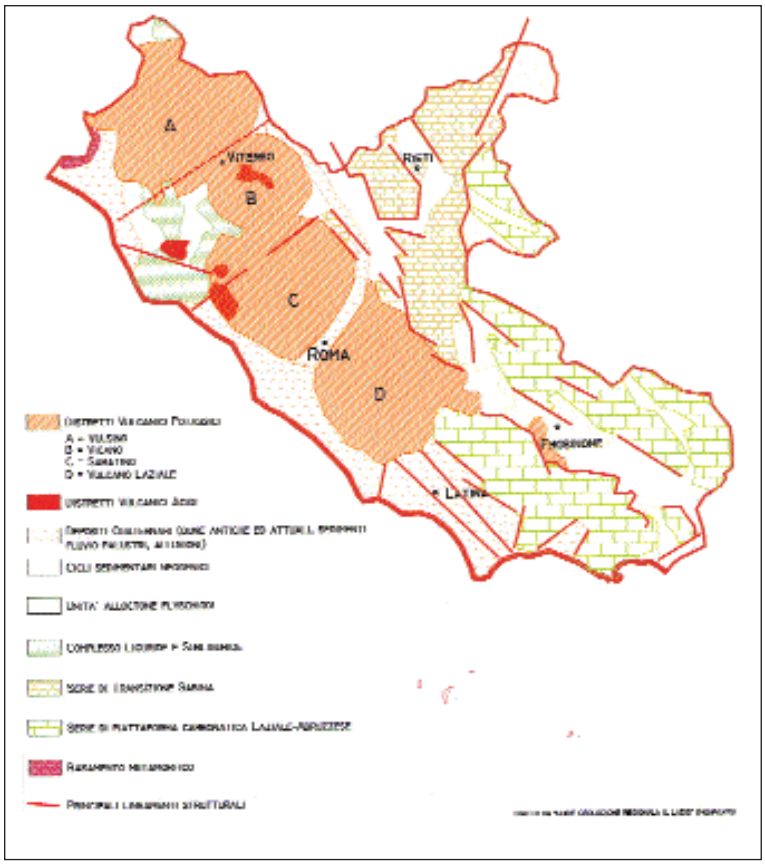


Fig. 8.1

Fig. 8.2

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'attraversa-

re 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.

8.3 Lineamenti del fitoclima del Lazio

P. Cornelini, P. Petrella

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 approfondi-

Diagrammi di Bagnouls-Gaussen rappresentativi delle Regioni Fitoclimatiche

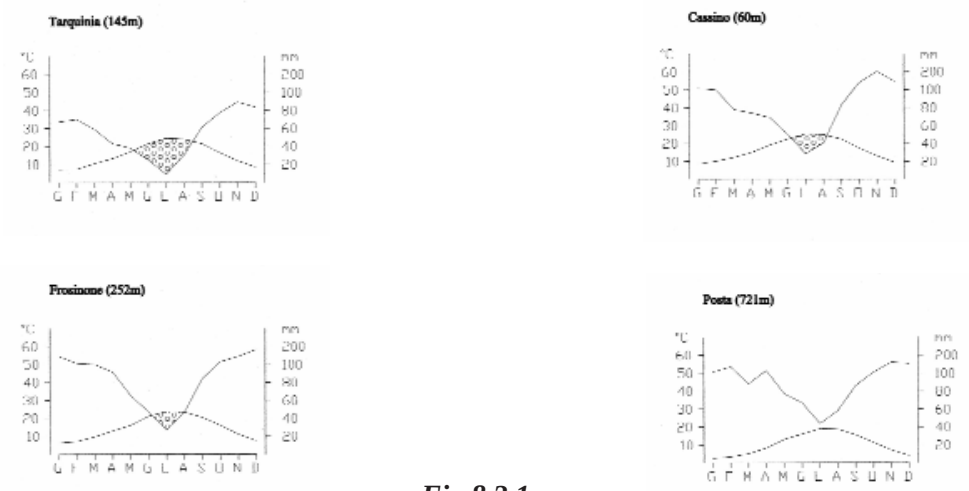


Fig 8.3.1

menti 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.

Le 15 unità fitoclimatiche sono state accorpate, per una analisi semplificata, nelle quattro grandi Regioni fitoclimatiche (Fig. 8.3.2):

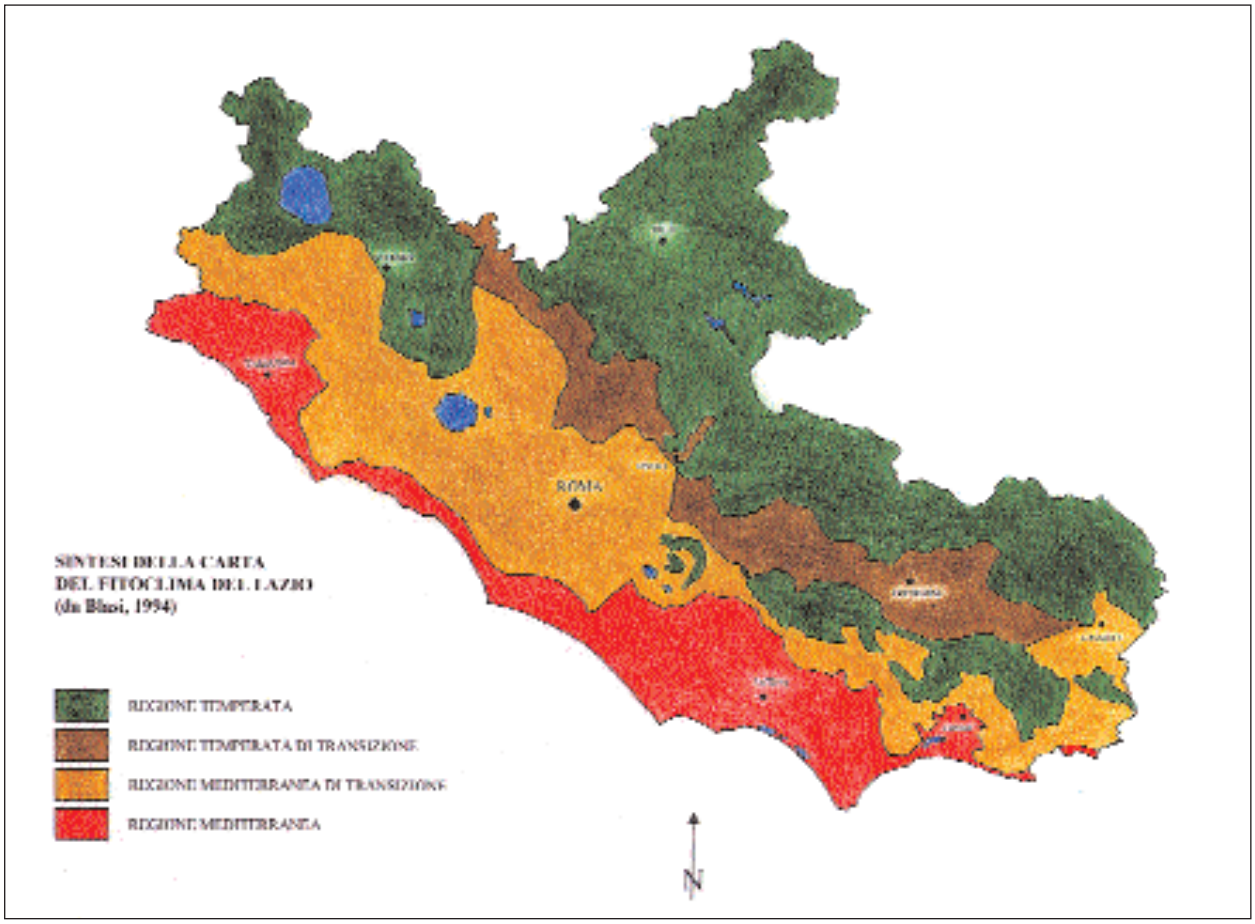


Fig. 8.3.2

Regione mediterranea (Tab. 8.3.1)

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. 8.3.1).

Regione mediterranea di transizione (Tab. 8.3.2)

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. 8.3.1).

Regione temperata di transizione (Tab. 8.3.3)

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. 8.3.1).

Regione temperata (Tab. 8.3.4)

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.

Il diagramma di Bagnouls-Gaussen di Posta evidenzia l'assenza del periodo di aridità estiva (Fig. 8.3.1).

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, etc.);
- 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. 8.3.1

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 e 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: *Teucrio siculi Quercion cerridis* Leccio e sughera: *Quercion ilicis* Macchia: *Quercion ilicis* Frassino meridionale: *Alno-Ulmion*
Mesomediterraneo inferiore	Secco superiore/ Subumido inferiore	593-811	53-71	Maggio, Giugno Luglio e Agosto	da 3,7° a 6,8°C	Querceti con roverella, leccio e sughera, cerrete con farnetto, 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 e 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 e Agosto	8,3°C	Macchia mediterranea	Ginepro fenicio e oleastro: *Oleo-Ceratonion*

Tab. 8.3.2

REGIONE MEDITERRANEA 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**
Mesomediterraneo medio o Collinare inferiore	Subumido superiore	810-940	75-123	Giugno, Luglio e Agosto	da 2,3° a 4°C	Cerrete, querceti misti di roverella e cerro con elementi del bosco di leccio e di sughera	Cerro: *Teucrio siculi Quercion cerridis* Roverella e cerro: *Ostryo-Carpinion orientalis* Leccio e sughera: *Quercion ilicis*
Mesomediterraneo inferiore o Termocollinare	Umido inferiore	1132-1519	96-130	Luglio e Agosto	4,4°C	Querceti a roverella, leccete e boschi misti	Carpino nero: *Ostryo-Carpinion orientalis* Roverella e cerro: *Ostryo-Carpinion orientalis* Leccio: *Quercion ilicis*
Mesomediterraneo medio	Subumido 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. 8.3.3

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 o o Mesomediterraneo superiore	Umido inferiore	954-1166	103-163	Luglio e Agosto	< 0° (-0,3°C)	Querceti a roverella e cerro con elementi della flora mediterranea. Vegetazione a salici, pioppi e ontani	Cerro: *Teucrio 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	assenza 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. 8.3.4

REGIONE TEMPERATA							
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	-	< 0° (-4°C)	Faggete ed arbusteti alto montani	Ginepro alpino: *Juniperion nanae* Faggio: *Fagion sylvaticae*
Montano inferiore	Umido superiore/Iperumido inferiore	1247-1558	160-205	-	< 0° (-2,1°C)	Faggete, 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	-	tra -1,8 e +1,5°C	Ostrieti e boschi misti, querceti a roverella	Carpino nero: *Laburno-Ostryon* Roverella: *Quercion pubescenti-petraeae*
Collinare superiore (Submontano)	Iperumido inferiore	1431-1606	173-200	-	> 0°C	Faggete, ostrieti, boschi misti, e querceti	Faggio: *Aquifolio-Fagion* Carpino nero: *Laburno-Ostryon* *Ostryo-Carpinion orientalis* Roverella e cerro: *Quercion pubescenti-petraeae* *Ostryo-Carpinion orientalis*
Collinare inferiore/ superiore	Umido superiore/Iperumido inferiore	1234-1463	123-160	Debole (Luglio e Agosto)	tra 1,9 e 2,9°C	Faggete, ostrieti, querceti misti e leccete	Faggio: *Aquifolio-Fagion* Carpino nero: *Ostryo-Carpinion orientalis* Roverella e cerro: *Quercion pubescenti-petraeae* Leccio: *Quercion ilicis*
Collinare inferiore/ superiore	Submido 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: *Lonicero-Quercion pubescentis*

8.4 Lineamenti della flora e vegetazione del Lazio

P. Cornelini, P. Petrella

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.

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, mesoeutrofici 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 S*esleria 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.

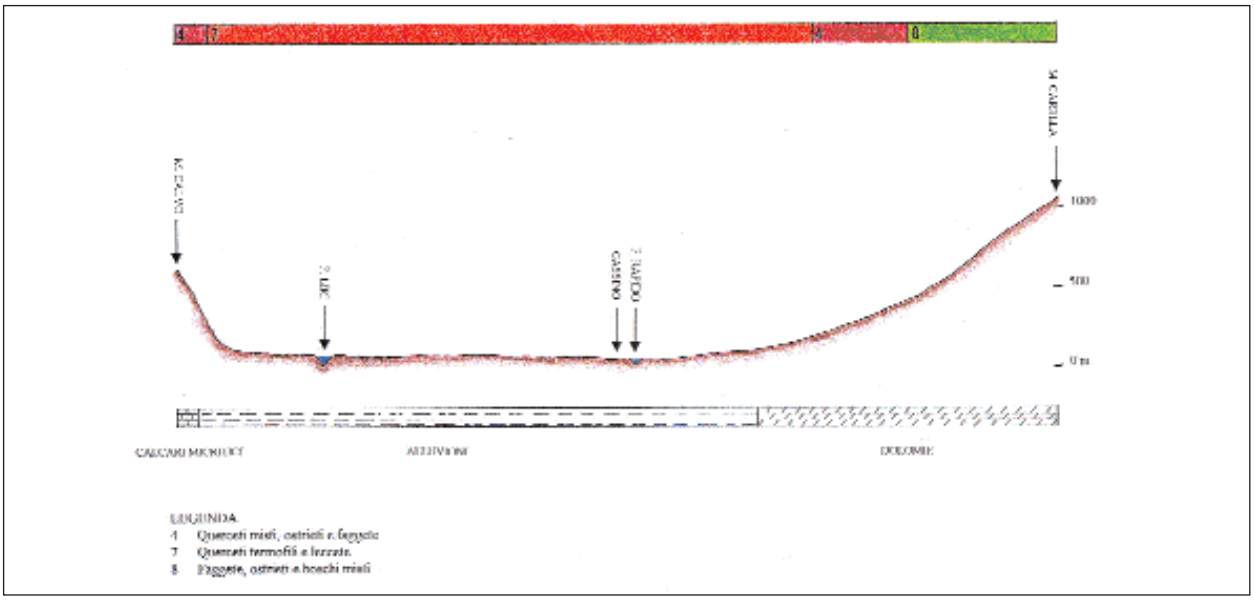


Fig. 8.4.1 - Transetto 1

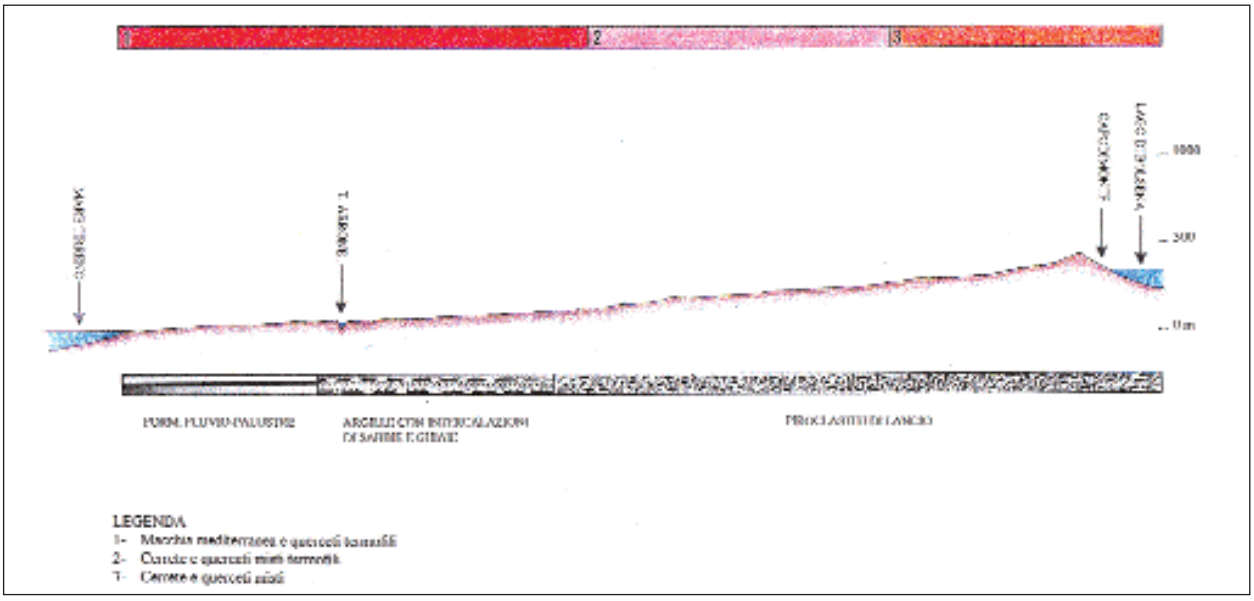


Fig. 8.4.2 - Transetto 2

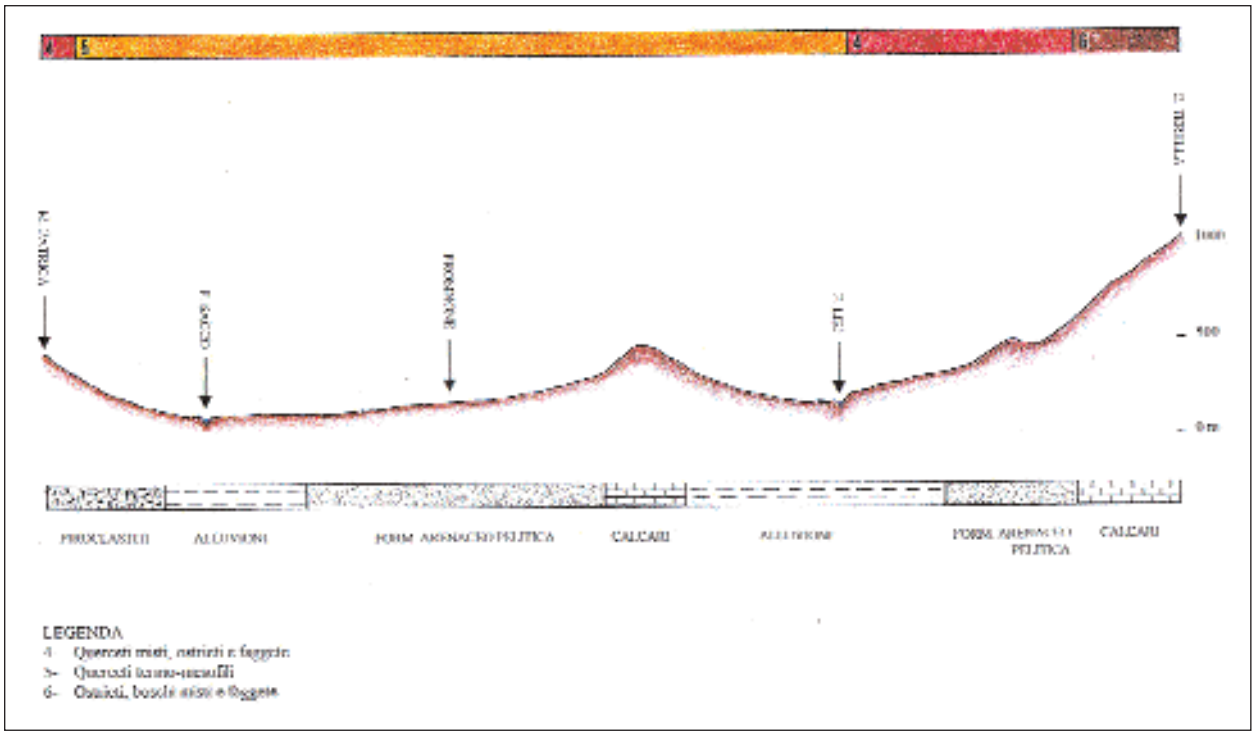


Fig. 8.4.3 - Transetto 3

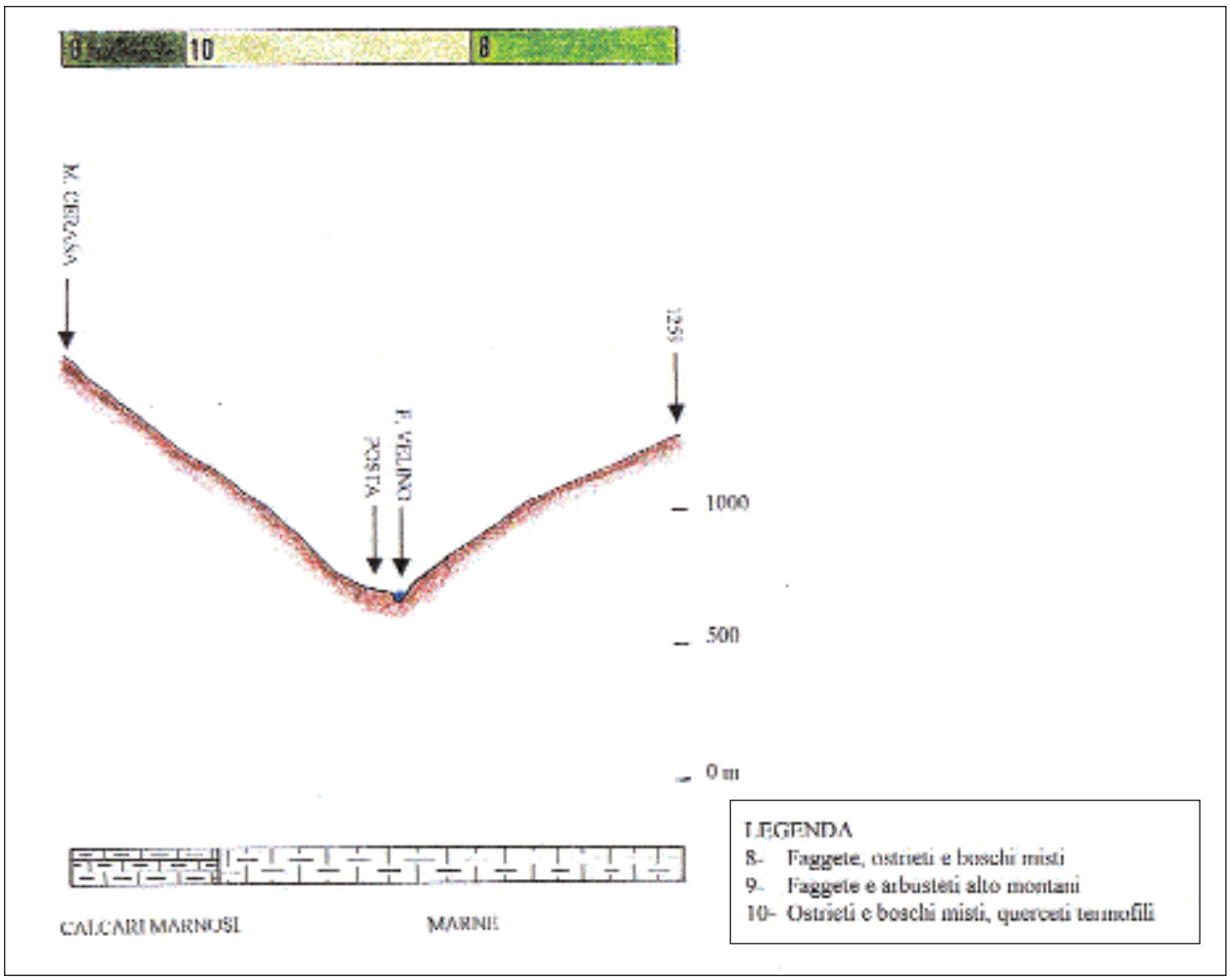


Fig. 8.4.4 - Transetto 4

8.5 Lineamenti della vegetazione delle coste laziali

P. Cornelini

Le coste laziali costituivano una volta una vasta fascia disabitata occupata da acquitrini e foreste, di grande valore naturalistico, che gli interventi antropici quali le bonifiche e lo sviluppo edilizio hanno ampiamente frazionato e disgregato.

Di tale vegetazione originaria restano limitati, ma significativi lembi, che possono costituire il punto di partenza per una riqualificazione ambientale del litorale laziale.

Con riferimento al capitolo sui "Lineamenti della flora e vegetazione del Lazio" vengono riprese le principali fitocenosi presenti sulle coste del Lazio.

Vegetazione dunale (Tab. 8.5)

Le dune litoranee costituiscono un ecosistema dinamico in fragile equilibrio fondamentale per la protezione delle coste.

I cordoni dunali, che si dispongono in fasce caratteristiche separate da depressioni, a volte paludose, costituiscono ambienti con caratteristiche ecologiche difficili per la vita:

- Substrato incoerente, povero di nutrienti, mobile e altamente drenante
- Esposizione ai venti salsi
- Forte irraggiamento

Le piante adatte a tale ambiente sono poche e specializzate.

Gli esempi migliori di tale vegetazione si hanno a Castelporziano ed al Circeo.

Tab. 8.5

		Dune embrionali	Dune mobili	Dune consolidate
Associazioni tipiche a partire dal mare	Associazione pioniera a terofite alo-nitrofile *Salsolo-Cakiletum aegyptiaceae*	*Sporoboli arenarii-Agropyretum juncei.*	*Echinophoro spinosae-Ammophiletum arenariae.*	Vegetazione camefitica del *Crucianelletum maritimae* Associazioni della macchia mediterranea *Pistacio-Rhamnetalia*
Specie dominanti	*Cakile maritima* *Salsola kali* *Euphorbia peplis*	*Agropyron junceum* *Sporobolus pungens* *Cyperus kalli*	*Ammophila littoralis* *Echinophora spinosa* *Eryngium maritimum* *Anthemis maritima*	*Crucianella maritima* *Pancratium maritimum* *Juniperus oxycedrus* *J. phoenicea* *Pistacia lentiscus* *Myrtus communis* *Rhamnus alaternus* *Calicotome spinosa* *Phyllirea angustifolia* *Cistus salvifolius* *C. monspeliensis*

Vegetazione delle coste rocciose (Tab. 8.6)

Nella parte costiera meridionale del Lazio sono presenti rocce e scogliere prossime al mare (Circeo, Sperlonga, Monte Orlando) colonizzate dalle specie dell'associazione *Crithmo-Limonietum*.

Nelle coste calcaree con terreni poco evoluti e frequentemente percorsi dal fuoco si afferma una macchia bassa dominata da *Ampedolesmos mauritanicus*.

A partire dal Circeo verso sud si sviluppa la macchia termofila dell'*Oleo-Ceratonion* con *Chamaerops humilis* (palma nana), *Artemisia arborescens*, *Euphorbia dendroides*, e, da Terracina in giù *Ceratonia siliqua* (carrubo)

Tab. 8.6

Associazioni tipiche rupestri a partire dal mare	*Crithmo-Limonietum.*	**Associazioni della macchia mediterranea:** *Pistacio-Rhamnetalia alterni e* *Oleo-Ceratonion*
Specie dominanti	*Crithmum mritimum* *Centaurea cineraria* ssp. C*ircae* *Helichrysum litoreum* *Chamaerops humilis* *Limonium amyncleum* *L. circaei.*	*Juniperus oxycedrus* *J. phoenicea, Ampedolesmos mauritanicus* *Pistacia lentiscus* *Myrtus communis* *Rhamnus alaternus* *Calicotome spinosa* *Phyllirea angustifolia* *Cistus salvifolius* *C. monspeliensis* *Artemisia arborescens* *Euphorbia dendroides*

Gli ambienti umidi costieri (Tab. 8.7)

Numerosi sono i corsi d'acqua, le depressioni retrodunali, i canali, gli stagni e i laghi presenti lungo la costa.

Per gli ambienti di acqua dolce si rimanda al capitolo dei "Lineamenti della flora e vegetazione del Lazio", mentre nella Tab. 8.7, si riporta una sintesi sugli ambienti umidi salmastri.

Boschi costieri retrodunali

Nella tab. 8.8 si riportano le principali tipologie vegetazionali terrestri che occupano la fascia planiziale all'interno della costa sabbiosa, già descritte nel capitolo dei "Lineamenti della flora e vegetazione del Lazio"

Tab. 8.7 Ambienti umidi costieri salmastri

Associazioni tipiche	Specie dominanti	Località del Lazio con esempi tipo delle associazioni
Associazioni alofile degli stagni costieri	*Salicornia europea* *Salsola kali* *Arthrocnemum sp.* *Sarcocornia sp.*	Torre Flavia Furbara e Macchiatonda (Ladispoli, S. Marinella) Saline di Tarquinia
Associazioni alofile dei laghi costieri	*Salicornia europea* *Sarcocornia perennis* *Suaeda marittima* *Juncus acutus* *Tamarix sp.* *Inula chrithmoides*	Laghi costieri retrodunali della piana di Fondi e della Piana pontina

Tab. 8.8

Associazioni tipiche	Specie dominanti	Località del Lazio con esempi tipo delle associazioni
Querceto misto caducifoglio a cerro e farnetto: *Echinopo - Quercetum frainetto*	*Quercus frainetto* *Quercus cerris* *Crataegus monogyna* *Carpinus orientalis* *Fraxinus ornus* *Sorbus domestica* *S. torminalis*	Circeo
Bosco igrofilo a frassino meridionale e olmo: *Carici remotae - Fraxinetum oxycarpae*	*Fraxinus oxycarpa* *Ulmus minor* *Populus alba* *Quercus robur* *Euonymus europaeus* *Crataegus monogyna* *Ligustrum vulgare* *Cornus sanguinea*	S. Severa Maccarese Castelporziano
Querceto misto igrofilo a farnia e frassino meridionale: *Fraxino oxycarpae – Quercetum roboris*	*Quercus robur* *Fraxinus oxycarpa* *Ulmus minor* *Populus alba* *Populus nigra* *Acer campestre* *Crataegus monogyna* *Cornus sanguinea* *Prunus spinosa.*	Castelporziano

Foto 8.1 - Parco del Circeo - Foto P. Cornelini

Capitolo 9

Biotecnica delle specie vegetali

9.1 Le caratteristiche biotecniche delle piante impiegabili in Ingegneria Naturalistica

F. Palmeri, P. Cornelini

CARATTERISTICHE BIOTECNICHE DELLE PIANTE

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. 9.1.1)

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, rappresentano 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 in movimento, oppongano la giusta resistenza alle sollecitazioni meccaniche

Arbusti ed alberi

Salix glabra	2.4
Viburnum Lantana	2.3
Erica carnea	2.0
Salix eleagnos	1.8
Salix nigricans	1.8
Alnus viridis	1.8
Salix purpurea	1.5
Frangula excelsior	1.5
Ligustrum vulgare	1.2
Acer pseudoplatanus	1.1
Hippophae rhamnoides	1.0
Berberis vulgaris	0.8
Salix alba	0.5

Piante erbacee

Silpa spacior	5-15
Equisetum arvense	5.5
Rumex acetosa	5.5
Deschampsia caespitosa	1.6
Festuca ovina	1.1
Anthyllis vulneraria	0.8
Achillea millefolium	0.7
Lotus corniculatus	0.7

Tab. 9.1.1 - 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).

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.

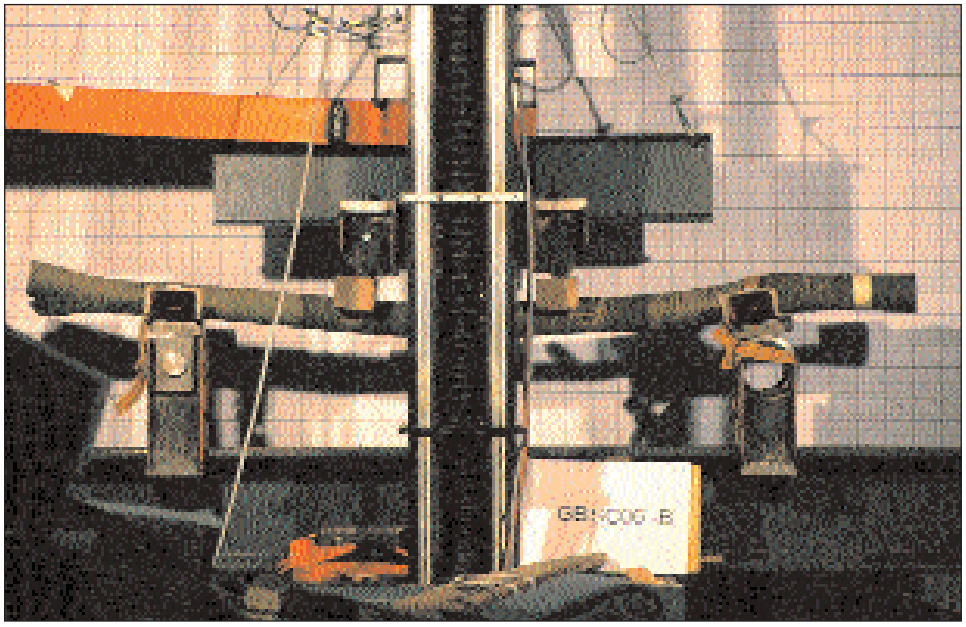


Fig. 9.1.1 - Macchina per misurare l'elasticità delle piante presso l'Università di Vienna (foto Florineth)

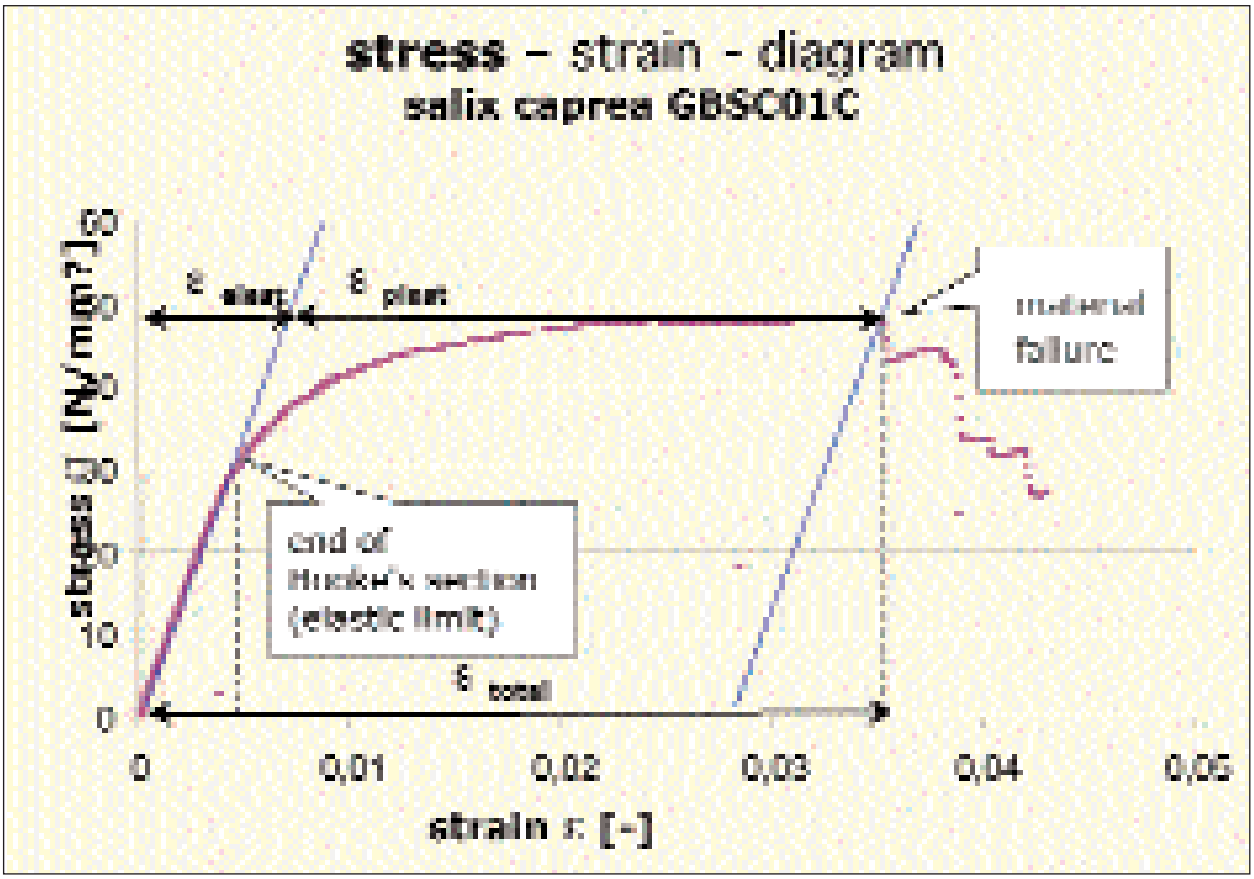


Fig. 9.1.2 - Diagramma sforzi-deformazioni su Salix caprea (da Florineth "Efficacia e risposta alle sollecitazioni delle piante sui corsi d'acqua" nel convegno "Terza giornata di studio sull'applicazione delle tecniche a basso impatto ambientale nella Regione Lazio" Roma 20 febbraio 2002)

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. 9.1.2 ove sono riportati i valori medi relativamente a piante comuni del Lazio, con i più recenti risultati della ricerca.

Specie	Resistenza a trazione delle radici (Mpa, valori medi)
Spartium junceum	44,6
Salix purpurea	36
Euonymus europaeus	34,6
Rhamnus alaternus	34
Quercus robur	32
Cytisus scoparius	32
Acer campestre	28,2
Viburnum tinus	23,6
Phillyrea latifolia	21,1
Coronilla emerus	19,2
Pistacia terebinthus	17,2
Salix elaegnos	15
Populus nigra	5 - 12

Tab. 9.1.2. 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., 2003 in stampa e da Greenway, 1987).

La resistenza all'estirpamento delle piante è variabile, come si può vedere nelle Tab. 9.1.3 e 9.1.4.

Tab. 9.1.3 - Resistenza allo sradicamento - sintesi Weitzer et al. 1988 (da Florineth)

specie	numero	Resist. Min. [kN]	Resist. mass. [kN]	Età da - a
Fraxinus excelsior	14	1,204	**38,088**	**6 - 36**
Alnus incana	25	0,957	**20,405**	**3 - 19**
Acer pseudopl.	22	0,958	**16,539**	**5 - 16**
Alnus 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**

Specie	Forza di trazione (N)	Diametro della radice ø mm	Tensione di trazione (N/cm²)
Poa annua	1,04		
Agrostis stolonifera	1,24		
Festuca durtuscula	2,04		
Deschampsia caespitosa	2,9		
Lolium perenne	5,0		
Nardus stricta	7,6		
Bromus inermis	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. 9.1.4 - Resistenza all'estirpamento di piante erbacee e latifoglie (da Florineth, 1993)

Per quanto riguarda le resistenze al taglio le semine di graminacee e popolamenti misti di leguminose e graminacee offrono da 30 a 48 kN/m2 (Tab. 9.1.5).

Tab. 9.1.5 - Resistenza al taglio di un terreno misurata come pressione laterale massima con un sovraccarico di 20kN/m2 (da Florineth, 1993)
Sr: grado di saturazione dell'acqua nel terreno;
(20): resistenza al taglio calcolata con una tensione normale di 20 kN/ m2; (20): aumento della resistenza al taglio del terreno attraversato da radici in confronto ad uno privo di radici.

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 dell'abrasione da neve. La pianta è esposta a queste influenze anche quando è stata messa a dimora con gradonate, viminate, fascinate, sebbene essa goda in tali casi di 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 delle radici più ampie e più resistenti nella parte superiore della scarpata fig.3), con una risposta morfologica analoga a quella delle sollecitazioni del vento (Chiatante, Sarnataro, Fusco, Di Iorio , Scippa, 2003).

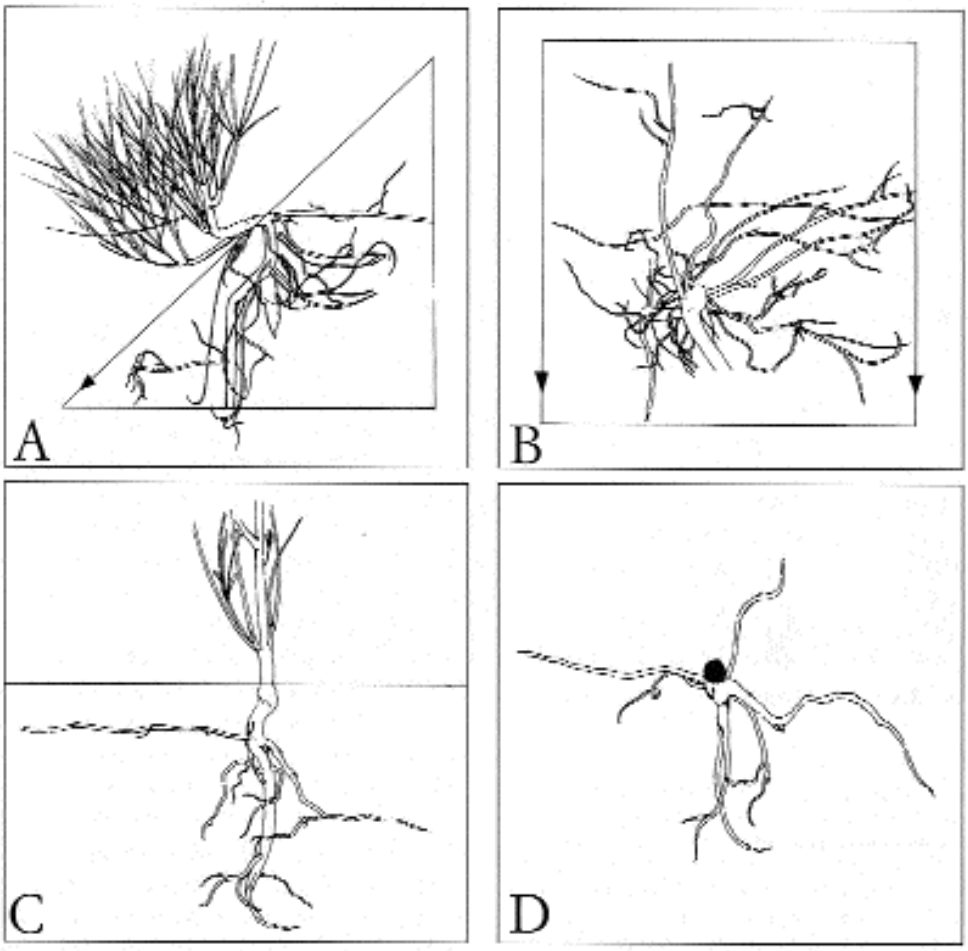


Fig. 9.1.3 - Sviluppo degli apparati radicali di Spartium junceum su scarpata (A e B) ed in piano (C e D) Sezione verticale (A e C) e vista dall'alto (B e D) (da Chiatante et. al., 2003).

Si riportano di seguito una serie di raffigurazioni di apparati radicali di specie erbacee e legnose comuni nel Lazio, che ben mettono in evidenza il volume di terreno coinvolto dalla stabilizzazione delle radici stesse.

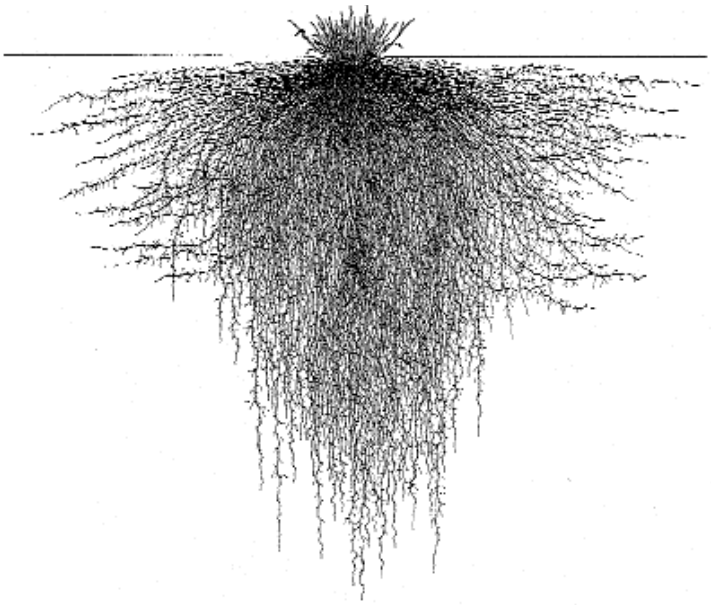


Fig. 9.1.4. Lolium perenne (da Kutschera – Sobotik, 1997)

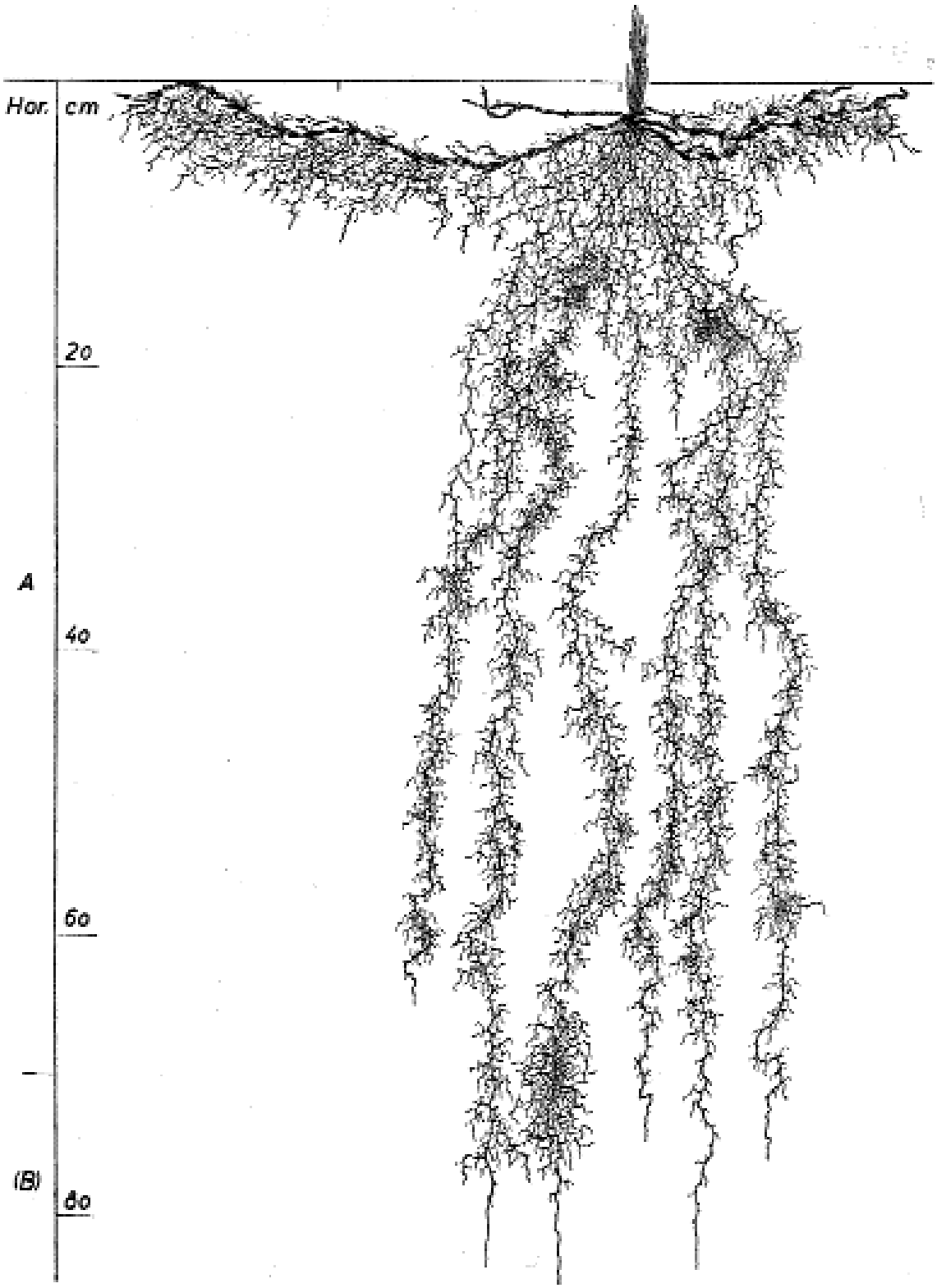


Fig. 9.1.5. Agropyron repens (da Kutschera – Sobotik, 1997)

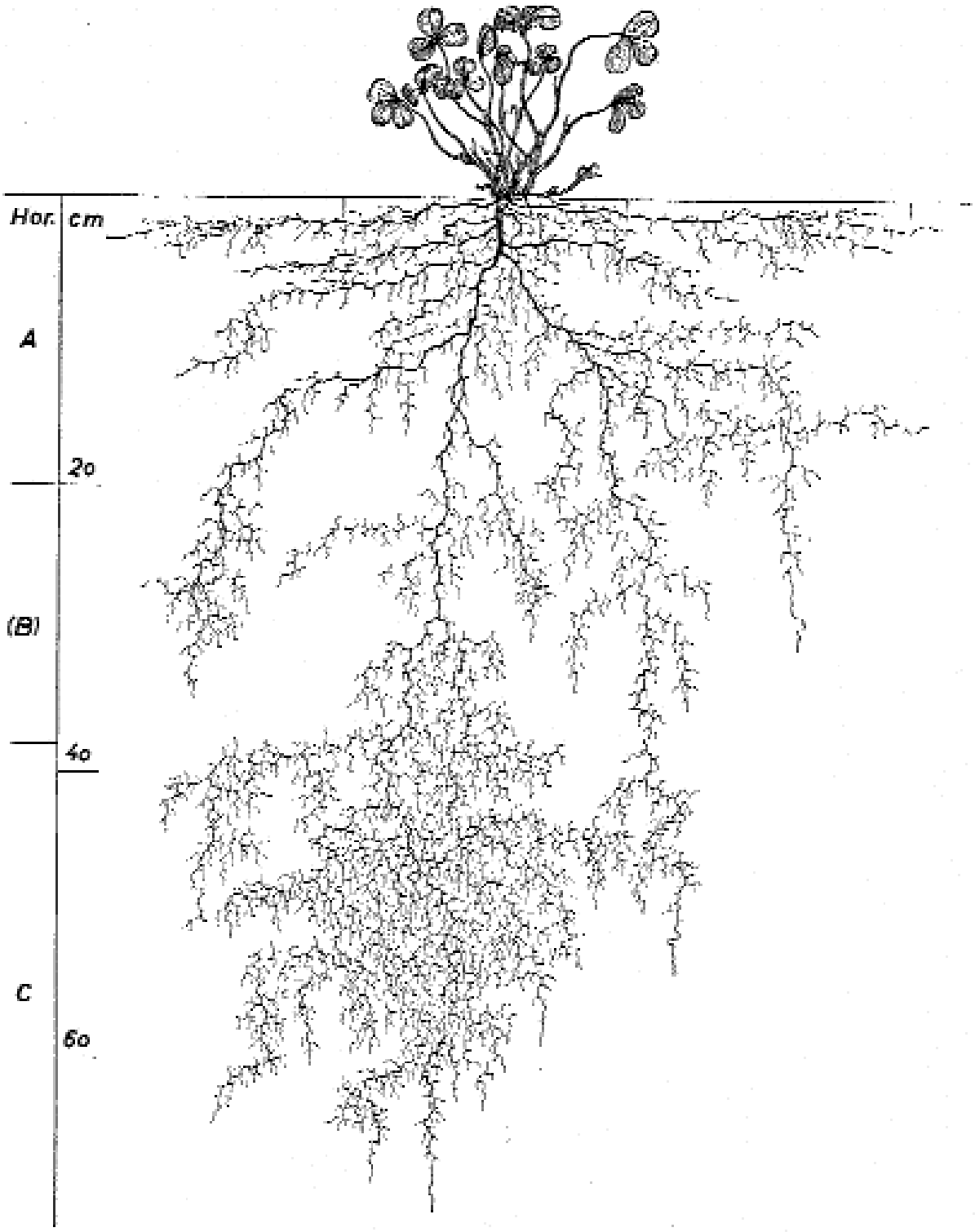


Fig. 9.1.6 - **Trifolium repens** *(da Kutschera – Sobotik, 1997)*

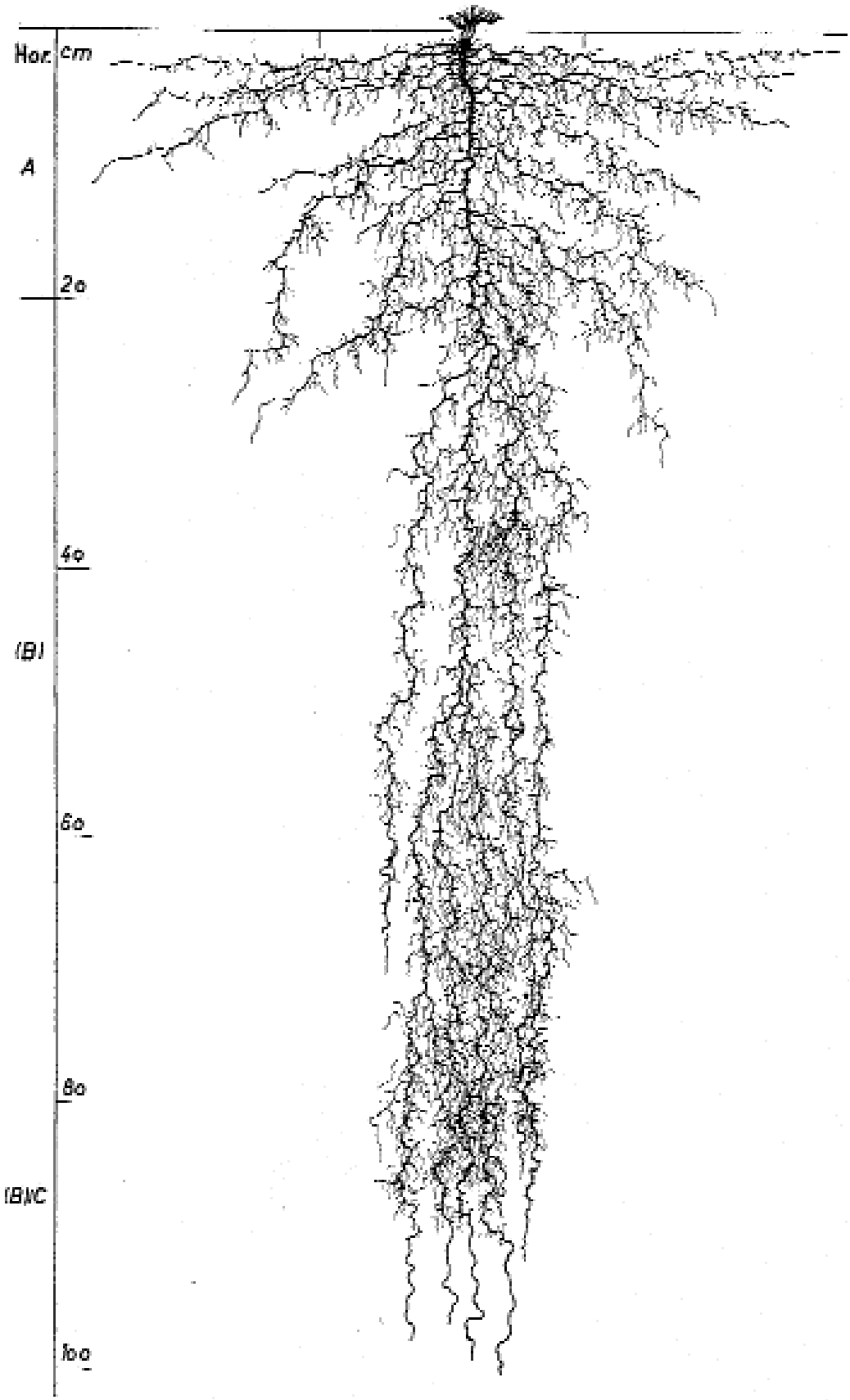


Fig. 9.1.7 - **Lotus corniculatus** ***(da Kutschera – Sobotik, 1997)***

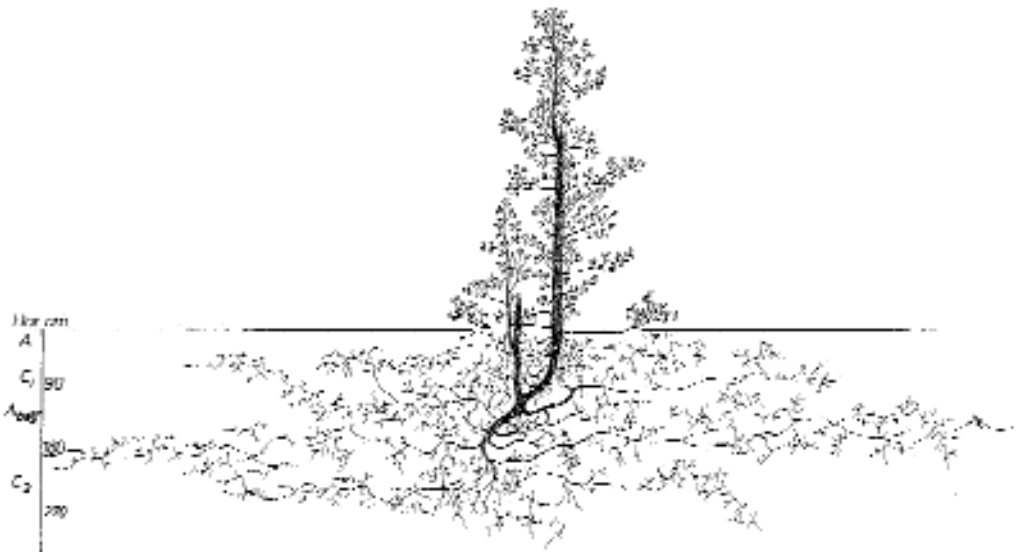


Fig. 9.1.8. Juniperus communis ssp. Communis (da Wurzeln, 1997)

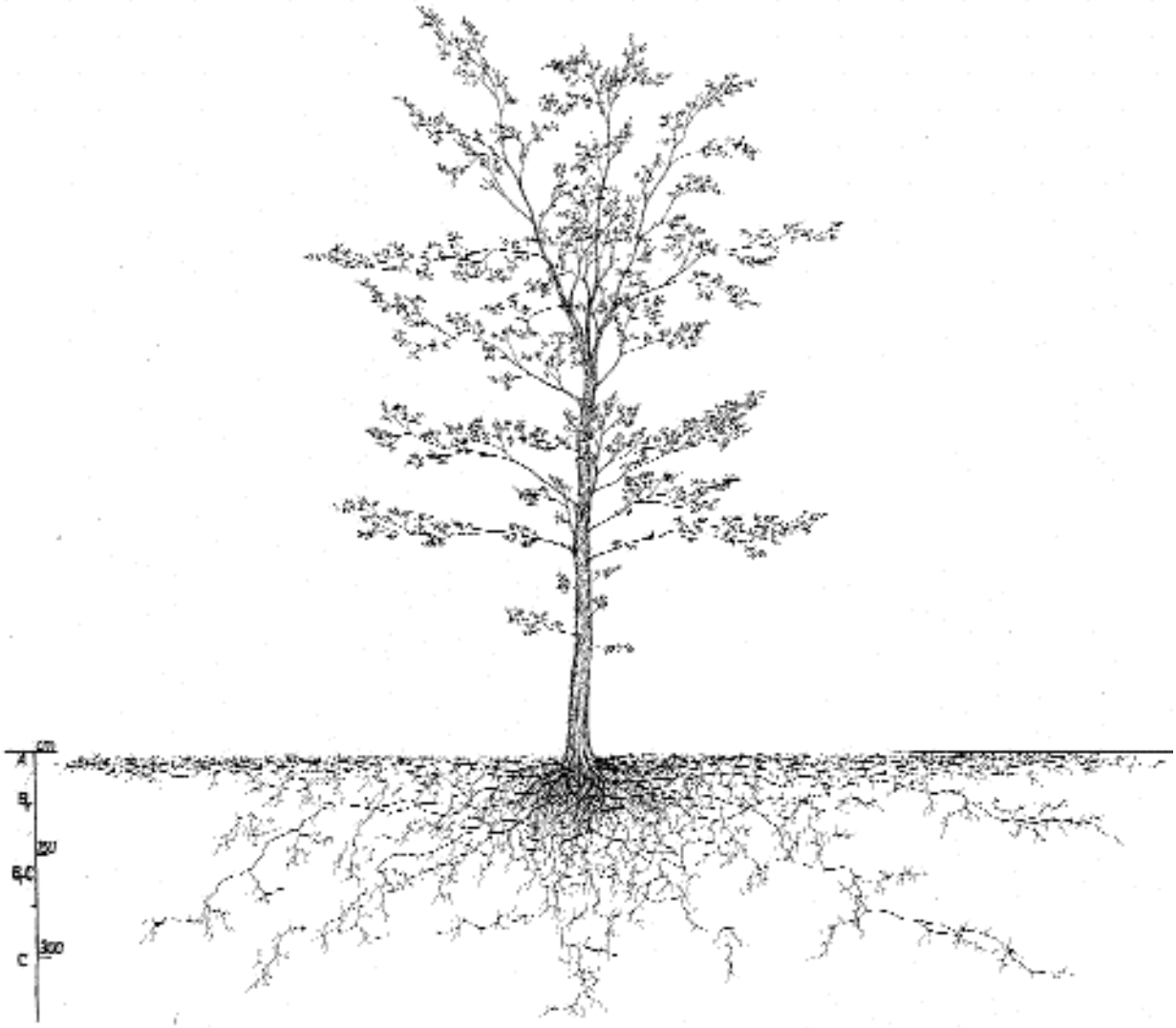


Fig. 9.1.9 – **Carpinus betulus** *(da Kutschera – Sobotik, 1997)*

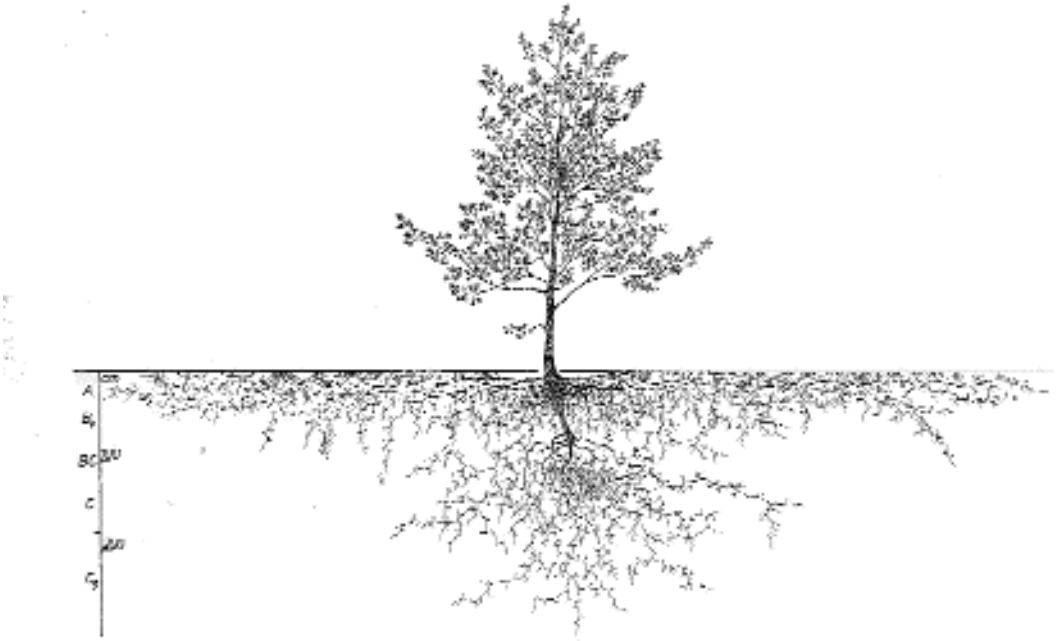


Fig. 9.1.10 - **Quercus robur** *(da Kutschera – Sobotik, 1997)*

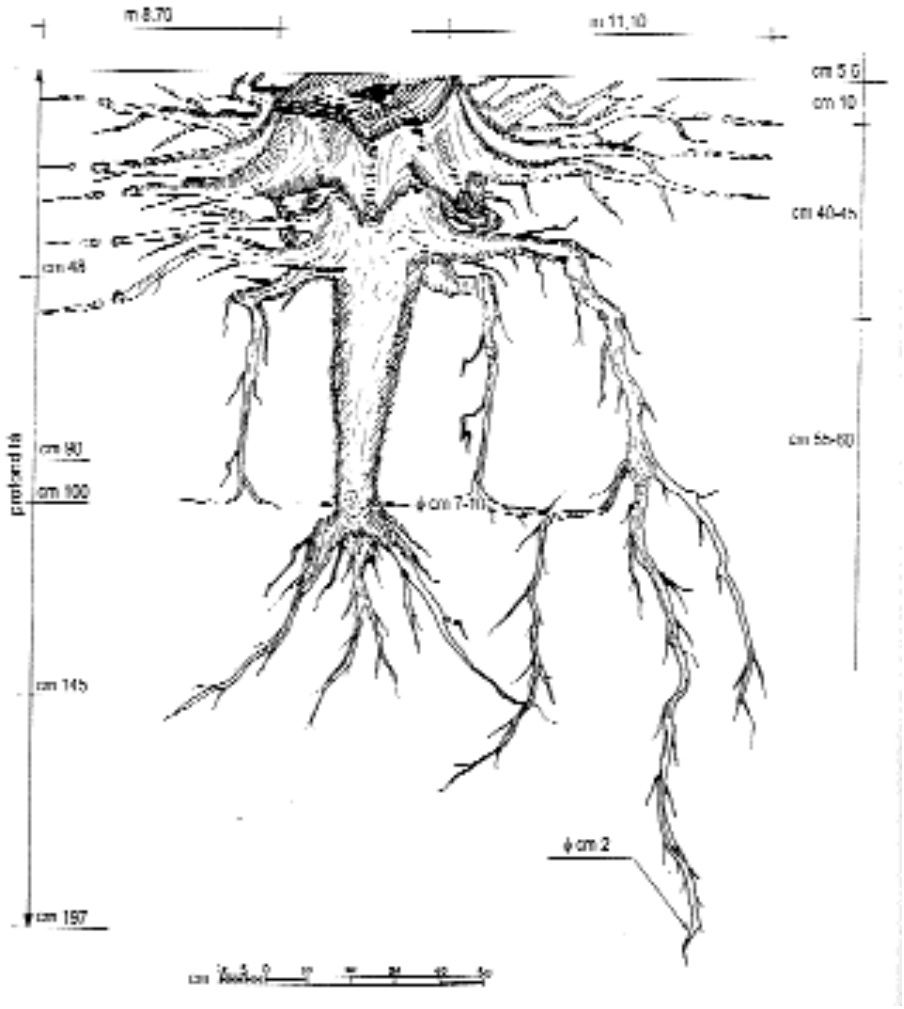


Fig. 9.1.11 - Apparato radicale di cerro di 45 anni del Parco Nazionale del Circeo (da Padula, 1998)

Tabella n° 1 - Caratteristiche morfologiche delle piante esaminate

			Apparato radicale orizzontale superficiale					
Pianta	Età	Altezza	Radici	Profondità	Distanza[1] massima dal fittone	Superficie[2] di suolo esplorato	Area insidenza chioma	Profondità massima radici verticali
numero	anni	m	numero	cm	m	m^2	m^2	cm
1	23	16,10	17	48	4,30	51,50	47,40	130
2	(2) circa 70	17,80	18	65	11	246,18	68,80	225 : 230
3	19	10,90	8	30	4,15	54,07	27,30	120
4	15	6,85	10	48	4	58,65	9,85	135
5	28	7,72	13	45	5,10	65,00	11,80	120
6	(3) circa 50	13,80	16	49	11,10	307,70	39,90	197
7	(2) circa 45	12,60	(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 dal 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. 9.1.6 - Tabella riassuntiva delle caratteristiche morfologiche delle piante esaminate da Padula al Parco Nazionale del Circeo (Padula, 1998to radicale di cerro di 45 anni del Parco Nazionale del Circeo (da Padula, 1998)

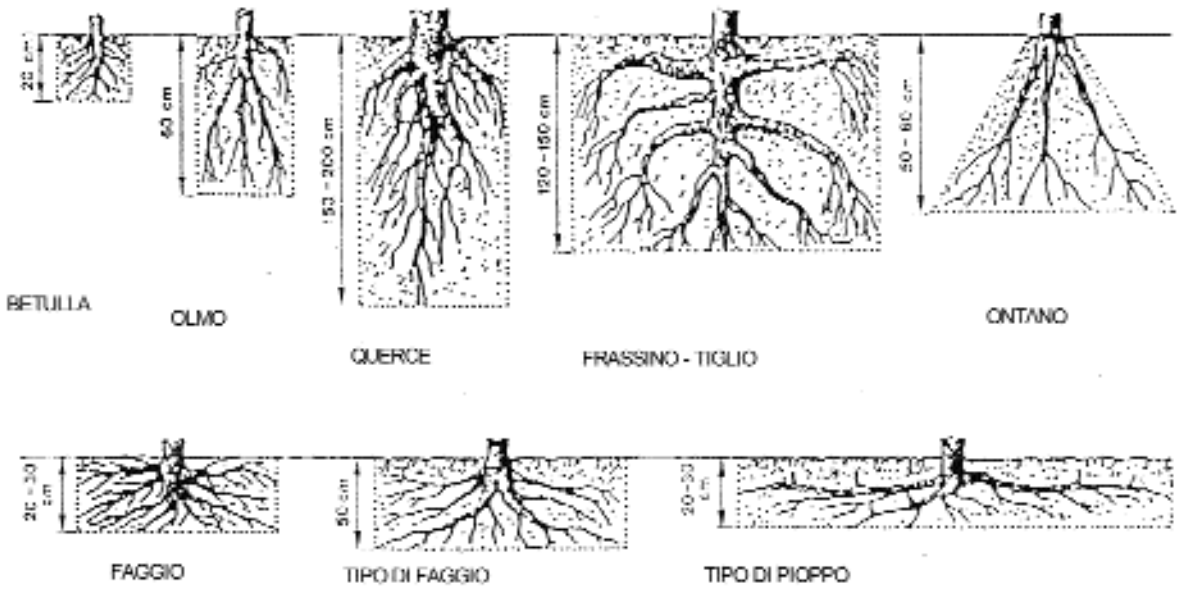


Fig. 9.1.12 - Confronto tra i diversi apparati radicali delle diverse specie di alberi (Mathey, 1929).

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 con durata lunga, fino 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*).

Per contro solo poche specie di salici sopportano una sommersione prolungata e perenne, quale si può verificare come conseguenza della costruzione dei bacini idroelettrici. Da osservazioni speriment ali risulta che il Salice bianco (*Salix alba*), il Salice fragile (*Salix fragilis*) e il Salice odoroso (*Salix pentandra*) 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. 9.1.7), da usare come piante radicate, ma con la stessa funzione delle talee. Tale caratteristica biotecnica trova riscontro in natura nella r**esistenza all'inghiaiamento** di alcune piante (Tab. 9.1.8).

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 hanno resistito ad inghiaiamenti, fino oltre i 3,0 m (fino al 30% dell'altezza dell'albero) senza danni evidenti.

Tab. 9.1.7 - Piante sperimentate in Alto Adige, Austria e nel Lazio sulla capacità di emettere radici avventizie dal fusto interrato

Austria e Alto Adige (Florineth)	**AIPIN Lazio (Dallari e Laranci)**
Idonee	
Alnus glutinosa, A. incana e A.viridis	*Viburnum tinus*
Fraxinus ornus, F. excelsior	*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*
Carpinus betulus	*Rhamnus alaternus*
Crataegus monogyna	
Frangula alnus	
Non idonee	
Prunus avium, P. spinosa, P. mahaleb	*Spartium junceum*
Sorbus domestica, S. torminalis, S. aria	*Acer campestre*
Tilia cordata, T. platyphyllos	*Pistacia terebintus*

Specie	Resistenza all'inghiaiamento	Resistenza agli slittamenti e movimenti di neve	Grande resistenza alla caduta sassi	Buon consolidamento del terreno	Grande resistenza alla trazione
Acer pseudoplatanus	X	X	X	X	X
Acer platanoides				X	
Alnus incana	X		X	X	
Alnus viridis	X	X	X		
Sorbus aucuparia	X	X	X		
Sorbus aria		X	X		
Fraxinus excelsior		X	X	X	X
Populus tremula			X	X	
Alnus 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

Tab. 9.1.8 - Piante radicate con capacità di sviluppo di radici avventizie (da Aipin sez. Bolzano, 1995)

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 il consolidamento 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 infatti radicano e ricacciano in modo insufficiente quali il Salicone (*Salix caprea*) (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. 9.1.13).

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. 9.1.13 - 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 *Salix caprea, S. viminalis*, etc..

Alcune delle specie di salice con **areale strettamente delimitato** (stenoecie) sono:

Salix herbacea;
Salix hastata;
Salix reticulata;

che sono tipiche delle zone di alta montagna.

Il numero delle possibili specie utilizzabili non è molto grande e, comunque, già all'interno degli stessi salici vi sono esigenze molto diverse.

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 già 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.

Tab. 9.1.9 - Capacità d'attecchimento, limiti di impiego, altezza delle piante (da AIPIN Bolzano adattata alla Regione Lazio)

TIPOLOGIA	Specie	% attecchimento	limite altitudinale	sviluppo in altezza
SALICI	***Salix purpurea***	100%	- 1600 m	26
	Salix cinerea	75%	- 1300 m	26 m
	Salix alba	75%	- 1000 m	fino a 24 m
	Salix elaeagnos	70%	- 1100 m	fino a 10 m
NON SALICI	***Populus nigra***	65%	- 900 m	2025 m
	Ligustrum vulgare	65%	- 1200 m	fino a 2 m

Non adatti all'utilizzo come talee

Salix caprea	5%	- 1300 m	fino a 5 m

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

ELEVATA

RIDOTTA

4. Sciafilia

Salix nigricans
Salix cinerea
Salix daphnoides
Salix pentandra
Salix viminalis
Populus nigra
Salix purpurea
Salix alba
Salix elaeagnos

ELEVATA

RIDOTTA

(da AIPIN Bolzano)

9.2 Possibilità di propagazione, tecniche vivaistiche e risvolti applicativi

D. Dallari

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.stimolanti.

Una facile moltiplicazione è la via più diretta all'utilizzo di una specieLe piante possono riprodursi per via sessuale (riproduzione o propagazione gamica) dove al seme è demandata la continuità della specie (semina, piantagione, selvaggioni, trapianto di eccelle, etc.) oppure riprodursi moltiplicarsi per via vegetativa (moltiplicazione o propagazione agamica). (talee caulinari, astoni, talee radicali, talee di rizoma, propaggini, divisione di cespi).

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.

9.2.1 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 germinibilità 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), morfo-fisiologico (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 in **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 ginestre). 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 luoghi d'intervento 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**. Fra 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 alle 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'IN, 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. 9.2.1)

Le caratteristiche del pane di terra divengono molti importanti negli interventi d'IN 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 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'IN.

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 9.2.1). 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 9x9 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.

9.2.2 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 9.2.2), cioè di porzioni distaccate della pianta provviste di gemme caulinarie che, nel caso degli interventi d'IN, 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. 9.2.2).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 limitazione 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.
È 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'IN. 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'emissioni 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'IN 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.

Tab. 9.2.1 - Confronto tra materiale vivaistico con pane di terra e a radice nuda con età compresa tra 1 3 anni di età

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 maneggiabilità	Elevata maneggiabilità
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 conformato 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 d'impianto	Radici direttamente compenetrate dal terreno d'impianto
Radici sempre protette	Radici scoperte tra il periodo di estrazione e l'impianto
Stress da trapianto generalmente minore se la messa a dimora addotta alcuni accorgimenti relativi alla copertura di 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 sviluppo maggiori negli anno successivi
Possibilità di inoculazione controllata di funghi micorrizzici	Possibilità di inoculazione di funghi micorrizzici solo al momento del trapianto

Tab. 9.2.2 – Specie arboree ed arbustive che possono essere usate come talee e astoni nel Lazio a seconda degli ambienti ecologici

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 caldo umide dalla pianura all'area collinare e montana inferiore, 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	< 10% molto bassa	pioniera dal piano basale 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 pano 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	scadente 60-70% ?	greti di torrenti, sabbie umide e subsalse, dal piano basale a quello collinare

Foto 9.2.1 – Emissione di radice avventizie lungo il fusto su pianta radicata di *Euonymus europeus* inserita in una gradonata

Foto 9.2.2 – Talee di salice e piantine radicate inserite in sistemazioni a gradonata

9.3 Un vivaio di specie autoctone nel Parco naturale dei Monti Aurunci

I. Schiappa

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".

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 P. Carnevale

Foto P. Carnevale

Foto P. Carnevale

Foto P. Carnevale

Foto P. Carnevale

Foto P. Carnevale

Foto P. Cornelini

Foto P. Cornelini

Specie presenti nel Vivaio (semina 2001-2002)

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 cm 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 carpinifolia	Itri, M.te Fusco	830	vasi grandi tondi 20*20 cm 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
Arbutus 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 cm13	2
Juniperus communis	Fondi	40	vasi grandi 9*9*20 cm	1
rosa sempervirens	Spigno Saturnia	110	vasi grandi tondi 20*20 cm	1
rosa pimpinellifolia	Campodimele, M.te Faggeto	15	vasi grandi tondi 20*20 cm	1
Euphorbia caracias	Itri	15	vasi piccoli 7*7*20 cm	1
Viburnus tinus	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

* miscuglio di terriccio, sabbia calcarea, pozzolana nelle seguenti proporzioni:

1. terriccio 30 %, sabbia 30%, pozzolana 40 %;
2. terriccio 30 %, sabbia 45%, pozzolana 25 %;
3. 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 %).

Confronto sulla percentuale di germinazione delle leguminose
annualità 2001/02-2002/03

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°.

Specie	*annualità 2001/02*	*Annualità 2002/03*	*Temperatura acqua*
Ceratonia siliqua	*80 %*	*80 %*	*80°*
Cercis 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°*

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 arborea	*2 %*	*45 %*
Rosmarinus officinalis	*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.

Capitolo 10

Elementi di Geotecnica applicata all'I.N.:

aspetti generali, criteri di dimensionamento e verifiche di stabilità

P. Cornelini, F. Preti (con collaborazione di M. Barneschi e contributo di C. Cantini)

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*	kg_f
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
Forza	*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}.

$$1 \text{ N} = 1 \text{ kg} \times 1 \text{ m/s}^{-2}$$

Per il secondo principio della dinamica:

$$\dot{P} - m\dot{g}$$

dove:
g (accelerazione di gravità) = 9,81 m s^{-2}
si ha:

$$1 \text{ kg}_f = 1 \text{ kg} \times 9{,}8 \text{ m/s}^2 = 9{,}8 \text{ N}$$

da cui deriva che 1 N corrisponde a 1/9,8 kg_f, cioè a circa 1 etto (hg_f).

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:

$$\sum F_x = 0, \ \sum F_y = 0, \ \sum M_z = 0$$

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).

10.1 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. II *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. II *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).

Tab. 10.1 - valori orientativi di alcune delle grandezze sopra definite per alcuni terreni[1]

Terreno	n [%]	e [-]	W [%]	γ_d [kN/m³]	γ o γ_t [kN/m³]	K_t [kgf/cm²]
Ghiaia	25÷40	0.3÷0.67	-	14÷21	18÷23	5÷7
Sabbia	25÷50	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	

[1] Per ottenere il valore approssimato nel sistema pratico (kg_f m^{-3}), i valori di peso specifico della tabella possono essere moltiplicati per circa 100

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).

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) σ'. 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):

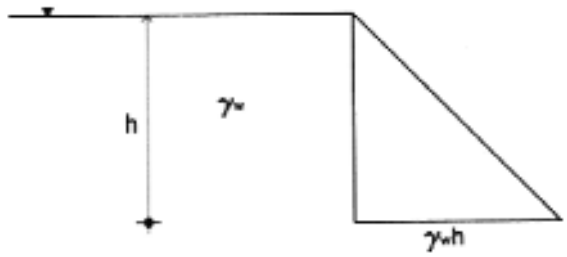


Fig. 10.1.1 – diagramma della spinta idrostatica.

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:

$$(5)\quad \gamma' = (\gamma_s - \gamma_w)(1-n)$$

con γ' = 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 detto di come l'acqua influenzi il comportamento meccanico dei terreni e di 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(6), 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. 10.1.2) si dimostra che la tensione verticale efficace vale:

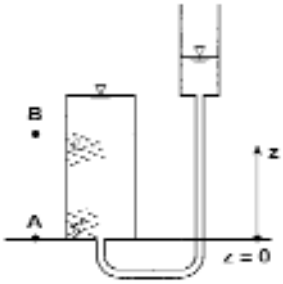


Fig. 10.1.2 - moto di filtrazione contro gravità.

$$(9)\quad \sigma'_{vo} = (\gamma' - i\gamma_w)z$$

e tale tensione si annulla quando:

$$(10)\quad i = i_c = \frac{\gamma'}{\gamma_w}$$

dove *ic* 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*) 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. 10.1.3. Tali linee di flusso derivano dalla risoluzione dell'equazione di Laplace.

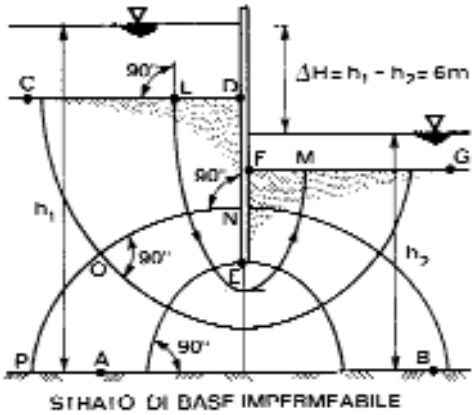


Fig. 10.1.3 - linee di flusso (LM, DEF) e linee equipotenziali (PON). (da Lancellotta, R. 2001)

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: la pendenza 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. 10.1.4 e 10.1.5).

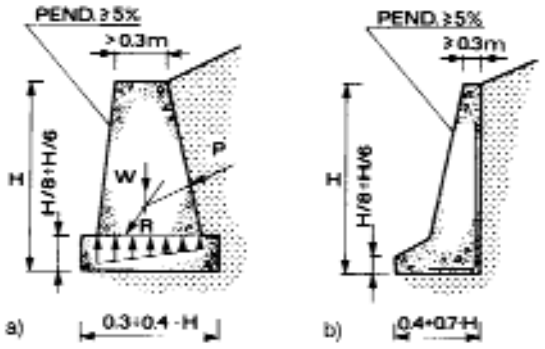


Fig. 10.1.4 - muri a gravità (a), a semi-gravità (b), (da Lancellotta, R. 2001)

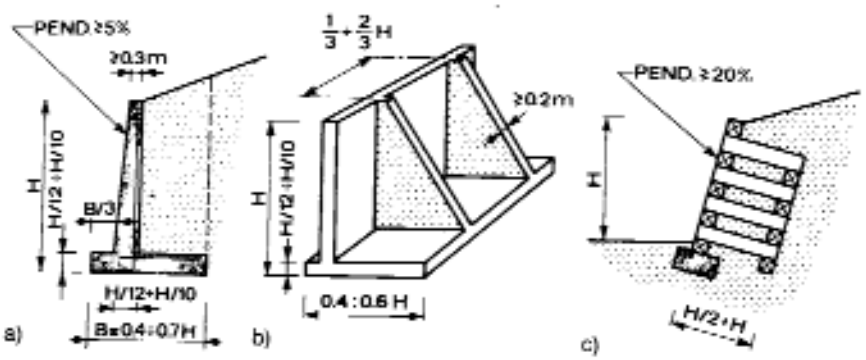


Fig. 10.1.5 - muri a mensola (a), a contrafforti (b), cellulari (c) assimilabili alla struttura in legname delle palificate a doppia parete (da Lancellotta, R. 2001)

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:

$$\tau = \sigma' \cdot \tan\varphi' \qquad (12)$$

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. 10.1.6):

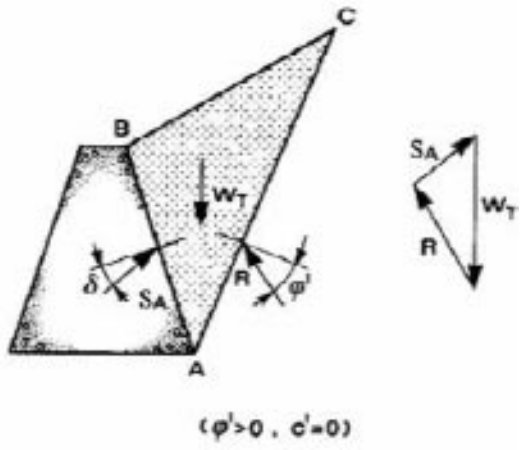


Fig. 10.1.6 - forze in gioco e relative rette d'azione

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 φ‘ 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 σ'_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) $$K_A \bullet K_P = 1$$

Per cui risulta:

(14) $$\sigma'_A = \sigma'_{VO} \bullet K_A$$

(15) $$\sigma'_P = \sigma'_{VO} \bullet K_P$$

I valori dei coefficienti K_A e K_P sono ricavabili mediante le seguenti:

(16) $$K_A = \frac{\cos^2(\varphi' - \beta)}{\cos^2\beta \bullet \cos(\beta + \delta) \bullet \left[1 + \sqrt{\frac{\sin(\delta + \varphi') \bullet \sin(\varphi' - i)}{\cos(\beta + \delta) \bullet \cos(\beta - i)}}\right]^2}$$

(17) $$K_P = \frac{\cos^2(\varphi' + \beta)}{\cos^2\beta \bullet \cos(\beta - \delta) \bullet \left[1 - \sqrt{\frac{\sin(\delta + \varphi') \bullet \sin(\varphi' + i)}{\cos(\beta - \delta) \bullet \cos(\beta - i)}}\right]^2}$$

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.

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. 10.1.7 si nota che nella Fig. 10.1.8 la spinta attiva è inclinata rispetto alla normale all’intradosso dell’angolo δ.

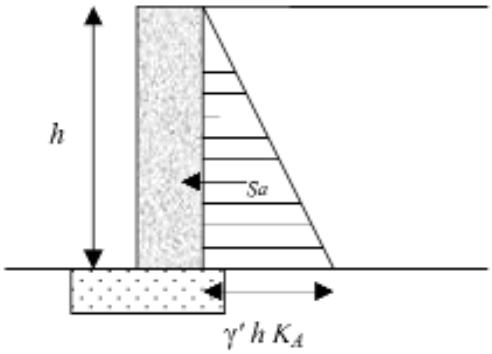


Fig. 10.1.7 - diagramma di spinta in assenza di attrito muro-terreno, con parete verticale e terreno orizzontale.

Per quanto detto la S_a è quindi calcolabile con la seguente:

(18) $$S_a - \frac{1}{2}\gamma' l^2 K_A$$

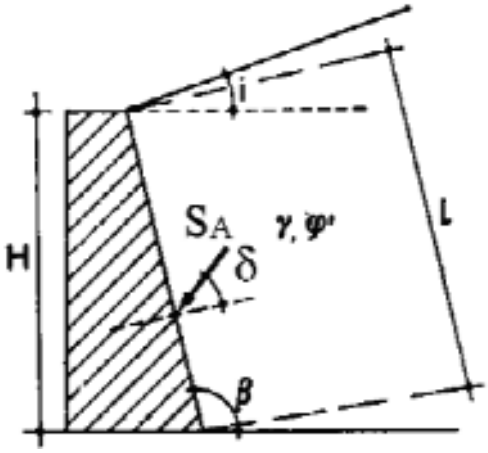


Fig. 10.1.8 - condizione generale e simbologia della (18)

In mancanza di dati sperimentali ci si può riferire a tabelle tipo la seguente:

Tab. 10.2 - valori sperimentali orientativi dell'angolo δ_{max} (in gradi), (Manuale di Ingegneria Civile -Volume 3 -, 1993)

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

oppure si può assumere:

$$\delta = \left(\frac{1}{2} \div \frac{2}{3}\right)\varphi' \qquad (19)$$

Spinta attiva per terre incoerenti ($C = 0, \varphi > 0$)

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. 10.2), vale:

$$K_a = \mathrm{tg}^2\left(45 - \frac{\varphi}{2}\right)$$

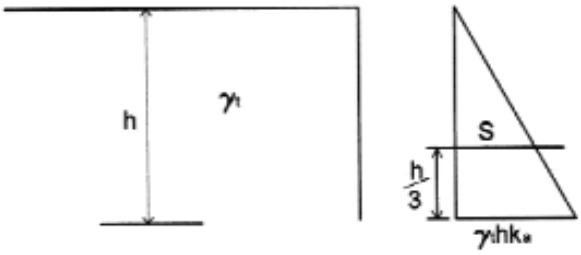


Fig. 10.2 - diagramma della spinta di terre incoerenti

Secondo la teoria di Coulomb, che è quella concettualmente più semplice, tale valore si ricava dal considerare l'equilibrio dell'ammasso terroso incoerente a 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. 10.3).

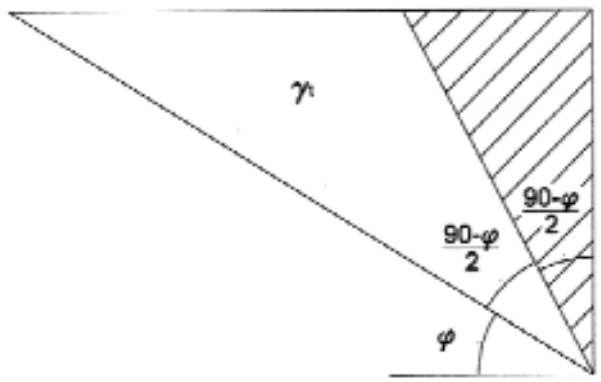


Fig. 10.3 - prisma di massima spinta secondo la teoria di Coulomb

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. 10.2); 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 k_a in funzione dell'angolo di attrito φ:

φ	**20°**	**25°**	**30°**	**35°**
$\boldsymbol{K_a}$	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. 10.4):

$$k_a - \cos^2\left\{\frac{\varphi}{\left[1+\sqrt{\mathrm{scn}\varphi} * \frac{sen(\varphi - i)}{\cos i}\right]^2}\right\}$$

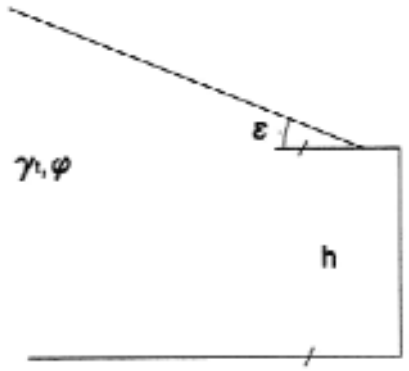


Fig. 10.4 - scarpata inclinata a monte

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.

$$S_a = ½\, \gamma t\, h^2\, tg^2(45- \varphi/2) = ½\ 1600\ 4\ 0{,}33 = 10$$

$$W_t \quad ½\, \gamma\, h^2 \quad ½\ 1000\ 4 \quad 2000 \text{ kg m}^{-}$$

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 pendenza *i* =26°

$$K_a = \cos^2\varphi/\ (1+ (\mathrm{scn}\varphi^{0.5})\ \mathrm{scn}(\varphi\text{-}i)/\cos i)^2 = 0{,}75\ (1+ (0{,}5^{0.5})\ 0{,}07/0{,}9)^2 = 0{,}52$$

$$W_t = ½\, \gamma\, h^2\, k_a = ½\ 1600\ 4\ 0{,}52 = 1664 \text{ kg m}^{-1}$$

Valore superiore a quello in assenza di pendenza 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 Fig. 10.5 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.

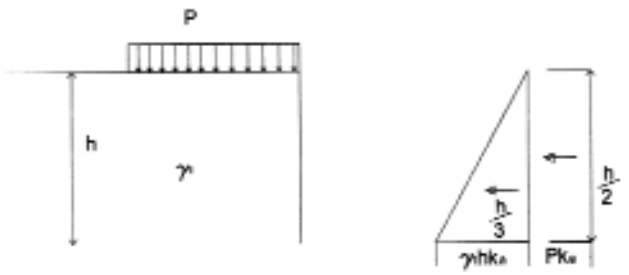


Fig. 10.5 - diagramma di spinta in presenza di sovraccarico

La pressione sul granulo a profondità *h* è data da:

$$\sigma = \frac{1}{2}\gamma h + pK_a$$

la spinta totale sarà :

$$S_a = K_a\left[\frac{1}{2}\gamma h^2 + ph\right]$$

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

$$\sigma = \gamma h K_a - 2C\sqrt{K_a}$$

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. 10.6).

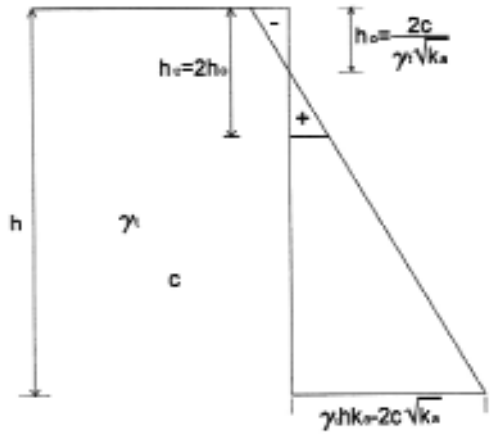


Fig. 10.6 - diagramma di spinta in terre coesive

La profondità in cui σ = 0 si ricava dalla precedente uguagliando i due termini:

$$\gamma h K_a = 2C\sqrt{K_a}$$

$$h^0 = \frac{2C\sqrt{K_a}}{\gamma K_a}$$

e, semplificando,

$$h^0 = \frac{2C}{\gamma\sqrt{K_a}}$$

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° (Fig. 10.6).

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 h_c 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'.

Nel caso di un terreno completamente sotto falda la spinta per metro di fuga vale (Fig. 10.7):

$$S = K_a \frac{1}{2}(\gamma - \gamma_w)h^2 + \frac{1}{2}\gamma h^2$$

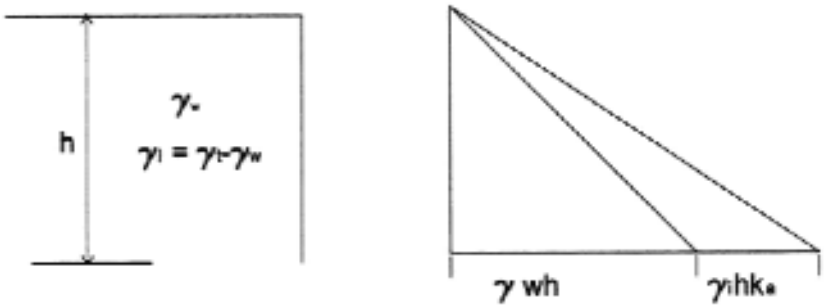


Fig. 10.7 - diagramma di spinta in terre incoerenti sotto falda

Nel caso di terreno parzialmente sotto falda, la spinta totale risulta dalla sovrapposizione dei tre diagrammi di Fig. 10.8.

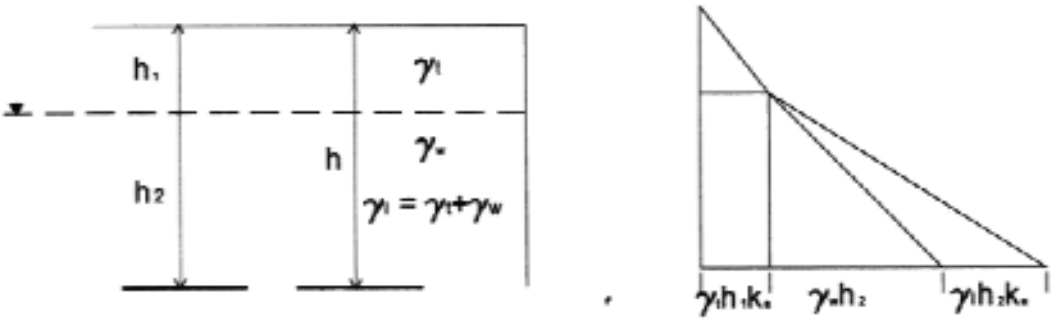


Fig. 10.8 - diagramma di spinta in terre incoerenti parzialmente sotto falda

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.

10.2. Interventi su pendio

Al fine di progettare il più efficace intervento di I.N. 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, 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 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.

In 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 ovvero 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 essere progettati per ottenere 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 o 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).

10.3 Esempi applicativi per le tipologie di I.N.

10.3.1 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).

Si effettua 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. 10.9 e 10.10).

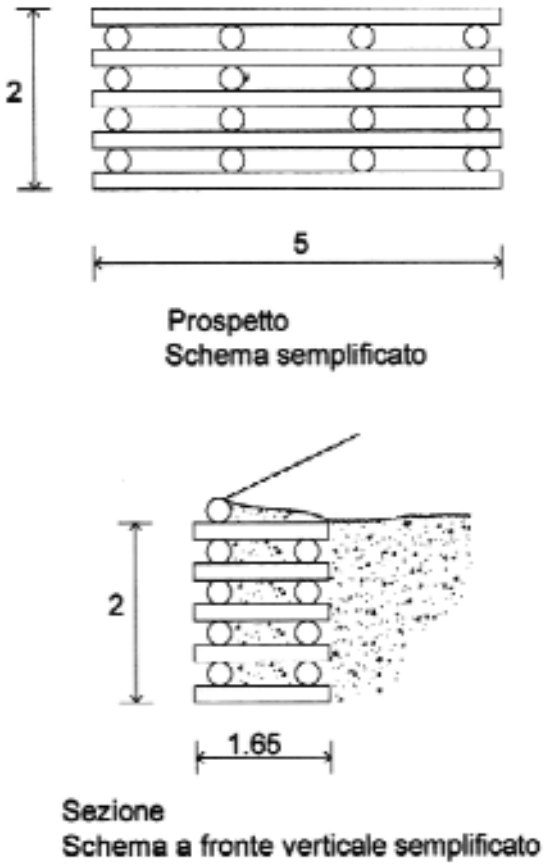
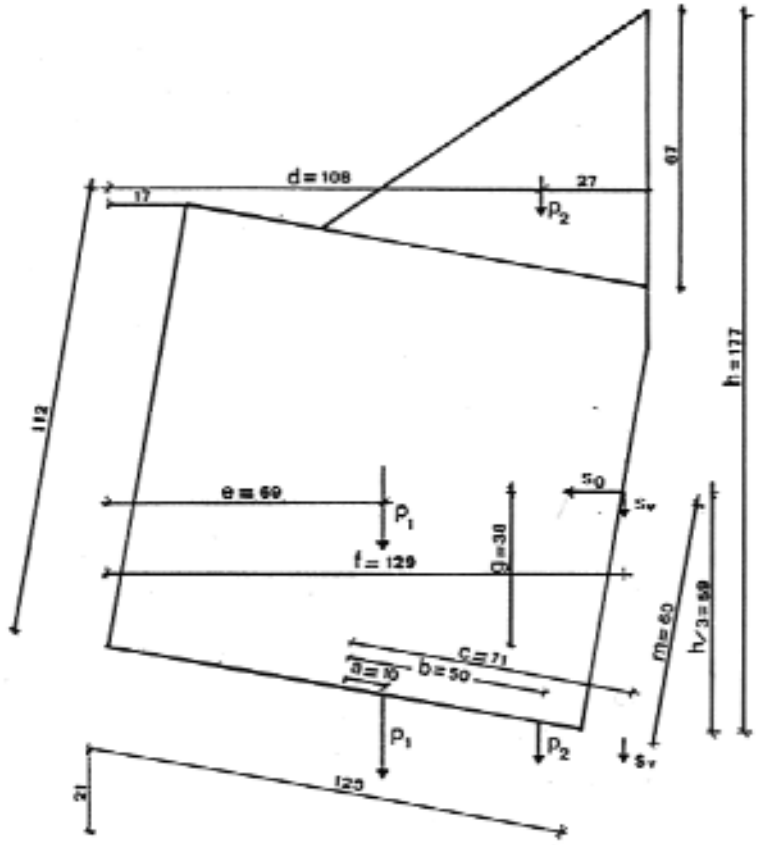


Fig. 10.9a - Prospetto e sezione della palificata dell'esempio

a = 56 tg 10° = 10 cm
b = (108 – 60 cos 10°)/cos 10° = 50 cm
c = 60 + (59/cos 10°) tg 10° = 71 cm
d = 17 + (120 cos 10° – 27) = 108 cm
e = (60 + 10) cos 10° = 69 cm
f = 120/cos 10° + (59 – 21) tg 10° = 129 cm
g = 59 – 21 = 38 cm
m = 59/cos 10° = 60 cm



SCALA FORZE 1 CM = 1000 KG
SCALA 1:10

Fig. 10.9b - schema statico

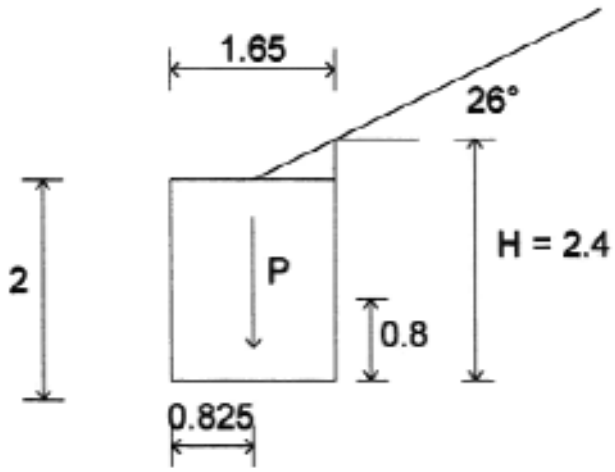


Fig. 10.10 - palificata viva: schema statico semplificato

Analisi dei carichi

γ	1900 $kg_f\ m^{-3}$
γ_l (legno)	700 $kg_f\ m^{-3}$
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:

$$V_{legno} = 3,14 \times 0,125^2 \times 14,3 \times 5 = 3,51\ m^3$$

e, per 1 metro lineare:

$$3,51 / 5 = 0,7\ m^3\ m^{-1}$$

Il peso del legno è:

$$P_{legno} = \gamma_l V_{legno}$$

quindi, per un ml di palificata

$$P_{legno} = 700 \times 0,7 = 490\ kg\ m^{-1}$$

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

$$V_t = (2 \times 1,65) - 0,7 = 2,6\ m^3\ m^{-1}$$

$$W_t = 1900 \times 2,6 = 4940\ kg\ m^{-1}$$

Il peso di 1 m di palificata è quindi:

$$P = P_{legno} + W_t = 490 + 4940 = 5430\ kg\ m^{-1}$$

La spinta del terreno, considerando il caso di terre coerenti, con una pendenza della scarpata a monte di 24°, un'altezza del fronte pari a 2,4 m e trascurando, a favore della stabilità, la componente verticale, è data da:

$$S = \frac{1}{2}\gamma_1 h^2 K_a - 2Ch\sqrt{K_a}$$

φ	33°
C	300 $kg\ m^{-2}$
K_a	0.44

$$S_{terra} = ½ \times 1900 \times 5,76 \times 0,44 \quad 600 \times 2,4 \times 0,66 = 2408 \quad 955 = 1453\ kg\ m^{-1}$$

applicata ad 1/3 dell'altezza, cioè a 0,8 m da terra.

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. 10.10):

$M_{stabilizzante}$ = 5430 x 0,825 = 4480 kg m.
$M_{ribaltante}$ = 1453 x 0,8 = 1162 kg m

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.10.11)**

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.

$$\frac{fP}{S} = \frac{(0.65 * 5430)}{1453} = 2.43 > 1.3$$

con f = coefficiente di attrito tra la base della palificata e la fondazione.
$f = tg\ \varphi = 0,65$

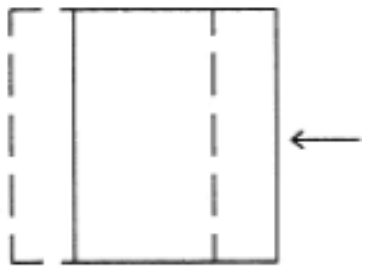


Fig. 10.11 - Verifica alla traslazione

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.

$$\frac{M_s}{M_r} = \frac{4480}{1162} = 3.85 > 1.5$$

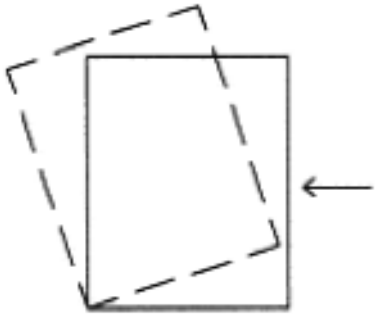


Fig. 10.12 - Verifica al ribaltamento

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).

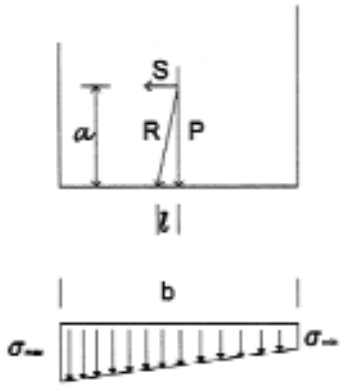


Fig. 10.13 - verifica allo schiacciamento

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:

$$R * 0 = S * a - P * e$$

che si risolve rispetto ad *e*, oppure,:

$$e = \frac{M_s - M_r}{P}$$

con *e* = *eccentricità*, distanza tra il baricentro ed il centro di pressione

$$e = 1162 / 5430 = 0{,}21 \text{ m}$$

il valore è entro il terzo medio in quanto 0,21 < 1,65 / 6 e, in tal caso, vale la formula

$$\sigma_{max} = \left(\frac{P}{100b}\right) * \left(1 + \frac{6e}{b}\right) \text{ in kg cm}^{-2}$$

ove *b* è la larghezza della palificata pari a 165 cm

σ_{max} = (5430/ 100 165) x (1+ 6 21 / 165) = 0,58 kg cm^{-2}

Ipotizzando che il terreno di fondazione abbia una portanza di 1,5 kg cm^{-2}, il rapporto tra questo e il carico agente è:

1,5 / 0,58 = 2,6 > **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 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, partendo dal modello per la valutazione dell'incremento di resistenza al taglio indotto dalla presenza di radici basato sull'equilibrio limite delle forze (Gray e Sotir, 1996 e Bischetti, 2000 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; è stata valutata la variazione dei coefficienti di sicurezza nell'arco di 30 anni.

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. 10.14a), 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):

$$(20) \quad A_R \quad n\,h\,V_R/H_R$$

dove n è il numero di talee che hanno effettivamente attecchito, VR 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. 2), HR è la profondità raggiunta dall'apparato radicale, h l'altezza della palificata. I risultati ottenuti (Fig. 10.14) 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).

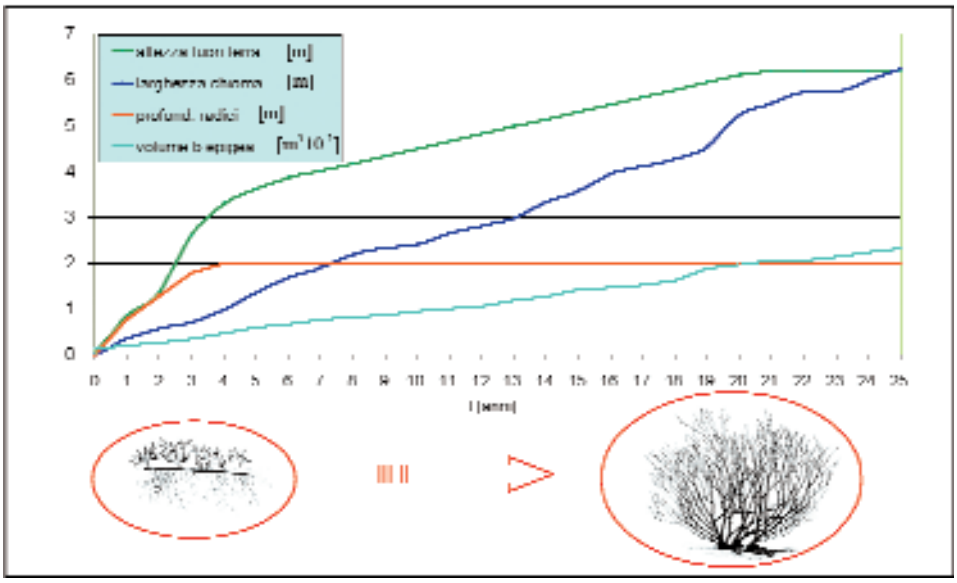


Fig. 10.14 a) - Curve di crescita per* Salix purpurea *(Schiechtl, 1991)

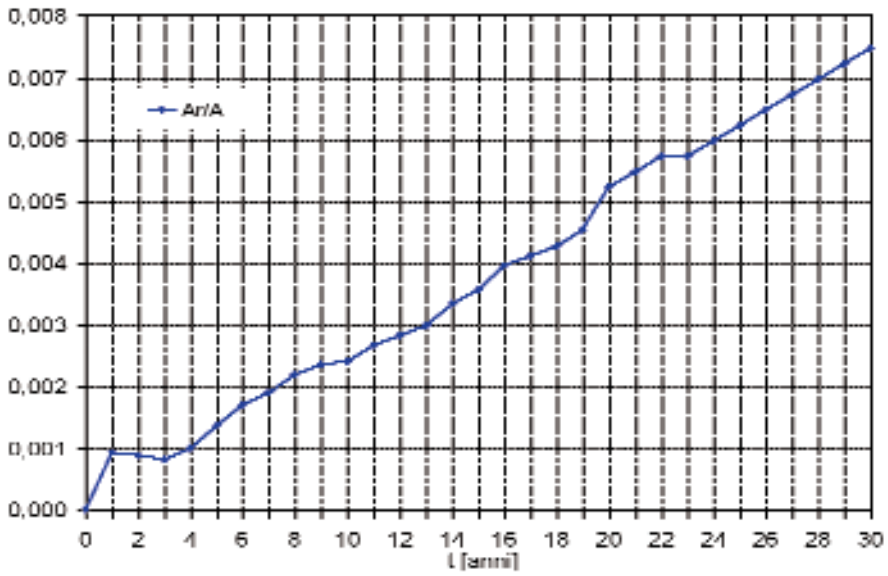


Fig. 10.14 b) - Frazione di sezione di terreno occupata dalle radici (*root area ratio*)

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):

$$c_{rt}(t) = c_{rt}(0)\,(1-(A_R\,/A)) \qquad (21)$$

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°
δ (angolo di attrito tra il terreno e la parete a monte della palificata)	27°
K_a (calcolato con eq.(1))	0.360
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

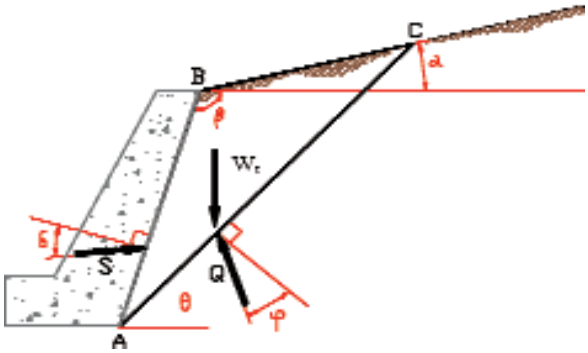


Fig. 10.15 - Sollecitazioni sul cuneo rigido di terra a monte di un'opera di sostegno

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. 10.15 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 e 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).

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

$$F_S = \frac{V \cdot \tan\delta}{H} \qquad (22)$$

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. 10.16 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%.

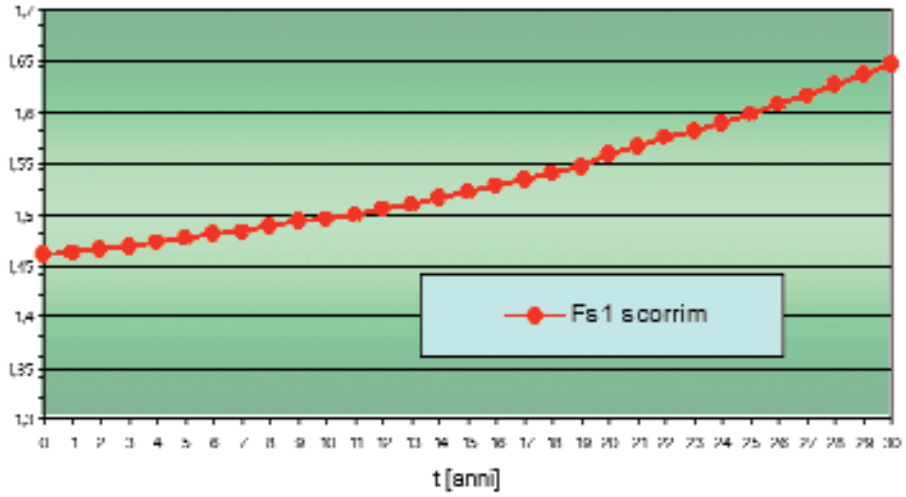


Fig. 10.16 a) - Andamento nel tempo del fattore di sicurezza allo slittamento per una palificata viva

L'analisi del fattore di sicurezza allo scorrimento è poi stata effettuata in diverse condizioni di manutenzione 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. 10.16 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.

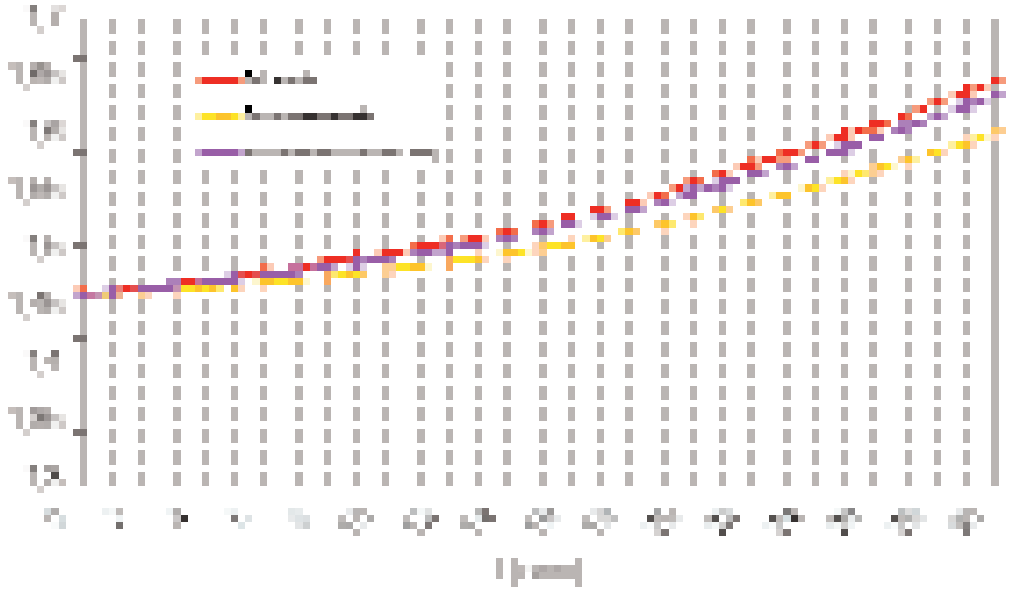


Fig. 10.16 b) - Fattore di sicurezza allo slittamento per una palificata viva con manutenzioni

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 (C_s2);
3. con talee ed interventi di diradamento effettuati regolarmente, cioè si elimina una parte (60%) dell'apparato epigeo della vegetazione (C_s3);

L'andamento C_s2 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 temo nel caso C_s3, 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.

10.4 Dimensione 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. 10.17 e 10.18).

" … 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
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. 17 e 18).

Il modulo di resistenza richiesto cresce rapidamente con l'altezza di ritenuta e sono possibili flessioni della struttura a profondità variabili.

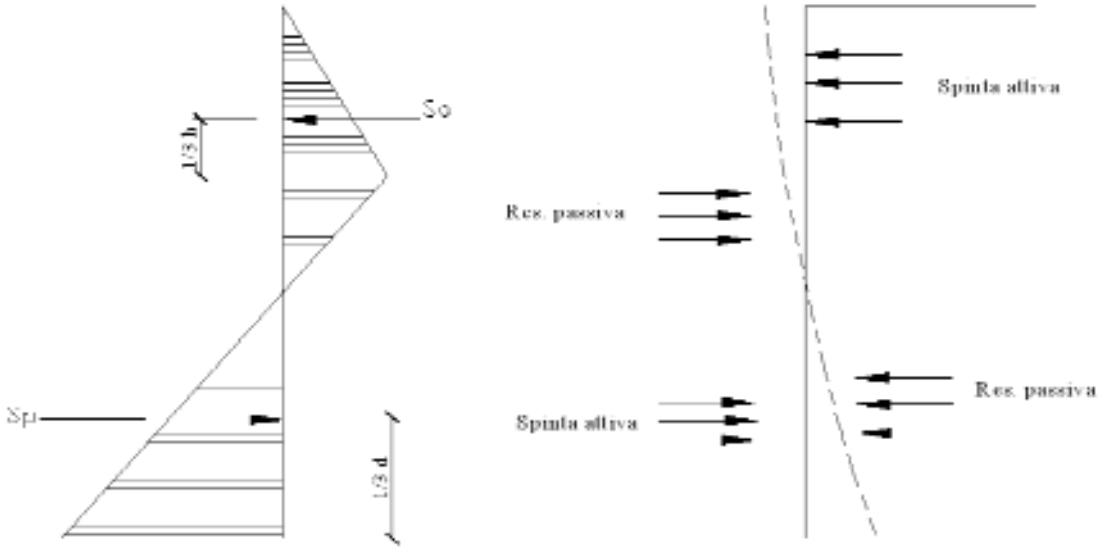


Fig. 10.17 – Schema semplificato delle sollecitazioni andamento delle deformazioni nel caso di una palizzata

Una verifica speditiva (schema in Fig. 10.18) 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 S_a 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

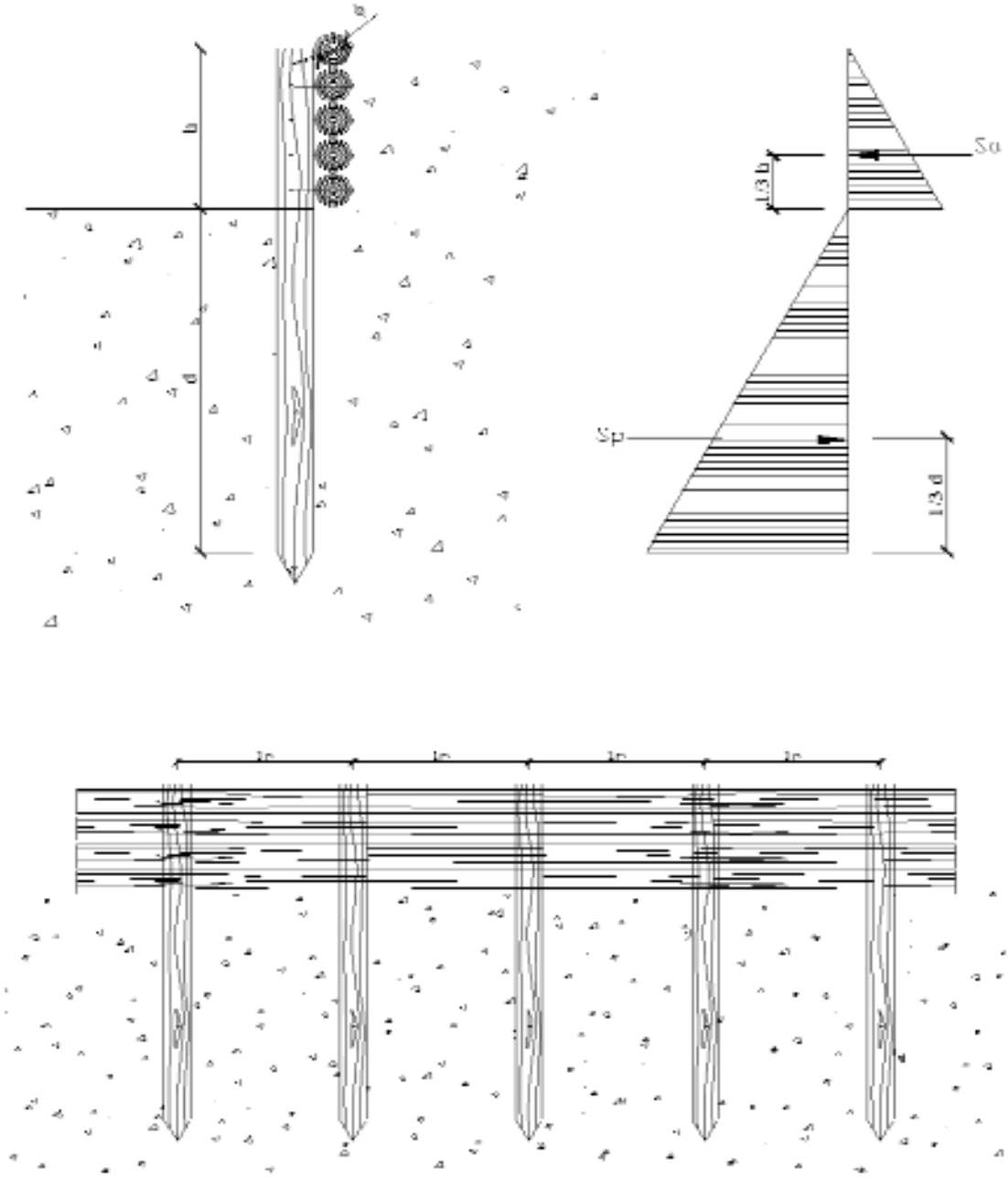


***Fig. 10.18 – Se zione e prospetto di una palizzata con schema ulteriormente semplificato delle sollecita**zioni*

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.

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.

Palizzata: primo esempio di dimensionamento				
γ_τ	1600		tan(45-f /2)	tan(45+ff /2)
f	30		0,58	1,73
h	0,7		Ka	Kp
l	1		0,33	3,00
d	1,5			
ø	0,15			
			Sa	130,67
			Sp	810,00
			Ma	226,49
			Mp	405,00
			Mp/Ma	**1,79**

Palizzata: secondo esempio di dimensionamento				
γ_τ	1600		tan(45-f /2)	tan(45+ff /2)
f	30		0,58	1,73
h	0,7		Ka	Kp
l	1		0,33	3,00
d	1,4			
ø	0,1			
			Sa	130,67
			Sp	470,40
			Ma	213,42
			Mp	219,52
			Mp/Ma	**1,03**

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.

$$l_m = (1 / 1.7)\,(\sigma_{amm} / (\gamma_\tau\, K_a)\,(\varnothing / h)$$

dove:
l_m: interasse massimo fra i pali verticali
σ_{amm}: tensione ammissibile per il legname messo in opera

Se si effettua il calcolo con $\sigma_{amm}=6.10^6 N\ m^{-2}$ (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 alcune 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).

10.5 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. 10.19), consentendo l'equilibrio di ammassi di terra con fronti fino a circa 70° di pendenza.

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.

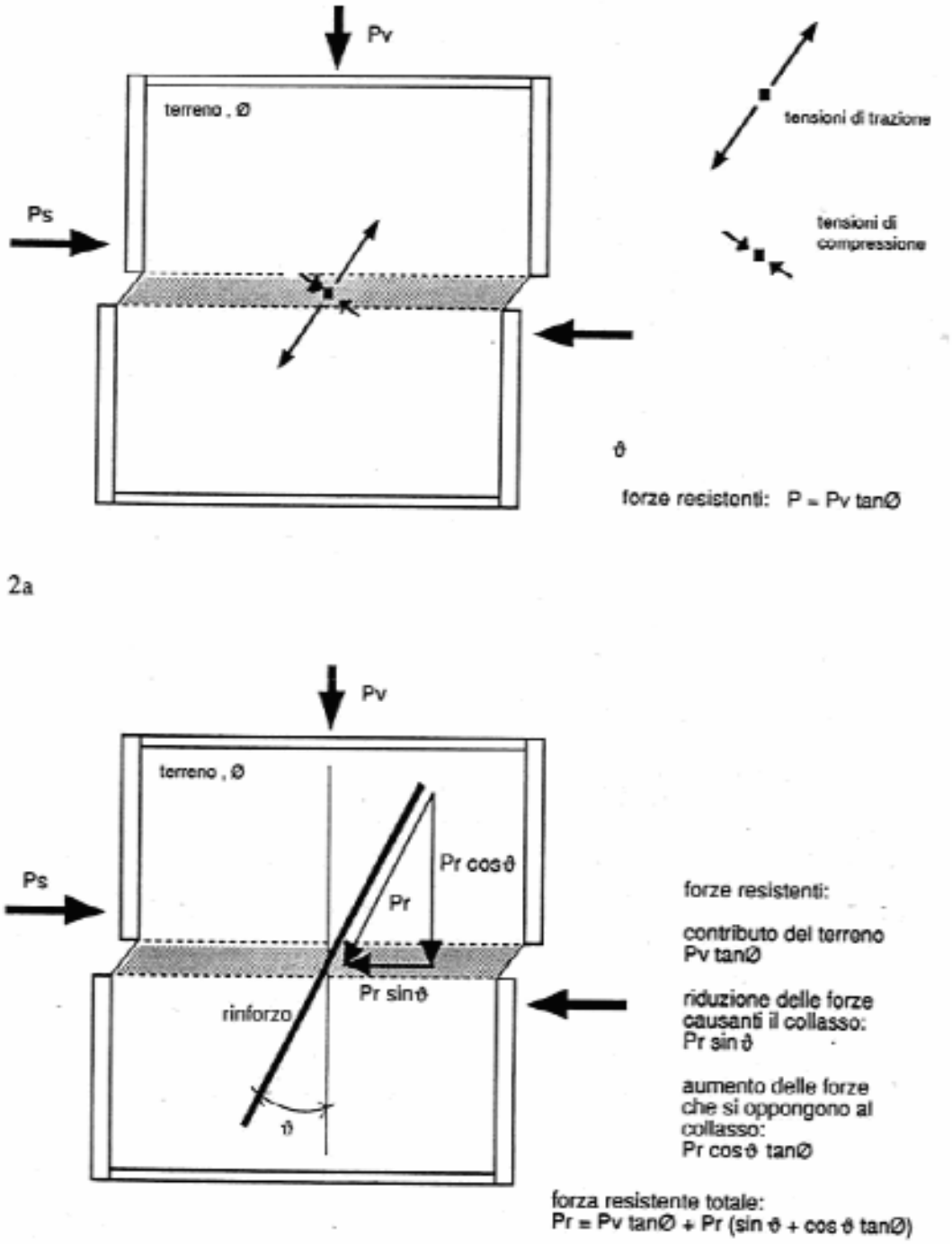


Fig. 10.19 - Meccanismo di rinforzo del terreno (da Comedini e Scotto)

10.6 Bibliografia di riferimento

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., (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., Barneschi M., (2002), Hydrogeological hazard in vegetated slopes, Convegno Nazionale su Rischio idrogeologico e Conservazione dell'ambiente, Assisi, 11-12 Dicembre, 2002, atti in corso di stampa.

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.

PARTE II - SPECIALISTICA

Le tecniche di ingegneria naturalistica

G. Sauli

Vengono di seguito presentate le schede di 34 tecniche di I.N. ritenute le più adatte alle sistemazioni di cave, discariche, strade e coste 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 che sono state trattate nel I volume, né della difesa del suolo e versanti franosi che sono oggetto del volume III.

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 da Bibliografia (vedi Appendice B - Bibliografia) ed in particolare 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, attualmente in fase di revisione).

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					X	
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 capitolato
- Sezione tipo
- Vista prospettica (pro parte)
- Documentazione fotografica
- Analisi prezzi (per Provincia) basata sull'elenco prezzi della Regione Lazio del 2002 (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 (a fotocopia) 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 12

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 organici
- vegetali vivi
- inerti naturali
- inerti industriali

Materiali inorganici
- Naturali
- industriali

Materiali vegetali vivi

Sono materiali provenienti dal mondo vegetale che hanno la capacità di rinnovarsi rapidamente rendendo più stabile il terreno:

- Sementi;
- e trapianti di specie arbustive o arboree;
- 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 < 12 cm.
- Talea grossa: fusto legnoso di 1 3 m di lunghezza ed un diametro di 25 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;
- Rizomi e radici: parti di organi sotterranei di riserva, in prevalenza di elofite, capaci di produrre nuove piante;
- Piote erbose (zolle): insieme compatto di radici e fusti erbacei, di origine naturale o prodotti in vivaio; vengono commercializzati in elementi di dimensioni variabili (0.30.5x0.52.5 m), hanno uno spessore di 1 5 cm ed un peso di 20 30 kg/m2.

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).

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/m2); 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:
    1) 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°.
    2) idrosemina con mulch: è come la 1) con l'aggiunta di mulch di fibre e di legno o di pasta di cellulosa. E' adatta a terreni con le stesse caratteristiche della 1) ma con inclinazioni fino a 35° e con presenza di fenomeni erosivi di media intensità.
    3) 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° (1,2:11,7:1), mediamente poveri di materia organica e di frazione fine.
    4) 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.

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.

TALEE E ASTONI

- Talea: 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:

MARGOTTE

- 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

- Rizomi: si possono ottenere individui arborei o arbustivi anche utilizzando rizomi o loro pari.

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.

Materiali organici inerti naturali ed 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:

Materiali organici inerti naturali

- Legname: tronchi, ramaglia, sciaveri;
- 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.
- 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;
- Mulch di legno, pasta di cellulosa vergine o riciclata per impieghi nelle miscele da idrosemina.

LEGNAME

Il legname 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 durabilità vengono scortecciati. Le dimensioni, sia lunghezza che diametro, variano a seconda degli impieghi: palificate vive, grate vive, palizzate vive, cordonate, copertura diffusa ecc.

STUOIE, RETI E BIOSTUOIE

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/m2 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 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 16 anni) ed inoltre non sono dannose per piante ed animali.

Materiali organici e inorganici naturali

I materiali naturali usati tradizionalmente nell'ingegneria naturalistica sono:

- terreno vegetale (organico)
- fertilizzanti, compost, ecc. (organici)
- pietrame, altri inerti (inorganici)

TERRENO VEGETALE

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

PIETRAME

Pietrame: 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;

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 dell'erosione superficiale dovuta agli agenti metorici
- 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.
  Tipi: estruse
  tessute
  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. Vengonorealizzate 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 sconda delle combinazioni diametrofilo/tipo maglia. Sono reti per uso ingengeristico 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 irnforzo 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 ploiperiche (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 areica g/mq**	**Durabilità (anni)**		**Resistenza alla trazione (kN/m)**	
		Minima	**Massima**	**Minima**	**Massima**
Stuoia di Juta (o Rete di juta)	200-500	1	2	1	2
Stuoia di cocco (o Rete cocco)	400-900	5	8	5	10
Biostuoia cocco	300-400	0.5	1	0.3	0.5
Biostuoia paglia	300-400	0.3	0.5	0.3	0.4
Biostuoia in legno	500-800	1	2	1.8	2.2
Geostuoia tridimensionale	500-800	> 5		1.3	1.8
Geostuoia tridimensionale rinforzata	1500-2500	> 5		38	200
Geogriglie	300-2200	20	120	30	1000
Geotessuti	80-1000	10	50	10	500
Reti metalliche a doppia torsione	1200-1750	30	>100	27	65

Capitolo 13

Schede delle tecniche

G. Sauli, C. Loss

13.1 Interventi antierosivi

1. Semina a spaglio
2. Semina a paglia e bitume
3. Idrosemina
4. Idrosemina a spessore (Mulch)
5. Semina a strato con terriccio
6. Stuoia in juta
7. Stuoia in fibra vegetale
8. Stuoia in cocco (sin. Biotessile in cocco)
9. Geostuoia tridimensionale sintetica
10. Geostuoia tridimensionale sintetica bitumata in opera a freddo
11. Geocelle a nido d'ape in materiale sintetico
12. Rete metallica a doppia torsione
13. Rivestimento vegetativo in rete metallica a doppia torsione zincata (e plastificata) e biostuoie
14. Rivestimento vegetativo in rete metallica a doppia torsione e gestuoia tridimensionale
15. Rivestimento vegetativo a materasso confezionato in opera in rete metallica a doppia torsione zincata (e plastificata)
16. Materasso verde preconfezionato
17. Rivestimento vegetativo a tasche in rete zincata e geostuoia sintetica

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 ecologiche.
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 25° - 30°.
Rinverdimenti per evitare erosione da ruscellamento, eolica e limitare l'essiccamento.

Materiali impiegati

- sementi di specie erbacee in composizioni strettamente legate alla località ed al contesto ambientale (suolo, roccia, microclima, vegetazione) e in quantità variabili da 30 a 60 g/m2
- concimanti organici e/o inorganici

Modalità di esecuzione

1. preparazione del terreno mediante allontanamento del materiale più grossolano
2. spargimento manuale a spaglio della miscela di sementi, che dovranno essere leggermente ricoperte da terreno
3. spargimento manuale o con mezzo meccanico di sostanze concimanti e ammendanti in quantità tale da garantire nutrimento alle sementi nella prima fase di crescita
4. manutenzione mediante sfalcio per evitare che le specie erbacee a rapido accrescimento soffochino le specie arboree e arbustive eventualmente messe a dimora
5. una semina a strisce può essere impiegata nel caso di quantità di sementi insufficienti (es. fiorume): 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.

Raccomandazioni

La scelta delle sementi deve essere effettuata in seguito all'analisi stazionale, comprendente sia l'esame delle condizioni pedoclimatiche sia l'analisi floristica e/o vegetazionale
La miscela di sementi deve essere accompagnata da certificazione riguardante: origine dei semi, specie, composizione della miscela, grado di purezza, grado di germinabilità.

Limiti di applicabilità

Pendenze eccessive, anche in funzione del substrato
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 Ë necessaria 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.

1	Semina a spaglio

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)

Periodo di intervento

Quello relativo alle semine, da marzo a ottobre (nel Lazio), con esclusione del periodo estivo.

Possibili errori

- scelta errata del periodo di intervento
- scelta errata della miscela di sementi
- 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

Voce di Capitolato

1.1 Semina a spaglio
Rivestimento di superfici di scarpata mediante spargimento manuale a spaglio di idonea miscela di sementi e di eventuali concimanti organici e/o inorganici in quantità e qualità opportunamente individuate.
La composizione della miscela e la quantità di sementi per metro quadro sono stabilite in funzione del contesto ambientale ovvero delle caratteristiche litologiche e geomorfologiche, pedologiche, microclimatiche floristiche e vegetazionali della stazione (in genere valgono quantità da 30 a 60 g/m2). La provenienza delle sementi e la germinabilità dovranno essere certificate.

Semina a spaglio	1

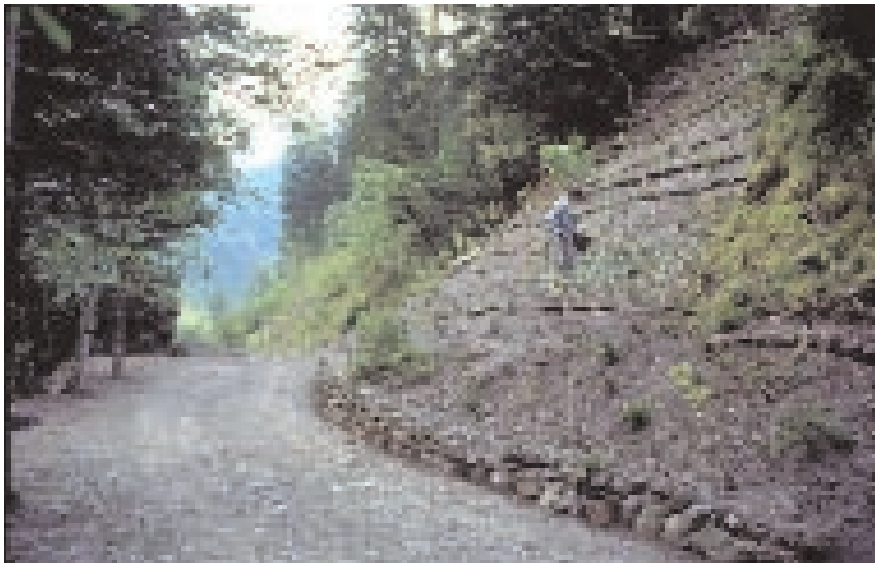


Foto R. Ferrari

Semina a spaglio
Val Settimana (PN)

Foto R. Ferrari

Semina a spaglio
Val Settimana (PN)

2	**Semina a paglia e bitume**

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 700 g/ m2);
• concimi e fertilizzanti
• miscela di sementi (30-40 g/m2)
• soluzione idrobituminosa (0,25 l/ m2)
• 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

1. preparazione del terreno ed eventuale riporto di terreno vegetale
2. posa di talee
3. stesura sul terreno di fieno o paglia a fibra lunga
4. collegamento delle talee con il filo di ferro
5. spargimento manuale della miscela di sementi
6. spargimento di concimi e fertilizzanti
7. spargimento della soluzione bituminosa

Raccomandazioni

* 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

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.

Semina a paglia e bitume	2

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

Voce di Capitolato

1.3 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 (da 300 a 700 g/ m2);
- semina a spaglio con miscela di specie idonee alle condizioni ecologiche locali;
- spargimento di concimi organici ed inorganici;
- bitumatura a freddo mediante soluzione idrobituminosa spruzzata a pressione atta a formare una pellicola protettiva di fissaggio della paglia e dei semi (0,25 l/ m2) .

La composizione della miscela e la qualità di sementi per m2 sono stabilite in funzione del contesto ambientale ovvero delle condizioni edafiche, microclimatiche e dello stadio vegetazionale della serie climacica di riferimento (in genere si prevedono 30-40 g/m2). La provenienza e germinabilità delle sementi dovranno essere certificate.

2	**Semina a paglia e bitume**

Foto F. Florineth

Semina a paglia e bitume

Semina a paglia e bitume

Foto F. Florineth

Idrosemina	3

Descrizione sintetica

Rivestimento di superfici mediante lo spargimento con mezzo meccanico di una miscela prevalentemente 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 a pressione di tipo e caratteristiche (es. dimensione degli ugelli) tali da non danneggiare le sementi stesse.

Campi di applicazione

Superfici caratterizzate da assenza o comunque scarsità di humus, superfici acclivi, aree di notevole sviluppo superficiale quali scarpate stradali, cave, ecc.

Materiali impiegati

• sementi con certificazione di origine (30 – 60 gr / m2)
• acqua
• concimi
• ammendanti
• collanti
• fibra organica (paglia, fieno, cellulosa, torba, compost)

Modalità di esecuzione

1. ripulitura della superficie da idroseminare con allontanamento di sassi, radici
2. spargimento della miscela a strati

Raccomandazioni

* 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
* è 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

Limiti di applicabilità

Non conveniente per piccole superfici o in aree difficilmente raggiungibili dal mezzo meccanico.
Scarpate molto acclivi.

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 10-30 cm. Richiede manutenzione (sfalcio). Il cantiere deve essere accessibile con i mezzi meccanici

3	**Idrosemina**

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.
In breve tempo si sviluppa un ambiente idoneo per la microfauna.

Periodo di intervento

Periodo vegetativo, da marzo a ottobre, con esclusione del periodo estivo.

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
_ non usare sementi di provenienza autoctona, ma di provenienza esotica

Voce di Capitolato

1.4 Idrosemina
Rivestimento di superfici mediante spargimento meccanico 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 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;
- fertilizzanti;
- concimanti organici e/o inorganici;
- acqua in quantità idonea alle diluizioni richieste;
- altri ammendanti e inoculi.
La composizione della miscela e la quantità di sementi per metro quadro sono stabilite in funzione del contesto ambientale ovvero delle caratteristiche litologiche e geomorfologiche, pedologiche, microclimatiche, floristiche e vegetazionali (in genere si prevedono 30-40 g/m2). La provenienza e la 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 R. Ferrari

Idrosemina su discarica di inerti
Gemona (UD)

Foto G. Sauli

Idrosemina
Strada per Casera Pramosio (UD)
luglio 2003

3	**Idrosemina**

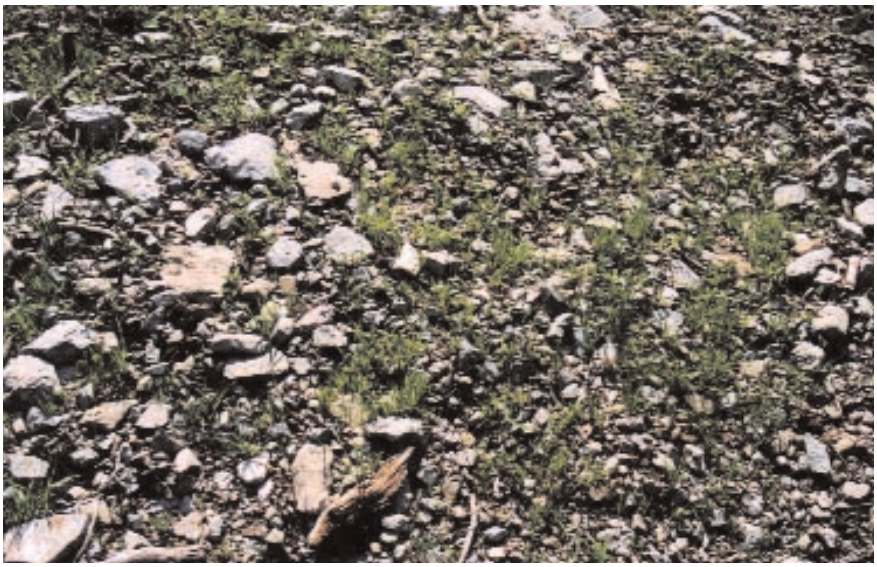


Foto G. Sauli

Idrosemina su suolo ricco di scheletro
Metanodotto Malborghetto - Bordano (UD)
agosto 2003

Idrosemina a spessore (Mulch)	4

Descrizione sintetica

Spargimento mediante mezzo meccanico (idroseminatrice) di una miscela di sementi, ammendanti, collanti, fibra organica (mulch) e acqua per il rivestimento di superfici. Lo spargimento meccanico avviene in due passate e deve garantire una distribuzione omogenea dei materiali. Gli strati avranno spessore da 0,5 a 2 cm (sino a 10 cm secondo Zeh).
A seconda della pendenza del pendio è possibile impiegare tondini di ferro infissi nel terreno o reti metalliche o di nylon che trattengano la paglia.

Campi di applicazione

Scarpate stradali e ferroviarie, superfici acclivi con scarso o prive di terreno vegetale, in abbinamento a rivestimenti vegetativi in rete metallica e stuoie, terre rinforzate verdi.
Risistemazione di cave, cumuli di inerti o discariche minerarie. Aree soggette a erosione eolica.

Materiali impiegati

- fibra organica (mulch) 300-700 g/m2 (paglia, torba, cellulosa, compost, fibra di legno esente da tannino, matrici di fibre legate)
- concime minerale (max 10 g/m2) o organico, fertilizzanti (50-100 g/m2)
- sementi 5-50 g/m2
- collanti polimerici sintetici od organici (inclusi polisaccaridi ad alta viscosità estratti da legumi)
- acqua
- eventuali additivi fitormonici

Modalità di esecuzione

1. Regolarizzazione della scarpata con allontanamento di radici, massi
2. Spargimento di una miscela di sementi, ammendanti, fertilizzanti, collanti, paglia triturata, fibra organica (mulch) e acqua mediante l'impiego di un mezzo meccanico dotato di autobotte, in grado di mantenere miscelate le sementi. La pressione esercitata dall'autobotte il tipo di pompa e il diametro degli ugelli devono essere tali da consentire il passaggio della poltiglia e non danneggiare le sementi.

Raccomandazioni

* La composizione della miscela e la quantità di sementi deve essere scelta successivamente ad un'analisi stazionale, che tenga conto delle caratteristiche litologiche, geomorfologiche, pedologiche, microclimatiche e vegetazionali
* A seconda della stazione dovrà essere scelto il colore del bitume più adatto (nero per stazioni di regioni fredde ed elevate, bianco per altre località)

Limiti di applicabilità

Scarpate con eccessiva pendenza, zone con prolungati periodi di siccità, pendii soggetti a movimento del terreno.

Vantaggi

L'impiego di sostanze collanti favorisce il fissaggio delle sementi al substrato e la formazione di una pellicola antierosiva, di supporto nelle fasi iniziali di germinazione delle sementi.
L'impiego della sostanza organica (mulch) esalta le funzioni di trattenimento dell'umidità e di supporto

organico, facilitando la germogliazione dei semi e lo sviluppo delle piante.
Tecnica semplice, adatta sia a superfici piccole che estese.

Svantaggi

L'impiego avviene solo per cantieri serviti da strade.
L'utilizzo è limitato su pendii con pendenze superiori a 45°.

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 estivi.

Possibili errori

_ scelta errata del periodo di intervento
_ scelta errata della miscela di sementi
_ quantità in grammi non sufficiente
_ non usare sementi di provenienza autoctona, ma di provenienza esotica

Voce di Capitolato

1.5 Idrosemina a spessore
Rivestimento di superfici mediante spargimento meccanico di uno o due strati di idrosemina a spessore (mulch) da eseguire a mezzo di una idroseminatrice a pressione atta a garantire l'irrorazione a distanza con diametro degli ugelli tali e tipo di pompa da non lesionare i semi e consentire lo spargimento omogeneo dei materiali.
L'idrosemina a spessore contiene:
- miscela di sementi idonea alle condizioni locali in quantità di 30 ÷ 50 g/m2
- mulch, ovvero fibra organica (paglia, torba bionda, torba scura, cellulosa, compost, fibra di legno, matrici di fibre legate, sfarinati, ecc.) in quantità opportune (in genere 300-700 g/m2) da suddividersi in due o più passate
- collanti sintetici od organici in emulsione bituminosa stabile (0,35 l/m2)
- concime organico e/o inorganico
- acqua in quantità idonea alle diluizioni richieste
- altri ammendanti e inoculi.

La composizione del mulch come quella della miscela e la quantità per m2 sono stabilite in funzione del contesto ambientale delle caratteristiche litologiche, geomorfologiche, 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.

Idrosemina a spessore (Mulch)	4

Foto G. Sauli

Idrosemina a spessore
Casalecchio (BO)
aprile 2003

5	Semina a strato con terriccio

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 un idoneo spessore.

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

1. 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).
2. spargimento del composto mediante idonea macchina a pressione

Raccomandazioni

* la preparazione e miscelazione del composto da spruzzare deve avvenire in loco per evitare fenomeni di stratificazione gravitativa delle sementi
* la scelta delle sementi deve avvenire in seguito ad analisi stazionale floristica e vegetazionale
* la composizione del terriccio deve essere valutata in base alle indagini litologiche, geomorfologiche e pedologiche

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.

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.

Semina a strato con terriccio	5

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

Voce di Capitolato

1.6 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, su pendenze sino al verticale, mediante spruzzatura di miscela di terriccio artificiale composto da: terriccio a matrice sabbiosa, compost a fibra organica, carbonati e silicati, minerali argillosi, polimeri ritentori idrici, fertilizzanti e concimanti organici, collanti e miscela di sementi in quantità minima di 50 g/m2.
La composizione del terriccio come quella della miscela e la quantità per metro quadro vanno stabilite in funzione del contesto ambientale ovvero delle caratteristiche litologiche, geomorfologiche, 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 delle sementi 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.

Foto S. Sciolis

Semina a strato con terriccio
Cavazzo (UD) 2003

6	**Stuoia in juta**

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 minima1 x 1 cm, peso non inferiore a 250 g/m2
• 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/m2)
• talee e arbusti autoctoni

Modalità di esecuzione

1. regolarizzazione ove possibile della scarpata mediante allontanamento di eventuali apparati radicali ed eliminazione di avvallamenti e dossi
2. formazione di un solco di 20 / 30 cm a monte della scarpata
3. posizionamento di un'estremità della stuoia all'interno del solco, fissaggio con staffe e copertura del solco con terreno
4. semina
5. stesura della stuoia lungo la scarpata e sovrapposizione dei teli contigui di almeno 10 cm
6. 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 m2, ≥ 30° 2-3 picchetti per m2 ed è in funzione della consistenza del substrato
7. ricopertura dei bordi e fissaggio della stuoia al piede della scarpata
8. messa a dimora di talee mediante infissione e di arbusti mediante taglio a "L" della stuoia o allargamento delle maglie
9. eventuale semina di rincalzo, concimazione e irrigazione

Raccomandazioni

* 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.

Stuoia in juta	6

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 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. Siccome sono abbinate a semine e a piantagioni, i periodi di riferimento sono quelli primaverili-autunnali. Sono da evitarsi i periodi di gelo invernale e di aridità estiva.

Possibili errori

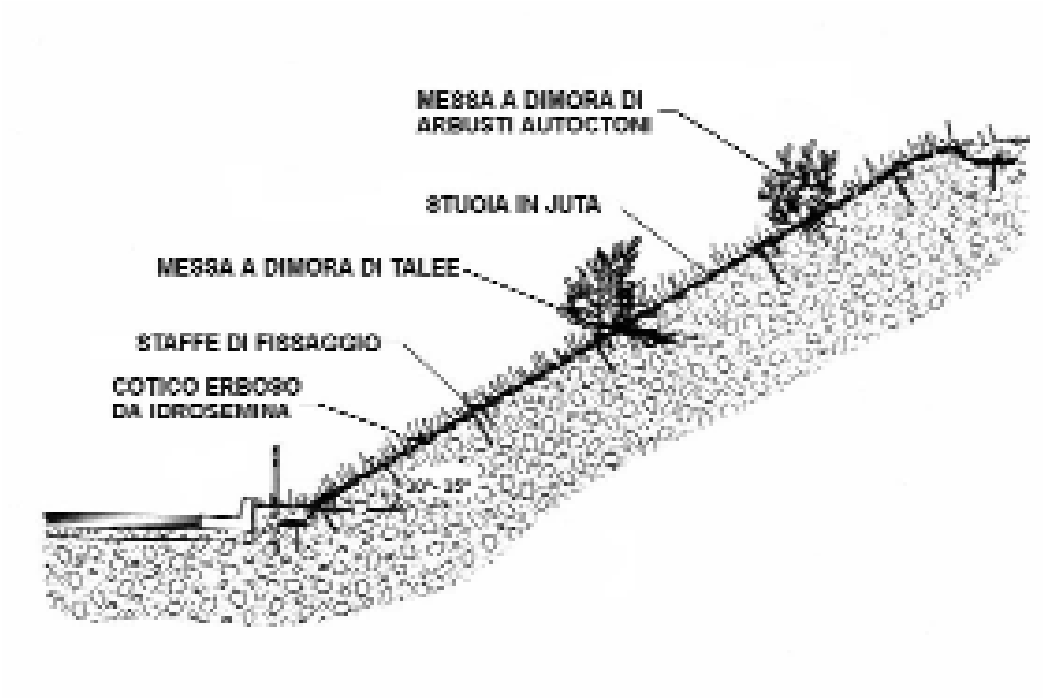
_ insufficiente picchettatura della stuoia al terreno
_ utilizzo di materiale deteriorato da lunga permanenza in ambiente umido
_ errata o insufficiente sovrapposizione dei teli contigui
_ scelta errata delle sementi e delle specie arbustive

Voce di Capitolato

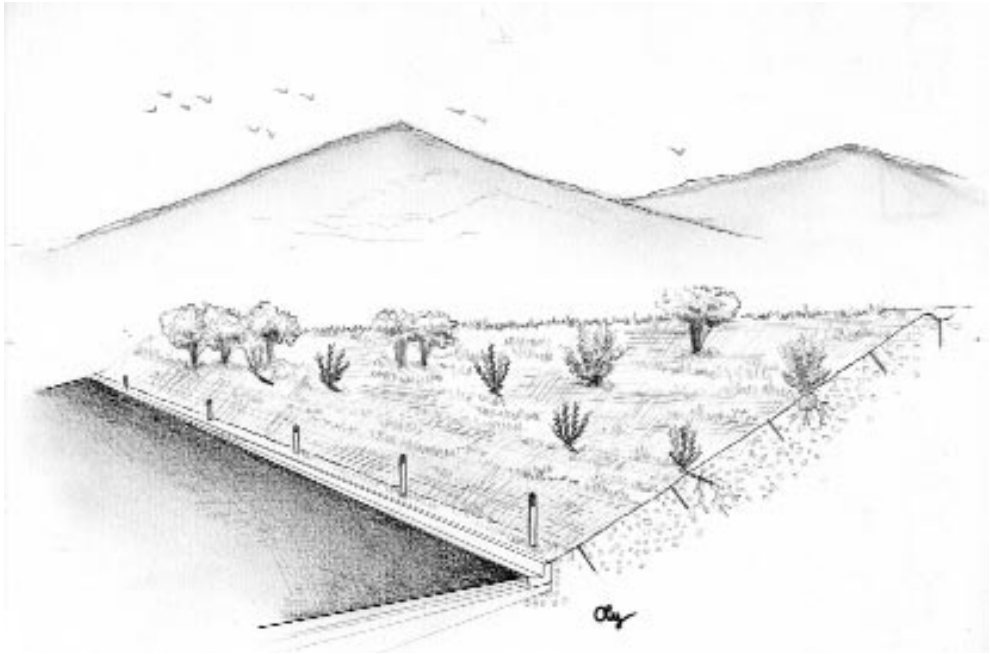
1.8 Stuoia in juta
Rivestimento di scarpate mediante stesura di un biotessile biodegradabile in juta, a maglia aperta di minimo 1x1 cm, peso non inferiore a 250 g/m2 e fissaggio della stessa mediante interro in testa e al piede e picchettature con staffe o picchetti in ferro acciaioso piegati a U ø 8 ÷ 12 mm, L = 20 ÷ 40 cm o in legno L = 50 ÷ 70 cm o talee di L minima 50 cm in quantità e qualità tali da garantire la stabilità e l'aderenza della stuoia sino ad accrescimento avvenuto del cotico erboso.
La posa del rivestimento dovrà avvenire su scarpate stabili precedentemente regolarizzate e liberate da radici.
Nella stesura per fasce parallele dovrà essere garantita la continuità mediante sormonti laterali di almeno 10 cm.
Tali rivestimenti devono essere sempre abbinati ad una semina, con le modalità di cui ai punti precedenti, e possono essere seguiti da messa a dimora di specie arbustive autoctone, corredate da certificazione di origine, previa opportuna esecuzione di tagli a croce nel rivestimento.

6	Stuoia in juta

Sezione tipo



Vista prospettica



Stuoia in juta	6

Particolare stuoia in juta

Foto G. Sauli

7	**Stuoia in fibra vegetale (cocco, paglia, mista cocco e paglia) (sin. biostuoia)**

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 grammatura minima 300 g/m2 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 ÷ 12 mm, L = 15 ÷ 50 cm o in legno L = 50 ÷ 70 cm o talee di L minima 50 cm
- talee e arbusti autoctoni
- miscela di sementi (40 g/m2) (anche se la stuoia è preseminata) da seminare preferibilmente mediante idrosemina

Modalità di esecuzione

1. regolarizzazione della scarpata mediante allontanamento di eventuali apparati radicali e eliminazione di avvallamenti e piccoli dossi (irregolarità superficiali)
2. formazione di un solco di 20 / 30 cm a monte della scarpata
3. posizionamento di un'estremità della stuoia all'interno del solco, fissaggio con staffe e copertura del solco con terreno
4. semina
5. stesura della stuoia lungo la scarpata e sovrapposizione dei teli contigui di almeno 10 cm
6. 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 m2, ≥ 30° 2-3 picchetti per m2 ed è in funzione della consistenza del substrato
7. ricopertura dei bordi e fissaggio della stuoia al piede della scarpata
8. messa a dimora di talee e arbusti autoctoni mediante infissione mediante taglio a croce della stuoia o allargamento delle maglie
9. eventuale semina di rincalzo, concimazione e irrigazione

Raccomandazioni

* 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.

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

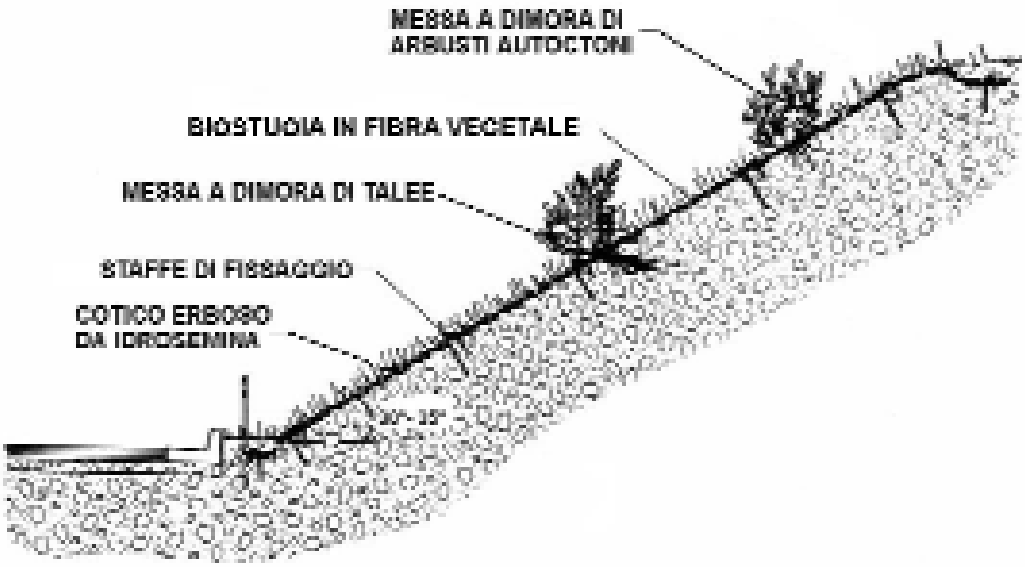
_ insufficiente picchettatura della stuoia al terreno (tipo di picchetto, lunghezza, quantità al m2,)
_ errata sovrapposizione dei teli contigui
_ utilizzo di materiale deteriorato da lunga permanenza in ambiente umido
_ scelta errata delle sementi e del periodo di semina

Voce di Capitolato

1.10 Biostuoia in fibra vegetale (cocco, paglia, mista cocco e paglia)
Rivestimento di scarpate mediante stesura di una biostuoia bidegradabile in fibra di paglia, cocco o mista paglia e cocco di grammatura minima 300 g/m2, montato su supporto in rete fotossidabile e biodegradabile di maglia minima 1x1 cm (meglio 2x2 cm) o su carta cucita con filo sintetico biodegradabile o in fibra vegetale, eventualmente preseminata con minimo 40 g/m2 di miscela di sementi, e fissaggio dello stesso mediante interro in testa ed al piede e picchettature con staffe o picchetti in ferro acciaioso ø 8 ÷ 12 mm piegati a U o legno, in quantità e di qualità tali da garantire la stabilità e l'aderenza della biostuoia sino ad accrescimento avvenuto del cotico erboso.
La posa del rivestimento dovrà avvenire su scarpate stabili precedentemente regolarizzate e liberate dalle radici.
Nei casi di stesura per fasce parallele dovrà essere garantita la continuità mediante sormonti laterali di almeno 10 cm.
Tali rivestimenti, se non preseminati, devono essere abbinati ad una semina, con le modalità di cui agli articoli 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. Nel caso di biostuoia preseminata dovrà essere certificata la miscela utilizzata, la provenienza e la germinabilità delle sementi.

Sezione tipo



Biostuoia preseminata
Appennino parmense, in cava

Foto R. Ferrari

Stuoia in cocco (sin. Biotessile in cocco)	8

Stuoia in cocco (sin. Biotessile in cocco)

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 ÷ 12 mm piegati a U, L = 20 ÷ 40 cm o in legno
- talee
- arbusti autoctoni
- miscela di sementi (40 g/m2)

Modalità di esecuzione

1. regolarizzazione della scarpata mediante allontanamento di eventuali apparati radicali ed eliminazione di avvallamenti e piccoli dossi (irregolarità superficiali)
2. formazione di un solco di 20 / 30 cm a monte della scarpata
3. posizionamento di un'estremità della stuoia all'interno del solco, fissaggio con staffe e copertura del solco con terreno
4. semina
5. stesura della stuoia lungo la scarpata e sovrapposizione dei teli contigui di almeno 10 cm
6. 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 m2, ≥ 30° 2-3 picchetti per m2 ed è in funzione della consistenza del substrato
7. ricopertura dei bordi e fissaggio della stuoia al piede della scarpata
8. messa a dimora di talee mediante infissione e/o arbusti mediante taglio a croce della stuoia
9. eventuale semina di rincalzo, concimazione e irrigazione

Raccomandazioni

* 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.

8	**Stuoia in cocco (sin. Biotessile in cocco)**

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.

Possibili errori

_ insufficiente picchettatura della stuoia al terreno (tipo di picchetto, lunghezza, quantità al m2)
_ 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

Voce di Capitolato

1.14 Stuoia in cocco
Rivestimento di scarpate mediante stesura di stuoia biodegradabile in fibra di cocco di grammatura minima 250 g/m2; fissaggio dello stesso mediante interro in testa e al piede al piede e picchettature con 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 in quantità e qualità tali da garantire la stabilità e l'aderenza della stuoia sino ad accrescimento avvenuto del cotico erboso.
Nei casi di stesura per fasce parallele dovrà essere garantita la continuità mediante sormonti laterali di almeno 10 cm.
Tali rivestimenti devono essere abbinati ad una semina, con le modalità di cui ai punti precedenti, e possono essere seguiti dalla messa a dimora di specie arbustive per talea.

Stuoia in cocco (sin. Biotessile in cocco)	8

Sezione tipo

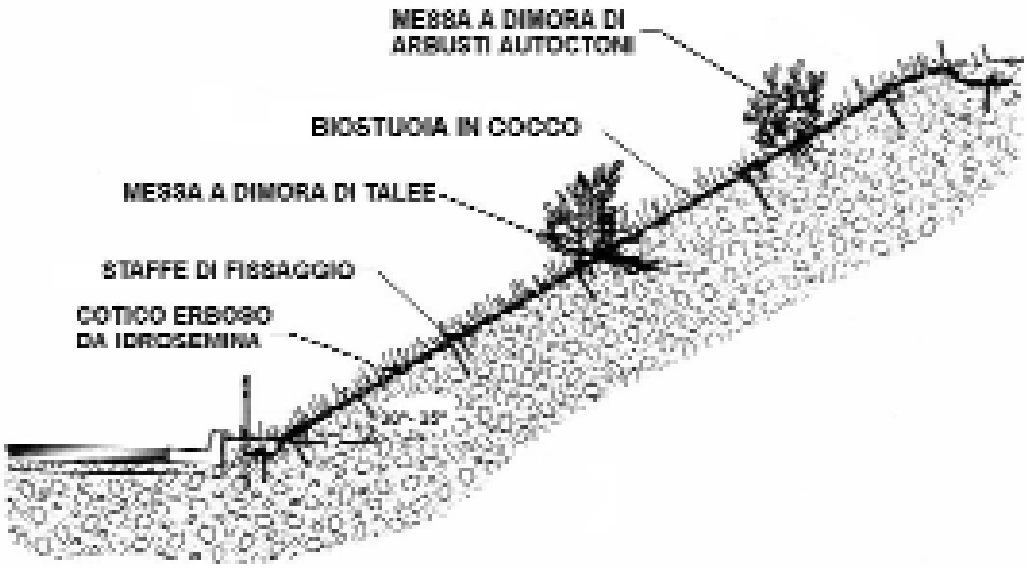


Foto G. Sauli

Stuoia in cocco
Autostrada dei Trafori, ottobre 1988

9	Geostuoia tridimensionale sintetica

Descrizione sintetica

Rivestimento di scarpate con stuoia tridimensionale costituita da filamenti sintetici aggrovigliati in modo da trattenere le particelle di materiale inerte terroso. Tale stuoia viene impiegata per il rivestimento di scarpate soggette a erosione superficiale. 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 min. 10 mm, annerita al nero fumo per attenuare l'aggressione da parte dei raggi UV
• picchetti in ferro o staffe metalliche ad "U" ø min. 8 mm
• inerte terroso fine
• sementi (40 g/m2)
• arbusti o talee

Modalità di esecuzione

1. regolarizzazione della scarpata mediante allontanamento di eventuali apparati radicali e eliminazione di avvallamenti e piccoli dossi (irregolarità superficiali)
2. formazione di un solco di almeno 30 cm di profondità a monte della scarpata
3. posizionamento di un'estremità della geostuoia all'interno del solco, fissaggio con staffe e copertura del solco con terreno
4. 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
5. 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 m2, ≥ 30° 2-3 picchetti per m2 ed è in funzione della consistenza del substrato
6. ricopertura dei bordi e fissaggio della stuoia al piede della scarpata
7. semina
8. intasamento con inerte terroso
9. messa a dimora di talee mediante infissione e di arbusti mediante taglio della stuoia
10. eventuale semina di rincalzo, concimazione e irrigazione

Raccomandazioni

* geostuoie adiacenti devono essere sormontate lateralmente per almeno 10 cm
* va curata l'operazione di intasamento della stuoia con inerte terroso a granulometria fine, da stendere 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 installazione nel periodo adatto alle semine. In caso di mancato o parziale attecchimento la semina va ripetuta.

Geostuoia tridimensionale sintetica	9

Limiti di applicabilità

Scarpate a substrato irregolare e con pendenza superiore ai 45°

Vantaggi

Di rapida esecuzione; immediato e duraturo effetto antierosivo superficiale.

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

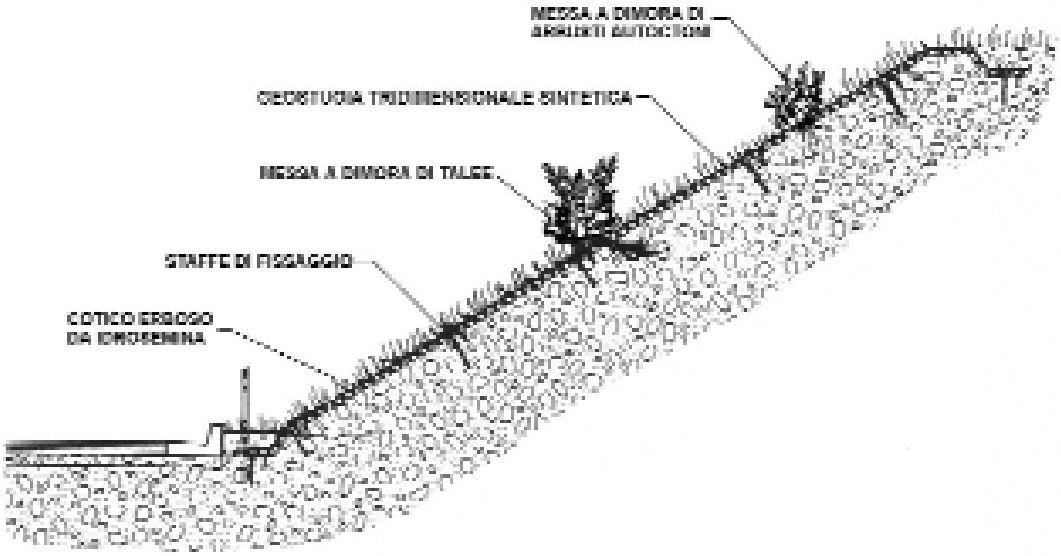
Voce di Capitolato

1.17 Geostuoia tridimensionale sintetica
a) nylon
b) polipropilene
c) polietilene
d) polietilene ad alta densità
Rivestimento di scarpate mediante stesura di geostuoia tridimensionale in fili sintetici aggrovigliati anneriti al nero fumo (nylon, polipropilene, polietilene e polietilene ad alta densità a seconda del prodotto) di spessore minimo 8-10 mm e grado di vuoto non inferiore al 90%; fissaggio della stessa mediante interro alle estremità in appositi solchi per almeno 30 cm e fissaggio mediante interro in testa e al piede al piede e picchettature con 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 in quantità e qualità tali da garantire la stabilità e l'aderenza della stuoia sino ad accrescimento avvenuto del cotico erboso.
Nei casi di stesura per fasce parallele dovrà essere garantita la continuità mediante sormonti laterali di

10	Geostuoia tridimensionale sintetica

almeno 10 cm.
Tali rivestimenti devono essere sempre abbinati ad un intasamento con uno strato di terreno vegetale e ad una semina, con le modalità di cui ai punti precedenti, e vengono seguiti dalla messa a dimora di talee o di arbusti radicati di specie autoctone corredate da certificazione di origine, previa opportuna esecuzione di tagli nel rivestimento.

Sezione tipo



Geostuoia tridimensionale sintetica
GRA Roma uscita EUR lato interno

Foto P. Cornelini

Geostuoia tridimensionale sintetica bitumata in opera a freddo	10

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. Zone costiere a bassa pendenza, granulometria fine e soggette a frequenti sommersioni. 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, anneriti al nero fumo per attenuare l'aggressione da parte dei raggi UV. Stuoia di spessore minimo 18 mm, resistenza alla trazione non inferiore a 2.0 kN/m, grado di vuoto non inferiore al 90%
- Staffe metalliche ad „U“ ø min. 8 mm
- Ghiaino per intasamento
- Emulsione idrobituminosa a freddo
- Miscela di sementi (40 g/m2)
- Talee
- Arbusti autoctoni

Modalità di esecuzione

1. regolarizzazione della scarpata mediante allontanamento di eventuali apparati radicali ed eliminazione di avvallamenti e piccoli dossi (irregolarità superficiali)
2. formazione di un solco di almeno 30 cm di profondità a monte della scarpata
3. posizionamento di un'estremità della geostuoia all'interno del solco, fissaggio con staffe e copertura del solco con terreno
4. semina
5. 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
6. 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 m2, ≥ 30° 2-3 picchetti per m2 ed è in funzione della consistenza del substrato
7. ricopertura dei bordi e fissaggio della stuoia in un solco al piede della scarpata
8. intasamento con ghiaino
9. semina di rincalzo
10. bitumatura a freddo con emulsione idrobituminosa
11. eventuale messa a dimora di talee mediante infissione e di arbusti mediante taglio della stuoia

10	Geostuoia tridimensionale sintetica bitumata in opera a freddo

Raccomandazioni

* 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.

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

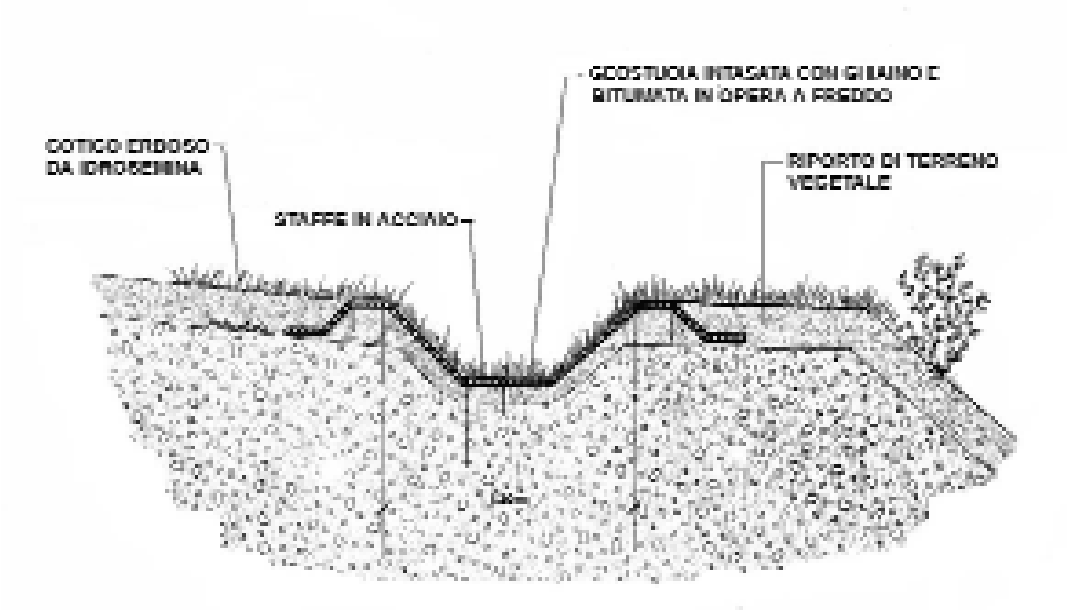
_ insufficiente fissaggio con staffe della georete al substrato, evidente nei casi di eventi meteorici eccezionali
_ insufficiente o assente risvolto e fissaggio della georete nei solchi
_ errata bitumatura, in genere eccesso che impedisce alle specie erbacee di svilupparsi
_ periodo stagionale non adatto alle semine
_ scelta errata delle sementi e delle specie arbustive

Voce di Capitolato

1.18 Geostuoia tridimensionale sintetica bitumata in opera a freddo
a) Nylon
b) Polipropilene
c) Polietilene
d) Polietilene ad alta densità
Rivestimento di superfici frequentemente 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 (nylon,

polipropilene, polietilene, polietilene ad alta densità a seconda del prodotto) di almeno 18 mm di spessore, resistenza a trazione non inferiore a 2.0 kN/m e grado di vuoto non inferiore al 90%; fissaggio della stessa mediante interro alle estremità in apposito solco per almeno 30 cm e picchettature con staffe metalliche di diametro minimo 8 mm, in quantità tali da garantire la stabilità e l'aderenza della geostuoia sino ad accrescimento avvenuto del cotico erboso.
Dovrà essere accurato il fissaggio di eventuali fasce parallele di geostuoia tenendo conto in particolare della direzione del flusso.
Tale rivestimento sarà intasato con uno spessore di ghiaino e bitumato a freddo in almeno due passate ghiaia/bitume alternate con peso complessivo non inferiore a 15 kg/m2 e dovrà sempre essere abbinato ad una semina in doppia passata, che preceda e segua l'intasamento, con le modalità di cui ai punti precedenti.
Può essere eseguita, a posteriori, la messa a dimora di talee o di arbusti di specie autoctone corredate da certificazione di origine del materiale di propagazione.

Sezione tipo



10	Geostuoia tridimensionale sintetica bitumata in opera a freddo

Foto P. Cornelini

Bitumatura in corso,
Autostrada Roma-Fiumicino tratto ANAS,
dicembre 1999

Foto P. Cornelini

Fosso rinverdito
Autostrada Roma-Fiumicino tratto ANAS,
aprile 2003

Foto G. Sauli

Canaletta in geostuoia tridimensionale
sintetica appena bitumata
Ferrovia Pontebbana, imbocco 1,
San Leopoldo (UD), 2000

Foto G. Sauli

Canaletta in geostuoia tridimensionale
sintetica bitumata, dopo tre mesi
Ferrovia Pontebbana, imbocco 1,
San Leopoldo (UD), 2000

11	Geocelle a nido d'ape

Descrizione sintetica

Rivestimento di scarpate 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

Scarpate ripide e con limitato spazio a disposizione.
Scarpate con scarso terreno vegetale.
Scarpate in roccia sciolta.

Materiali impiegati

• geocelle in geosintetici 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 per talea prelevati dal selvatico.

Modalità di esecuzione

1. Regolarizzazione della superficie e allontanamento di apparati radicali, pietrame, ecc.
2. Formazione di uno scavo a monte della scarpata
3. Fissaggio delle strisce all'interno del solco con picchetti sagomati a "U"
4. Stesura delle strisce di geocelle lungo la scarpata e loro apertura a fisarmonica
5. Fissaggio delle celle lungo la scarpata con picchetti sagomati a "U" (dovranno risultare celle di forma esagonale)
6. Riempimento con terreno vegetale
7. Semina a spaglio o idrosemina
8. Messa a dimora di specie arbustive autoctone in zolla o per talea con prelievo in loco dal selvatico.

Raccomandazioni

* la quantità minima di picchetti deve essere di 1 ogni 2 celle
* ulteriori ancoraggi saranno effettuati lungo il pendio in ragione di almeno due ancoraggi/m2

Limiti di applicabilità

Inclinazione della scarpata superiore a 40°.

Vantaggi

Struttura elastica, che si adatta al terreno. E' un rivestimento di tipo elastico.

Svantaggi

Compattazione del terreno con le prime piogge e antiestetica scopertura delle celle (per evitare questo fenomeno si può installare in superficie una stuoia di juta)

Geocelle a nido d'ape	11

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

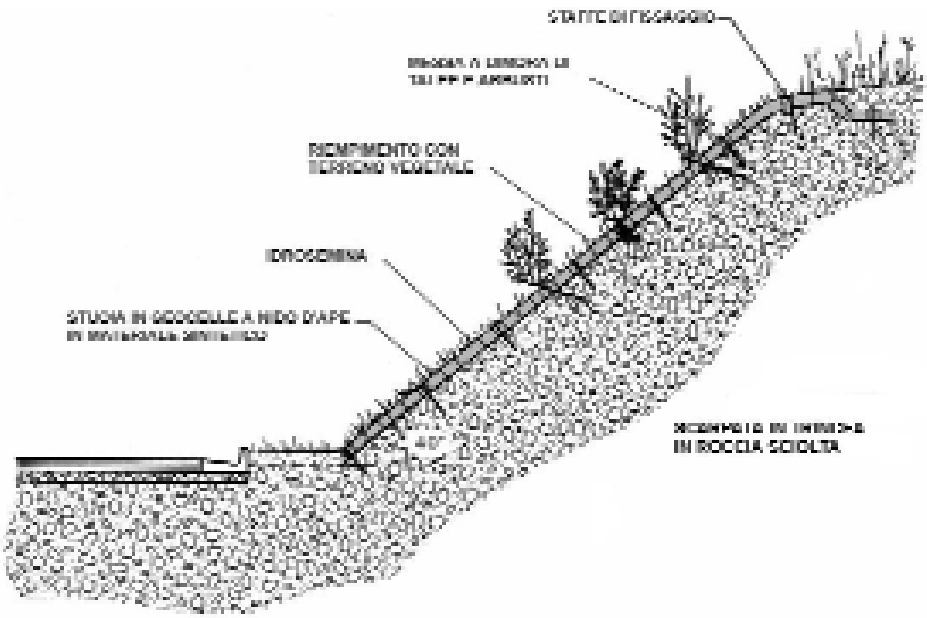
_ insufficiente picchettatura

Voce di Capitolato

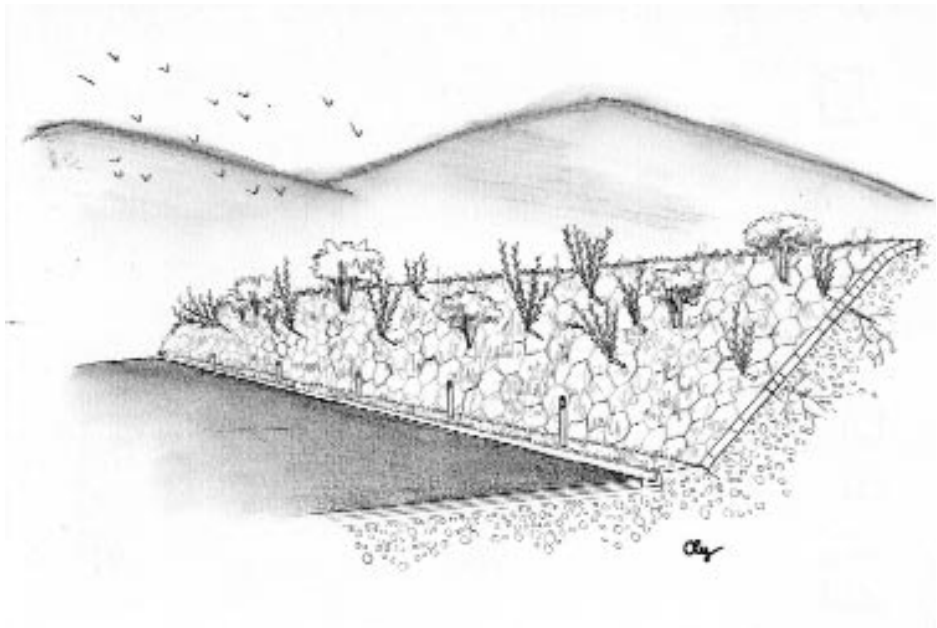
1. 20 Geocelle a nido d'ape
a) non tessuto poliestere
b) polietilene estruso
Protezione di scarpate in terra mediante geosintetico a geocelle a nido d'ape costituita da strisce di altezza da 10 a 20 cm apribili a fisarmonica e collegate tra loro a formare una struttura tridimensionale a celle circa esagonali. 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" e lunghezza 40-50 cm in quantità minima di 1 ogni 2 celle. Ulteriori ancoraggi saranno effettuati lungo il pendio in ragione di almeno due ancoraggi/m2.
Effettuata la posa si procederà al completo riempimento con terreno vegetale e quindi alla semina con le modalità di cui ai punti precedenti.
Tale rivestimento 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.

11	Geocelle a nido d’ape

Sezione tipo

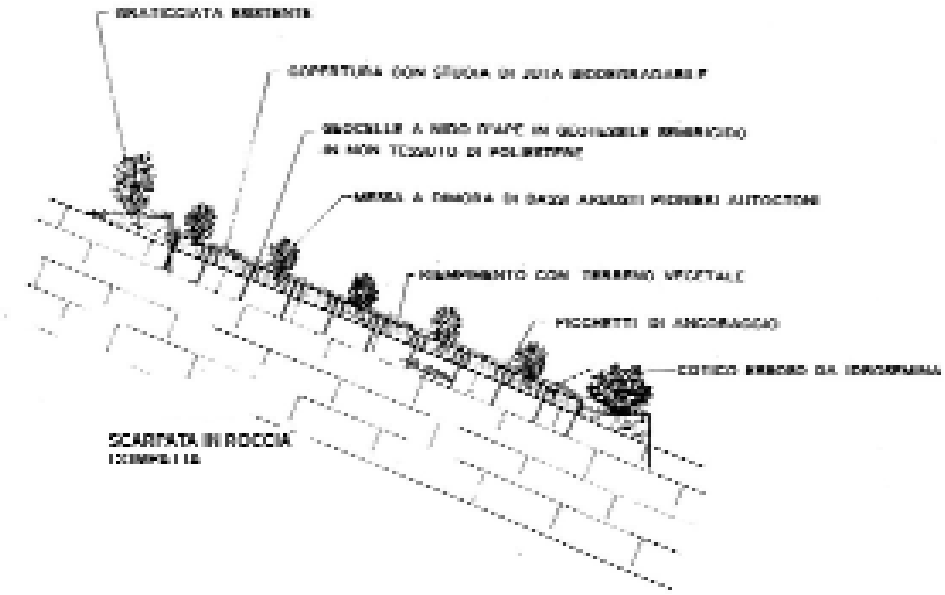


Vista prospettica

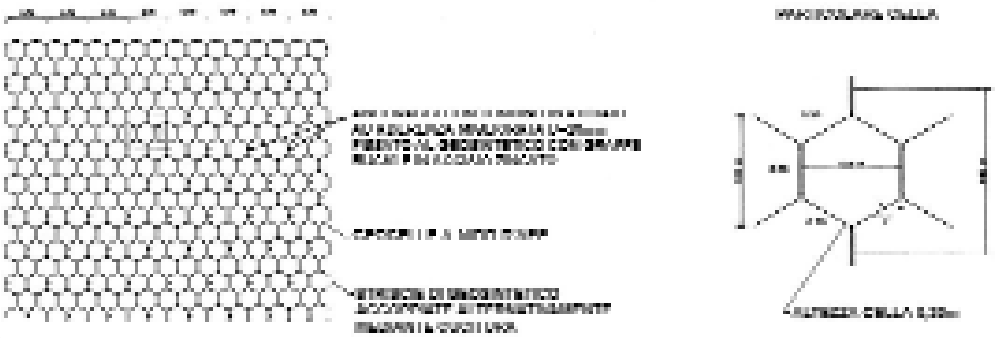


Geocelle a nido d'ape	11

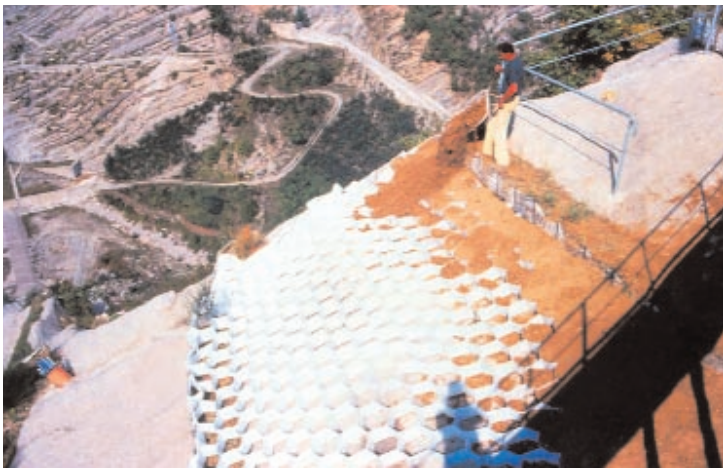
Sezione tipo



Particolare struttura



11	**Geocelle a nido d'ape**



Campione di prova geocelle
a nido d'ape
Diga di Ridracoli (FO) 1992

Foto Harpo SEIC S.p.A.

Geocelle rinverdite, 1994
Diga di Ridracoli (FO)

Foto G. Sauli

Geocelle a nido d'ape	11

Geocelle in materiale sintetico su rilevato autostradale (Pavia), maggio 1991

Foto Tenax S.p.A.

12	Rete metallica a doppia torsione

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 14 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

1. regolarizzazione della superficie con allontanamento del materiale più instabile
2. stesura della rete lungo la scarpata
3. fissaggio della rete in testa mediante chiodi e corda d'acciaio
4. fissaggio della rete lungo la scarpata mediante chiodi in ferro eventualmente assicurati al substrato con malta cementizia
5. sovrapposizione dei teli contigui e loro unione con filo di ferro
6. eventuale collegamento dei punti di ancoraggio con una fune in acciaio
7. eventuale fissaggio della parte di rete al piede della scarpata
8. idrosemina a spessore

Raccomandazioni

* 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/m2
* 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

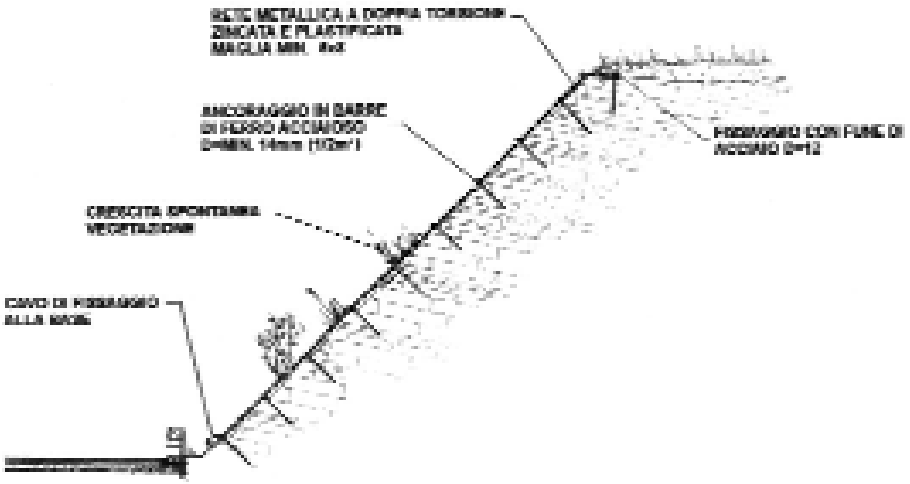
_ insufficiente ancoraggio della rete alla superficie rocciosa
_ non sovrapposizione e cucitura dei teli contigui

Voce di Capitolato

1.21 Rete metallica a doppia torsione
a) zincata
b) zincata e plastificata
Rivestimento di superfici in rocce sciolte o compatte più o meno degradate superficialmente, mediante stesura di rete metallica zincata e plastificata a doppia torsione di maglia minima 6 x 8 cm e filo di diametro minimo 2,2 mm. Il tutto debitamente teso ed ancorato al substrato. L'ancoraggio sarà a mezzo di barre filettate con flangia e dado o chiodi in tondino di ferro acciaioso, ad aderenza migliorata di diametro minimo 14 mm, aventi lunghezza infissa non inferiore a 40 cm e con l'estremità libera sagomata ad "U" o comunque adatta per il fissaggio della rete, inclusa eventuale perforazione e boiaccatura con miscela acqua e cemento e 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. 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 della rete al substrato.
Nei casi di stesura per fasce parallele dovrà essere garantita la sovrapposizione e la continuità mediante cuciture con filo di ferro zincato/plastificato di diametro uguale al filo della rete.
Tale rivestimento va in genere abbinato con idrosemina a spessore o con semina a strato, con le modalità di cui ai punti precedenti.

12	Rete metallica a doppia torsione

Sezione tipo



Rete metallica a doppia torsione	12

Foto G. Sauli

La sola rete metallica costituisce
un buon sistema antierosivo che consente il parziale
sviluppo della vegetazione.
Scarpata superstrada c/o Grandi Motori (TS), 1995

Foto G. Sauli

Rete metallica con funzione antierosiva
Nuova SS 195 Km 18 per Pula (CA), settembre 2003

13	**Rivestimento vegetativo in rete metallica a doppia torsione zincata (e plastificata) e biostuoie**

Descrizione sintetica

Copertura di scarpate soggette a erosione mediante la stesura di biostuoie sormontate da una rete metallica a doppia torsione zincata e/o 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, nelle stazioni ecologicamente favorevoli, di talee di specie con capacità di propagazione vegetativa.

Campi di applicazione

Versanti in roccia compatta o in roccia friabile con terreni poco evoluti anche su notevoli pendenze.
Scarpate stradali e ferroviarie con pendenza > 40°.
Scarpate in scavo in roccia sciolta o coesiva, ma comunque friabile (arenarie, marne).

Materiali impiegati

- biostuoia (anche preseminata)
- picchetti o barre filettate in acciaio (di dimensioni dipendenti dal tipo di substrato)
- rete metallica a doppia torsione plastificata di maglia minima 6 x 8 cm e filo di diametro minimo 2,2 mm.
- fune di acciaio
- idrosemina a mulch o a spessore
- arbusti autoctoni e/o talee

Modalità di esecuzione

1. regolarizzazione della scarpata con allontanamento di radici, massi, riduzione dossi e riempimento avvallamenti
2. stesura per file parallele dei teli di biostuoia, avendo cura di sovrapporre lateralmente i teli per almeno 10 cm
3. fissaggio della stuoia a monte e lungo la scarpata mediante picchetti in acciaio, secondo quantità variabili dipendenti dalla pendenza della scarpata stessa
4. stesura e fissaggio della rete metallica a doppia torsione al disopra della biostuoia
5. qualora si renda necessario per motivi di ancoraggio dei tondini e delle barre, gli stessi dovranno essere posti in opera previa perforazione e successiva boiaccatura con miscela di acqua e cemento
6. legatura dei tondini, dotati di anello, mediante fune di acciaio sia a monte che a valle della scarpata
7. idrosemina a mulch o a spessore con miscela di specie idonee alle caratteristiche ecologiche stazionali
8. messa a dimora di arbusti e talee, previa formazione nelle stuoie di un taglio a croce e del taglio della rete (per gli arbusti)

Raccomandazioni

* biostuoie e rete metallica dovranno essere il più possibile aderenti al substrato
* va curata la sovrapposizione dei teli contigui
* le idrosemine devono essere eseguite a rivestimento completato con miscela di specie idonee alle caratteristiche ecologiche stazionali
* le talee devono al meglio avere una lunghezza non inferiore a 0,5-0,7 m e diametro maggiore di 3-4 cm, 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 alle semine nelle stagioni ecologicamente favorevoli, la messa a dimora di talee e piante radicate.
Gli interventi su rocce compatte consentono il solo impiego di idrosemine.

Vantaggi

Rivestimento rapido di scarpate soggette a erosione superficiale. In caso di mancato attecchimento parziale, nel breve periodo la stuoia organica si demolisce facendo riemergere a tratti il substrato roccioso
Con valido effetto visuale

Svantaggi

Costo legato alla maggior quantità di picchetti e alla cura nell'appressaggio delle reti e stuoie per garantire lo sviluppo del cotico erboso e l'effetto antierosivo

Effetto

Rivestimento immediato delle superfici e trattenimento del materiale lapideo sciolto, che favorisce l'evoluzione della scarpata verso lo stadio di prato arbustato.

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 e la piantagione di arbusti dovranno venire eseguite in primavera o autunno con esclusione dei mesi di aridità estiva e gelo invernale.

Possibili errori

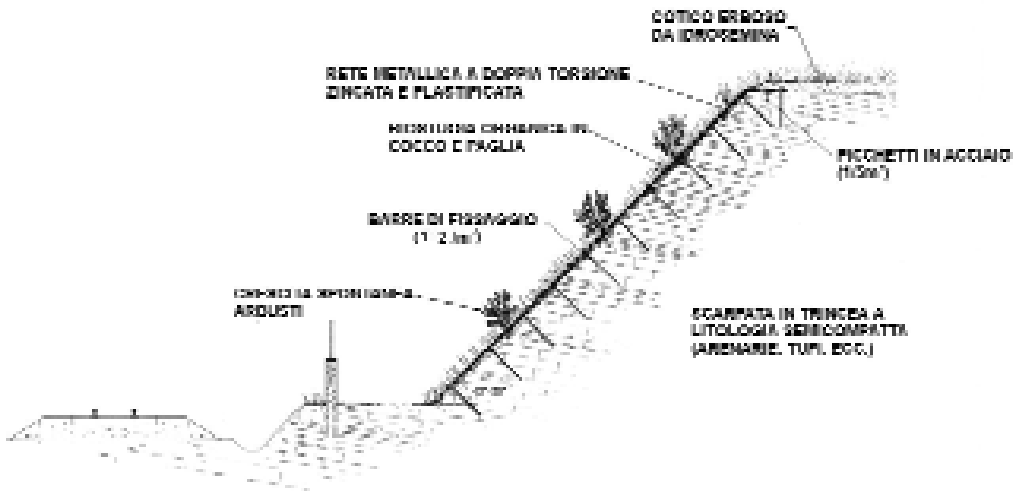
_ insufficiente picchettatura della stuoia e della rete al terreno (tipo di picchetto, lunghezza, quantità al m2)
_ errata sovrapposizione dei teli contigui
_ utilizzo di materiale deteriorato da lunga permanenza in ambiente umido
_ errato periodo per semine e piantagioni
_ errata scelta delle specie vegetali

Voce di Capitolato

1.22 Rivestimento vegetativo in rete metallica a doppia torsione zincata (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 o compatte più o meno degradate superficialmente, mediante stesura di biotessili di grammatura minima 300 g/m2, eventualmente preseminati e preconcimati, cuciti con punti in filo di ferro zincato ad una rete metallica a doppia torsione di maglia minima 6 x 8 cm e filo di diametro minimo 2,2 mm.
Le superfici da trattare per il rivestimento dovranno essere liberate da radici, pietre, ecc. ed eventuali

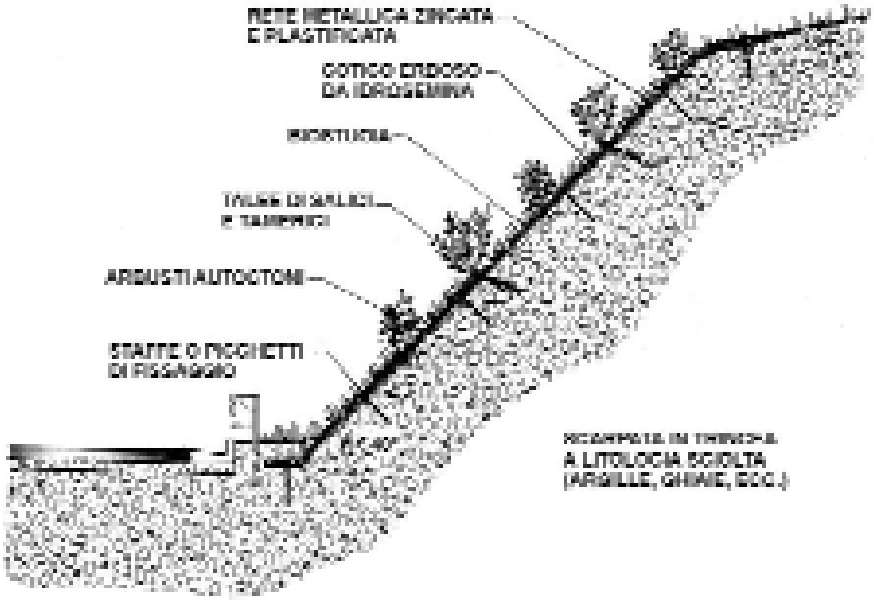
vuoti andranno riempiti in modo da ottenere una superficie uniforme affinché la biostuoia e la rete metallica possano adagiarsi perfettamente al suolo.
Prima si stenderà sulla pendice la biostuoia che verrà picchettata a monte, mentre i teli verranno stesi verticalmente uno vicino all'altro con una sovrapposizione di circa 5-10 cm onde evitare l'erosione tra le fasce.
La picchettatura in scarpata sarà in ragione di 1-2 picchetti /m2; gli stessi saranno metallici a forma di cambretta o a T, formati con tondino d'acciaio del ø 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 barre filettate dotate di flangia e dado o picchetti d'acciaio a T, della lunghezza di 50-100 cm 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/m2 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.
Nei casi di stesura per fasce parallele dovrà essere garantita la sovrapposizione e la continuità mediante cuciture con filo di ferro zincato/plastificato di diametro uguale al filo della rete.
Nel caso di rocce particolarmente friabili vanno operate delle legature in fune d'acciaio anche tra i chiodi lungo la superficie a miglioramento dell'aderenza della 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.

Sezione tipo

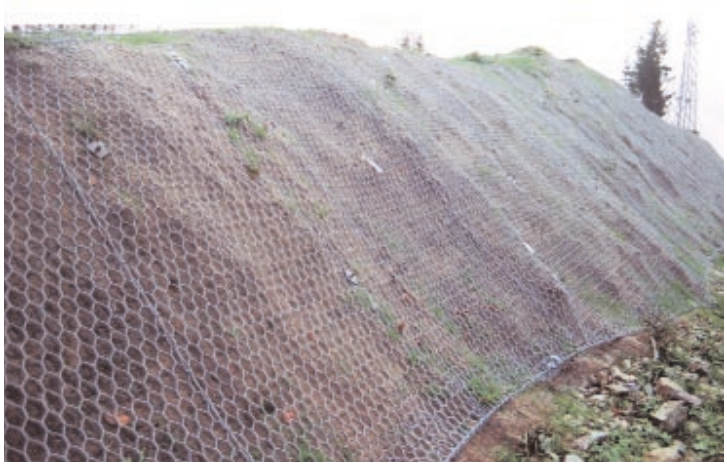


Rivestimento vegetativo in rete metallica a doppia torsione zincata (e plastificata) e biostuoie	13

Sezione tipo



13	**Rivestimento vegetativo in rete metallica a doppia torsione zincata (e plastificata) e biostuoie**



Scarpata in roccia arenacea a 45° con rivestimento vegetativo e stuoia organica;
Stazione FS, Tarvisio-Boscoverde (UD), 2000

Foto G. Sauli

Rivestimento vegetativo in rete metallica e stuoia organica,
Stazione FS, Tarvisio-Boscoverde (UD), giugno 2003

Foto G. Sauli

Rivestimento vegetativo in rete metallica a doppia torsione e geostuoia tridimensionale	14

Descrizione sintetica

Rivestimento di scarpate soggette a erosione mediante la stesura di una stuoia sintetica tridimensionale, spessore min. 10 mm, sormontata da una rete metallica a doppia torsione. Rete e geostuoia vengono fissati al terreno mediante picchetti, che vengono legati a monte e a valle con una fune di acciaio. 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

Superfici in erosione, su rocce friabili con venute d'acqua e pendenze elevate.

Varianti

Rivestimento in rete metallica e biostuoia in fibra di cocco. Può essere utilizzata per realizzare canalette di scorrimento in analogia con le geostuoie tridimensionali bitumate in loco. L'abbinamento con la stuoia organica non è invece proponibile su sponde soggette a frequente sommersione per le quali viene impiegata la stuoia sintetica come di seguito descritto.

Materiali impiegati

- geostuoia tridimensionale di min. 10 mm di spessore e massa areica minima pari a 750 g/m2
- rete metallica a doppia torsione ø 2,2 mm, maglia 6 x 8 cm, zincata e, in ambienti chimici aggressivi, plastificata
- picchetti metallici a forma di cambretta o a T, ø 6 mm, L = 20 cm per il fissaggio preventivo della stuoia
- picchetti di acciaio a T, ø 12 - 14 mm, L = 50 - 100 cm a per il fissaggio della rete
- fune di acciaio
- idrosemina a spessore
- talee e arbusti

Modalità di esecuzione

1. regolarizzazione della scarpata con allontanamento di radici, massi
2. stesura per file parallele dei teli di geostuoia tridimensionale, avendo cura di sovrapporre lateralmente i teli per almeno 10 cm
3. fissaggio della geostuoia a monte e lungo la sponda mediante picchetti in acciaio, secondo quantità variabili dipendenti dalla pendenza della scarpata stessa
4. stesura e fissaggio della rete metallica a doppia torsione al disopra della geostuoia (esistono materiali in cui la rete a doppia torsione e la geostuoia tridimensionale sono preassemblate in fase di fabbricazione; in questo caso la posa avviene in un'unica soluzione)
5. 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
6. legatura dei tondini, dotati di anello, mediante fune di acciaio sia a monte che a valle della sponda
7. idrosemina a spessore in quantità idonea al riempimento degli spazi della geostuoia tridimensionale
8. messa a dimora di talee e arbusti, previo taglio di alcune maglie della rete metallica e taglio della stuoia

14	Rivestimento vegetativo in rete metallica a doppia torsione e geostuoia tridimensionale

Raccomandazioni

* la sovrapposizione dei teli della stuoia si rende necessaria per evitare l'erosione tra le fasce stese. I teli della rete possono invece essere resi solidali tramite legature con filo metallico
* geostuoia e rete dovranno essere perfettamente adagiati e a contatto con il suolo sottostante, avendo cura di evitare la formazione di spazi vuoti
* la quantità di picchetti per m2 dovrà essere valutata in base alla pendenza della scarpata e comunque in quantità non inferiori a 1-2 picchetti per m2

Limiti di applicabilità

Vantaggi

Metodo di rivestimento molto robusto ad immediata e duratura funzione antierosiva.

Svantaggi

La presenza di reti metalliche sulla superficie artificializza la struttura, e può creare pericolo per la fauna, se non resa accuratamente aderente al substrato

Effetto

Immediato e robusto rivestimento antierosivo ad alta permeabilità all'acqua ed allo sviluppo di cotico erboso

Periodo di intervento

La stesura di reti e geostuoie può avvenire in qualsiasi momento dell'anno, mentre le semine devono essere eseguite da ottobre a marzo e la eventuale messa a dimora di talee e arbusti nel periodo di riposo vegetativo

Possibili errori

_ rete non adeguatamente fissata al substrato e quindi destinata a sollevarsi
_ semine e piantagioni fuori stagione
_ impiego di reti a scadente zincatura, nei casi di ambiente chimico aggressivo, o non plastificate

Voce di Capitolato

1.23 Rivestimento vegetativo in rete metallica a doppia torsione e geostuoia tridimensionale
a) in rete zincata e plastificata e stuoia tridimensionale sintetica
b) in geocomposito già preconfezionato
c) in rete
Rivestimento di sponde in terreno molto ripide soggette a fenomeni di erosione accelerata mediante stuoia tridimensionale di spessore minimo 10 mm, di massa areica minima pari a 750 g/m2 ed una rete metallica a doppia torsione a maglia esagonale tipo 6x8 in accordo alle UNI-EN 10223-3 tessuta con trafilato di ferro, conforme alle UNI-EN 10223-3 per le caratteristiche meccaniche e per le tolleranze sui diametri, a forte zincatura, quantitativo minimo di zinco pari a 260 g/mq, conforme a quanto previsto dalle UNI-EN 10223-3 e alla Circolare del Consiglio Superiore dei LL.PP. n. 2078 del 27.8.1962 vigen-

te in materia avente un carico di rottura compreso tra 38 e 50 kN/m, allungamento minimo al 12% e diametro di 2.2 mm. In alternativa alla geostuoia tridimensionale si può usare una biostuoia in fibre di cocco con massa areica non inferiore a 400 g/mq.
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 stuoia e la rete metallica possano adagiarsi perfettamente al suolo.
Prima si stenderà sulla pendice la rete tridimensionale 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 tra le fasce.
La picchettatura sarà in ragione di 1-2 picchetti per m2; gli stessi saranno metallici a forma di cambretta o a T, formati con tondino d'acciaio del ø 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 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 per m2 a seconda della regolarità della superficie del terreno, inclusa eventuale perforazione e boiaccatura con miscela acqua e cemento e 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. Nel caso di materiali preassemblati, geostuoia tridimensionale e rete metallica si posano contemporaneamente e si adotta il tipo di picchettatura tra quelle sopra descritte che meglio si adatta al tipo di terreno della sponda.
Tale rivestimento va in genere abbinato con un'idrosemina a forte spessore realizzata in maniera da intasare completamente lo spessore della rete tridimensionale.

Foto G. Sauli

Rivestimento vegetativo in rete metallica
a doppia torsione e geostuoia tridimensionale
Galleria Pontebba (UD), Autostrada A23, 1987

14	**Rivestimento vegetativo in rete metallica a doppia torsione e geostuoia tridimensionale**

Foto G. Sauli

Particolare rivestimento vegetativo
in rete metallica a doppia torsione e geostuoia
tridimensionale
Galleria Pontebba (UD), Autostrada A23, 1987

Foto G. Sauli

Rivestimento vegetativo in rete metallica
a doppia torsione e geostuoia tridimensionale,
Grignano (TS)

Rivestimento vegetativo a materasso confezionato in opera in rete metallica a doppia torsione zincata (e plastificata)	15

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 geo-composito 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°
Scarpate di cave

Materiali impiegati

• barre filettate
• rete metallica zincata e plastificata
• stuoia tridimensionale sintetica
• inerte terroso
• flange e dadi
• sementi per semina a spaglio o idrosemina
• talee di salice e/o arbusti radicati

Modalità di esecuzione

1. Perforazione della roccia, posizionamento e boiaccatura delle barre filettate disposte a file orizzontali e sporgenti in funzione dello spessore del terreno.
2. Fissaggio del geocomposito nella parte bassa
3. Riempimento con un primo strato di inerte terroso e fissaggio della rete sulla prima fila di barre .
4. Costipazione del terreno mediante battitura
5. Riempimento e fissaggio per strati successivi dal basso verso l'alto e chiusura in testa
6. Appressaggio delle flange mediante avvitamento dei dadi.
7. Semina a spaglio o idrosemina
8. Inserimento a mazza delle talee di salice
9. Messa a dimora di arbusti radicati, previo taglio di alcune maglie della rete.

Raccomandazioni

* 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 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.

15	**Rivestimento vegetativo a materasso confezionato in opera in rete metallica a doppia torsione zincata (e plastificata)**

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.

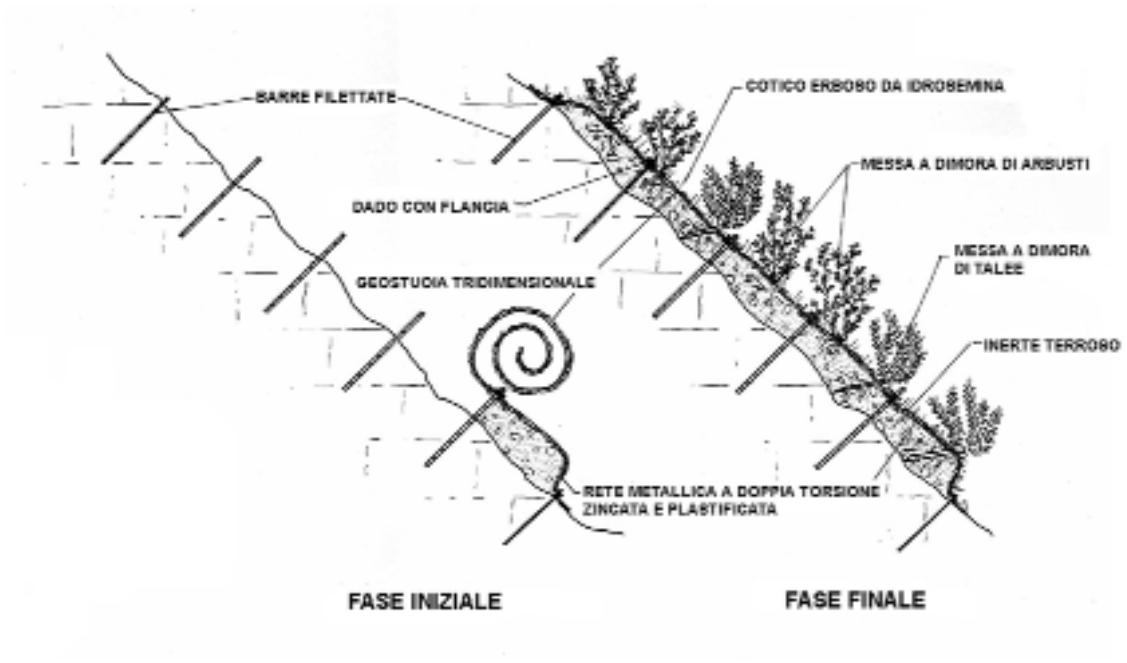
Possibili errori

_ errata composizione del terreno di riempimento
_ scelta errata del periodo semina
_ scelta errata delle specie vegetali

Voce di Capitolato

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 8x10 cm e filo di diametro 2,7 mm, rivestito in PVC di spessore minimo di 0,4-0,5 mm, rivestita internamente con una stuoia tridimensionale sintetica 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 filettate, disposte in quantità di 1-2 per m2, 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 ed ancorato mediante funi d'acciaio di diametro 12-16 mm.
Il materasso verrà rivegetato mediante idrosemina e messa a dimora di talee ed arbusti radicati di specie autoctone.

Sezione tipo



Copertura di rocce arenacee con rivestimento vegetativo a materasso
Diga di Ridracoli (FO)

Foto G. Sauli

15	**Rivestimento vegetativo a materasso confezionato in opera in rete metallica a doppia torsione zincata (e plastificata)**

Foto G. Sauli

Copertura di rocce arenacee con
rivestimento vegetativo a materasso
Diga di Ridracoli (FO)

Materasso verde preconfezionato	16

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 1,00 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.
Cave.
Miniere.

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

1. Posizionamento della base del materasso e rivestimento con biofeltro (biostuoia)
2. Riempimento con materiale inerte e terreno vegetale
3. Chiusura del coperchio in rete metallica del materasso foderato internamente con una stuoia organica o sintetica
4. Unione dei vari moduli mediante impiego di punti metallici
5. Ancoraggio con barre metalliche in quantità tali da garantire la stabilità degli elementi
6. Semina a spaglio o idrosemina
7. Inserimento a mazza delle talee di salice sui substrati sciolti
8. Messa a dimora di arbusti radicati, previo taglio di alcune maglie della rete.

Raccomandazioni

* 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

16	Materasso verde preconfezionato

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

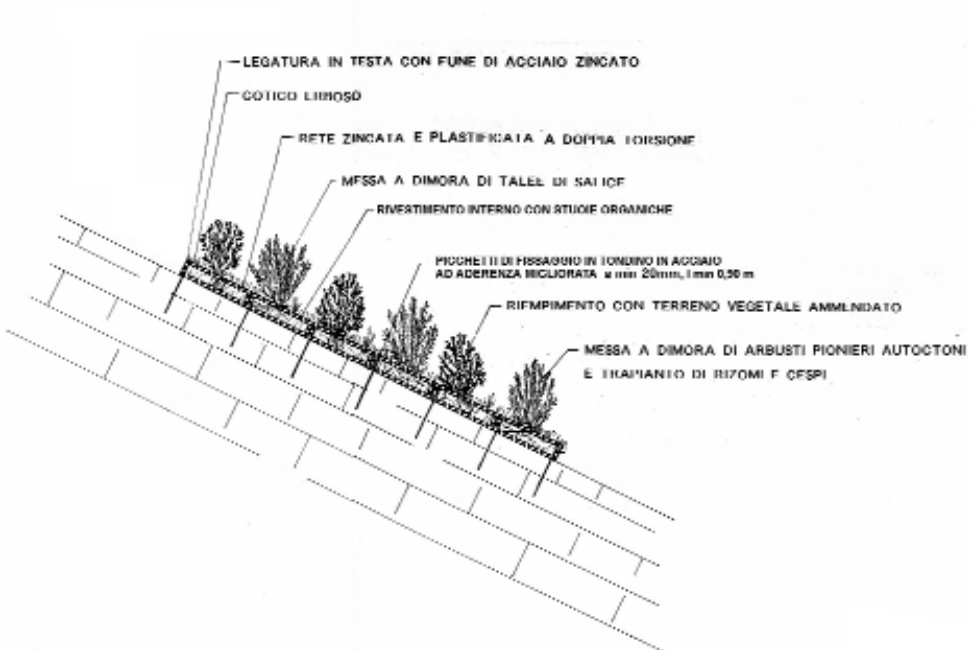
_ errata composizione del terreno di riempimento
_ uso di non tessuti che impediscono la radicazione delle piante
_ scelta errata del periodo semina
_ scelta errata delle specie vegetali

Voce di Capitolato

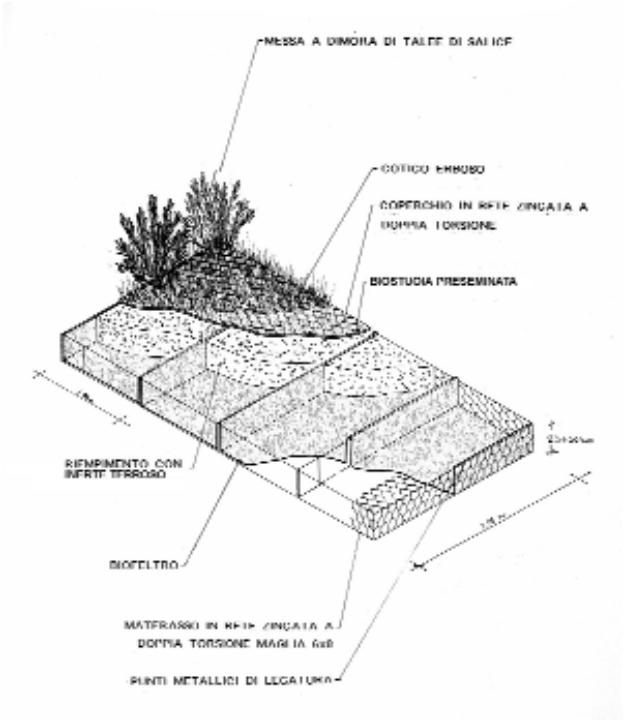
Rivestimento di superfici in rocce sciolte o compatte più o meno degradate superficialmente, mediante formazione di un materasso preconfezionato in rete metallica realizzato con una rete metallica zincata e plastificata a doppia torsione di maglia 8x10 cm e filo di diametro 2,7 mm, rivestito in PVC di spessore minimo di 0,4-0,5 mm. Il materasso avrà moduli di 1,00 x 2,00 x 0,23 m o 2,00 x 4,00 x 0,23 m e diaframmi con interasse 1,00 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 m2, 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.

Materasso verde preconfezionato	16

Sezione tipo



Sezione tipo



16	Materasso verde preconfezionato

Materassi a scomparti (con diaframmi)
Strada Potenza-Pignola (Basilicata) in cava

Foto R. Ferrari

Rivestimento di rocce arenacee
con materassi verdi, diga di Ridracoli, (FO), 1997

Foto G. Sauli

Materasso verde preconfezionato	16

Foto G. Sauli

Rivestimento di rocce arenacee
con materassi verdi, Diga di Ridracoli, (FO), 1997

17	**Rivestimento vegetativo a tasche in rete zincata e geostuoia sintetica tridimensionale**

Descrizione sintetica

Rete zincata rivestita con geostuoia sintetica tridimensionale a formare una "sacca" in grado di contenere terreno vegetale per la crescita di cotico erboso e specie arbustive. La sacca viene fissata alla roccia con barre metalliche in quantità tale da garantire l'aderenza della rete al substrato.
La tecnica consente la disposizione a mosaico o a file su scarpata in roccia, anche friabile in superficie (scisti, arenarie). Ogni sacca diventa supporto iniziale di attecchimento della vegetazione arbustiva pioniera, che radica attraverso la sacca stessa, penetrando nelle fenditure della roccia sottostante.

Campi di applicazione

Scarpate in roccia di cave e strade con pendenza massima di 45°

Materiali impiegati

• rete metallica
• stuoia sintetica o biodegradabile
• barre in ferro acciaioso, eventualmente filettate
• inerte terroso
• ammendanti e fertilizzanti
• teli in rete metallica
• Semina
• Arbusti e/o talee di specie autoctone

Modalità di esecuzione

1. Confezionamento a piè d'opera della sacca rivestita con la stuoia
2. Fissaggio della sacca sulla parete rocciosa
3. Ancoraggio della rete al substrato con barre in ferro acciaioso, eventualmente filettate
4. Riempimento dall'alto con inerte terroso, eventualmente migliorato con l'aggiunta di ammendanti e fertilizzanti
5. Stesura di teli in rete metallica su tutta la parete rocciosa
6. Semina e messa a dimora di talee e arbusti

Raccomandazioni

* Il riempimento avviene con inerte terroso a matrice sabbiosa, arricchita in sostanza organica, ed eventualmente migliorato con l'aggiunta di altri ammendanti e fertilizzanti.

Limiti di applicabilità

Inclinazioni massime 45°.

Vantaggi

Copertura di superfici difficilmente rinverdibili

Svantaggi

Costi elevati, difficoltà di cantiere sia per il fissaggio che per il riempimento. Copertura parziale, rischio di insuccesso in scarpate aride.

Effetto

La copertura della parete non è completa, ma presenta spazi nudi con la roccia in vista.

Periodo di intervento

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 e autunno per gli arbusti radicati.

Possibili errori

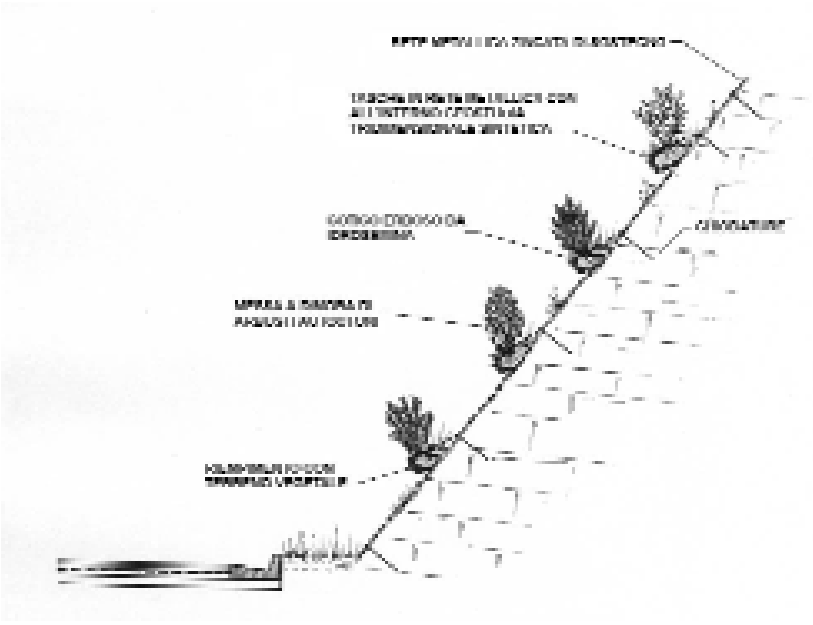
_ scelta errata per periodo semina
_ tipo di terreno a matrice granulometrica non adatta
_ scelta errata delle specie vegetali

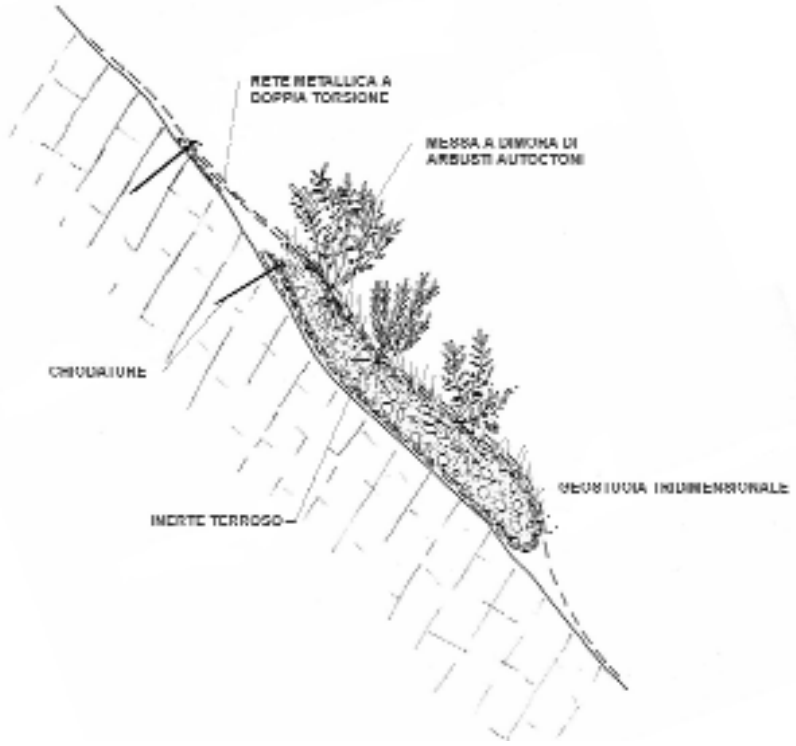
Voce di Capitolato

1.26 Rivestimento vegetativo a sacche in rete zincata e geostuoia sintetica tridimensionale
a) a sacche singole
b) a tasche a strisce
Rivestimento di scarpate in roccia di natura friabile o compatta con inclinazione generalmente non superiore ai 45°, costituito da un supporto in rete zincata a tasca, rivestita internamente da una stuoia sintetica, di maglia minima 5 x 7 cm e ø minimo del filo 1,5 mm, debitamente tesa ed ancorata al substrato a mezzo di chiodi in tondino di ferro acciaioso, ad aderenza migliorata di diametro minimo 14 mm, aventi lunghezza infissa non inferiore a 40 cm e con l'estremità libera sagomata ad "U" o comunque adatta al fissaggio della rete, 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. 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 della rete al substrato.
Nei casi di stesura delle tasche per fasce parallele dovrà essere garantita la continuità mediante cuciture con filo di ferro zincato/plastificato di diametro uguale al filo della rete.
Su tale supporto verranno fissate mediante cucitura con punti metallici singole tasche o tasche disposte a strisce formate da rete zincata di caratteristiche analoghe alla rete madre, rivestite in stuoie o biofeltri o georeti in fibre vegetali a lunga durata o sintetici atti a trattenere l'inerte ed il terreno vegetale consentendo la crescita delle piante.
Le tasche, aperte verso l'alto, vengono riempite di terra vegetale locale a matrice sabbiosa eventualmente migliorata con idonei ammendanti di natura fisica ed organica. Segue la messa a dimora di specie arbustive autoctone in zolla corredate da certificazione di origine o per talea con prelievo in loco dal selvatico e una idrosemina con le modalità di cui ai punti precedenti.

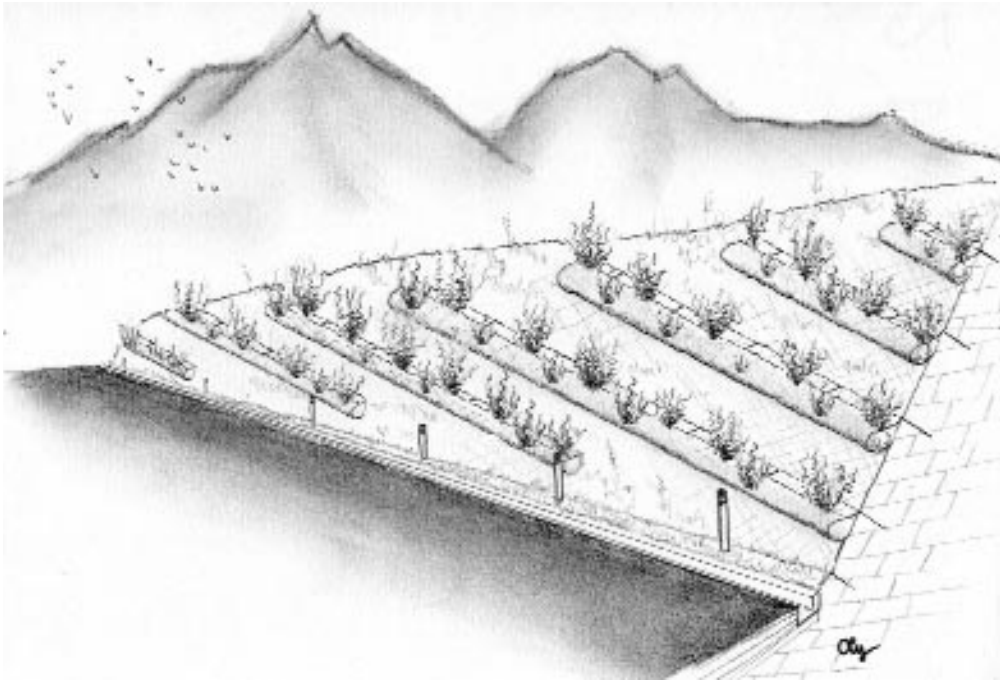
17	**Rivestimento vegetativo a tasche in rete zincata e geostuoia sintetica tridimensionale**

Sezione tipo





Vista prospettica



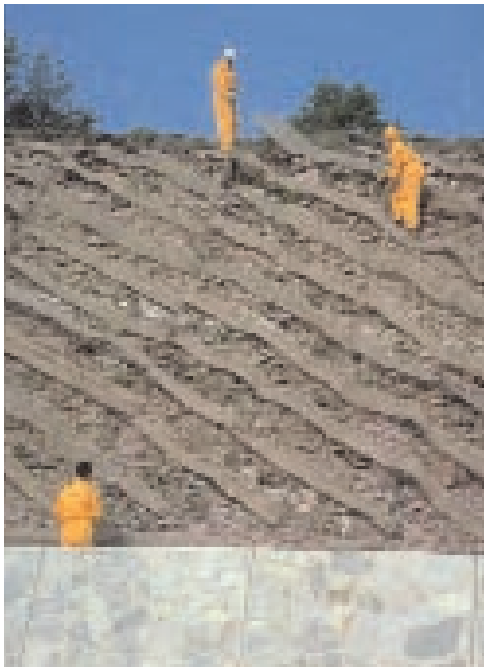


Foto R. Ferrari

Tasche in rete
Vittorio Veneto (TV), autostrada

17	**Rivestimento vegetativo a tasche in rete zincata e geostuoia sintetica tridimensionale**

Tasche in rete
Slovenia

Foto V. Zago

13.2 Interventi stabilizzanti

18. Messa a dimora di talee
19. Piantagione di arbusti
20. Piantagione di alberi
21. Trapianto dal selvatico di zolle erbose
22. Trapianto dal selvatico di cespi e rizomi
23. tappeto erboso pronto
24. Viminata viva
25. Gradonata viva

Messa a dimora di talee	18

Descrizione sintetica

Infissione nel terreno o nelle fessure tra massi, inserimento in palificate vive, gabbioni e terre rinforzate di talee legnose e/o ramaglie di specie vegetali con capacità di propagazione vegetativa. 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 diam. 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

Modalità di esecuzione

1. 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
2. l'infissione deve avvenire secondo il verso di crescita delle piante (parte più grossa verso il terreno)
3. dopo l'infissione o la messa in posto si pratica un taglio netto con cesoie da potatura
4. le talee devono sporgere dal terreno in genere per non più di 10-15 cm
5. la densità di impianto varia a seconda della necessità di stabilizzazione (2 ÷ 10 talee per m2)
6. qualora le talee vengano poste nelle fessure di muri o scogliere, le fessure dovranno essere intasate con materiale fine, non necessariamente terreno vegetale.
7. 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
8. 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.

Raccomandazioni

* la densità di impianto aumenta all'aumentare della pendenza del terreno: da 2-5 talee/m2 a 5-10 talee/m2
* 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

18	Messa a dimora di talee

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.

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. Più lunghe sono le talee conficcate nel terreno, maggiore l'effetto stabilizzante/consolidante in profondità.
Effetto di drenaggio (i salici sono delle vere e proprie "pompe dell'acqua") dovuto ad assorbimento e traspirazione del materiale vivo impiegato.

Periodo di intervento

Periodo di riposo vegetativo

Possibili errori

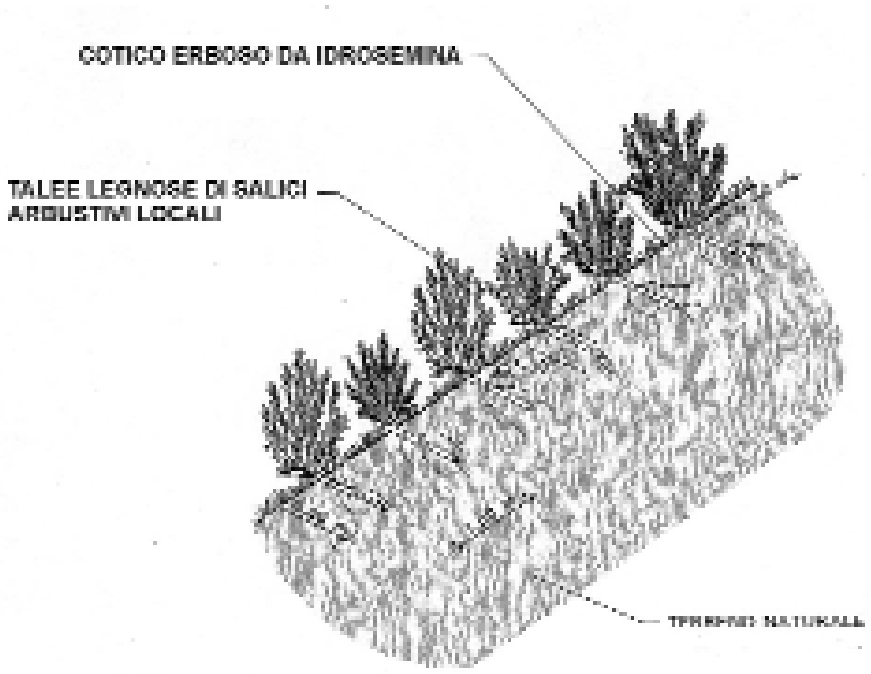
_ talee troppo corte (lunghezza inferiore a 50-60 cm) e quindi destinate a morire per appassimento o gelo
_ diametro della talea eccessivamente piccolo (molti vivaisti sono abituati ad usare talee verdi di legni del primo anno il cui attecchimento è efficace solo in condizioni controllate)
_ periodo 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	18

Voce di Capitolato

2.1 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 di due o più anni di età, di ø da 2 a 5 cm (1-3 cm nel caso di tamerici, oleandro, atriplex) e lunghezza minima di 50 cm, messe a dimora nel verso di crescita previo taglio a punta e con disposizione perpendicolare o leggermente inclinata rispetto al piano di scarpata. Le talee vanno infisse a mazza di legno o con copritesta in legno, previa eventuale apertura di un foro con punta di ferro, e sporgente al massimo per un quarto della loro lunghezza e comunque non più di 10-15 cm, adottando, nel caso, un taglio netto di potatura dopo l'infissione.
La densità di impianto dovrà essere di 2 ÷ 10 talee per m2 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.
La messa a dimora dovrà essere effettuata di preferenza nel periodo invernale e a seconda delle condizioni stagionali anche in altri periodi con esclusione del periodo di fruttificazione e ingiallimento delle foglie per i salici.

Sezione tipo



18	Messa a dimora di talee

Preparazione di talee di salice,
Zurzach (CH), 1992

Foto G. Sauli

Talea di salice, particolare ricaccio

Foto F. Florineth

Piantagione di arbusti	19

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

1. Allontanamento dei materiali non idonei
2. formazione di buche di dimensioni prossime a quelle dell'apparato radicale o della zolla
3. eventuale apporto di terreno vegetale, fibra organica, fertilizzanti ed ammendanti
4. posizionamento dell'arbusto nella buca
5. copertura della buca con il terreno
6. rincalzo e formazione di invito per la raccolta d'acqua o per l'allontanamento della stessa a seconda delle condizioni pedo – climatiche
7. pacciamatura con biofeltri, dischi pacciamanti, corteccia di resinose, ecc.

Raccomandazioni

* 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

Voce di Capitolato

2.2 Piantagione di arbusti
a) in zolla
b) in contenitore
c) in fitocella
d) a radice nuda
Fornitura e messa a dimora di arbusti autoctoni da vivaio di specie coerenti con gli stadi corrispondenti della serie dinamica potenziale naturale del sito, con certificazione di origine del seme o materiale da propagazione, in ragione di 1 esemplare ogni 3 ÷ 20 m2 aventi altezza minima compresa tra 0,30 e0,80 m, previa formazione di buca con mezzi manuali o meccanici di dimensioni doppie rispetto al volume radicale nel caso di fitocelle, vasetti o pani di terra. Nella disposizione a siepe cespuglio (gradonate, grate vive) la quantità va stimata al metro lineare, normalmente da 3 a 10 se abbinata a talee o meno.
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 pedo-climatiche 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.
- il palo tutore
- le reti di protezione faunistica.
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.

Foto G. Sauli

Messa a dimora di arbusti autoctoni
con rete antifauna e disco pacciamante, Tarvisio Ponte ad Arco (UD)

20	Piantagione di alberi

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

Modalità di esecuzione

1. Allontanamento dei materiali non idonei
2. formazione di buche di dimensioni prossime a quelle dell'apparato radicale o della zolla
3. eventuale apporto di terreno vegetale, fibra organica, fertilizzanti ed ammendanti
4. posizionamento dell'albero nella buca
5. copertura della buca con il terreno
6. rincalzo e formazione di invito per la raccolta d'acqua o per l'allontanamento della stessa a seconda delle condizioni pedo – climatiche
7. posizionamento del palo tutore e legatura del fusto
8. pacciamatura con biofeltri, dischi pacciamanti, corteccia di resinose, ecc.

Raccomandazioni

* 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.

Piantagione di alberi	20

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

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

Voce di Capitolato

2.3 Piantagione di alberi
a) in zolla
b) in contenitore
c) in fitocella
d) a radice nuda
Fornitura e messa a dimora di alberi autoctoni da vivaio di specie coerenti con gli stadi corrispondenti della serie dinamica potenziale naturale del sito, con certificazione di origine del seme o materiale da propagazione, in ragione di 1 esemplare ogni 5 ÷ 30 m2 aventi altezza minima compresa tra 0,50 e 2 m, previa formazione di buca con mezzi manuali o meccanici di dimensioni doppie rispetto al volume radicale nel caso di fitocelle, vasetti o pani di terra..
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 pedo-climatiche 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;

- il palo tutore e relativa legatura;
- le reti di protezione faunistica.

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.

Foto G. Sauli

Rilevato ferrovia con alberi,
stazione di Tarvisio-Boscoverde (UD)

Trapianto dal selvatico di zolle erbose	21

Descrizione sintetica

Rivestimento antierosivo di scarpate mediante prelievo e successivo trapianto di zolle erbose di prato polifita naturale.
Le zolle vengono disposte sul pendio a scacchiera o a strisce, e lo spazio tra una zolla e l'altra viene ricoperto con terreno vegetale e seminato. Nei casi di sollecitazioni particolari e instabilità del terreno, le zolle vengono assicurate con picchetti di ferro o legno o con reti metalliche o sintetiche.

Campi di applicazione

Scarpate stradali o ferroviarie di neoformazione, in rilevato o in trincee a bassa pendenza.
Zone minerarie o di cava.
Rivestimento biotecnico di fossi di guardia, canalette, argini,ecc.
Piste da sci.
Ricostruzione di habitat.

Materiali impiegati

• zolle erbose di prato polifita naturale (40 x 40 cm, spessore minimo 5 cm)
• picchetti di ferro o legno L = 30 - 50 cm
• reti sintetiche o organiche (maglia non superiore a 15 cm)
• terreno vegetale e semina di rincalzo

Modalità di esecuzione

1. Prelievo dal selvatico delle zolle di prato-pascolo polifita
2. regolarizzazione della superficie e allontanamento di apparati radicali, pietrame, ecc.
3. se necessario riporto di terreno vegetale, eventualmente migliorato con concimi e fertilizzanti
4. posa delle zolle erbose a strisce o a scacchiera
5. irrigazione della superficie
6. rullatura e compattamento delle zolle al terreno sottostante
7. fissaggio con picchetti (che dovranno essere a raso terra) e/o reti sintetiche o biodegradabili
8. semina di raccordo tra le zolle

Raccomandazioni

* non devono essere impiegate talee di salice come picchetti per il pericolo di ricaccio indesiderato
* i picchetti di fissaggio non devono sporgere al di sopra della zolla
* il tempo che intercorre tra prelievo e reimpianto delle zolle deve essere il più breve possibile
* qualora sia necessario lo stoccaggio, le zolle dovranno essere impilate in pacchi di altezza massima di 0,60 m, avendo cura di proteggerle dall'attacco di animali (roditori, ecc.) o muffe
* qualora il prelievo debba essere effettuato su prati con cotico sviluppato in altezza, è consigliabile uno sfalcio preventivo

Limiti di applicabilità

Le superfici da rivestire non devono avere pendenze elevate e non deve essere presente movimento del corpo terroso.

21	Trapianto dal selvatico di zolle erbose

Vantaggi

Impiego in condizioni ambientali estreme, laddove il prelievo dal selvatico non vada ad arrecare danno ai biotopi esistenti.
Riutilizzo di formazioni che andrebbero comunque distrutte (strada, condotta interrata, ecc.)
Riproduzione di microhabitat e associazioni vegetali non altrimenti riproducibili artificialmente.

Svantaggi

Tecnica con costi elevati, pertanto utilizzata per rivestire superfici di ridotte dimensioni da considerarsi quale innesco per la diffusione di specie.
In determinate condizioni anche dopo molti anni dall'intervento si riconosce la disposizione artificiale delle zolle.

Effetto

Immediata copertura vegetale, con radicazione delle zolle entro pochi giorni.

Periodo di intervento

Periodo di riposo vegetativo, con esclusione dei periodi di gelo e siccità.

Possibili errori

_ Messa in opera in condizioni pedoclimatiche diverse da quelle di provenienza
_ Insufficiente spessore del cotico
_ Errato periodo stagionale e/o tempistica di trapianto

Voce di Capitolato

2.4 Trapianto dal selvatico di zolle erbose
Rivestimento protettivo di scarpate mediante trapianto di zolle erbose di prato polifita o prato-pascolo naturale di stadio vegetazionale simile a quello potenziale della scarpata. Le zolle verranno ritagliate, previo sfalcio, dal prato esistente in quadrati di 40 x 40 cm a spessore minimo 5 cm; verranno utilizzate per il prelievo di preferenza le superfici destinate comunque a distruzione (es. tracciato stradale) prima dell'intervento di spianamento e scotico.
Il trapianto dovrà essere eseguito durante il periodo vegetativo e l'eventuale stoccaggio avverrà con mucchi di lunghezza massima 1 m ed altezza massima 0,60 m, avendo cura di evitare il disseccamento ed il soffocamento.
La disposizione sul pendio avverrà a scacchiera o a strisce avendo cura di riempire gli interstizi con terreno vegetale e seminare il tutto. Le zolle verranno fissate con picchetti di ferro o legno da 30 a 40 cm (uno ogni 4-5 zolle) e, in caso di sollecitazioni particolari, con reti sintetiche o organiche a maglia di apertura non superiore a 15 cm.

Trapianto dal selvatico di zolle erbose	21

Sezione tipo

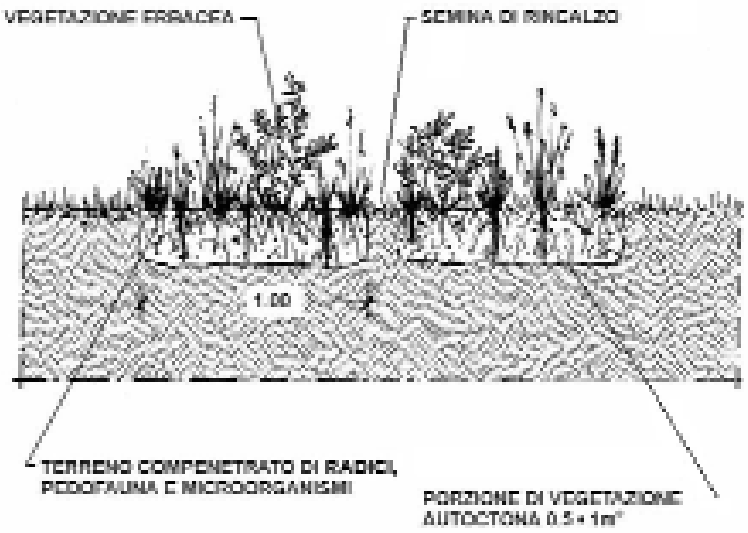


Foto A. Swich

Trapianto di zolle su prati-pascoli naturali
Metanodotto Pontremoli-Parma

21	Trapianto dal selvatico di zolle erbose

Foto H.M. Schiechtl

Trapianto di zolle erbose di prato alpino su scarpata stradale (Austria)

Foto H. Zeh

Espianto di zolle erbose su tracciato stradale (CH)

Trapianto dal selvatico di zolle erbose	21

Foto G. Sauli

Trapianto di zolle erbose su argini in terra
per evitare la sommersione di habitat rari
Bacino di invaso della Diga di Alaco (CZ), giugno 2003

22	Trapianto dal selvatico di cespi e rizomi

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)

Modalità di esecuzione

1. Prelievo dal selvatico di specie con rizomi e loro frammentazione
2. Deposizione dei pezzi di rizoma sul terreno con una densità di impianto variabile a seconda della specie impiegata (in genere 3-5 pezzi per m2)
3. Ricopertura con un sottile strato di terra
4. 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
5. Dal selvatico possono essere prelevati anche cespi, da sistemare in buche poco profonde
6. Per alcune specie vegetali è possibile ottenere talee di rizomi (rizomi fittonanti), da piantare verticalmente nel terreno
7. 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.

Raccomandazioni

* 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

Trapianto dal selvatico di cespi e rizomi	22

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.

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

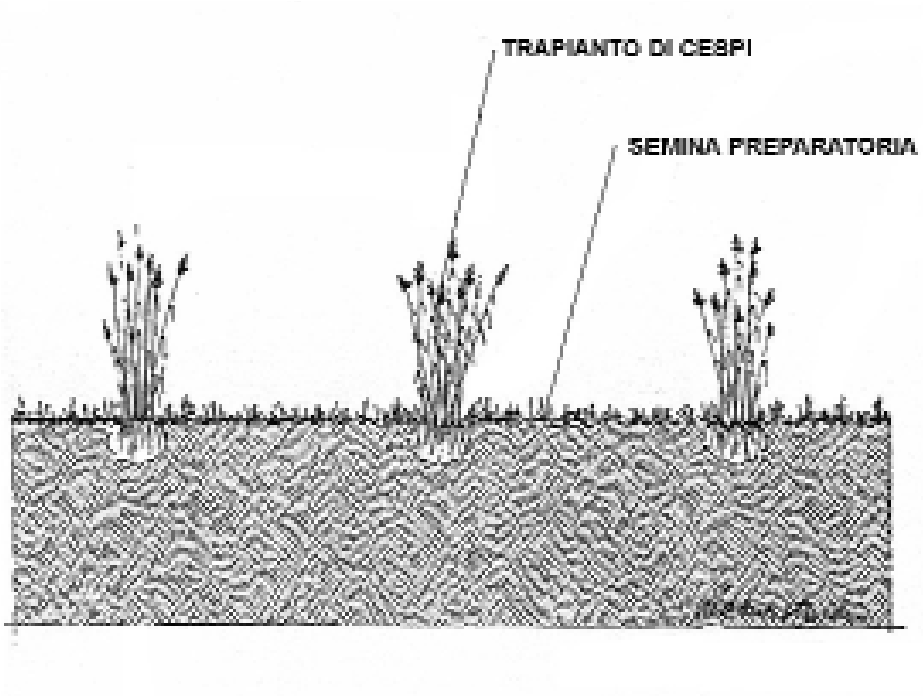
_ scelta errata del periodo per la posa di materiale vegetale vivo

Voce di Capitolato

2.7 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 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 m2.
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.

22	Trapianto dal selvatico di cespi e rizomi

Sezione tipo



Tappeto erboso pronto	23

Descrizione sintetica

Rivestimento di scarpate a bassa pendenza con rotoli o zolle di tappeto erboso già pronto all'impianto.

Campi di applicazione

Rivestimento di aiuole spartitraffico, aree di parcheggio non intensamente utilizzate, aree di sosta, aree di soccorso.
Aree da rimodellare.
Tecnica usata soprattutto nei campi sportivi

Materiali impiegati

- tappeto erboso pronto prodotto su suoli a matrice sabbiosa in fasce larghe 0,3 – 0,4 m e lunghe 1,5 – 2,0 m.
- picchetti in legno o tondini in ferro

Modalità di esecuzione

1. Regolarizzazione della superficie e allontanamento di apparati radicali, pietrame, ecc.
2. riporto di terreno vegetale, eventualmente migliorato con concimi e fertilizzanti
3. posa dei rulli o delle zolle erbose
4. irrigazione della superficie
5. rullatura e compattamento dei rulli o delle zolle al terreno sottostante
6. eventuale fissaggio con picchetti (che dovranno essere a raso terra)

Raccomandazioni

* il tempo intercorrente tra prelievo, accatastamento, trasporto e posa non dovranno essere superiori ai 4 giorni, onde evitare fenomeni di essiccamento e/o surriscaldamento
* lungo le scarpate i rulli dovranno essere stesi verticalmente dall'alto verso il basso
* dovrà essere rispettato un periodo iniziale di assestamento dei cotici prima di attivare eventuale calpestio o transito veicolare

Limiti di applicabilità

Solo su superfici regolari a bassa pendenza

Vantaggi

Tecnica adatta per superfici soggette a calpestio e al transito veicolare.
Richiede manutenzione limitata.

Svantaggi

Nei casi di transito veicolare o calpestio eccessivi si possono formare buche e pozzanghere

Effetto

Copertura immediata della superficie, con buon effetto drenante.

23	Tappeto erboso pronto

Periodo di intervento

Periodo di riposo vegetativo, con esclusione dei periodi di gelo e siccità

Possibili errori

_ messa in opera su suoli impermeabili o al contrario eccessivamente drenanti ed aridi
_ uso di rotoli provenienti da zone a caratteristiche pedoclimatiche completamente diverse
_ posa in periodo stagionale sbagliato
_ mancato rispetto del periodo iniziale di assestamento

Voce di Capitolato

2.6 Tappeto erboso pronto
a) a rotolo
b) a zolla
Rivestimento di scarpata o aiola a bassa pendenza con cotico erboso pronto in genere a rotolo di larghezza 0,3 – 0,4 m e di lunghezza di 1,5 – 2 m, rasati a macchina, dello spessore di 2,5 – 4 cm, disposti a strisce verticali srotolate dall'alto verso il basso, eventualmente fissate con picchetti sui pendii più ripidi.
Il substrato va comunque rivestito con uno strato di terreno vegetale o di humus sabbioso, per il miglior attecchimento delle piante erbacee. Le miscele impiegate per la produzione dei cotici vanno calibrate in funzione delle condizioni di applicazione. Dopo la posa in opera i tappeti erbosi vanno pressati o rullati.

Foto G. Sauli

Tappeto erboso pronto in rotoli
Brema (D), 1988

Viminata viva	24

Descrizione sintetica

Intreccio di verghe di specie legnose con capacità di propagazione vegetativa, attorno a paletti in legno.

Campi di applicazione

Scarpate soggette a movimento superficiale del terreno o a modesti franamenti in erosione.

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 2 - 3 cm
- paletti in legno di conifere o castagno ø 5 ÷ 10 cm L = 1,00 ÷ 1,50 m
- picchetti di ferro ø 14 ÷ 16 mm, L 0,50 ÷ 1 m
- filo di ferro cotto

Modalità di esecuzione

1. Formazione di solchi profondi circa 30 cm
2. Infissione dei paletti in legno lungo la scarpata, 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
3. infissione tra i paletti in legno dei picchetti in legno o ferro, L= 0,50 ÷ 1 m, interasse tra loro circa 30 cm
4. 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
5. legatura delle verghe ai paletti mediante filo di ferro
6. 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 fino a 25 cm sotto terra e per un'altezza di 15 ÷ 25 cm fuori terra)
7. i paletti non dovranno sporgere più di 5 cm sopra l'intreccio
8. le viminate possono essere realizzate a file parallele con interasse 1,2 ÷ 2,00 m sia secondo le curve di livello sia inclinate (nel caso di necessità di drenaggio) 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.

Raccomandazioni

* 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 scarpate interessate da franamenti di piccola entità.
L'effetto stabilizzante si ha solamente nel caso di viminate interrate e seminterrate per ridurre i fenomeni di sottoerosione e scalzamento. Le verghe al di sopra del terreno disseccano e muoiono
Tecnica non utilizzabile su terreni sassosi o rocciosi.
Inclinazione max 40°

24	Viminata viva

Vantaggi

Rapida stabilizzazione sino a 25-30 cm di profondità; immediato contenimento del materiale; tecnica adattabile alla morfologia della scarpata.

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

Stabilizzazione immediata degli strati superficiali di terreno, che migliora quando le verghe emettono radici.

Periodo di intervento

Durante il periodo di riposo vegetativo.

Possibili errori

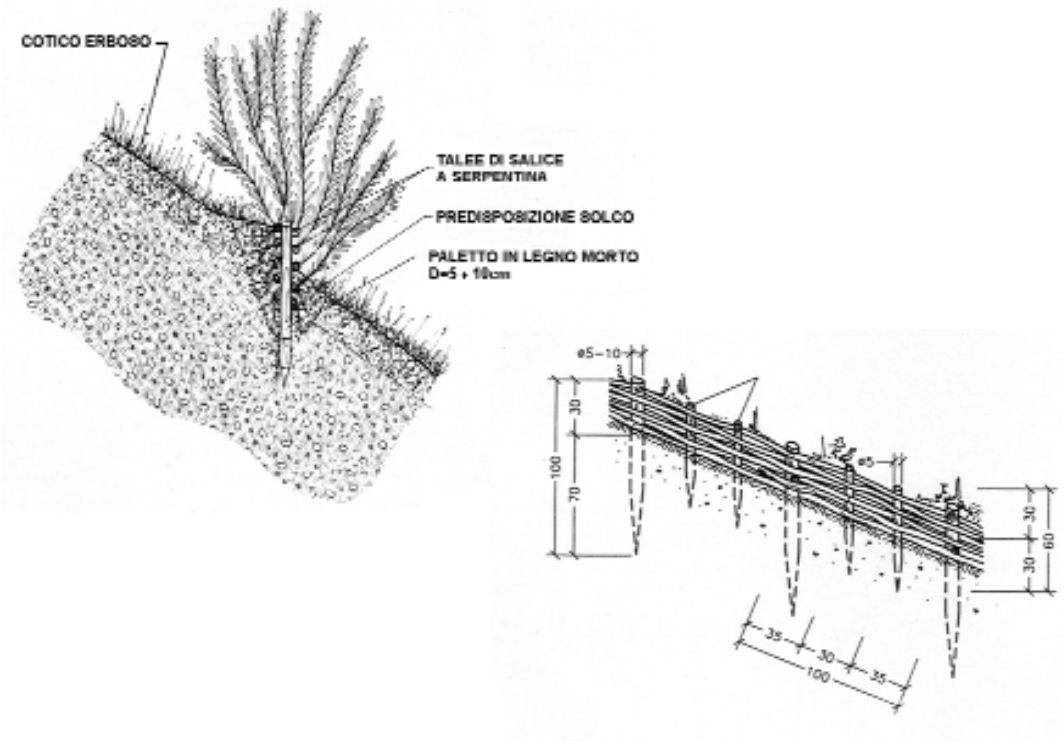
_ riporto di quantità insufficiente di terreno a tergo della viminata
_ scelta errata del periodo per la posa di materiale vegetale vivo

Voce di Capitolato

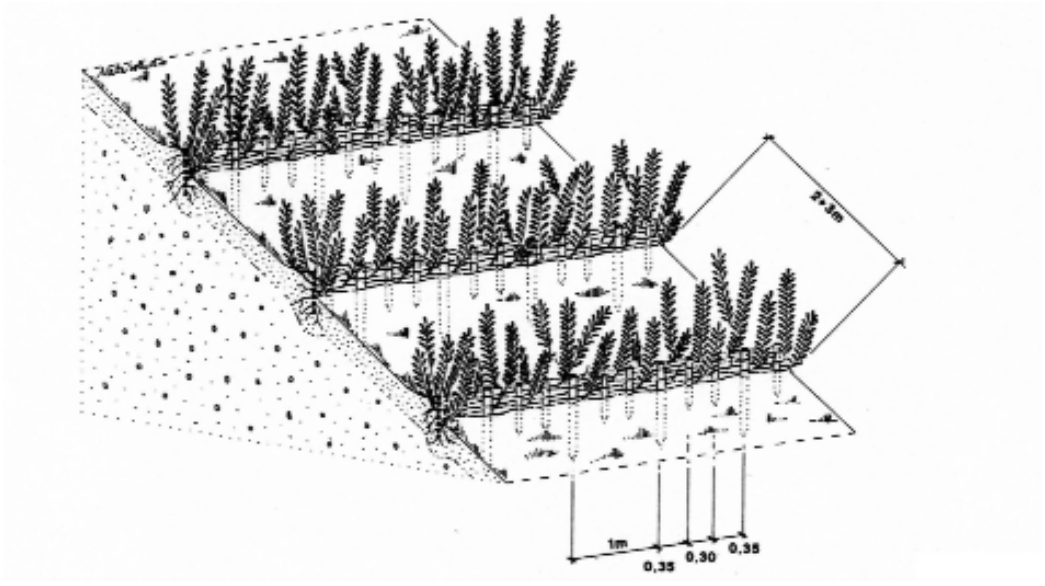
2.10 Viminata viva
a) viminata viva
b) viminata viva con disposizione romboidale
c) viminata viva seminterrata
Stabilizzazione di pendio o scarpata mediante viminata formata da paletti di legno (castagno, conifere ecc.) di ø 5 – 10 cm o in ferro ø 12 – 14 mm, di lunghezza 100 – 150 cm infissi nel terreno lasciando un'altezza fuori terra di 15 – 30 cm, alla distanza di 1 m uno dall'altro, intervallati ogni 30cm da paletti o talee vive di 0,50 - 1 m, 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 e il contatto con il terreno consentono il migliore attecchimento e radicazione delle piante).
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 – 30 cm ca. 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.

Viminata viva	24

Sezione tipo e particolare



Vista



24	**Viminata viva**

Foto G. Sauli

Viminate vive presso imbocco
1 Ferrovia Pontebbana
San Leopoldo (UD), 1999

Foto G. Sauli

Viminate vive presso imbocco
1 Ferrovia Pontebbana
San Leopoldo (UD), 1999

Viminata viva	24

Foto R. Ferrari

Viminata vive su scarpata stradale
Bagnoregio (VT)

25	Gradonata viva

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 arbusti radicati autoctoni e successiva copertura con materiale proveniente dagli scavi superiori.

Campi di applicazione

Pendii incoerenti, frane superficiali, rilevati in fase di esecuzione.
Scarpate in rilevato.
Stabilizzazione di frane in materiale sciolto

Materiali impiegati

• ramaglie e talee di specie con capacità riproduzione vegetativa
• arbusti radicati di 2 – 3 anni
• verghe o astoni di specie con capacità di propagazione vegetativa L =min. 2 m di 2-4 anni

Modalità di esecuzione

Scarpate
1. scavo di un gradone con profondità da 0,5 a 1,00 m e contropendenza interna di 5°-10° e trasversale di 10°
2. posizionamento all'interno dello scavo di 10-20 talee e/o 5 arbusti radicati per metro
3. riempimento dello scavo con il materiale proveniente dal gradone superiore, realizzato a una distanza dal precedente variabile a seconda della pendenza della scarpata (da 1,5 a 3 m), assicurando il riempimento degli spazi tra i rami
4. tra un gradone e l'altro viene eseguita una semina

Rilevati
1. realizzazione di un primo strato del rilevato
2. posizionamento degli astoni (10-20 pezzi per metro)
3. stesura del secondo strato di materiale
4. 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

Raccomandazioni

* esecuzione manuale: dal basso verso l'alto
* esecuzione a macchina: dall'alto verso il basso
* le talee e gli astoni devono sporgere dal terreno al massimo 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 pioniere (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, inclinate su scarpate umide per assicurare il drenaggio

Limiti di applicabilità

Inclinazione del versante massima 40°.

Gradonata viva	25

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 evoluto della serie della vegetazione potenziale.
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 entra in concorrenza con quella delle talee, per cui è preferibile un inserimento delle piantine tra le file.
Tecnica costosa per l'elevato fabbisogno di materiale vegetale.

Effetto

Stabilizzazione rapida del terreno, che aumenta dopo la radicazione.
Nel caso del rilevato la messa a dimora delle talee contemporaneamente alla formazione del rilevato determina un effetto simile a quello delle terre rinforzate, per il consolidamento in profondità.

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

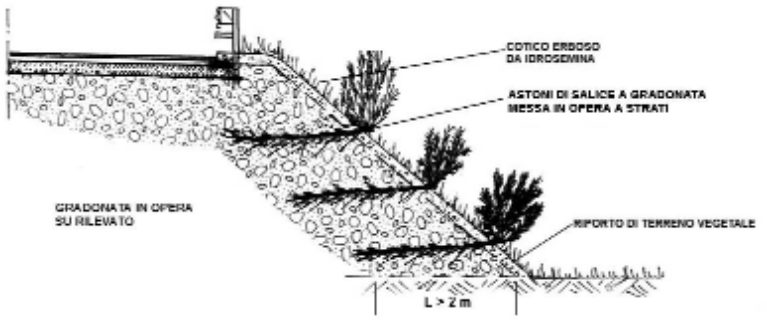
_ scelta errata del periodo per la posa di materiale vegetale vivo
_ scelta errata delle specie vegetali
_ uso specie arbustive esotiche

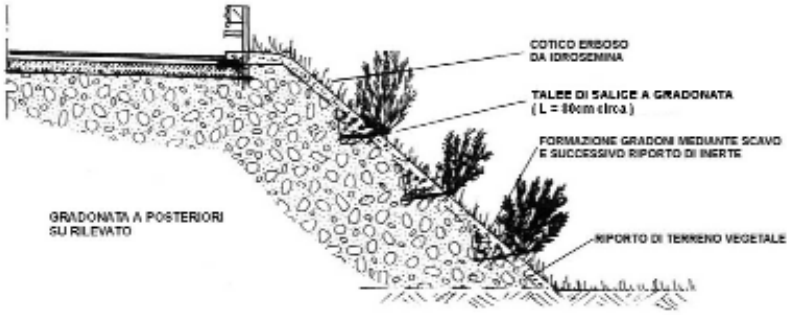
Voce di Capitolato

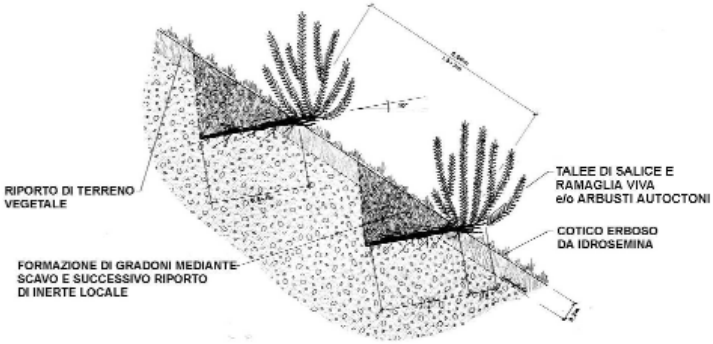
2.19 Gradonata viva
a) con ramaglia viva di salici, tamerici, ecc.
b) con latifoglie radicate
c) mista
d) su rilevato
Stabilizzazione di pendii mediante scavo di gradoni o terrazzamenti con profondità in genere di 0,5 ÷ 1 m con pendenza verso l'interno di 5° ÷ 10 e del pari controtendenza trasversale 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.
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.) disposta in modo incrociato alternando le diverse specie e i diversi diametri (età) dei rami. I rami devono sporgere al massimo 10-15 cm 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 –10 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 – 20 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 15 cm dal terreno. L'insieme funge anche da terra rinforzata aumentando la stabilità del rilevato.

Sezione tipo







Gradonata viva	25

Foto G. Sauli

Gradonate vive, Ferrovia Pontebbana,
Stazione S. Caterina (UD), dicembre 2000

Foto V. Zago

Gradonate vive Ferrovia Pontebbana,
Stazione S. Caterina (UD), agosto 2002

25	**Gradonata viva**

Foto R. Ferrari

Gradonate vive (variante cordonate) presso
discarica di inerti provenienti da macerie terremoto
Gemona d.F (UD), dicembre 1998

Foto R. Ferrari

Gradonate vive (variante cordonata) presso
discarica di inerti provenienti da macerie terremoto
Gemona d.F.(UD), primavera 1999

13.3 Interventi combinati di consolidamento

26. Grata viva su scarpata
27. Palificata viva di sostegno doppia
28. Palificata viva di sostegno Roma sec. Cornelini
29. Muro cellulare (alveolare) rinverdito
30. Mantellata in calcestruzzo
31. Gabbionata in rete metallica zincata rinverdita
32. Terra rinforzata (a paramento vegetato)
33. Muro a secco rinverdito

Grata viva su scarpata	26

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 = 2,00 ÷ 5,00 m
• Picchetti in ferro ø 14 mm, L min. 40 ÷ 100 cm
• Talee legnose di salici L min. 1.00 m
• Inerte
• Sementi idonee
• Arbusti autoctoni
• Rete elettrosaldata e ramaglie di contenimento dell'inerte tra le camere

Modalità di esecuzione

1. Formazione alla base della scarpata di fondazione: solco longitudinale o palificata o scogliera in massi
2. Posa nel solco di un tronco quale appoggio al piede
3. Posa degli elementi verticali con interasse di circa 1,00 m.
4. Fissaggio degli elementi verticali al substrato con picchetti in ferro
5. Posa degli elementi orizzontali su quelli verticali con interasse 0,40 ÷ 1,00 m (in funzione della pendenza) e chiodatura.
6. Inserimento della rete elettrosaldata e della ramaglia
7. Inserimento nelle camere così ottenute delle talee di salice.
8. Riempimento con inerte terroso locale.
9. Semina o idrosemina dell'intera superficie della grata.
10. Messa a dimora di eventuali piantine radicate di arbusti locali.

Raccomandazioni

* 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.

26	Grata viva su scarpata

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.

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

Voce di Capitolato

3.1 Grata viva su scarpata
a) semplice
b) doppia
Ricostruzione di nicchie di scarpate e versanti in erosione molto ripidi con substrato compatto (che non deve essere smosso) con grata in tondame di castagno o altra conifera di ø 15 - 25 cm e lunghezza 2 - 5 m, fondata su un solco di 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 a seconda 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 o di ferro di ø 12-14 mm di lunghezza idonea per sostenere la struttura; riempimento con inerte terroso locale alternato a talee e ramaglia viva nei quadri, 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 è in genere del tipo semplice, in certi casi può essere realizzata in doppio strato a seconda della profondità e forma dello scoscendimento. La radicazione delle piante si sostituirà nel tempo alla funzione di consolidamento della struttura in legname.

Grata viva su scarpata	26

Sezione tipo

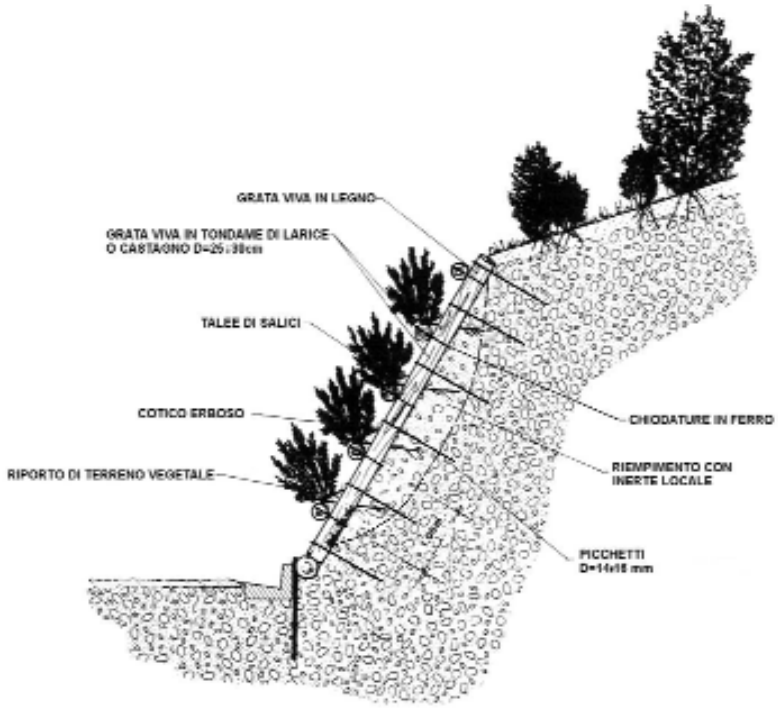


Foto R. Ferrari

Grata con fascinate vive in costruzione
Gemona (UD)

26	**Grata viva su scarpata**

Foto G. Sauli

Grata viva
Civita di Bagnoregio (VT), 2003

Foto G. Sauli

Grata viva
Loc. Montenars (UD) 1996

Grata viva su scarpata	26

Foto G. Sauli

Strada accesso imbocco 4
Ferrovia Pontebbana, (UD) ante operam

Foto V. Zago

Consolidamento mediante grata viva
Strada accesso imbocco 4 Ferrovia Pontebbana, (UD) agosto 2002

27	Palificata viva di sostegno doppia

Descrizione sintetica

Struttura in legname costituita da un'incastellatura di tronchi a formare camere nelle quali vengono inserite talee di specie con capacità di propagazione vegetativa. L'opera, posta alla base di un pendio, è completata dal riempimento con materiale terroso inerte. Le talee inserite in profondità sono necessarie per garantire l'attecchimento delle piante che negli ambienti mediterranei soffrono ulteriormente per le condizioni di aridità.

Campi di applicazione

Base di pendii e scarpate franosi.
Consolidamento al piede di scarpate stradali o ferroviarie.

Materiali impiegati

• Tronchi di castagno o conifera scortecciati ø 20 ÷ 30 cm
• Chiodature metalliche ø 12 ÷ 14 mm
• Talee e ramaglie
• Inerte terroso
• Arbusti autoctoni

Modalità di esecuzione

1. Scavo di fondazione in contropendenza (10°÷15°).
2. Posa della prima serie di tronchi correnti, paralleli al pendio; la fila interna addossata alla parete dello scavo.
3. Posa della prima serie di tronchi trasversali al di sopra dei correnti e chiodati ad essi, con interasse massimo 2,00 m.
4. Inserimento delle talee vive di salici o tamerici e/o arbusti autoctoni
5. Riempimento con il materiale inerte proveniente dallo scavo.
6. Ripetizione delle operazioni 2, 3, 4, 5, fino al raggiungimento dell'altezza di progetto (in genere non superiore a 2 – 2,5 m)
7. Riempimento con inerte terroso a completa copertura dell'opera e riprofilatura di raccordo con il terreno retrostante.

Raccomandazioni

* le talee dovranno avere una lunghezza tale da toccare il terreno retrostante al quale ammorsarsi con le radici, mentre nella parte frontale dovranno sporgere per circa 10 cm
* il fronte della palificata dovrà avere una pendenza massima di 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.

Palificata viva di sostegno doppia	27

Limiti di applicabilità

I limiti sono dati dalle componenti geotecniche (spinte delle terre) del sito.
Altezza massima 2,5 m data la durata limitata nel tempo dei tronchi

Vantaggi

Rapido e robusto consolidamento del piede di scarpata.
Resistenza a spinte del terreno maggiori rispetto alla palificata a parete singola (non utilizzabile in genere in ambito infrastrutturale)

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.

Effetto

Il consolidamento della scarpata è immediato. Effetto visivo immediatamente gradevole e destinato a migliorare per il rapido sviluppo delle ramaglie.

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 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
_ impiego di specie esotiche

Voce di Capitolato

3.2 – Palificata viva di sostegno a parete doppia
Consolidamento di scarpate e pendii franosi con palificata in tondami di castagno o di resinosa di 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 in ferro o tondini ø 14 mm; la palificata andrà interrata con una pendenza del 10 ÷ 15 % verso monte ed il fronte avrà anche una pendenza massima di 60° per garantire la miglior crescita delle piante; una fila di picchetti potrà ulteriormente ancorare 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 legnose adatte

27	**Palificata viva di sostegno doppia**

alla riproduzione vegetativa nonché piante radicate di specie arbustive pioniere. Rami e piante dovranno sporgere per circa 10 cm dalla palificata ed arrivare nel caso delle talee nella parte posteriore sino al terreno naturale. La palificata potrà essere realizzata per singoli tratti non più alti di 2,00 - 2,5m.

Sezione tipo

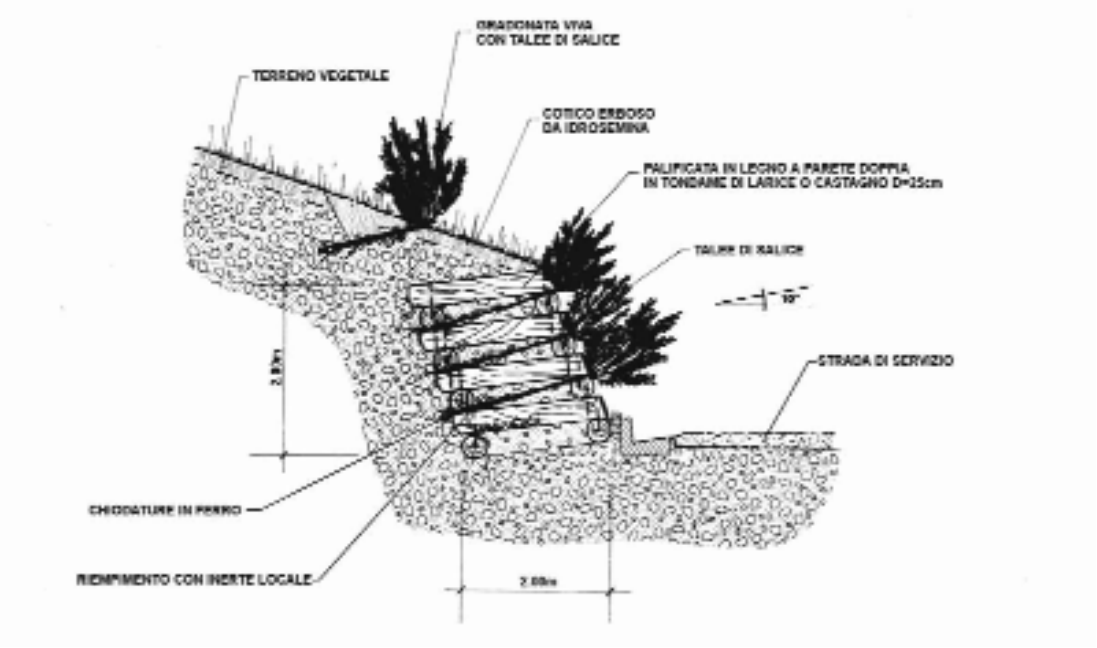


Foto G. Sauli

Palificata viva, appena realizzata
Ponte di muro, strada accesso imbocco Ferrovia Pontebbana (UD), 2001

Palificata viva di sostegno doppia	27

Foto V. Zago

Palificata viva
Ponte di muro, strada accesso imbocco
Ferrovia Pontebbana (UD), agosto 2002

Foto G. Sauli

Palificata viva
S. Genesio (BZ)

28	Palificata viva Roma sec. Cornelini

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.

Campi di applicazione

Scarpate stradali, piede di versanti instabili.

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.6x8 cm.
• Talee l= 2-3 m. ø 2÷5 cm
• Arbusti radicati autoctoni
• Inerte terroso

Modalità di esecuzione

1. Scavo di fondazione in contropendenza (10°÷15°).
2. Posa della prima serie di tronchi correnti, paralleli alla strada
3. 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 6x8 cm, per la ripartizione del carico del terreno di riempimento sulla fondazione (figure 1, 2 e 3)
4. 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)
5. 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.
6. riempimento con inerte e inserimento delle talee di specie con capacità di propagazione vegetativa e degli arbusti radicati autoctoni
7. Riempimento con il materiale inerte proveniente dallo scavo fino a completa copertura dell'opera e riprofilatura di raccordo con la scarpata.

Raccomandazioni

* 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

Palificata viva Roma sec. Cornelini	28

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.

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

Per approfondimenti: Acer 1-2001 Cornelini: La palificata Roma
28 – Palificata viva Roma sec. Cornelini

Voce di Capitolato

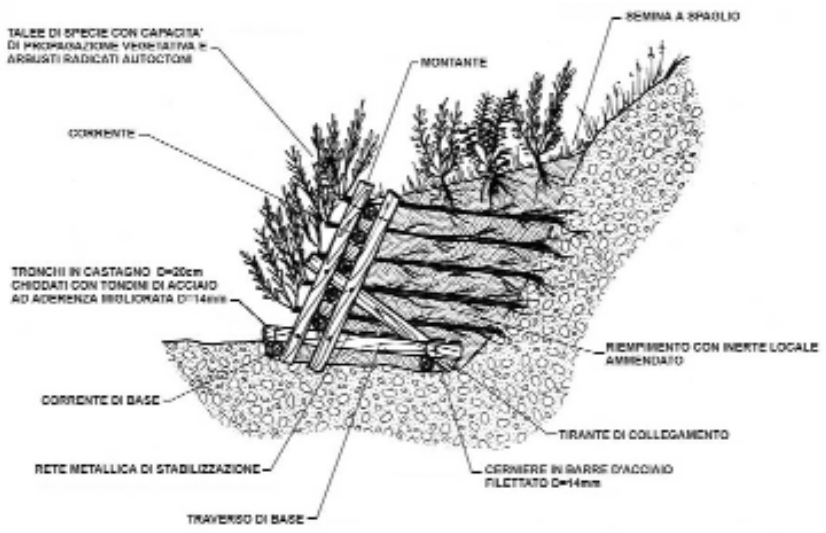
28 – Palificata viva Roma sec. Cornelini
Consolidamento di base di pendii franosi o scarpate stradali con palificata in tondami di castagno o conifere scortecciata ø 20÷25 cm posti a formare una struttura triangolare in legname, con i montanti, i tiranti ed i traversi di L= 2,50 ÷3,00 m e fissati tra 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 barre di acciaio 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 un riempimento con inerte nella zona retrostante; analogamente sarà

28	Palificata viva Roma sec. Cornelini

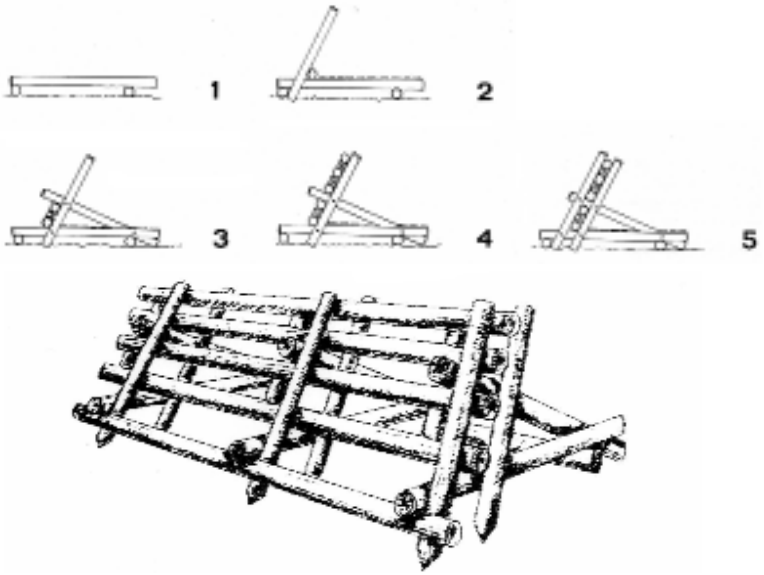
effettuato l'inserimento di talee di salici, tamerici od altre specie con capacità di propagazione vegetativa e/o di piante radicate di specie arbustive pioniere nelle camere e riempimento con inerte nella zona retrostante fino a completa copertura dell'opera e riprofilatura di raccordo con la scarpata di sponda.

Le talee dovranno sporgere per 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÷2,2 m.

Sezione tipo

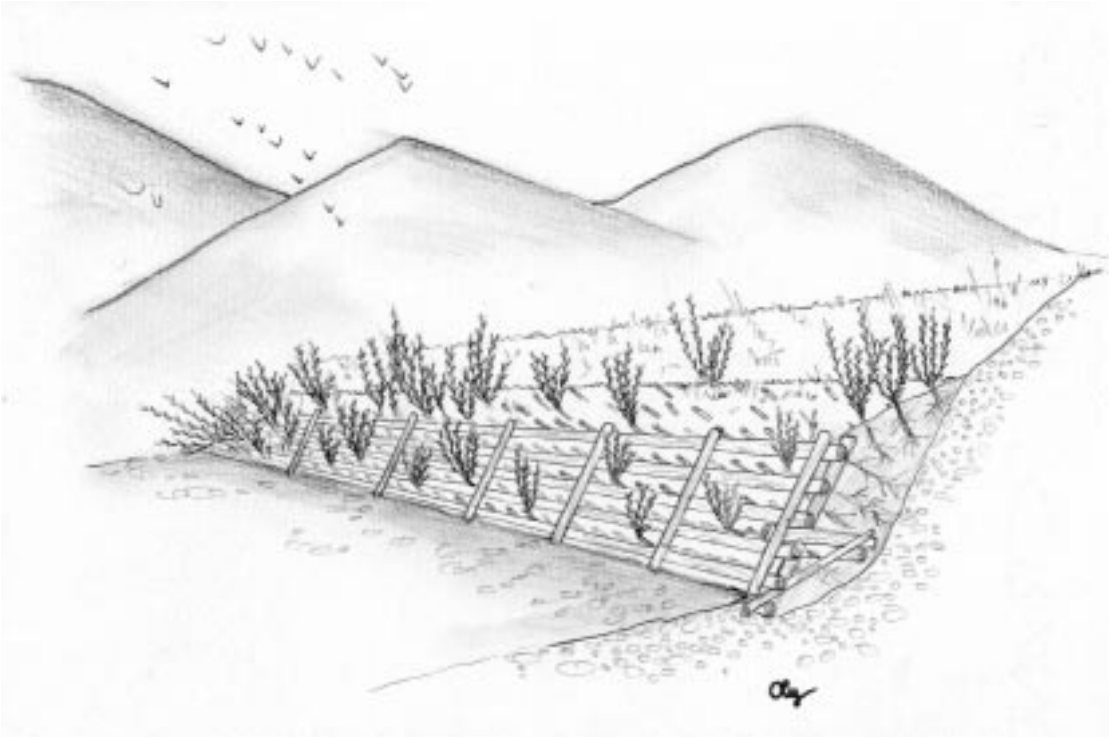


Fasi costruttive



Palificata viva Roma sec. Cornelini	28

Vista prospettica



Palificata viva tipo Roma

Foto P. Cornelini

29	Muro cellulare (alveolare) rinverdito

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. Piedi 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

1. formazione di una fondazione
2. montaggio degli elementi prefabbricati
3. riempimento con inerte drenante nella parte posteriore a contatto con il versante
4. riempimento con terreno vegetale nel primo quarto del fronte esterno
5. messa a dimora di piante erbacee o basso arbustive
6. semina o idrosemina

Raccomandazioni

* 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.

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

Voce di Capitolato

3.11 Muro cellulare (alveolare) rinverdito
a) in calcestruzzo
b) in legno
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 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, trattato con sali impregnanti, che consente altezze da 1 a 8 m e durata dichiarata di 40-50 anni. Per la natura dei materiali vi sono dei vantaggi 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.
I muri cellulari potranno essere realizzati in qualsiasi stagione salvo la parte a verde che sarà soggetta alle normali limitazioni stagionali delle semine e messe a dimora.

29	Muro cellulare (alveolare) rinverdito

Sezione tipo

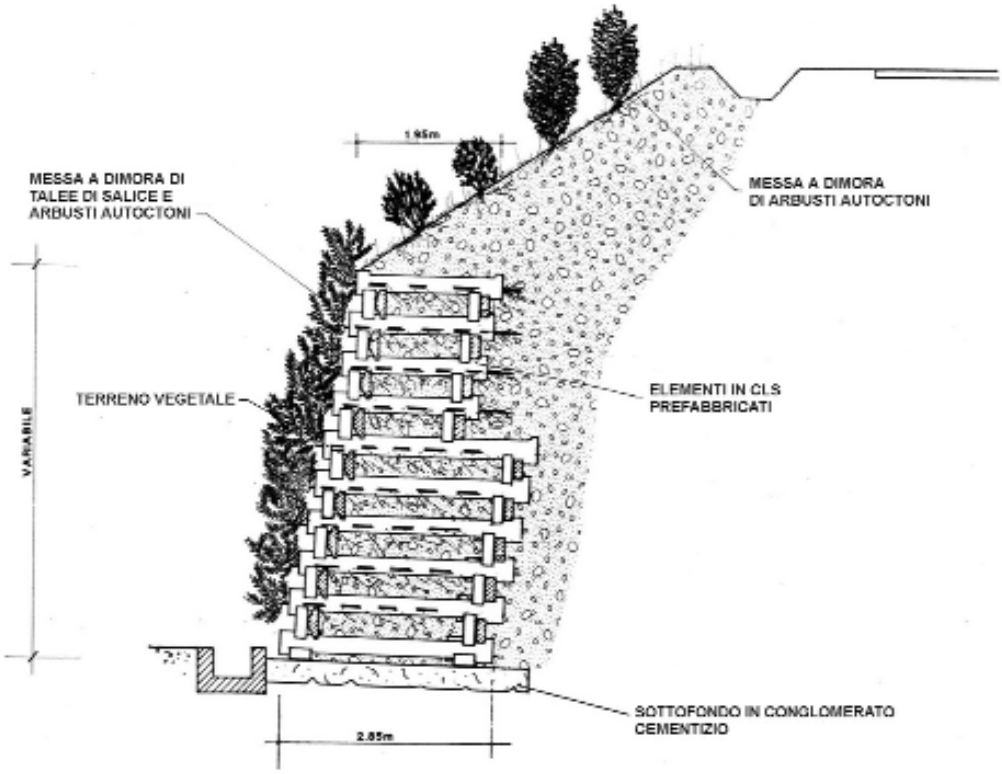


Foto G. Sauli

Muro cellulare rinverdito
Tarvisio Boscoverde (UD), giugno 2003

Foto G. Sauli

Muro cellulare rinverdito, fase di costruzione
Invorio (NO), luglio 1991

Foto G. Sauli

Piantagione di talee in crib-wall,
galleria di Servola (TS)

30	Mantellate in calcestruzzo

Descrizione sintetica

Rivestimento di scarpate ottenuto o con piastre o mattonelle forate ad incastro o con riquadri in calcestruzzo, che vengono successivamente intasati con inerte e terreno vegetale e sottoposti a idrosemina.

Campi di applicazione

Scarpate stradali e ferroviarie con problemi di stabilità per natura litologica (sabbie, argille, ecc.) e pendenze al limite della stabilità.
Superfici con problemi di eccessivo carico, scarso spessore di terreno utile alla crescita degli arbusti.

Materiali impiegati

• piastre o mattonelle prefabbricate forate in calcestruzzo o cordoli in calcestruzzo
• inerte terroso
• terreno vegetale
• idrosemina / semina

Modalità di esecuzione

1. disgaggio della superficie con allontanamento di radici e pietrame di grosse dimensioni
2. posizionamento degli elementi prefabbricati o realizzazione dei cordoli in calcestruzzo
3. intasamento e/o riempimento dei fori con inerte e eventuale terreno vegetale
4. idrosemina o semina a spaglio
5. arbusti pionieri autoctoni

Raccomandazioni

* nel caso sia necessario l'impiego di geotessili di supporto, vanno impiegati tessuti a maglia o stuoie e non teli a struttura continua o non tessuti che creano superfici di scorrimento e impediscono la radicazione delle piante

Limiti di applicabilità

Pendenza eccessiva, superfici troppo irregolari.

Vantaggi

Esecuzione rapida, stabilizzazione immediata della scarpata.
Eventuali vuoti possono essere riempiti anche in momenti successivi.

Svantaggi

Utilizzo eccessivo di calcestruzzo, rapporto pieno-vuoto svantaggioso per le piante. Possibile eccessivo sviluppo delle erbe infestanti.

Effetto

Protezione immediata della superficie. Esecuzione semplice e rapida.
Basso costo.

Mantellate in calcestruzzo	30

Periodo di intervento

Qualsiasi stagione per quanto riguarda la posa degli elementi e l'intasamento con terreno vegetale (escluso tempo piovoso).
Quello relativo alle semine e piantagioni con esclusione dei periodi estivi e di gelo invernale.

Possibili errori

_ scelta errata del periodo per semine e idrosemine
_ impiego di non tessuti di supporto che impediscono la radicazione delle piante
_ impiego di piante esotiche tappezzanti al posto di pioniere autoctone

Voce di Capitolato

3.12 – Mantellate in calcestruzzo
Formazione di rivestimento di superfici piane o in scarpata in piastre forate o in mattoni forati d'impilaggio in genere con morfologia ad incastro strutturati per lo scopo specifico; i fori vanno riempiti di materiale terroso, non necessariamente vegetale, ma tale da poter accogliere la radicazione delle piante erbacee a seguito di semina o idrosemina.
Tale rivestimento verrà utilizzato ove sussistano esigenze funzionale di carico (aree di sosta, parcheggi, rampe di uso saltuario), di protezione di scarpate con limitazioni di crescita per le piante (spalle di ponti, banchine, bordi stradali in adiacenza di edifici), di protezione di scarpate con valori limite di pendenza su substrati soggetti a erosione (sabbie, argille) in presenza di acque di ruscellamento superficiali.
I problemi di manutenzione e le possibilità di crescita sono legati alle caratteristiche stazionali. Spesso sarà consigliabile riempire i vuoti con miscugli di sabbia (polveri di sostanze nutritizie) al posto della terra vegetale per limitare l'eccessivo sviluppo delle erbe infestanti.
Vanno adottate semine o idrosemine con miscele idonee alle caratteristiche stazionali. Per elementi a struttura aperta possono essere effettuate piantagioni di talee e arbusti pionieri autoctoni. Va escluso l'impiego di tapezzanti esotiche (es. Mesembryanthemum) che non hanno effetto consolidante. Non creano successione della vegetazione e regrediscono nel breve periodo.

30	Mantellate in calcestruzzo

Foto G. Sauli

Tratto autostradale Fiano – Orte c/o svincolo di Orte (VT). Scarpata in esposizione meridionale su litologia a matrice sabbiosa. L'intervento eseguito negli anni '80 ha dato buoni risultati funzionali. Il Mesembryanthemun piantato è completamente sparito negli anni ed è stato sostituito da Inula viscosa attualmente dominante.

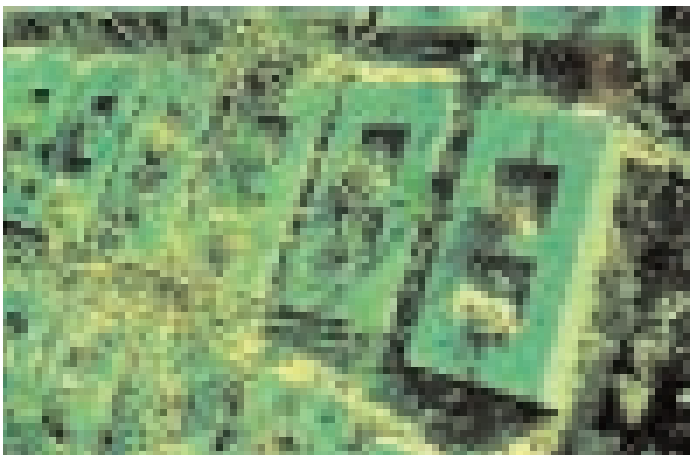


Foto G. Sauli

Tratto autostradale
Fiano – Orte c/o svincolo di Orte (VT), particolare

Foto G. Sauli

Tratto autostradale
Fiano – Orte c/o svincolo di Orte (VT). Situazione al 2002

Foto G. Sauli

Mantellate verdi su scarpate preesistenti;
3a corsia Autostrada Orte-Fiano (VT), aprile 2002

31	Gabbionata in rete metallica zincata rinverdita

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 dimensionati come opere di sostegno.

Materiali impiegati

- ciottoli di fiume ø 15÷30 cm o pietrame
- 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

Modalità di esecuzione

1. 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
2. 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.
3. chiusura della parte sommitale della fondazione
4. posizionamento della successiva fila di gabbioni, arretrata rispetto a quella sottostante di 0,50 m
5. 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
6. posizionamento delle eventuali altre file secondo le modalità descritte

Raccomandazioni

* Ramaglie e talee vanno al meglio sistemate in corso d'opera a disposizione irregolare all'interno del gabbione, se il riempimento viene fatto manualmente, o file se il riempimento è meccanico
* le talee dovranno essere potate a 10 – 15 cm circa dalla superficie del gabbione

Gabbionata in rete metallica zincata rinverdita	31

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 consolidante immediato, utilizzo di materiali locali, opera di sostegno permeabile all'acqua e flessibile.
Adatta sia per sistemazioni lineari che per sistemazioni puntiformi.

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

Voce di Capitolato

3.13 Gabbionata in rete metallica zincata rinverdita
Formazione di gabbionata in rete metallica a doppia torsione a maglie esagonali tessuta con trafilato d'acciaio, tipo 8x10, conforme alle norme EN 10223-3. Il filo d'acciaio con diametro 2.70 mm avrà carico di rottura compreso fra 350 e 550 N/mm2 e allungamento minimo pari al 10%, sarà protetto con galvanizzazione in lega si Zn (5%)Al- Cerio-Lantanio (conforme alla norma EN 10244 – Classe A). In

caso di ambiente chimicamente aggressivo il filo sarà rivestito con materiale plastico con spessore minimo di 0,5 mm in modo da ottenere un diametro complessivo minimo del filo 3,7 mm. Gli scatolari metallici verranno assemblati e collegati tra di loro, utilizzando sia per le cuciture che per i tiranti un filo con le stesse caratteristiche di quello usato per la fabbricazione della rete ed avente diametro pari a 2.2 mm; l'operazione verrà compiuta in modo da realizzare una struttura monolitica e continua. Nel caso di utilizzo di punti metallici meccanizzati per le operazioni di legatura, questi saranno costituiti sempre in acciaio rivestito con lega Zinco-Alluminio (5%)-Cerio-Lantanio con diametro 3,00 mm e carico di rottura minimo pari a 170 Kg/mm2. Gli scatolari una volta assemblati devono venire riempiti in loco con pietrame di pezzatura non inferiore ad una volta e mezzo la dimensione minima della maglia. Gli scatolari prismatici hanno varie dimensioni: altezza (0,5 ÷ 1 m profondità 1 m lunghezza 2÷4 m). L'abbinamento in fase di costruzione con le piante prevede l'inserimento di talee di specie arbustive dotate di capacità di riproduzione vegetativa, poste all'interno del gabbione o nella prima serie di maglie del gabbione soprastante. Le talee dovranno attraversare completamente il gabbione 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

Sezione tipo

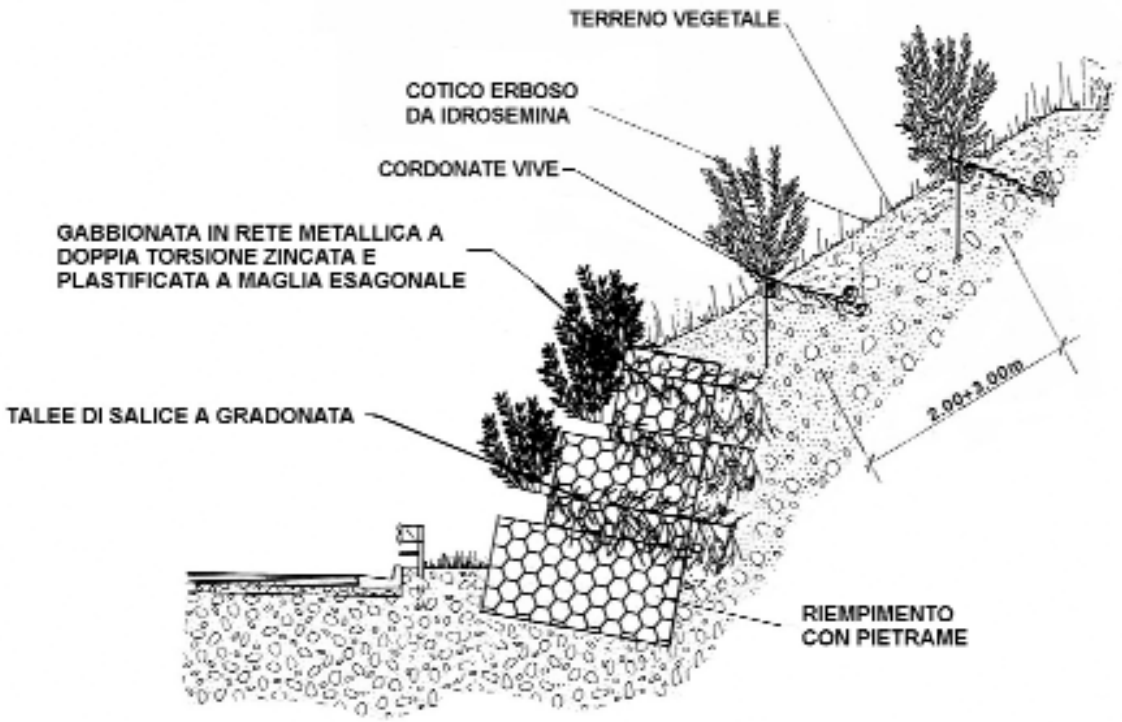


Foto G. Sauli

Strada accesso imbocco ferrovia pontebbana
presso Moggio Udinese (UD), ante operam 1998

Foto V. Zago

Sostituzione di muro in CLS con gabbionate rinverdite
su strada accesso ferrovia pontebbana
Moggio Udinese (UD) 2002

32	Terra rinforzata rinverdita

Descrizione sintetica

Opera di sostegno realizzata mediante l'abbinamento di materiali di rinforzo 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

Modalità di esecuzione

1. 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.
2. Inserimento delle talee di salice, tamerice, ecc. nella maglia inferiore e passanti la struttura.
3. 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.
4. Il materiale di riempimento viene lavorato a strati successivi e ogni strato viene ben compattato con un mezzo meccanico.

5. 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.
6. Riempimento nella parte frontale con terreno vegetale per uno spessore minimo di 50 cm.
7. Messa a dimora di arbusti radicati previo taglio di alcune maglie.
8. I moduli superiori e laterali vengono assicurati tra loro con punti metallici o cuciture adeguati.
9. Talee e arbusti possono essere piantati a posteriori, con minore efficacia dovuta al limitato inserimento in profondità.
10. 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).

Raccomandazioni

* 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.

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 reutilizati inerti locali. La costruzione per moduli consente di ottenere illimitate 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.

32	Terra rinforzata rinverdita

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.

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

Voce di Capitolato

3.15 Terra rinforzata rinverdita
a) con geosintetici
b) con griglie metalliche e geosintetici
c) con griglie e armature metalliche
d) con rete metallica a doppia torsione
Formazione di opere di 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 max 60° - 65° 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 organica (o combinate) che trattengano in modo permanente il suolo consentendo la radicazione delle piante erbacee;
- idrosemina o semina a spessore con miscele adatte alle condizioni di intervento con quantità minima di seme di 60 g/m2, collanti, ammendanti, concimanti e fibre organiche (mulch) in quantità tali da garantire la crescita e l'autonomia del cotico erboso. A miglior garanzia di riuscita del cotico erboso le stuoie frontali dovranno, ove tecnicamente possibile, essere preseminate e preconcimate;
- messa a dimora di specie arbustive pioniere locali per talea (10 x m lineare per ogni strato)o piante radicate in quantità minima di 1 ogni m2, 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 un sistema di drenaggio a tergo della struttura in terra rinforzata che non impedisca però la crescita delle radici (va escluso l’impiego di non tessuti).

L'impiego delle specie arbustive sulle terre rinforzate va considerato quindi una condizione indispensabile per dare autonomia naturalistica, stabilità superficiale e collaudabilità 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 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 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 0,4 m mediante bagnatura e rullatura con rullo vibrante con raggiungimento del fattore di compattazione almeno pari al 95% dello standard Proctor.

a) con geosintetici: per il rinforzo delle terre vengono utilizzati geosintetici costituiti da fibre di varia natura (poliestere, polietilene, polipropilene, ecc). Nella specifica del materiale di rinforzo da impiegare oltre alle caratteristiche fisiche quali resistenza a trazione (superiore a 30 KN/m) ed allungamento in condizioni di esercizio compatibile con le deformazioni della struttura rinforzata, dovrà essere indicato il valore di tensione ammissibile del materiale 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 documentate con certificazioni di qualità in conformità alla normativa vigente. In tal caso il geosintetico, oltre a fungere da rinforzo orizzontale, viene ripiegato 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. L'impiego di geosintetici a 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 al geosintetico geostuoie tridimensionali sintetiche e biostuoie in fibra vegetale.

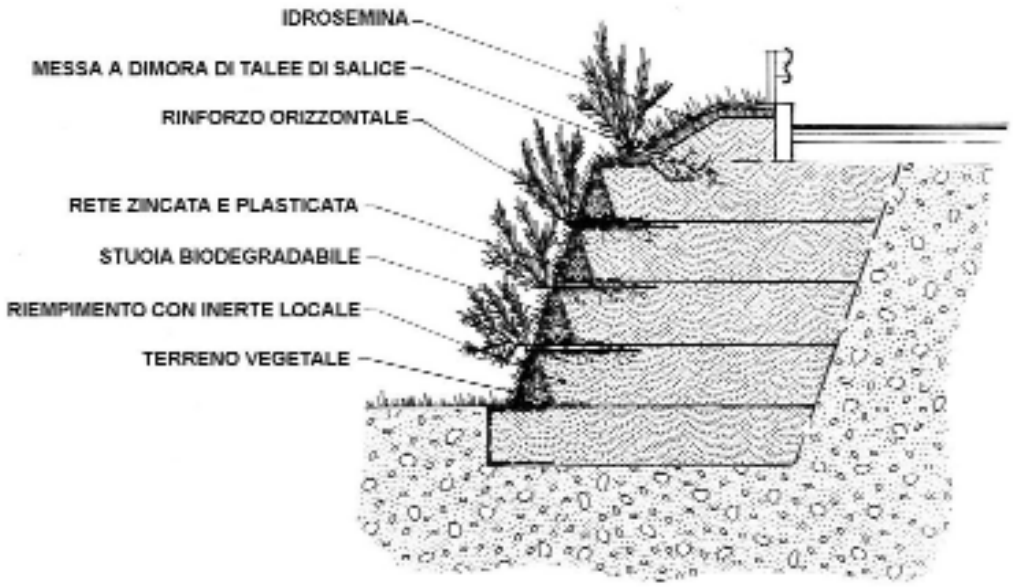
b) con griglia metallica e geosintetici: i rinforzi del rilevato sono costituiti da un geosintetico con resistenza a trazione non inferiore a 30 KN/m; sul fronte esterno viene posizionata una rete metallica elettrosaldata che funge da cassero con maglie differenziate da 6 mm a 9 mm; la rete metallica è rivestita da un geotessile composito per il trattenimento del terreno e base d'appoggio della vegetazione che dovrà consentire la trasparenza alla radicazione delle piante erbacee; lo spessore degli strati non potrà superare i 65 cm. Le specifiche del geosintetico di rinforzo devono presentare caratteristiche conformi al punto a).

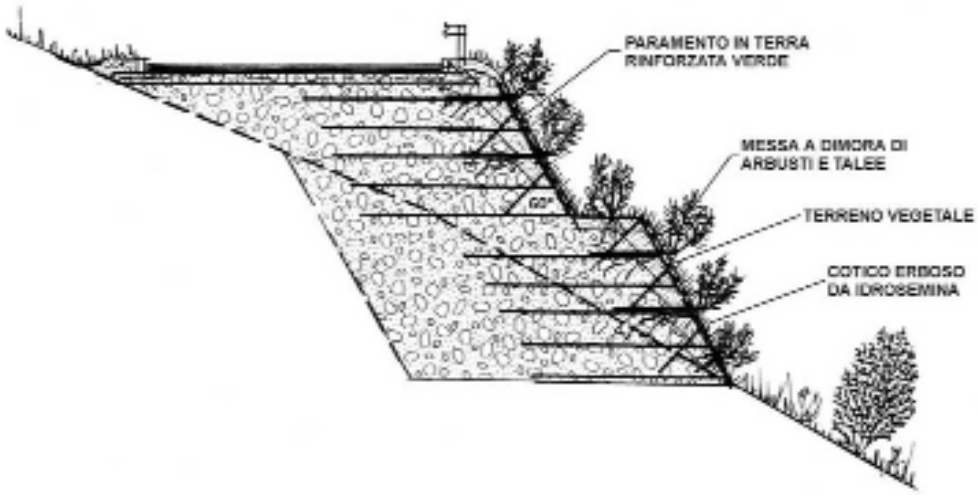
c) con griglia e armatura metallica: le armature vengono realizzate con lamine metalliche di lunghezza variabile, ad aderenza migliorata mediante rilievi trasversali in numero non inferiore a 24/m su entrambe le facce, in acciaio zincato a caldo di sezione minima di 5 x 45 mm vincolate a griglie frontali 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 da una geostuoia tridimensionale in materiale sintetico con elevate caratteristiche di resistenza agli agenti chimici e atmosferici.

d) con elementi preassemblati in rete metallica a doppia torsione: il paramento esterno (max 60°) elementi di armatura planari orizzontali, costituiti da rete metallica a doppia torsione con maglia esagonale tipo 8x10 in accordo con le UNI-EN 10223-3, tessuta con trafilato di ferro, conforme alle UNI-EN 10223-3 per le caratteristiche meccaniche e UNI-EN 10218 per le tolleranze sui diametri, avente carico di rottura compreso fra 350 e 550 N/mm2 e allungamento minimo pari al 10%, avente un diametro pari a 2.70 mm, galvanizzato con lega eutettica di Zinco-Alluminio (5%)-Cerio-Lantanio conforme alla EN 10244 – Classe A e ASTM 856-98 con un quantitativo non inferiore a 255 g/mq. Oltre a tale trattamento il filo sarà ricoperto da un rivestimento di materiale plastico di colore grigio che dovrà avere uno spessore nominale non inferiore a 0,5 mm, portando il diametro esterno ad almeno 3,70 mm. Ogni singolo elemento è provvisto di barrette di rinforzo in lega eutettica Zinco-Alluminio (5%)-Cerio-Lantanio e plasticate di diametro 3,4 mm interno e 4,4 mm esterno, inserite all'interno della doppia torsione delle maglie, nella parte di rete che viene risvoltata in corrispondenza del paramento. Il paramento in vista sarà provvisto inoltre di un elemento di irrigidimento interno assemblato in fase di produzione in stabilimento, costituito da un ulteriore pannello di rete elettrosaldata con maglia 15x15 e diametro 8 mm e da un geocomposito antierosivo in fibra naturale. Il paramento sarà fissato con inclinazione a 60°, per mezzo di elementi a squadra realizzati in tondino metallico e preas-

semblati alla struttura. Gli elementi di rinforzo contigui, saranno posti in opera e legati tra loro con punti metallici meccanizzati in lega eutettica Zinco-Alluminio (5%)-Cerio-Lantanio con diametro 3,00 mm e carico di rottura minimo pari a 170 kg/m2

Sezione tipo





Terra rinforzata rinverdita	32

Sezione tipo

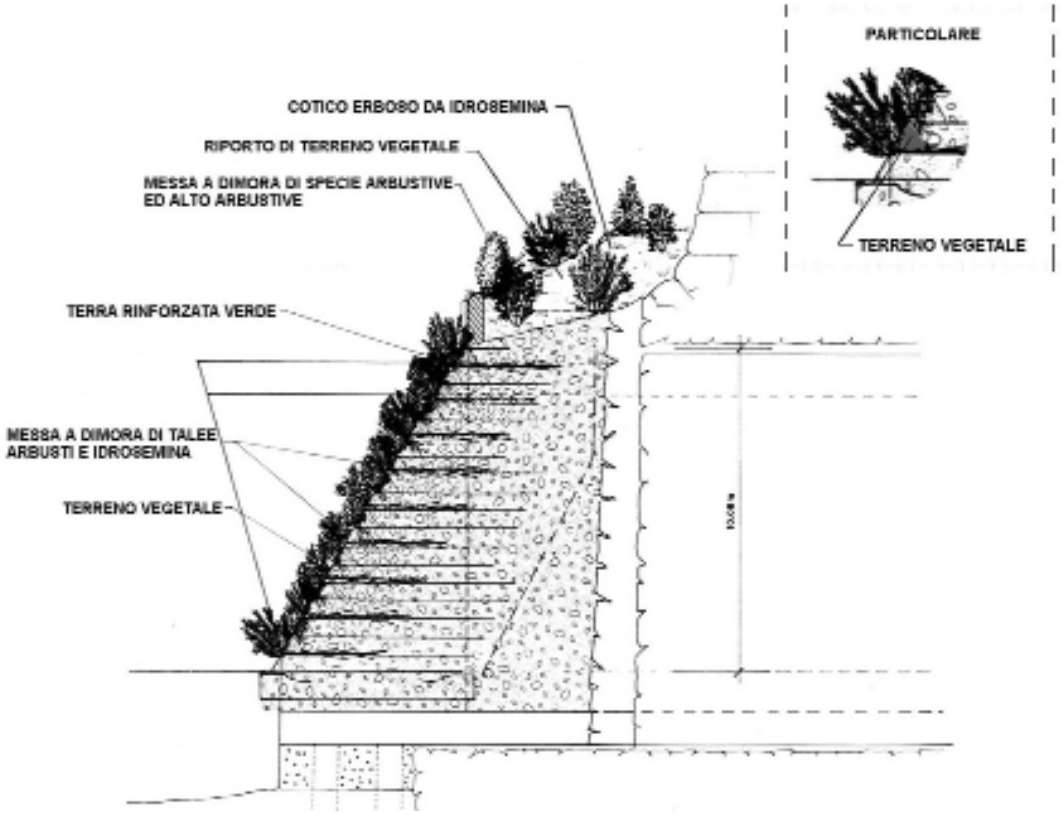


Foto G. Sauli

Terra rinforzata verde
Imbocco Ferrovia Pontebbana presso stazione
di S. Caterina (UD), 2001

32	**Terra rinforzata rinverdita**

Foto R. Ferrari

Terra rinforzata su scarpata autostradale
in fase di costruzione, Casello di Villesse (GO)

Foto R. Ferrari

Terra rinforzata su scarpata autostradale
Casello di Villesse (GO)

Muro a secco rinverdito	33

Descrizione sintetica

Muratura 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 = 1,00 m
• Arbusti radicati

N.B.: per muri di altezza limitata e in prossimità di strade
• Zolle erbose
• Semina a mulch

Modalità di esecuzione

1. Scavo di fondazione
2. Posa della prima fila di pietrame con inclinazione verso monte
3. Messa a dimora di talee, ramaglia di salice o tamerice e arbusti radicati
4. Eventuale messa a dimora di zolle erbose o semina
5. Posa delle file successive di pietrame alternate alla ramaglia
6. Intasamento con terreno vegetale e/o materiale fine
7. ripetizione delle operazioni

Raccomandazioni

* 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
* la posa delle pietre deve avvenire mantenendo una contropendenza verso monte

Limiti di applicabilità

Possono essere raggiunte al massimo altezze di 2 m

Vantaggi

Immediato consolidamento 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.

33	Muro a secco rinverdito

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

Voce di Capitolato

3.16 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/m2), o piante legnose radicate (2-5 pezzi/m2) 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	33

Sezione tipo

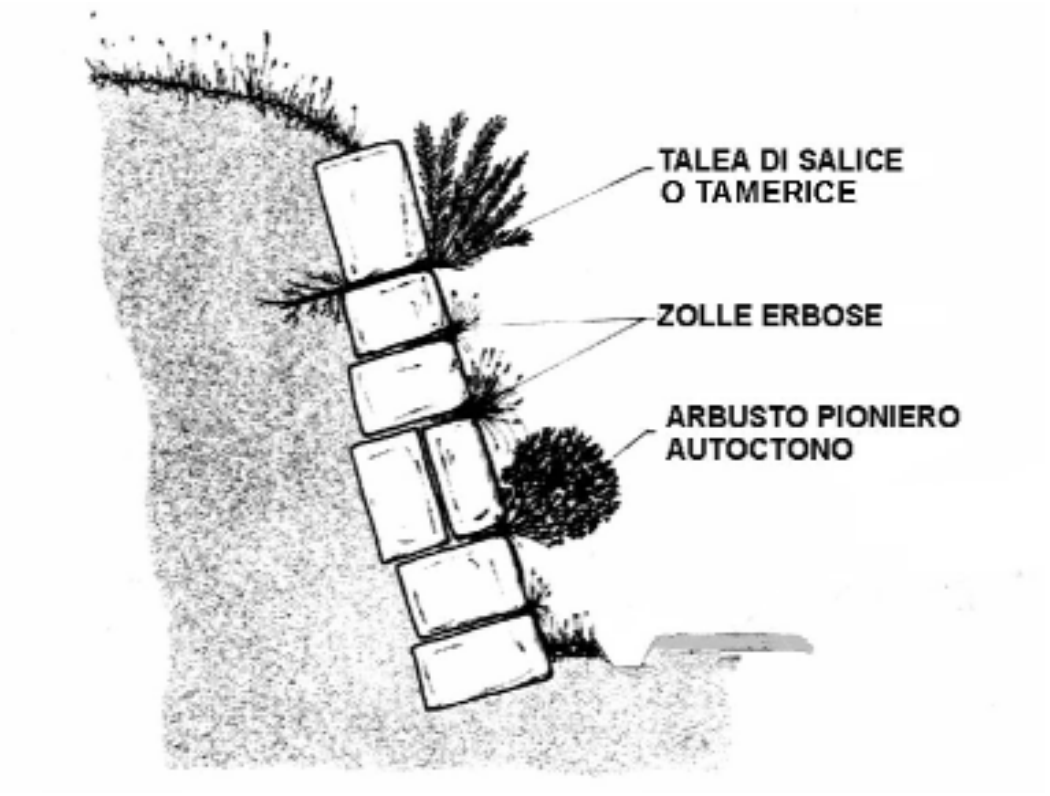


Foto G. Ferrari

Muro a secco rinverdito su strada
Val Trenta, Slovenia

13.4 Interventi costruttivi particolari

34. Barriera vegetativa antirumore (in terrapieno compresso)

Barriera vegetativa antirumore (in terrapieno compresso)	34

Descrizione sintetica

Struttura in terrapieno compresso armato con elementi metallici portanti di supporto o realizzato con doppia terra rinforzata. Il fronte esterno è realizzato in rete o griglia metallica foderato con stuoia organica o sintetica e riempito interamente con inerte terroso a matrice sabbiosa, arricchita in sostanza organica, ed eventualmente migliorato con l'aggiunta di altri ammendanti e fertilizzanti.
La struttura va seminata e piantata con talee e arbusti autoctoni.
Per problemi di aridità va di solito abbinata ad un impianto di subirrigazione, inserito in fase di costruzione.
L'altezza è di solito sui 3 m, ma in casi particolari può arrivare sino a 5 m. La funzione antirumore è garantita dalla massa dell'inerte, le piante hanno funzione principale di inserimento visuale, ma anche di aumento della scabrezza superficiale, che contribuisce all'effetto fonoassorbente.

Campi di applicazion

Isolamento dal rumore in tratti stradali, autostradali e linee ferroviarie.

Materiali impiegati

• Elementi metallici o sintetici
• Rete o griglia metallica foderata con stuoia organica o sintetica
• Inerte terroso a matrice sabbiosa, arricchito in sostanza organica, eventualmente migliorato con ammendanti e fertilizzanti.
• Semina
• Talee e arbusti autoctoni
• Impianto di subirrigazione
• Eventuali fondazioni discontinue in cls

Modalità di esecuzione

1. Eventuale formazione di un piano di fondazione discontinuo per la posa degli elementi.
2. Costruzione a piramide con i risvolti o gli elementi prefabbricati su ambo i lati della barriera.
3. Ricarico di terreno inerte.
4. Idrosemina e messa a dimora di talee e arbusti autoctoni

N.B.: Tale barriera può essere realizzata o con geotessuti o con moduli metallici.

Raccomandazioni

* In caso si necessità di opere fondazionali, le fondazioni stesse dovranno essere discontinue con disposizione a "traversine tipo treno" per non impedire la radicazione degli arbusti nel substrato naturale.
* L'inserimento delle piante legnose va considerato indispensabile per la buona riuscita e duratura della barriera antirumore, infatti la sola cotica erbosa deperisce nel tempo e il terreno tra gli elementi tende a dilavarsi, determinando lo svuotamento della struttura.

Limiti di applicabilità

Disponibilità di spazio alla base, peso (da escludere nei viadotti)

Vantaggi

I manufatti risultano avere un'elevata durata temporale, garantita dai materiali metallici zincati.

34	**Barriera vegetativa antirumore (in terrapieno compresso)**

La costruzione per moduli della doppia terra rinforzata consente di adattare la struttura alle condizioni locali del terreno.
La totale rinverdibilità presenta notevoli vantaggi di tipo paesaggistico.

Svantaggi

Nel caso di strutture subverticali o con altezze eccessive potrebbe risultare eccessivo il drenaggio e quindi compromesso l'apporto idrico a tutte le parti della barriera. E' consigliabile pertanto un adeguato sistema di irrigazione che va comunque previsto in tutte le situazioni di climi aridi.

Effetto

La funzione antirumore è garantita dalla massa dell'inerte, le piante hanno funzione principale di inserimento visuale, nonché di aumento della scabrezza superficiale, che contribuisce all'effetto fonoassorbente.

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

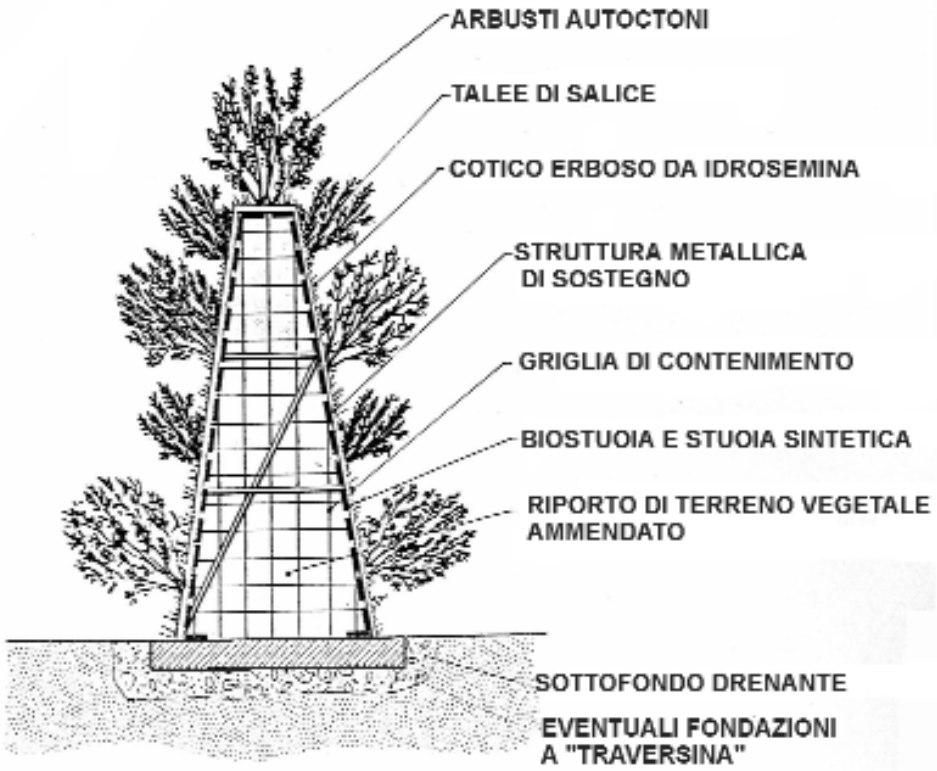
_ Inadeguata selezione dell'inerte e quindi eccesso di compattazione o all'opposto di drenaggio
_ Uso di non tessuti frontali e conseguente impedimento alla radicazione
_ Al contrario uso di sole biostuoie e loro rapido decadimento con innesco di fenomeni di svuotamento
_ Scelta errata di miscele di sementi e/o specie arbustive
_ Uso di specie esotiche

Voce di Capitolato

4.2 Barriera vegetativa antirumore in terrapieno compresso
a) metallica
b) in legno
c) in calcestruzzo
d) in doppia terra rinforzata
Formazione di una barriera antirumore di altezza minima di 2 m e larghezza minima alla base di 1,2 m costituita da una struttura in terrapieno compresso riempita di una miscela di inerte vegetale locale additivato con ammendanti migliorativi delle caratteristiche fisico-idrologiche ed organiche, di natura tale da garantire il drenaggio, la crescita delle piante e la stabilità nel tempo di queste due caratteristiche.
Il verde inizialmente sarà deputato al cotico erboso da idrosemina a spessore e in seguito sarà garantito dalla crescita di arbusti autoctoni che verranno messi a dimora per talee o piante radicate sia in testa che su entrambe le pareti subverticali della barriera, in ragione di minimo 1 pezzo ogni 3 m^2. Anche in questo caso, come nelle terre rinforzate a paramento vegetato, lo stadio di riferimento della vegetazione è la siepe su prato-pascolo. Per le regioni centro meridionali andrà previsto un impianto di irrigazione per i primi periodi vegetativi costituito da linee di tubi porosi posti orizzontalmente ogni 1,5 m al massimo di altezza. Verranno effettuate le verifiche statiche relative alle fondazioni che, ove necessarie, non potranno essere continue, ma disposte come le traverse ferroviarie, in modo da garantire le permeabilità delle radici degli arbusti nel substrato.
Le verifiche statiche delle fondazioni e delle strutture nonché le caratteristiche di fonoisolamento dovranno essere conformi alle prescrizioni normative vigenti.
Sono possibili varianti relative:

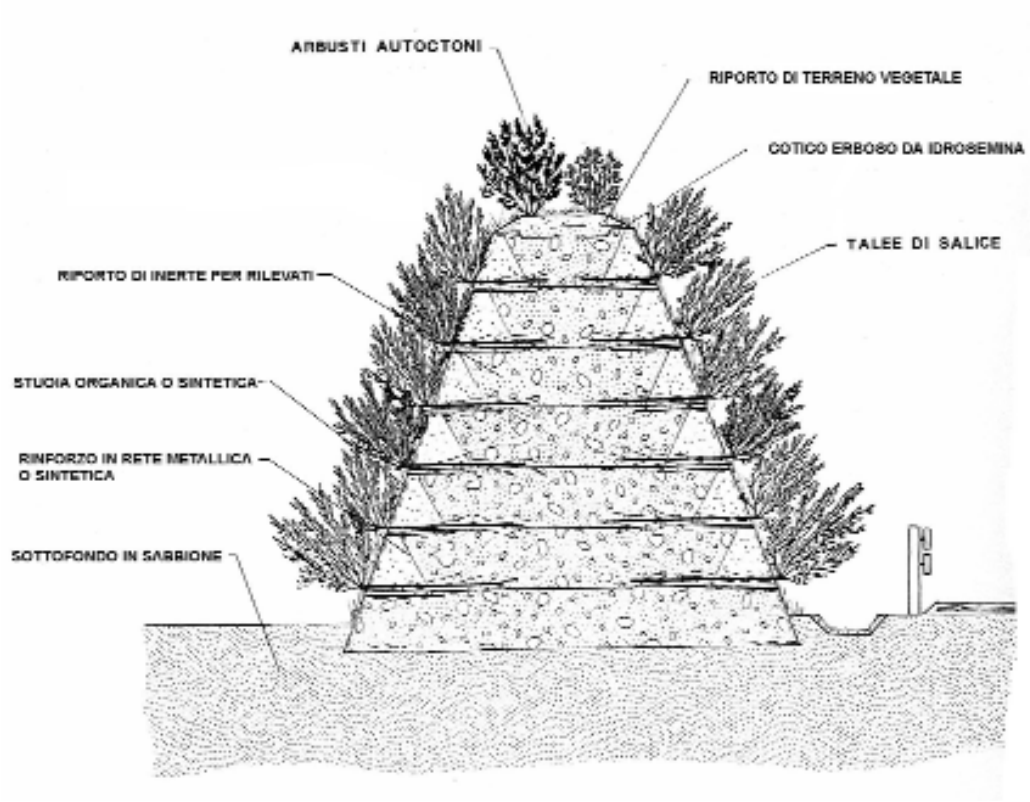
a) in struttura metallica: la struttura di sostegno in metallo sarà costituita da montanti in profilato di acciaio zincato a caldo di idonea portanza rapportata all'altezza della barriera, le pareti saranno realizzate in rete metallica elettrosaldata zincata a caldo di maglia minima 10x10 cm e tondini di diametro minimo di 8 mm (il dimensionamento sarà rapportato alle esigenze statiche e funzionali) la rete sarà foderata all'interno da stuoia eventualmente preseminata e preconcimata in fibre vegetali di grammatura minima 100 g/m2 a sua volta rivestita verso l'interno da una rete o stuoia in materiale sintetico con elevate caratteristiche di resistenza agli agenti chimici e atmosferici per il trattenimento del terreno. Il riempimento avverrà dall'alto e l'inerte verrà compattato in modo tale da aderire alle pareti senza che rimangano vuoti, ciò nonostante verrà previsto un ricarico nella parte superiore ad assestamento finale del terreno che normalmente avviene dopo alcuni mesi ed a seguito delle prime piogge di una certa consistenza.
b) in legno
c) in calcestruzzo
Per le strutture alveolari o a mensola in legno e calcestruzzo valgono le prescrizioni relative all'articolo dei muri cellulari;
d) in doppia terra rinforzata.
Valgono le prescrizioni relative alle terre rinforzate con geotessuti e reti metalliche salvo che la costruzione avvenga a piramide con risvolti da ambo i lati della barriera e chiusura superiore con un ricarico di inerte su una testa orizzontale di almeno 1,5 m.

Sezione tipo



34	**Barriera vegetativa antirumore (in terrapieno compresso)**

Sezione tipo



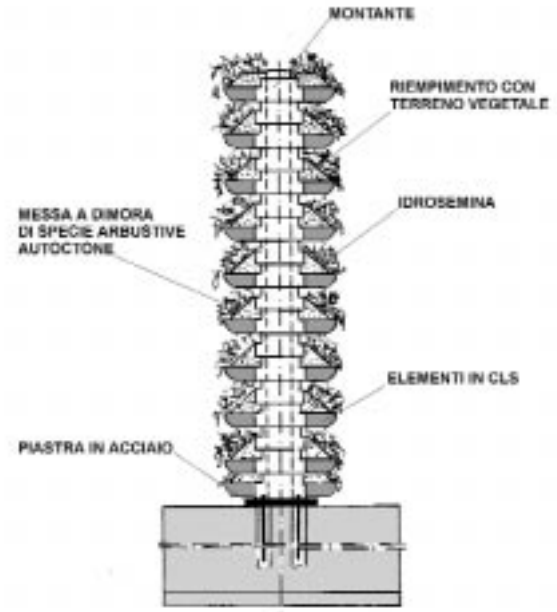


Foto G. Sauli

Barriera antirumore in muro cellulare con supporti in legno, fase di costruzione

Foto G. Sauli

Barriera vegetativa antirumore a terrapieno compresso in sostegni metallici

34	**Barriera vegetativa antirumore (in terrapieno compresso)**

Foto Maccaferri S.p.A.

Barriera vegetativa antirumore in
doppia terra rinforzata, fase di costruzione

Foto Maccaferri S.p.A.

Barriera vegetativa antirumore
in doppia terra rinforzata

PARTE III - PROGETTAZIONE

Capitolo 14

La progettazione degli interventi di ingegneria naturalistica

P. Cornelini, G. Sauli

14.1 Introduzione

Il progetto di ingegneria naturalistica nel settore delle sistemazioni infrastrutturali delle cave e delle coste 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 mitigazione degli impatti dell'opera sull'ambiente, del restauro ambientale, 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 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 in ambito terrestre; tali tipologie vanno espresse sia come consorzi vegetazionali che come tecniche di ingegneria naturalistica per le sistemazioni antierosive e di consolidamento e per l'aumento della qualità ambientale e paesaggistica dell'area stessa.

14.2 Analisi stazionale botanica

14.2.1 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 stradale 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 tale consolidamento, per cui unitamente ad esse, vengono utilizzati tronchi in legno chiodati tra loro. Con il tempo il legno si decomporrà e le talee e gli arbusti cresciuti sia nella parte aerea che nell'apparato radicale realizzeranno un cespuglieto con il raggiungimento dell'obiettivo progettuale del consolidamento unitamente alle altre 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 stradale in erosione) i parametri ecologici per la definizione delle specie e delle tipologie vegetazionali di progetto, unitamente alla individuazione della 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) sia per le limitazioni delle condizioni ecologiche (suoli primitivi, pendenza eccessiva, aridità, energia idraulica, etc.) che per vincoli tecnici (distanze di sicurezza, etc.).

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.

14.2.2 Indagini botaniche per la scelta delle specie e delle tipologie vegetazionali di progetto

Un progetto di ingegneria naturalistica deve basarsi su una approfondita conoscenza delle caratteristiche ambientali dell'area d'intervento, per riproporre tipologie vegetazionali, con funzioni antierosive e di consolidamento, coerenti con il territorio ed affini a stadi della serie vegetazionale autoctona; 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, impianti di fitocenosi non molto evolute, con caratteristiche pioniere, capaci però di innescare il processo di rinaturalizzazione.

La conoscenza della vegetazione reale e potenziale dell'area, nonché la ricostruzione della serie dinamica della vegetazione per individuare gli stadi pionieri più evoluti, compatibilmente con le caratteristiche ecologiche stazionali e con le necessarie caratteristiche biotecniche, risultano quindi elementi fondamentali per la progettazione.

Nell'analisi botanica va compreso uno studio sui lineamenti climatici della zona di intervento reperendo le serie mensili dei dati di temperatura e precipitazioni per la realizzazione del diagramma di Walter o di Bagnouls-Gaussen (vedi Fig. 14.1) che fornisce importanti indicazioni per la scelta delle specie (vedi Lineamenti fitoclimatici).

Informazioni essenziali a riguardo sono contenute nella pubblicazione FITOCLIMATOLOGIA DEL

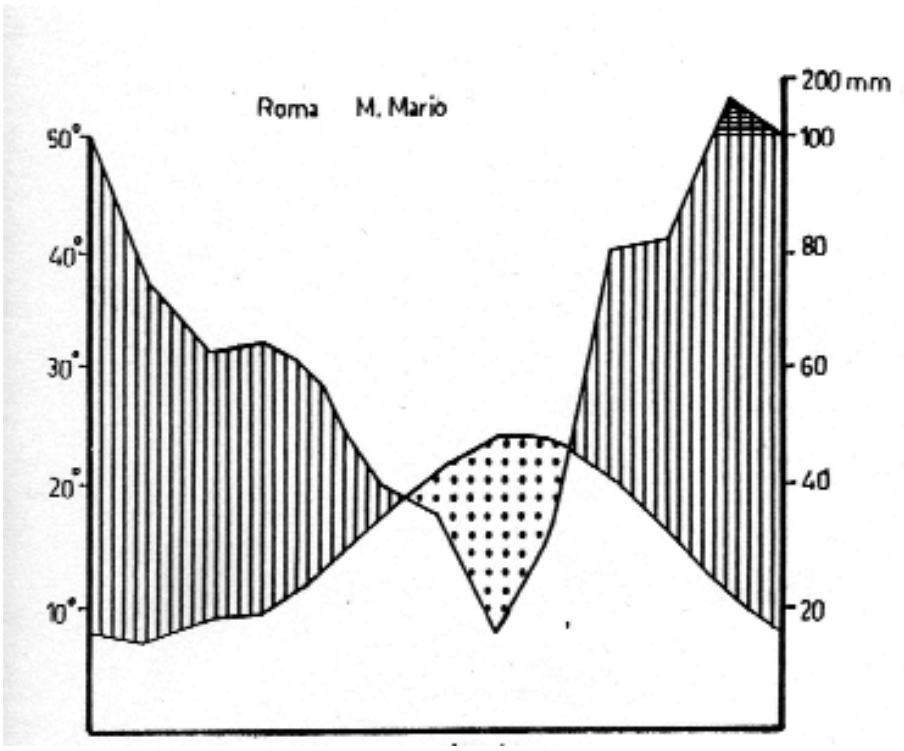


Fig. 14.1 Diagramma di Walter Roma M. Mario

LAZIO (Blasi ,1994) che contiene la CARTA DEL FITOCLIMA DEL LAZIO.

Nell'analisi stazionale botanica sono possibili due tipi di indagine:

1) Analisi floristica

Tale analisi, più speditiva di quella fitosociologica, è da impiegarsi nelle situazioni più semplici, ove la limitata estensione dell'intervento unito alla omogeneità delle caratteristiche ecologiche della stazione 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 (Tab. 14.1), strutturata secondo le forme biologiche, vanno selezionate le specie di progetto:

Tab. 14.1 - Progetto delle opere di recupero ambientale della galleria Pileggi presso Nazzano (RM) Elenco delle specie legnose rinvenute nell'area

Cespugli	
Cornus sanguinea	sanguinello
Ligustrum vulgare	ligustro
Euonymus europaeus	fusaggine
Crataegus monogyna	biancospino
Rosa canina	rosa selvatica
Prunus spinosa	prugnolo
Acer campestre	testucchio
Spartium junceum	ginestra comune
Cercis siliquastrum	albero di Giuda
Viburnum tinus	lentaggine
Phillyrea latifolia	fillirea
Rosa sempervirens	rosa di S.Giovanni
Carpinus orientalis	carpino orientale
Piccoli alberi	
Acer campestre	loppio
Fraxinus ornus	orniello
Ostrya carpinifolia	carpino nero
Alberi	
Quercus cerris	cerro
Quercus pubescens	roverella
Populus alba	pioppo bianco

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.

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, come ***Amaranthus retroflexus*** (amaranto comune).

L'analisi dei tipi corologici consente di individuare le specie autoctone per gli interventi progettuali.

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 lo-*

ro 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 (Tab.14.2) 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.

La possibilità quindi di classificare la vegetazione di una zona secondo certe unità organizzate gerarchicamente in relazione ai parametri ambientali con informazioni sulla tendenza evolutiva dei processi fanno della fitosociologia uno strumento fondamentale nello studio di un territorio e nella progettazione degli interventi di ingegneria naturalistica

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.

Tab. 14.2 - Progetto delle opere di recupero ambientale della galleria Pileggi presso Nazzano (RM)
Tabella riassuntiva dei rilievi fitosociologici delle formazioni arbustive

Rilievo	1	2	3
Esp. °	NNE		SW
Incl.°	15	-	15
cop. tot. %	100	100	100
Strato arbustivo			
h m	1-3	2	5-6
cop. %	100	100	100
Salix caprea	2		
Rubus ulmifolius	3	4	
Ficus carica	+		
Ulmus minor	+	2	
Cornus sanguinea		2	
Clematis vitalba		1	
Ostrya carpinifolia		1	
Colutea arborescens		1	
Fraxinus ornus		1	1
Citysus scoparius		+	
Phillyrea latifolia			2
Pistacia lentiscus			2
Erica arborea			1
Cistus salvifolius			2
Quercus ilex			2
Carpinus orientalis			+
Acer monspessulanum			+
Crataegus monogyna			1
Laurus nobilis			1
Cytisus sessilifolius			2
Spartium junceum			2

Strato erbaceo cop. %	40	5
Solanum nigrum	2	
Eupatorium cannabinum	1	
Pteridium aquilinum	1	
Equisetum sp.	+	
Picris hieracioides	+	
Arundo pliniana	+	1
Asparagus acutifolius		+
Quercus cerris		+
Populus nigra		+
Pteridium aquilinum		+
Hedera helix		+
Populus alba	+	
Clematis vitalba	+	
Chenopodium sp.	+	

14.2.3 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 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

14.3 Il progetto botanico

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.

Il progetto botanico deve individuare, a seguito delle analisi stazionali, la lista delle specie e le tipologie vegetazionali di progetto (Tab. 14.4 e 14.5) Nella scelta delle specie da utilizzare, tra quelle autoctone coerenti con l'ambiente ecologico circostante e appartenenti alla serie della vegetazione potenziale, vanno selezionate quelle con le migliori caratteristiche biotecniche, cioè con un apparato radicale profondo ed esteso e con una crescita rapida nella parte aerea, per garantire nel tempo la protezione ed il consolidamento della sponda.

La scelta delle specie va fatta quindi tra quelle:

- coerenti con la flora e la vegetazione autoctona a livello regionale e, nel caso di un'area protetta, con la flora dell'area

- ecologicamente compatibili con i caratteri microstazionali (microclima, substrato, morfologia, etc.) dell'area di intervento
- appartenenti allo stadio dinamico della serie della vegetazione potenziale più evoluto possibile in funzione delle caratteristiche ecologiche della stazione realizzate dall'intervento
- aventi le necessarie caratteristiche biotecniche.

Le specie legnose (le sole idonee per gli interventi di stabilizzazione o consolidamento) più adatte a operare in stazioni con caratteristiche ecologiche difficili, quali una scarpata instabile con suoli poco evoluti o assenti, e quindi, in genere, poco idonee all'impianto degli alberi, che richiedono condizioni più favorevoli, 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 con un reale miglioramento dei parametri geotecnici quali l'angolo di attrito e la coesione; a tale azione puntuale o lineare di consolidamento va comunque unita un'azione di protezione antierosiva areale del pendio ad opera delle specie erbacee che agiscono tipicamente nei primi decimetri di suolo.

L'effetto combinato del prato e del cespuglieto pioniero, realizzati con le tecniche di I.N., comporta anche il miglioramento del bilancio idrico del suolo, garantendo con interventi semplici, ma estesi a livello territoriale nelle aree instabili e con un'azione soprattutto preventiva, una significativa riduzione percentuale dei fenomeni erosivi e franosi.

Le maggiori esperienze di utilizzo delle tecniche di ingegneria naturalistica sono state fatte nelle regioni dell'arco alpino caratterizzate da un clima più mesofilo (più fresco, più umido e con estati senza grossi stress idrici) di quello mediterraneo, con situazioni ecologiche più favorevoli all'attecchimento delle piante.

I problemi legati all'utilizzo delle piante vive in ambito mediterraneo che caratterizza una larga fascia costiera del territorio laziale sono quindi:

- 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.

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.

I salici sono molto utilizzati nelle sistemazioni idrauliche ove rappresentano la tipologia vegetazionale finale, ma anche, in genere, in molte sistemazioni terrestri ove si impiegano come elemento transitorio, verso le tipologie vegetazionali di progetto, in quanto, con idonei interventi di manutenzione, saranno poi favoriti gli arbusti autoctoni originariamente messi a dimora insieme ad essi.

L'utilizzo massiccio dei salici, specie in genere meso-igrofile, pur compatibile, dal punto di vista ecologico, con le caratteristiche delle stazioni umide mediterranee, quali quelle dei corsi 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 altre regioni o addirittura nazioni.

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.

Tab. 14.3 - Metodologia per l'individuazione ed il reperimento delle specie per l'inerbimento

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. 14.4 - Progetto delle opere di recupero ambientale della galleria Pileggi presso Nazzano (RM) Elenco delle specie erbacee per l'inerbimento

Famiglia Gramineae		**%**
Agropyron repens		10
Dactylis glomerata		10
Cynodon dactylon		8
Festuca arundinacea		8
Lolium perenne		8
Lolium multiflorum		6
Holcus lanatus		5
Poa trivialis		5
Famiglia Leguminosae		
Lotus corniculatus		6
Medicago falcate		4
Medicago sativa		4
Medicago lupulina		4
Vicia sativa		3
Vicia villosa		3
Trifolium pratense		3
Trifolium repens		3
Altre		
Taraxacum officinale		4
Plantago lanceolata		4
Sanguisorba minor		2
Totale		**100**
Quantità	**gr/mq.**	**40**

14.4 Le piante legnose autoctone comuni nel Lazio per gli interventi di ingegneria naturalistica

14.4.1 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.

14.4.2 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:

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

Le categorie: P succ, rappresentate da una specie del genere *Opuntia*, Pepif rappresentate da 3 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 P SCAP, 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 14.7).

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.14.5 e 14.6) 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

14.4.3 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 autoc-

tone 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.

Crataegus monogyna (Biancospino)

Tab. 14.5 - 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
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 (MATTUSCHKA)	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

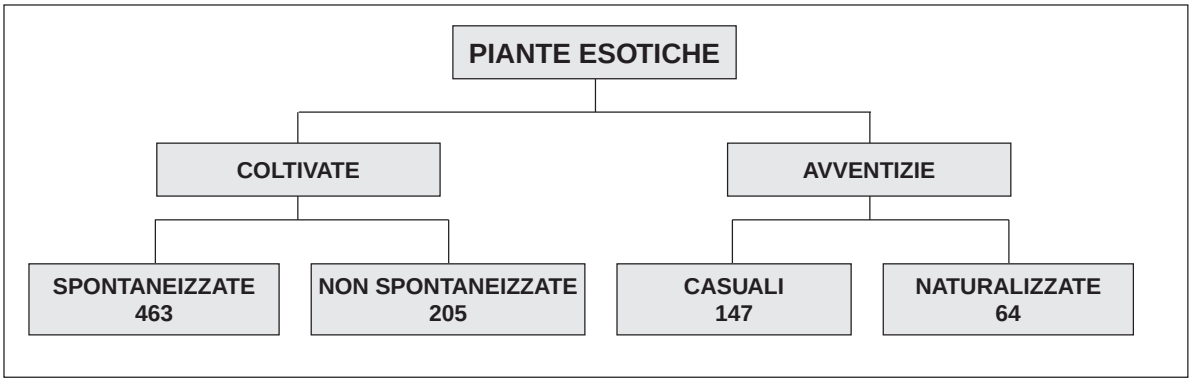
Tab.14.6 - Elenco indicativo degli arbusti (P Caesp e eNP) autoctoni più comuni del Lazio di potenziale impiego negli interventi di I.N. suddivisi per fasce fitoclimatiche, da verificare con opportune indagini floristiche in loco (Cornelini e Sauli 2002)

NOME	FORMA BIOLOGICA	TIPO COROLOGICO	REGIONE TEMPERATA	REGIONE TEMPERATA DI TRANSIZIONE	REGIONE MEDITERRANEA DI TRANSIZIONE	REGIONE MEDITERRANEA
Acer monspessulanum L.	P CAESP	EURIMEDIT.		X	X	X
Adenocarpus complicatus (L.) GAY	NP	STENOMEDIT.	X	X		
Arbutus unedo L.	P CAESP	STENOMEDIT.	X	X		
Artemisia arborescens L.	NP	S-STENOMEDIT				X
Atriplex halimus L. *	P CAESP	STENOMEDIT.-ATL.				X
Buxus sempervirens L.	NP	EURIMEDIT.			X	X
Calicotome spinosa (L.) LINK	P CAESP	STENOMEDIT.				X
Calicotome villosa (POIRET) LINK	P CAESP	STENOMEDIT.				X
Carpinus orientalis MILLER	P CAESP	PONTICA		X	X	X
Cistus incanus L.	NP	STENOMEDIT.			X	X
Cistus monspeliensis L.	NP	STENOMEDIT.				X
Cistus salvifolius L.	NP	STENOMEDIT.			X	X
Colutea arborescens L.	P CAESP	EURIMEDIT.	X			
Cornus mas L.	P CAESP	S-EUROP.-SUDSIB.	X	X	X	
Cornus sanguinea L.	P CAESP	EURASIAT.	X	X	X	
Coronilla emerus L.	NP	CENTRO-EUROP.	X	X	X	
Corylus avellana L.	P CAESP	EUROP.-CAUCAS.		X	X	
Crataegus monogyna JACQ.	P CAESP	PALEOTEMP.	X	X	X	X
Crataegus oxyacantha L.	P CAESP	CENTRO-EUROP.	X	X	X	
Cytisus scoparius (L.) LINK	P CAESP	EUROP.	X	X	X	
Cytisus sessilifolius L.	P CAESP	OROF. SW-EUROP.	X			
Cytisus villosus POURRET	P CAESP	W-STENOMEDIT			X	X
Erica arborea L.	P CAESP	STENOMEDIT.			X	X
Erica multiflora L.	NP	STENOMEDIT.				X
Erica scoparia L.	P CAESP	W-STENOMEDIT.				x

Euonymus europaeus L.	P CAESP	EURASIAT.	X	X	X	X
Euphorbia characias L.	NP	ENDEM			X	
Euphorbia dendroides L.	NP	STENOMEDIT.				X
Halimium halimifolium (L.) WILLK.	NP	W-STENOMEDIT.				X
Ilex aquifolium L.	P CAESP	EURIMEDIT.	X			
Juniperus communis L.	P CAESP	CIRCUMBOR.			X	X
Juniperus oxycedrus L.	P CAESP	EURIMEDIT.				X
Juniperus phoenicea L.	P CAESP	EURIMEDIT.				X
Laburnum anagyroides MEDICUS	CAESP	S-EUROP.-SUDSIB.	X			
Laurus nobilis L.	P CAESP	STENOMEDIT.			X	X
Lavatera olbia L	P CAESP	STENOMEDIT.				X
Ligustrum vulgare L.	NP	EUROP.-CAUCAS.		X	X	
Lonicera caprifolium L.	PLIAN	SE EUROP	X	X	X	
Lonicera etrusca G. SANTI	PLIAN	EURIMEDIT	X	X	X	X
Lonicera implexa AITON	PLIAN	STENOMEDIT				x
Medicago arborea L.	P CAESP	NE-STENOMEDIT.				X
Mespilus germanica L.	P CAESP	S-EUROP.-SUDSIB.	X	X	X	
Myrtus communis L.	P CAESP	STENOMEDIT.				X
Olea europaea L. Oleaster	P CAESP	STENOMEDIT.				X
Osyris alba L.	NP	EURIMEDIT.			X	X
Paliurus spina christi MILLER	P CAESP	SE-EUROP.		X	X	X
Phillyrea angustifolia L.	P CAESP	W-STENOMEDIT.				X
Phillyrea latifolia L.	P CAESP	STENOMEDIT.			X	X
Pistacia lentiscus L.	P CAESP	S-STENOMEDIT.			X	X
Pistacia terebinthus L.	P CAESP	EURIMEDIT.	X	X	X	
Prunus mahaleb L.	P CAESP	S-EUROP.-SUDSIB.		X		
Prunus spinosa L.	P CAESP	EUROP.-CAUCAS.	X	X	X	
Pyracantha coccinea ROEMER	P CAESP	STENOMEDIT.		X	X	
Rhamnus alaternus L.	P CAESP	EURIMEDIT.			X	X
Rhamnus catharticus L.	P CAESP	S-EUROP.-SUDSIB.	X			
Rhus coriaria L.	P CAESP	S-STENOMEDIT.				X
Rosa canina L.	NP	PALEOTEMP.		X	X	
Rosa sempervirens L.	NP	STENOMEDIT.			X	X
Rosmarinus officinalis L.	NP	STENOMEDIT.				X
Salix caprea L.	P CAESP	EURASIAT.		X	X	
Salix cinerea L.	P CAESP	PALEOTEMP.		X	X	
Salix eleagnos SCOP. OROF	P CAESP	SUDEUROP	x	x		
Salix purpurea L.	P CAESP	EURASIAT.		X	X	
Salix triandra L.	P CAESP	EUROSIB.		X	X	
Sambucus nigra L.	P CAESP	EUROP.-CAUCAS.		X	X	
Sorbus aria (L.) CRANTZ	P CAESP	PALEOTEMP.	X			
Sorbus aucuparia L.	P CAESP	EUROP.	X			
Sorbus torminalis (L.) CRANTZ	P CAESP	PALEOTEMP.		X	X	
Spartium junceum L.	P CAESP	EURIMEDIT.	X	X	X	X
Styrax officinalis L.	P CAESP	NE-STENOMEDIT	X	X	X	
Tamarix africana POIRET *	P CAESP	W-STENOMEDIT.		X	X	X
Tamarix gallica L. *	P CAESP	W-STENOMEDIT.		X	X	X
Teline monspessulana (L.) KOCH	P CAESP	STENOMEDIT.				X
Ulmus minor MILLER	P CAESP	EUROP.-CAUCAS.		X	X	
Viburnum tinus L.	P CAESP	STENOMEDIT.			X	X

*** S**pecie rare, ma utili per l'I.N..

Tab. 14.7 - Suddivisione e numero delle specie esotiche italiane secondo Viegi et.al., 1974



Capitolo 15

Casistica degli interventi di ingegneria naturalistica e di rinaturazione

G. Sauli

Nei capitoli che seguono vengono esaminate le casistiche dei possibili interventi di ingegneria naturalistica e di rinaturazione nei settori all'esame in questo manuale delle cave, discariche, infrastrutture lineari e coste sabbiose.

La casistica si basa su una serie di schedature eseguite nella realtà dell'Italia centrale ma, anche in altre regioni italiane e estere.

Si confronti anche il Cap. 22 che contiene le schede di monitoraggio.

Capitolo 16

Il recupero ambientale delle cave

N. Ferranti, G. Sauli e P. Cornelini

16.1. Inquadramento generale

16.1.1. Peculiarità dell'attività estrattiva

L'attività estrattiva legata alla coltivazione ed alla lavorazione dei minerali (1a categoria - miniere, 2a categoria - cave) è un'attività primaria fondamentale (come l'agricoltura, la pesca, la forestazione) per il soddisfacimento di bisogni essenziali dell'uomo, motore del progresso sociale, ed è caratterizzata da precise peculiarità:

- giacimenti di materie prime minerali commercialmente utilizzabili, sono "là dove si trovano", cioè dove le vicende geologiche della terra li hanno collocati;
- la "non rinnovabilità" delle risorse di cui si tratta;
- la dinamicità delle opere di coltivazione (ed attività connesse) comporta una continua mutevolezza spaziale dei cantieri interessati;
- la possibilità di interferenze o impatti sul paesaggio e/o sulle risorse naturali, ambientali, territoriali.

Queste caratteristiche richiedono, da parte degli addetti al settore (amministratori, esercenti, tecnici e specialisti), approfondite conoscenze di tipo multidisciplinare, avanzata cultura d'impresa, aggiornamento professionale.

La "non rinnovabilità" della risorsa mineraria pone particolari responsabilità di gestione del comparto, di ricerca dell'ottimizzazione delle destinazioni d'uso (utilizzando i materiali rari per usi qualificati e viceversa), di individuazione di alternative possibili in termini di ubicazione o di tipologia di inerte (recupero macerie edili, materiali riciclati, ecc.).

La facoltà di individuare o meno alternative di ubicazione per un'attività, o di un polo estrattivo, fanno capo a chi ha la responsabilità di pianificazione del settore così come la valutazione dell'effettiva rarità, importanza socio-economica o sostituibilità della materia prima considerata.

La possibilità di compromissione da parte del comparto estrattivo di risorse naturali, o ambientali, è legata oggi più che mai alla qualità della progettazione e delle tecnologie di gestione messe in campo, che non ai fattori intrinseci del materiale coinvolto o del sito di cava, in quanto le possibilità in fatto di mezzi di coltivazione e modalità di recupero sono molteplici.

E' evidente, quindi, che l'attività estrattiva, pur essendo connotata da interesse pubblico e di "non rinunciabilità" da parte della società moderna, deve essere progettata, esercitata, gestita in un quadro di "sviluppo sostenibile" garante sia del progresso socio-economico sia della compatibilità ambientale e territoriale, nonché dell'esigenza di miglioramento della "qualità della vita" che l'attuale società fortemente esprime.

16.1.2. Il recupero ambientale come obbligo normativo ed impegno imprenditoriale

Con la legge delega del '77 (D.P.R. 616/77), venivano trasferite alle Regioni le competenze della gestione del settore dei minerali di 2a categoria (cave).

Le miniere, amministrate fino a poco tempo fa dallo Stato, con la legge Bassanini n. 59/97 e n. 112/98, sono state anch'esse trasferite alle Regioni; per cui oggi la gestione del settore estrattivo è unificata a livello Regionale.

Il "recupero ambientale" dei siti estrattivi, assume la sua importanza giuridico-amministrativa con le prime leggi sulle cave degli anni '80 in tutta Italia.

In particolare in quegli anni si passa da una situazione generalizzata in cui l'imprenditore estrattivo per esercitare la sua attività necessitava solo di una "denuncia di esercizio" effettuata otto giorni prima dell'inizio lavori, segnando in rosso su mappa catastale l'area di intervento, ad un'autorizzazione rilasciata da organi competenti (spesso suffragati da pareri di speciali commissioni tecniche) sulla base di un "progetto di coltivazione e recupero" oggi ormai quasi sempre accompagnato da uno Studio di Impatto Ambientale

Non solo, di solito il progetto doveva anche definire i costi degli interventi delle opere di sistemazione, il cui valore complessivo costituiva l'importo a base delle garanzie fidejussorie che l'Amministrazione concedente richiedeva all'istante.

Venivano così codificati in quasi tutta Italia

(ancora oggi ci sono Regioni che non hanno una legge sulle cave) i seguenti principi:

- il recupero ambientale è un'attività obbligatoria legata a quella di coltivazione mineraria;
- il recupero ambientale nasce nello stesso momento della progettazione di una cava, quindi pensato in maniera organica ed unitaria nell'istante in cui si definiscono i parametri geometrici e le metodologie di scavo;
- il recupero ambientale non è più un optional per l'impresa, ma un obbligo sociale garantito da una polizza fidejussoria o cauzionale.

16.1.3. Tipologie di cava, metodi di coltivazione

Si riporta di seguito una descrizione delle tipologie di cava e dei metodi di coltivazione utilizzabili sia per una migliore comprensione dei paragrafi seguenti, sia perché per ogni sito si possono individuare differenti modalità estrattive, ognuna delle quali condiziona in maniera diversa i risultati ottenibili nel recupero naturalistico dei luoghi.

16.1.3.1. Tipologie di cava

In maniera semplificata si possono individuare le seguenti tipologie di cava:

- **cave di monte**
- **cave di pianura**

Le **cave di monte** si sviluppano su di un versante e possono essere ancora suddivise in:

- culminali
- a mezza costa
- pedemontane

Connotazione comune delle cave a mezza costa e culminali è il notevole impatto visivo, in parte mitigabile con un'accurata progettazione, e l'acclività delle scarpate finali che condiziona pesantemente le metodologie di recupero adottabili; i cantieri estrattivi pedemontani sono più facilmente occultabili dagli elementi naturali presenti nel territorio circostante (alberature, linee elettriche, caseggiati, ecc.).

Per la mitigazione della visibilità si adottano metodologie di coltivazione particolari (fette orizzontali discendenti) che consentono di ridurre le aree "in vista" mediante azioni di recupero "contestuali" o aventi un minimo sfasamento temporale con le escavazioni; sono efficaci ulteriormente le azioni di mimetizzazione quali la creazione di quinte visive (in terra o alberate) o invecchiamenti artificiali della roccia che creino in un tempo molto breve colorazioni che necessiterebbero in natura di decine di anni.

Non dimentichiamo infatti che la forma di impatto più diffusa di una cava di monte e percepita dalla collettività è quella visiva, dovuta in generale al contrasto cromatico tra le pareti nude di cava (di solito biancastre per i litotipi calcarei tra i più diffusi sul territorio nazionale) e l'ambiente circostante spesso boscato o comunque vegetato.

Nelle **cave di pianura** gli scavi sono condotti al di sotto del piano topografico di campagna e possono essere suddivise in:

- a fossa
- a pozzo.

La caratteristica delle prime è la presenza di piste e rampe che collegano il piazzale di cava (posto a quote ribassate) con la pianura soprastante.

L'elemento peculiare delle cave a pozzo, è l'assenza di collegamenti stradali tra il piazzale di base e la quota campagna; si può avere in questo caso o un'inaccessibilità del fondo scavo da parte di mezzi ed uomini (che coltivano il giacimento a partire dalla pianura), o collegamenti mediante mezzi verticali di sollevamento (ascensori, derrick, gru, etc.).

Nelle cave di pianura, sia le problematiche di impatto paesaggistico sono limitate (a causa della visibilità radente, e quindi alla facile occultabilità che consente una visione solo da quote nettamente superiori a quelle del piano campagna), sia il reinserimento ambientale può risultare facilitato per i minori dislivelli in gioco (dell'ordine della decina di metri), per la minore acclività delle scarpate finali adottabili, per la più agevole viabilità e spesso come fattore condizionante dell'efficacia delle opere a verde, per la presenza di una falda acquifera affiorante o posta a debole profondità.

L'elemento acqua configura anche un'ulteriore classificazione delle cave di pianura in **"sopra falda"** e **"sotto falda",** derivando da tale situazione una diversificata scelta di metodologie estrattive (macchinari ed impianti) ed ovviamente scenari di riambientamento ed anche di riuso dei luoghi completamente differenziati (parchi fluviali, laghetti per pesca sportiva, ecc.).

16.1.3.2. Metodi di coltivazione

Le modalità di coltivazione adottabili per una cava variano in funzione dei seguenti diversi parametri:

- obiettivi produttivi/economici;
- litologia interessata (materiali lapidei o sciolti);
- morfologia del sito;
- tipologia di recupero.

Gli elementi caratteristici di un cantiere estrattivo sono:

- gradoni;
- piazzali;
- piste e rampe;
- fronti/scarpate.

I gradoni in particolare costituiscono spesso l'unità lavorativa minimale e sono definiti geometricamente da un'alzata ed una pedata; l'alzata può essere verticale o variamente inclinata, e misurare da qualche metro alla decina di metri, la pedata di

solito sub-orizzontale, può anch'essa variare da qualche metro alla decina di metri.

In un fronte di cava a gradoni, il rapporto tra alzata e pedata fornisce la pendenza generale del fronte.

Si riportano di seguito schematicamente i metodi di coltivazione più comuni, lasciando a testi specialistici gli eventuali approfondimenti (vedi in particolare: A.A.V.V., 2003 – Il recupero e la riqualificazione ambientale delle cave in Emilia – Romagna. Regione Emilia Romagna.).

Gradone Unico

E' il metodo più semplice, indicato per giacimenti aventi basso spessore e notevole sviluppo planimetrico; il banco produttivo è così asportato in un'unica tornata lasciando un grande piazzale di base ed un fronte di modesta altezza, circa 5/15 metri.

Semplice risulta la sistemazione ambientale sia delle aree di scarpata che del piazzale; l'impatto visuale è altresì modesto, data la possibilità di schermatura del fronte con quinte alberate, rilevati naturali o artificiali.

Nella Regione Lazio è il caso tipico dei giacimenti di piroclastiti (pomici, lapilli, pozzolane) o dei depositi alluvionali (sabbie e ghiaie).

Gradoni multipli

E' la coltivazione tipica delle cave di monte, in roccia, attivate qualche decennio or sono, in periodi in cui gli aspetti produttivi erano prioritari rispetto a quelli paesaggistici o ambientali.

Il cantiere parte dal basso, alla quota di solito corrispondente alla viabilità principale con la realizzazione del primo gradone e di un piccolo piazzale di base; da qui il fronte di cava si sviluppa verso l'alto con creazione di rampe che portano alla formazione di un secondo gradone (a monte del primo), e così via fino al raggiungimento della quota superiore del versante da coltivare.

Il materiale abbattuto viene gettato sui gradoni sottostanti e giunge così per effetto della forza di gravità fino al piazzale di base, costituendo in tal modo dei grandi cumuli addossati al fronte principale di cava.

Il metodo ha un impatto paesaggistico ed ambientale piuttosto elevato, poiché:

- tutto il fronte di cava rimane in produzione fino al termine dell'attività (decine di anni) e quindi è completamente visibile, non essendo possibile realizzare schermature di qualsiasi genere;
- il recupero naturalistico è possibile solo nella fase ultima dell'attività, non durante le fasi intermedie, in quanto tutte le superfici di cava sono soggette a continua modificazione.

Nella Regione Lazio è il caso tipico della quasi totalità delle cave di calcare, aperte nel dopoguerra, a mezza costa, nei diversi rilievi montani ed ancora attive; in tali situazioni è molto difficile, spesso impossibile, intervenire anche a posteriori, per modificare la metodologia o per mitigare gli effetti negativi sopra accennati.

Splateamento su uno o più gradoni

E' il metodo di coltivazione delle cave di monte a minor impatto sia paesaggistico che ambientale.

Esso richiede notevoli investimenti iniziali, soprattutto per la realizzazione delle piste di arroccamento al ciglio superiore di cava, e per la movimentazione particolare dell'abbattuto in corso d'opera.

La fase iniziale prevede il tracciamento della viabilità dalla quota base alla quota massima di cava prevista e la realizzazione di un piazzale superiore; la coltivazione invece avviene con lo splateamento (ribasso) di questo piazzale a mezza costa che varia con il tempo di forma e dimensione.

Lo spessore di una platea orizzontale (in ribasso) dipende dal tipo di tecnica di abbattimento adottata (meccanico o con esplosivo) e varia da qualche metro alla decina di metri.

In ogni fase di lavoro, si possono così avere lato monte, uno o più gradoni in arretramento verso il profilo finale di progetto (da qui la terminologia "*splateamento su uno o più gradoni*").

La movimentazione dell'abbattuto avviene solitamente con mezzi meccanici (lungo le piste di arroccamento che devono avere larghezze e pendenze adeguate) o con metodologie particolari quali fornelli (pozzi di grande diametro - 2,5-5 m.) e gallerie di base.

Importante peculiarità del metodo è quella di consentire il recupero ambientale alla fine della coltivazione di ogni platea (e quindi in tempi brevi dopo l'inizio attività) con uno sfasamento temporale rispetto alla coltivazione, minimale, per cui in questo caso si può veramente parlare di *"contestualità"* tra fase di estrazione e recupero.

Per minimizzare ulteriormente l'impatto visivo, si può lasciare una quinta rocciosa verso valle, in modo che la visuale del cantiere estrattivo sia celata dal basso (in corrispondenza della viabilità di fondo valle), e per dare tempo alla scarpata finale, a monte, di essere completamente rinverdita.

Purtroppo, trattandosi di una metodologia impegnativa, dal punto di vista di allestimento e gestione del cantiere, ed innovativa, non conta ancora molti esempi nel Lazio ed in Italia.

16.1.4. Unitarietà della progettazione

E' ormai da tutti condiviso che un buon recupero ambientale di cava nasce da una corretta ed unitaria progettazione che in forma multidisciplinare contempli le competenze minerarie unitamente a quelle naturalistiche ed agronomico-forestali.

La risoluzione delle problematiche legate ad uno specifico intervento estrattivo, non può che essere affrontata in maniera coordinata e sotto forma di team specialistico; fallimentari sarebbero quei tentativi di considerare il recupero un'appendice alla coltivazione, da applicare dopo e subordinatamente al momento estrattivo.

Nella moderna cultura progettuale, finalizzata all'ottenimento di una sostenibilità ambientale di interventi in parte impattanti, come quello minerario, si arriva anche a condizionare le tecniche e le modalità di coltivazione di un giacimento al raggiungimento di una prefissata performance di tipo naturalistico/ambientale.

L'attività di recupero ambientale è dunque l'insieme delle azioni , da attuare preferibilmente durante la fase di estrazione del minerale (piuttosto che alla fine), e finalizzate al miglior reinserimento dell'area nel contesto naturale e paesaggistico locale; essa nasce contemporaneamente al progetto, ed è strettamente connessa alle metodologie di coltivazione adottate.

Nel paragrafo seguente si segnalano una serie di interventi che devono essere previsti durante la coltivazione, efficaci per superare i vari problemi di attecchimento e crescita delle piante.

16.1.5. La programmazione delle operazioni di cava che condizionano i risultati del recupero

E' importante pianificare a priori, in fase di progettazione, e poi eseguire attentamente durante la fase estrattiva, delle operazioni che risultano importanti ai fini di un buon recupero naturalistico delle aree di cava.

Tra esse si individuano:

- le operazioni di scoperta e stoccaggio dei suoli;
- il riassetto morfologico;
- la ricostituzione del suolo.

SCOPERTA E STOCCAGGIO DEI SUOLI

Di solito anche i giacimenti cosiddetti *"affioranti"* hanno uno strato superficiale (*"copertura")*, da rimuovere, (*"lavori di scopertura o scoperta")*, prima di pervenire al materiale inerte da coltivare.

Tale copertura ha di solito due orizzonti differenziati: quello superiore è lo strato umifero, ricco di sostanza organica, di spessore variabile dal qualche centimetro nelle cave rocciose di monte fino a 30/50 cm nelle cave alluvionali di pianura.

Tra questo strato e la roccia madre sottostante è interposto un secondo strato di transizione, (*"cappellaccio")*, in cui sono contemporaneamente presenti porzioni di suolo organico misto a frammenti più o meno grandi della formazione inerte sottostante.

Dal momento che negli interventi di rivegetazione delle aree estrattive risulta di particolare importanza la disponibilità di discreti quantitativi di humus, risulta di grande utilità l'impiego dello strato superficiale di suolo che si trova in posto, il quale per tale scopo deve essere preventivamente accantonato.

Lo strato superficiale del terreno, definibile nel complesso *"terreno vegetale"*, una volta scoperto dovrà essere accantonato separatamente dal cappellaccio sottostante e conservato per il suo successivo reimpiego, su specifiche aree destinate a questo utilizzo ed indicate nel progetto di coltivazione.

Un'attenzione particolare va posta alle modalità di stoccaggio e riutilizzo del terreno vegetale; i movimenti di terra vanno infatti programmati ed effettuati in modo da evitare che gli elementi della fertilità in essa contenuti vadano dispersi ad opera di piogge dilavanti o altri agenti atmosferici, mentre lo stoccaggio deve avvenire in luoghi idonei e per tempi non eccessivamente lunghi, al fine di evitare il deterioramento ed il depauperamento della medesima frazione fertile.

Per garantire la conservazione del contenuto di sostanze organiche occorre inoltre eseguire sui cumuli di terreno semine protettive di leguminose e graminacee.

L'accantonamento della terra vegetale sarà effettuato prendendo tutte le precauzioni necessarie per evitare la contaminazione con materiali estranei o con strati più profondi di composizione fisiochimica differente; in particolare deve essere evitato il costipamento, per cui i cumuli devono essere di modesta altezza (1/2 metri) e collocati in aree preventivamente liberate dai detriti.

IL RIASSETTO MORFOLOGICO

La morfologia di un cantiere estrattivo durante l'attività mineraria è di solito ben diversa da quella ipotizzata per lo stato finale, e propedeutica alle operazioni di rinverdimento.

Le azioni che si effettuano in cava per raggiungere la conformazione finale vengono anche chiamate *"riassetto"* inteso come reinserimento dell'attività antropica nelle forme naturali tipiche della zona e preparazione della morfologia più idonea per il recupero ambientale programmato.

Diverse sono le configurazioni auspicabili, a seconda si tratti di una cava di monte o di pianura.

Nelle cave di monte, in particolare, ove oggetto principale della bonifica sono delle superfici di versante a forte acclività, il primo obiettivo è quello della messa in sicurezza (stabilità) dei fronti di abbandono.

Dopodiché, indipendentemente dal metodo utilizzato durante la coltivazione del giacimento, i fronti di abbandono o finali di cava possono essere lasciati nelle due situazioni possibili:

- a profilo continuo;
- a gradoni.

Il primo caso si presta in maniera più significa-

tiva alla mimetizzazione dell'intervento sul paesaggio locale, in quanto:

- consente la continuità delle opere a verde nelle scarpate finali;
- elimina gli innaturali ricorsi orizzontali dei gradoni che ancorché rivegetati nelle pedate, conservando perennemente nel tempo, a causa delle alzate nude in roccia, i segni della passata attività antropica.

Il profilo continuo, difficile da eseguirsi su materiali lapidei durante la coltivazione, può essere ottenuto in fase di riassetto, mediante il riempimento totale di microgradoni [aventi pedata ed alzata di modeste dimensioni, (1-3 metri) e pendenza generale inferiore a ca. 40°], con sterili di coltivazione e terreno vegetale.

Qualora il riassetto *"a microgradoni"* sia associato al metodo di coltivazione per *"splateamenti"* si ottengono le migliori *"performance"* paesistiche ed ambientali nelle cave di monte, sia per velocizzazione che per qualità dei risultati.

Quindi, fatte salve le caratteristiche morfologiche iniziali, e le prerogative di stabilità a breve e lungo termine, per maggiore efficacia dei recuperi e minore impatto visivo sarebbe auspicabile per le nuove attività che le amministrazioni, o i progettisti, prevedessero, nelle scarpate finali, ovunque possibile il profilo continuo anche nelle cave di monte di materiali lapidei.

Nel caso si debba intervenire su cave di roccia impostate "a gradoni multipli", di solito a forte acclività (60°/70°) ove risulta impossibile pervenire ad un profilo continuo, azione positiva risulta essere la ricerca della massima varietà morfologica della superficie gradonata, ottenibile mediante:

- minimizzazione e differenziazione delle altezze dei gradoni;
- variazione delle orizzontalità delle pedate;
- variabilità degli spessori dei riporti terrigeni sulle pedate;
- scoronamenti locali dei cigli di scarpata dei gradoni per eliminare i rigidi allineamenti;
- invecchiamento artificiale della roccia delle alzate.

Uno dei più importanti fattori che condizionano il successo delle opere di recupero è la pendenza delle scarpate finali del cantiere estrattivo.

Spesso per questioni di stabilità, durante la fase di coltivazione si costipano al massimo tutte le scarpate in materiali sciolti, mentre si sa che i terreni troppo compattati ed a forte acclività sono particolarmente inospitali per le piante; d'altra parte scarpate di materiali sciolti non compattati, con angolo di natural declivio, sono mobili in superficie e creano molte difficoltà all'attecchimento della vegetazione.

Nella tabella seguente sono riportate le pendenze ammissibili in funzione di vari riutilizzi dei cantieri estrattivi

Pendenza		Pendenza massima ammissibile per:
Gradi	**%**	
45	100	
	90	
40		
	80	Forestazione
35	70	
	60	
30		
		Pascolo montano
	50	
25		
		Colture con macchine speciali
	40	
20		
	30	
15		Pascolo normale; colture con macchine ordinarie
	20	Strade forestali
10		
		Terreni arabili
	10	
5		
3	5	Costruzioni civili ed industriali
1	2	Campi sportivi

Onde evitare l'innesco di fenomeni di erosione e di dissesto nelle operazioni di riassetto, dovrà essere accuratamente garantito l'allontanamento o il drenaggio delle acque superficiali dilavanti, in considerazione sia della permeabilità naturale della formazione interessata, sia delle modificazioni indotte con le operazioni di recupero (riporto di materiali con diverse caratteristiche).

Gli interventi a tal fine possono essere più o meno impegnativi, a seconda trattasi di:

- rocce fratturate;
- alluvioni;
- piroclastiti;
- argille;

permeabilità decrescente

con previsione di:

- pedata dei gradoni in pendenza verso monte e verso i lati;
- fossi di guardia e di scolo;
- sistemi drenanti;
- vasche di sedimentazione.

Le opere di regimazione idraulica, qualora possibile, saranno collegate a recettori idrici naturali e/o artificiali.

Altre opere di tipo antierosivo possono essere effettuate sui riporti di materiali sciolti (cappellaccio e terreno vegetale) prima degli impianti vegetali.

LA RICOSTITUZIONE DEL SUOLO

La fase finale del riassetto è costituita dalla ricostituzione dello strato che sarà successivamente interessato dall'apparato radicale delle piante; trattasi quindi di selezionare e mettere in opera i materiali più idonei per tale scopo, dopo aver trattato opportunamente il sottofondo (piazzali di cava, piste, rampe, pedate dei gradoni).

I materiali più grossolani vanno appena sopra il substrato, i più fini in alto in modo da ricostruire una permeabilità simile all'originaria; sono da evitare i materiali impermeabili come quelli argillosi.

Il substrato comprende nel caso generale la formazione geologica oggetto di coltivazione (roccia madre) e, talvolta, come nelle cave di pianura con previsione finale di ricolmamento parziale o totale, materiali diversi che vanno dagli sterili di coltivazione e dal cappellaccio provenienti dallo stesso cantiere a materiali provenienti da altri cantieri di sbancamento, movimento terra, ecc. (terre e rocce da scavo); è importante controllare l'idoneità e l'igienicità dei materiali che vengono dall'esterno, soprattutto in presenza od in vicinanza della falda acquifera.

I riempimenti dovrebbero inoltre sempre garantire una certa permeabilità ottenuta o naturalmente per le caratteristiche chimico-fisiche e granulometriche dei materiali riportati, o artificialmente attraverso idonee opere di drenaggio.

Il suolo vero e proprio sarà composto di orizzonti aventi differenti caratteristiche; in generale si utilizzeranno gli stessi materiali presenti in loco, asportati ed accantonati in fase di scopertura iniziale della cava, nella stessa sequenza in cui si trovano in natura; prima il cappellaccio prevalentemente sterile e sopra il terreno vegetale a componente prevalente organica.

Quasi sempre si rendono necessari apporti dall'esterno soprattutto di materiale a dominanza organica.

Qualora il cappellaccio superficiale sia libero da pietre, ciottoli e non sia argilloso, per usi tipo pascolo montano, è sufficiente riportare sopra di esso uno strato di terreno vegetale di spessore dai 5 ai 10 cm.; per usi agricoli produttivi fino a 15 cm.

Qualora invece si abbia un cappellaccio pietroso o argilloso, lo spessore del terreno vegetale può arrivare a 25-30 cm. per colture agricole di buona produttività.

La decisione se incorporare un ammendante organico nello strato superficiale di terreno vegetale o lasciarlo in superficie, dipende dalle sue proprietà e dalle quantità a disposizione; in generale, nel caso non si sia in presenza di suoli con detriti rocciosi, è preferibile la miscelazione con il terreno vegetale prima della sua stesura.

Per gli impianti forestali è bene concentrare terreno vegetale ed ammendanti nelle buche o tasche in cui vengono collocate le piante.

Nelle operazioni di ricostruzione del suolo si consiglia di lavorare materiale possibilmente asciutto e di evitare azioni di eccessivo costipamento.

16.1.6. Tipologie di recupero ambientale

Le finalità del recupero ambientale devono essere quelle di riportare l'uso del suolo allo stato precedente l'attività estrattiva, oppure quelle del miglioramento del contesto ambientale complessivo attraverso investimenti mirati alla compensazione della perdita temporanea o definitiva di alcuni beni naturali.

In generale i tipi di recupero possono essere:

a) forestazione;
b) a fini naturalistici, inclusa la realizzazione di aree naturalistiche protette;
c) valorizzazione per scopi agricoli; nell'area di cava vengono create condizioni che favoriscono l'uso agricolo dell'area stessa;
d) destinazione dei luoghi a scopi sociali e ricreativi.

Oltre al recupero naturalistico, usualmente un obbligo imprenditoriale nei dispositivi autorizzatori, garantito da impegni fideiussori significativi (che oggi arrivano a diversi milioni di euro per cave di certe dimensioni), la sfida progettuale e territoriale, laddove le condizioni lo consentano, è quella dei "riusi", e cioè quella di utilizzare in positivo le modifiche morfologiche ed anche ambientali introdotte da un'attività antropica particolare come quella estrattiva, cogliendone le opportunità in termini di insediamenti turistici, ricreativi, industriali, opere pubbliche e private, ecc.

16.2. Tipologie di recupero ambientale – Casi significativi nel Lazio

In Cap. 22.2. vengono riportati in maniera schematica i casi più significativi di recupero nelle cave del Lazio e due esempi tratti per la loro particolarità dalla casistica di Regioni limitrofe.

Le schede n. 1 e 2 sono relative a cave di monte (litotipi calcare) con morfologie di partenza diverse (culminale la prima con modesta acclività generale, a mezza costa la seconda con discreta pendenza naturale) che hanno condizionato sia il metodo di coltivazione (*"splateamento su più gradoni"* la prima, *"gradoni multipli"* la seconda) sia di conseguenza il recupero eseguibile.

La disponibilità di discrete quantità di sterili provenienti dal medesimo cantiere o dall'esterno, se costituisce un problema in fase di estrazione può viceversa essere estremamente utile in ambito di riassetto morfologico e di sistemazione finale.

Il ricolmamento dei gradoni con terreni di sco-

perta e sterili di coltivazione dà infatti la possibilità di avere allo stato finale l'obliterazione delle rigide geometrie di scavo mediante scarpate a profilo continuo e medio/bassa acclività (scheda n. 1).

Quando la cava è impostata invece a *"mezza costa"* su versanti già naturalmente abbastanza acclivi (caso scheda n, 2), l'assetto finale è quasi sempre a gradoni aventi discreta alzata e modesta pedata; in questo caso la pendenza generale del fronte di abbandono è sempre alta, i riporti di materiali sciolti e di terreno vegetale che costituiscono il substrato per gli impianti vegetali sono limitati alla pedata dei gradoni e gran parte delle alzate rimangono per lungo tempo denudate ed a forte visibilità.

Unica possibilità di mitigazione della percezione visiva (contrasto tra la colorazione biancastra della roccia e l'ambiente vegetato limitrofo), è in questi casi un trattamento delle pareti rocciose mediante prodotti "invecchianti" o "ossidanti".

E' evidente che partendo da un materiale naturale di colorazione diversa e comunque scura (vedi ad esempio la scheda n. 5, relativa ad una cava di monte di lapillo vulcanico), pur adottando la medesima tipologia di riassetto del versante finale di cava (a gradoni), l'inserimento cromatico nel contesto ambientale locale è facilmente ottenibile.

Nel caso di cave di materiali sciolti, di pianura, coltivate *"a fossa"* con sviluppo chiuso (vedi schede n. 3 e n. 4), l'impatto visivo è ridotto al minimo a causa della visibilità radente ed alla occultabilità mediante schermature con rilevati, quinte alberate, ecc.

La facilità di abbattimento del materiale in posto con semplici mezzi meccanici consente inoltre di avere nelle scarpate finali sia profili continui che debolmente gradonati e pendenze generali modeste (< 35°40°).

Qualora trattasi di materiali fini, con assenza di coesione, come le sabbie, è importante il controllo della erosione superficiale prima di effettuare gli impianti forestali; efficace è risultato in questi casi l'utilizzo di biostuoie (vedi scheda n. 4) ed un'idrosemina di erbacee.

La disponibilità di acqua per irrigazione, non difficile nelle cave di pianura, accresce notevolmente le percentuali di attecchimento e la velocità di accrescimento delle giovani piante (vedi schede n. 3 e 4).

Oltre al recupero naturalistico, usualmente un obbligo imprenditoriale nei dispositivi autorizzatori, garantito da impegni fideiussori significativi (che oggi possono arrivare a diversi milioni di euro per cave di certe dimensioni), la sfida progettuale e territoriale, laddove le condizioni lo consentano, è quella dei "riusi", e cioè quella di utilizzare in positivo le modifiche morfologiche ed anche ambientali introdotte da un'attività antropica particolare come quella estrattiva, cogliendone le opportunità in termini di valorizzazione agricola, insediamenti turistici, ricreativi, industriali, opere pubbliche e private, ecc.

Il riutilizzo agricolo delle ex aree estrattive è abbastanza diffuso anche nel Lazio laddove si abbiano ampi spazi suborizzontali, facilmente accessibili.

La scheda n.6 si riferisce ad una cava di ghiaia e sabbia coltivata *"a fossa"* e successivamente ricolmata fino ad avere una superficie prossima a quella topografica originaria, facilmente percorribile dai mezzi agricoli; gli accantonamenti selettivi di terreno vegetale e cappellaccio effettuati in fase di scoperta hanno reso possibile a fine lavori il ripristino in breve tempo della necessaria fertilità del suolo per l'adozione di colture agricole di tipo tradizionale.

Nei giacimenti di pietra da costruzione (ad esempio: tufo) o di pietra ornamentale (ad esempio: travertino, pietra di coreno, basaltina, ecc), data la rarità ed il pregio del materiale, nonché la sua particolare omogeneità e compattezza, spesso i fronti di abbandono sono spinti fino al limite delle aree in disponibilità, e rimangono pseudo-verticali o comunque in fortissima pendenza.

In questi casi l'obiettivo morfologico prioritario sarebbe quello del ricolmamento parziale o meglio totale della cavità lasciata dagli scavi produttivi, ma non sempre il quantitativo di materiali di riporto necessario è reperibile in situ o dall'esterno.

L'esempio mostrato nella scheda n. 7 riporta il recupero agricolo effettuato nelle aree corrispondenti agli ex piazzali di una cava di tufo mediante impianto di noci da frutto e da legno.

I vecchi fronti di cava, a distanza di una decina di anni dalla fine dei lavori estrattivi, risultano invece colonizzati da vegetazione pioniera.

Nel caso di cave di pianura sotto falda, la situazione di fine lavori è di solito quella di uno specchio d'acqua che a seconda della estensione e della profondità può ben prestarsi a riutilizzi diversi: dall'oasi naturalistica alla pesca sportiva, agli sport acquatici.

Il caso della scheda n. 8 è relativo ad un laghetto di pesca sportiva ed area ricreativa per pic-nic alle porte di Roma, ottenuto da una cava a fossa di argilla per laterizi, successivamente riempita d'acqua meteorica.

Nelle schede n. 9 e 10 si sono riportati due esempi di sistemazioni di cave provenienti dalle regioni limitrofe (Umbria e Marche) interessanti per la loro originalità.

Il primo cantiere riguarda una cava di calcare *"a mezza costa"* coltivata per splateamenti successivi (trance discendenti) dall'alto verso il basso, con uno sfasamento minimale tra abbattimento del massiccio roccioso, riassetto, rivegetazione, che

potrebbe costituire, laddove possibile, l'obiettivo da perseguire anche in altre Regioni.

Il profilo di abbandono a microgradoni, successivamente riempiti di un materiale composito (terreno vegetale e sterili di coltivazione) garantisce la continuità della ricomposizione ambientale sulle intere aree di scarpata.

La quinta di protezione lasciata ai bordi dei piazzali in lavorazione (vedi Fig. 9°) impedisce la vista delle superfici di scavo a quote inferiori a quelle dei piazzali di cava (o dal fondovalle), consentendo solo la visibilità delle parti alte delle scarpate finali già recuperate.

Il caso della scheda n. 10 riguarda la sistemazione di una cava di detrito di falda, a mezza costa, in cui è stato utilizzato in maniera sistematica il metodo della *"zollatura"*.

Durante il dispianto del bosco ceduo esistente sulle aree destinate ad attività estrattiva, si sono scelti dei gruppi di giovani piante di carpino ed orniello dell'altezza di 2-3 metri che sono stati adeguatamente zollati e collocati provvisoriamente ai bordi dell'area di coltivazione.

Dopo qualche mese, in fase di sistemazione, i medesimi gruppi sono stati ricollocati, in posizione definitiva, nella scarpata finale.

L'attecchimento delle specie arboree così trattate è stato molto alto, con modestissimi casi di fallanze; così facendo in un tempo molto breve (ca. 1 anno), le superfici di scavo, per mezzo anche degli ulteriori interventi di semina a spaglio di erbacee e messa in opera di viminate, si reinserivano ottimamente nel contesto vegetale limitrofo.

16.3. Tipologie di interventi di recupero cave in Italia

Viene riportata una casistica di interventi di recupero di cave in Italia organizzata secondo le principali tipologie di scavo descritte nel Cap. 16.1. e in cui si possono far rientrare la maggior parte delle cave italiane.

La casistica riporta principalmente casi di recupero di tipo naturalistico con tecniche a verde e di Ingegneria Naturalistica, in coerenza con il tema del presente manuale.

Le tecniche di rivegetazione fanno ricorso ai principi e metodologie dell'ingegneria naturalistica. Data la grande varietà di ambienti e di condizioni pedoclimatiche presenti in Italia, per ogni intervento di rivegetazione di cava dovranno essere indagati nei contenuti essenziali i settori di analisi naturalistica e geopedologica per fornire il quadro di riferimento stazionale sul quale basare le scelte progettuali.

Per quanto riguarda le tecniche risultano proponibili interventi antierosivi e stabilizzanti (idrosemine, messa a dimora di arbusti ed alberi, biostuoie, viminate e fascinate). Opere costose di tipo combinato (gabbionate e materassi verdi, terre rinforzate e palificate vive, rivestimenti vegetativi in reti metalliche e stuoie, ecc.) sono possibili, ma vanno considerate di impiego localizzato o per casi particolari, principalmente per motivi di costo.

16.3.1. Cave di pianura

Le escavazioni in pianura sfruttano, come già detto, giacimenti di origine alluvionale (ghiaie, sabbie, argille, ecc.) con morfologie di scavo a fossa che possono o meno interessare le falde acquifere sottostanti.

Si individuano le tipologie di recupero di seguito descritte.

16.3.1.1. Tipologie di recupero di cave in falda

Le escavazioni in pianura di una certa profondità mettono spesso a nudo la falda freatica creando degli specchi d'acqua (Foto 16.1) che si prestano a vari tipi di recupero/reutilizzo quali:

- Laghetti di uso pescasportivo con veri e propri campi gara molto diffusi in tutta la pianura padano-veneta;
- Laghetti di uso fruitivo anche con funzioni di balneazione estiva, relativamente frequenti nel centro Europa (Foto 16.2), poco proponibili in Italia salvo alcuni casi molto noti tra cui l'Idroscalo di Milano;
- Recupero di tipo prettamente naturalistico con ricostruzione di ecosistemi palustri (Figg. 16.1 e 16.2, foto 16.3) in cui le morfologie di abbandono devono prevedere una fascia riparia a bassa pendenza (in genere max 1:10), indispensabile per ricostruire gli elementi della idroserie della vegetazione palustre.

Foto 16.1 - Esempio di cava di ghiaia in falda, 1982
Foto: J. Ott

Foto 16.2 - Ripristino naturalistico-fruitivo in cava di ghiaia in falda, 1982
Foto: J. Ott

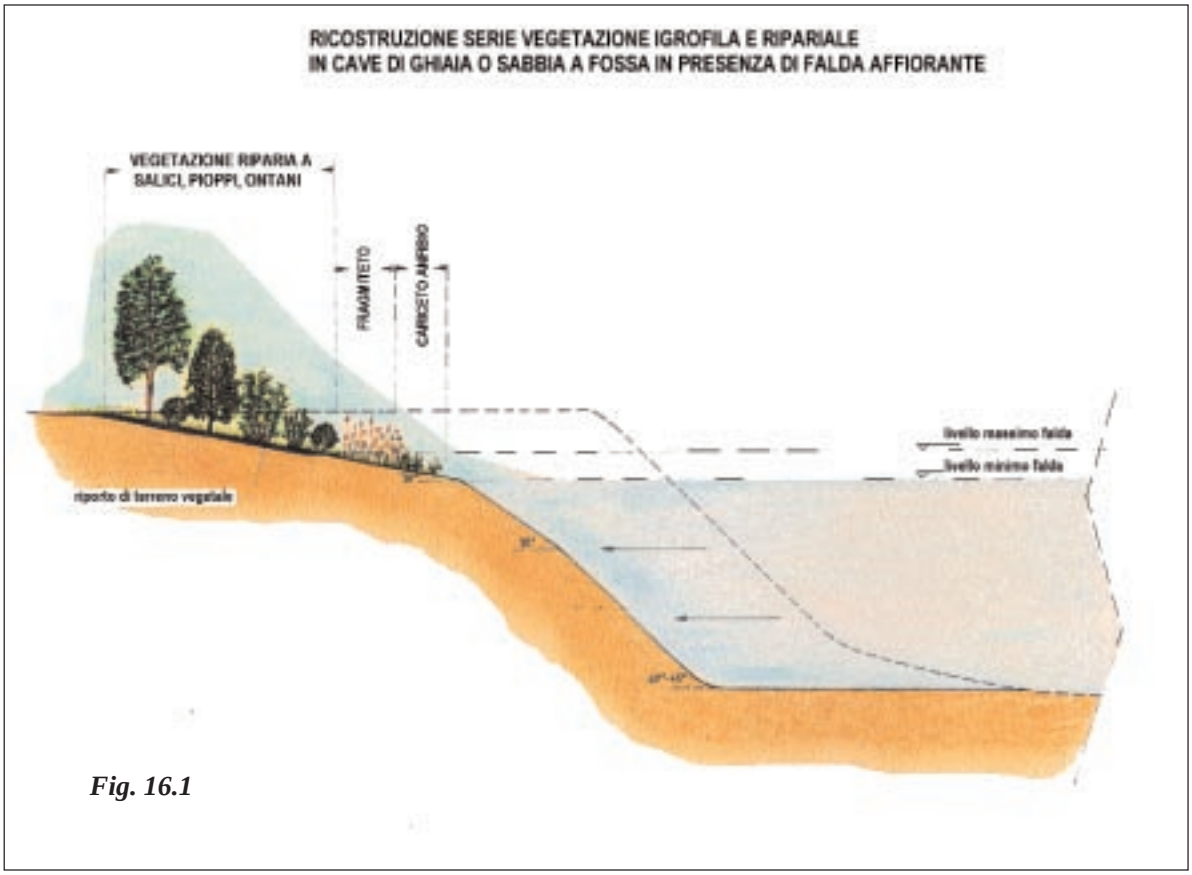


Fig. 16.1

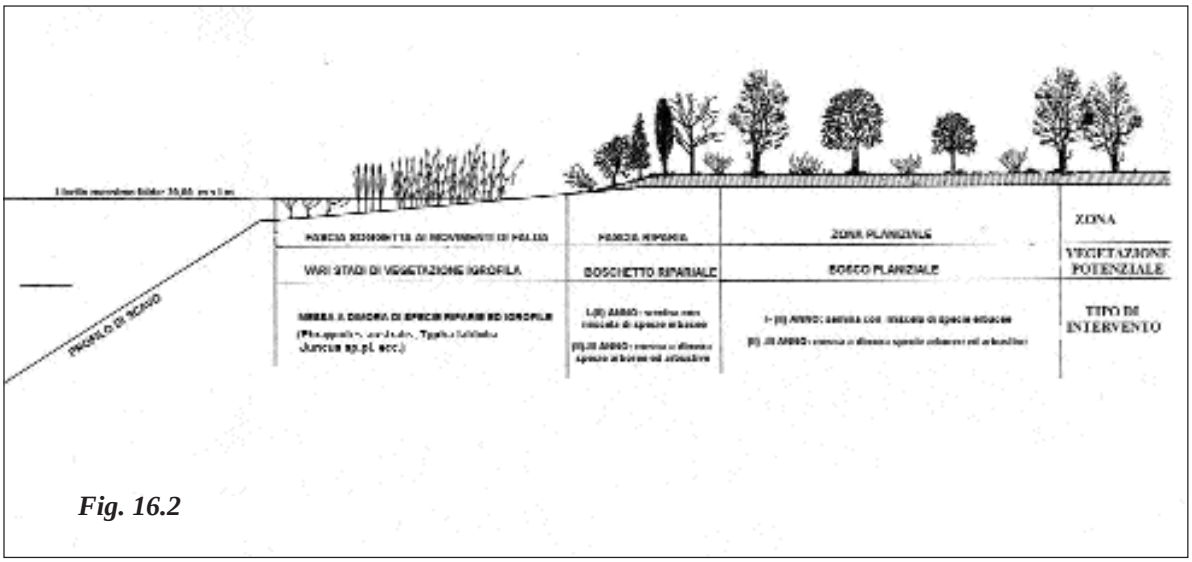


Fig. 16.2

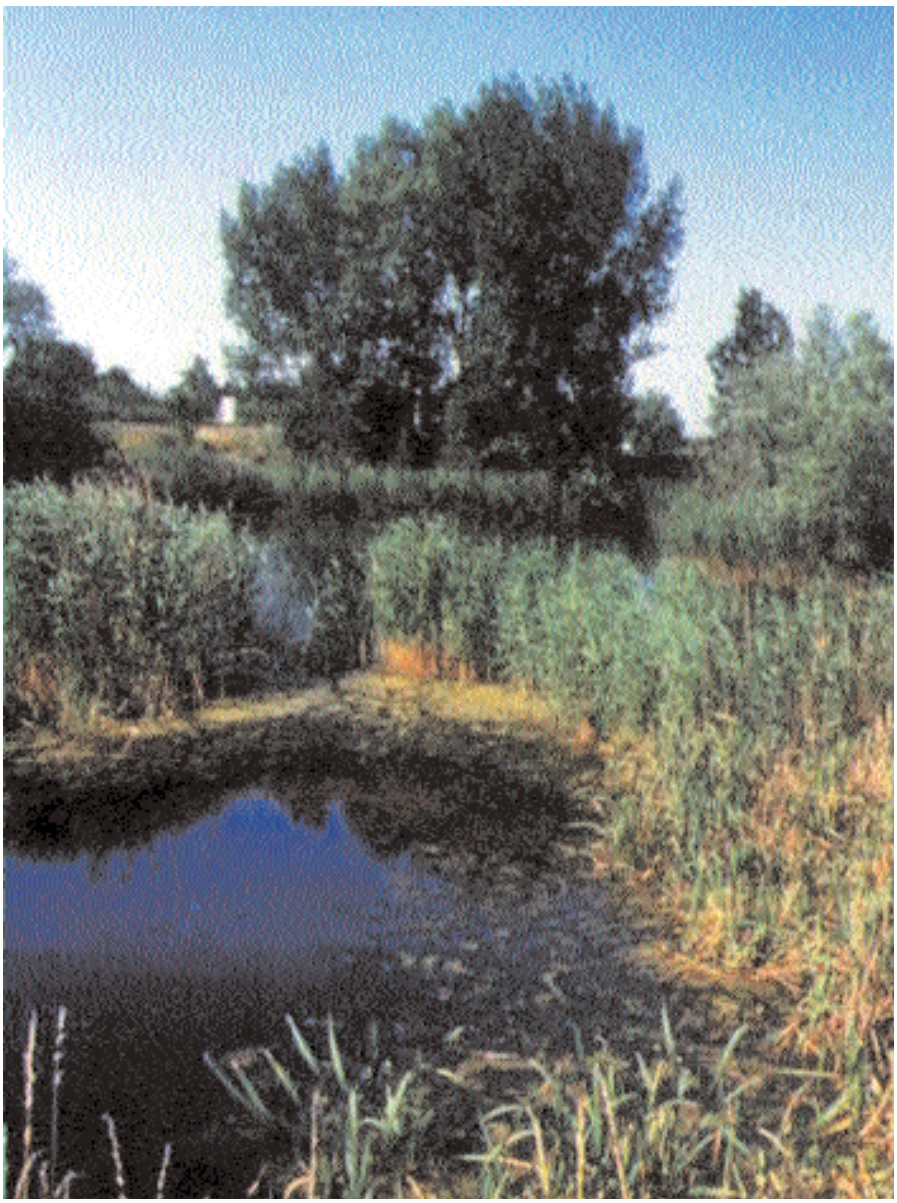


Foto 16.3 - Ripristino naturalistico con ricostruzione dell'idroserie in ex cava di ghiaia in falda, 1982

Foto: J. Ott

16.3.1.2 Tipologie di recupero di cave sopra falda

Si intendono le cave a fossa molto diffuse in pianura e che interessano normalmente profondità non superiori ai 20 m dal piano campagna. Il recupero di tali morfologie può essere:
1) di **tipo naturalistico** ed è legato al rispetto di alcune condizioni:

- Non interessamento della falda freatica (fondo cava almeno di 2 m superiore al livello di massima escursione dello spechhio di falda);
- Pendenza delle scarpate non superiore ai 32° (meglio se di 25°);
- Morfologia finale delle scarpate a tirata unica anche se la morfologia di scavo prevedeva i gradoni (Fig. 16.3);
- Recupero del terreno agrario di scotico e sua stesura per lotti successivi sulle scarpate e sul fondo cava;
- Rivegetazione mediante semine (Foto 16.4 e 16.5) e messa a dimora di arbusti ed alberi autoctoni (Figg. 16.4 e 16.5);
- Eventuale impiego di tecniche stabilizzanti (gradonate, viminate vive) sulle scarpate.

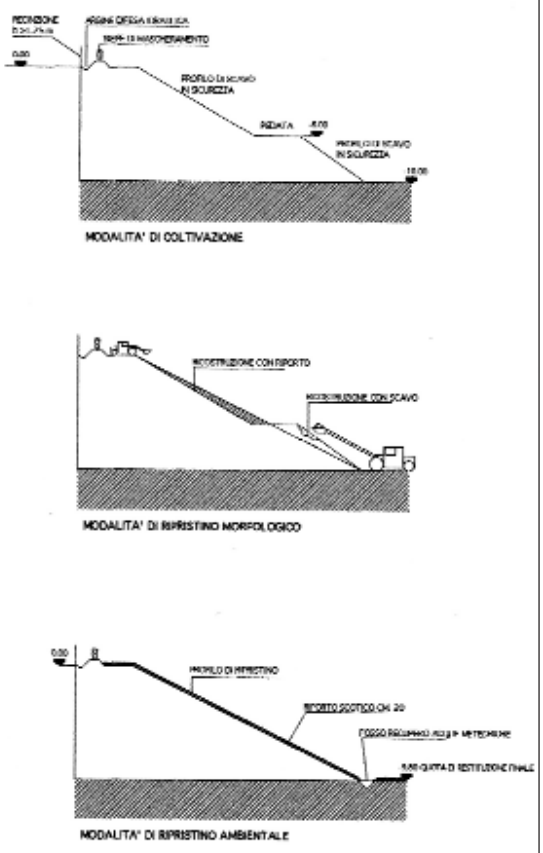


Fig. 16.3

Foto 16.4 - Ripristino naturalistico di cava di ghiaia a fossa soprafalda a prato stabile, Cordenons (PN), 2000
Foto: O. Scian

Foto 16.5 - Recupero di fondo cava sopra falda a prato stabile, loc. Colle Umberto (TV), 1983
Foto: G. Sauli

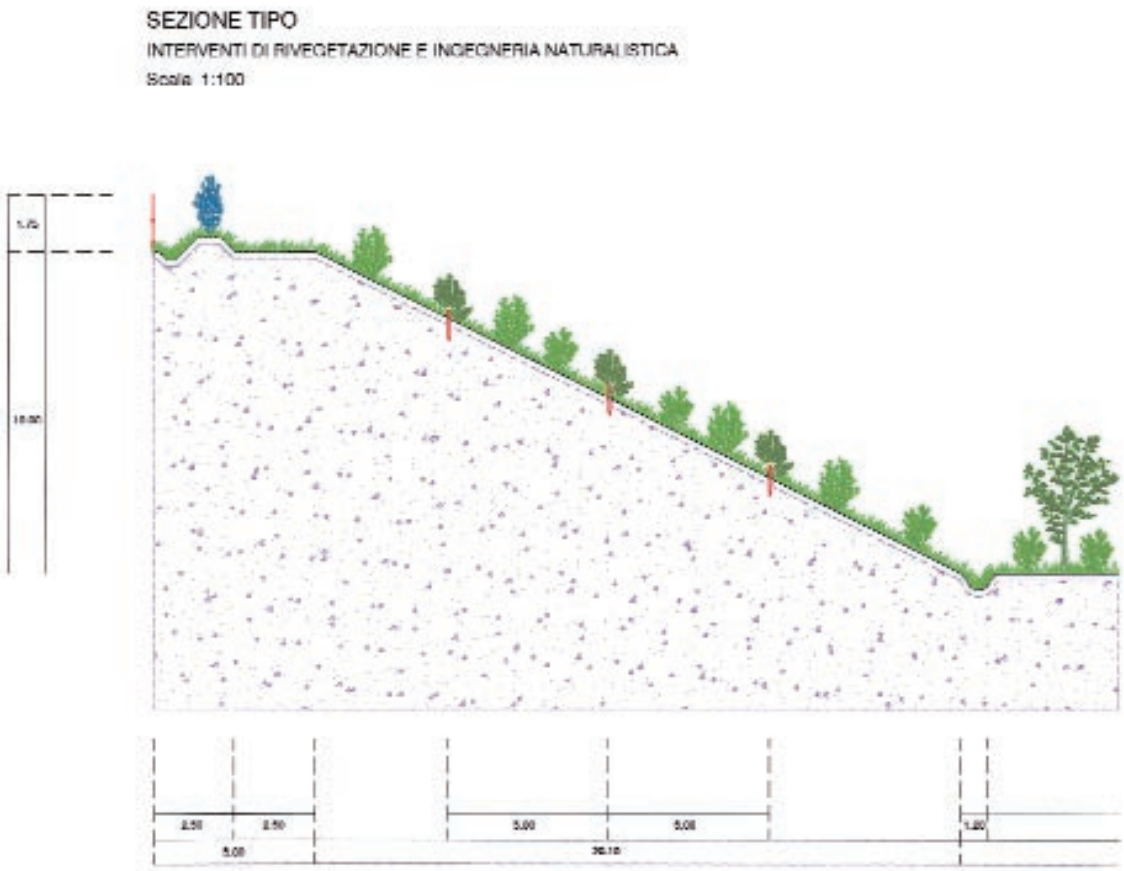


Fig. 16.4

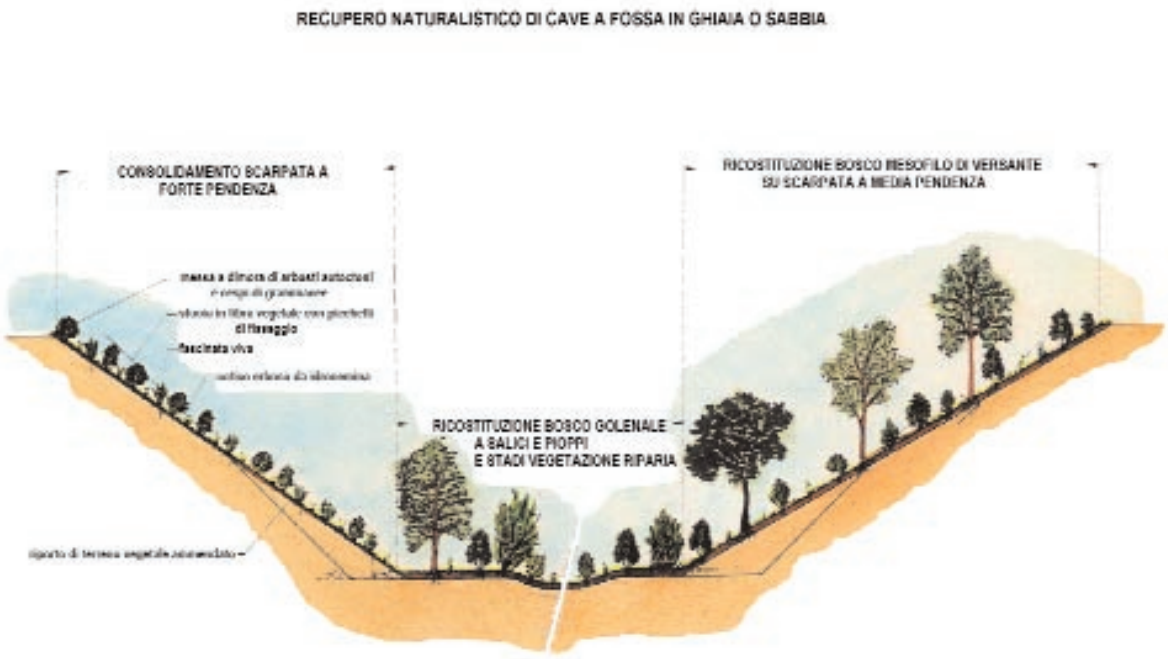


Fig. 16.5

2) di **tipo agricolo** o misto **agricolo-naturalistico** (Fig. 16.6 e Foto 16.6, 16.7 e 16.8).

Le cave a fossa si prestano al reutilizzo quali depositi di inerti di scarto e quindi ad un loro parziale o totale ritombamento (Fig. 7 e 8) e successivo recupero di tipo misto.

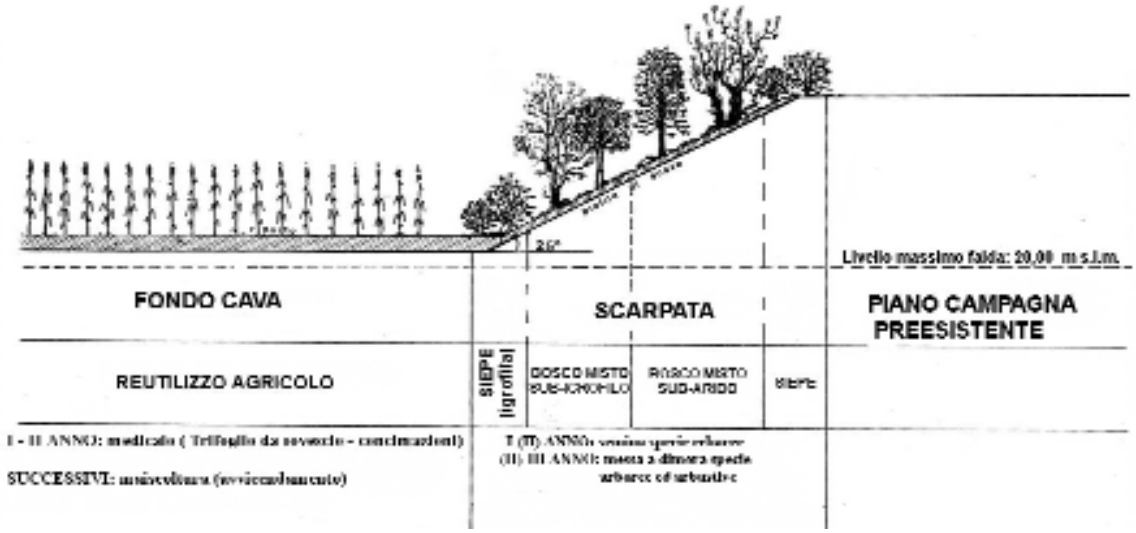


Fig. 16.6

Foto 16.6 - Recupero all'uso agricolo su piano ribassato cava ex Stefanel, fase di scavo, Gonars (UD) giugno 1983
Foto: G. Sauli

Foto 16.7 - Recupero all'uso agricolo su piano ribassato cava ex Stefanel, Gonars (UD), 2001
Foto: G. Sauli

Foto 16.8 - Recupero all'uso agricolo su piano ribassato cava ex Stefanel (Gonars UD) - medicaio da sovescio 1983
Foto: G. Sauli

RECUPERO MISTO AGRICOLO - NATURALISTICO DI CAVE A FOSSA IN GHIAIA O SABBIA
A RITOMBAMENTO PARZIALE CON INERTI DA DISCARICA

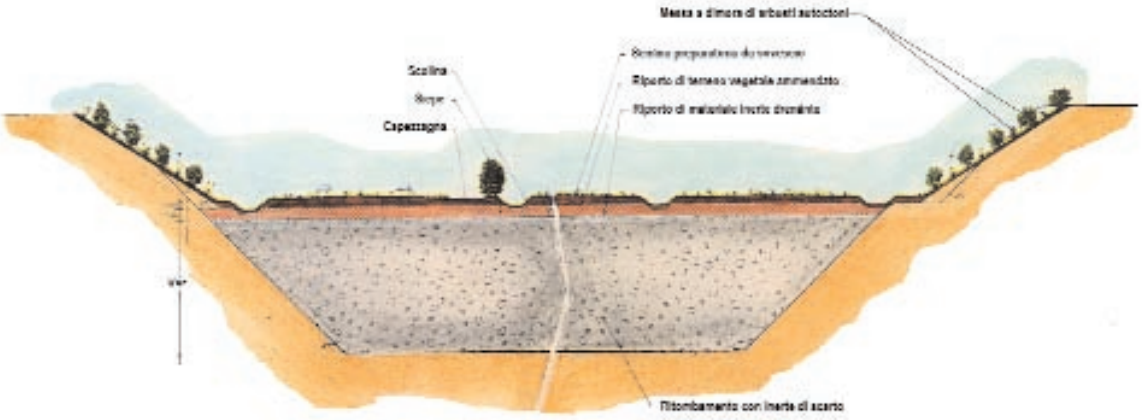


Fig. 16.7

RECUPEROALL'USO AGRICOLO DI CAVE A FOSSA IN GHIAIA O SABBIA
A RITOMBAMENTO TOTALE CON INERTI DA DISCARICA

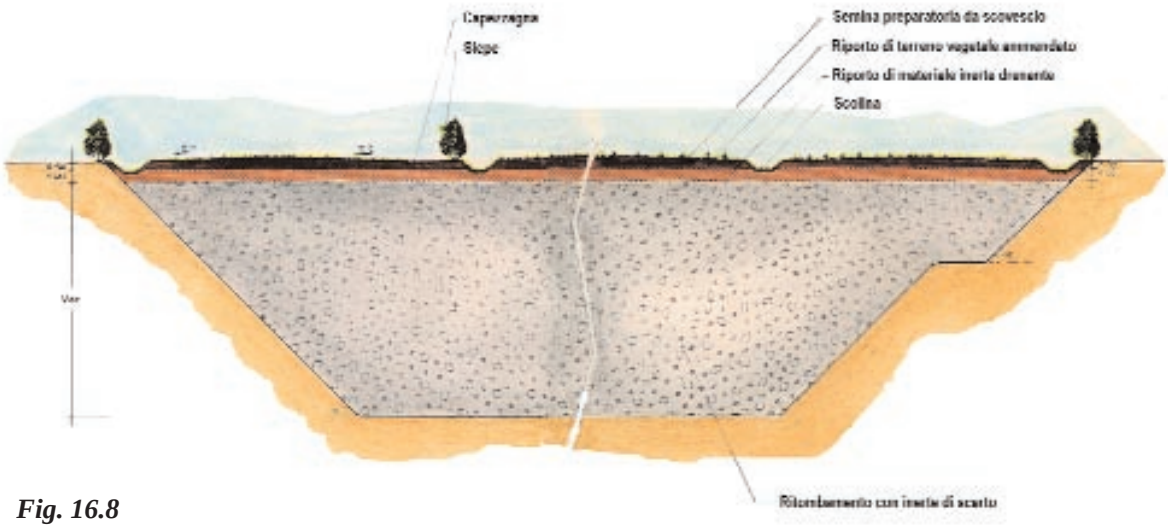


Fig. 16.8

16.3.2 Cave di monte

Le cave di monte (dette anche cave in roccia o di versante) costituiscono in Italia una delle grosse problematiche territoriali e di impatto ambientale con migliaia di cave attive.

Molti sono i fattori che hanno determinato la distribuzione pressoché su tutto il territorio nazionale di tali "ferite" paesaggistiche:

- La prevalente morfologia montana alpina ed appenninica di quasi l'80 % del territorio nazionale;
- la vasta disponibilità dei giacimenti nelle zone pedemontane (uno dei materiali più richiesti sono gli inerti calcarei);
- la dislocazione delle richieste di mercato in prossimità dei centri abitati e lungo gli assi stradali di fondovalle;
- altre considerazioni di natura urbanistica e socio-economica in relazione alla realizzazione di grandi infrastrutture viarie ed industriali;
- la disponibilità di mezzi e tecnologie estrattive che consentono oggigiorno grosse operazioni di scavo in tempi brevi.

Le possibilità di recupero degli ambiti di cava in roccia di versante a fine coltivazione sono varie, ma principalmente:

- recupero e reutilizzo di tipo urbanistico sia industriale che edilizio fruitivo e abitativo;
- ripristino di condizioni naturalistiche e paesaggistiche mediante interventi morfologici e di rivegetazione.

Vengono qui prese in considerazione le problematiche legate alla seconda possibilità, per ottenere la quale si possono ulteriormente distinguere le metodologie di intervento che seguono, dedotte da una casistica di interventi maturati negli ultimi 15-20 anni in Italia.

Vale in linea di massima la distinzione nelle principali tipologie di intervento che seguono.

16.3.2.1. Coltivazioni a gradoni

Le coltivazioni a gradoni sono le più frequenti e consentono varie forme di recupero che sono:

A) di difficile intervento a verde nei casi di fronti di cava subverticali (60° o più) con piccoli gradoni, spesso inaccessibili (Fig. 16.9). Si riporta come esempio la cava di Monsummano (Toscana) nella quale lo scavo è stato subverticale e i risultati del ripristino sono stati alquanto deludenti anche perché come specie ricolonizzatrice è stato impiegato il cipresso dell'Arizona, mentre la circostante vegetazione è a lecceta nel versante sud e a bosco mesofilo in quello nord.. Tali interventi con filari di resinose esotiche sui gradoni non danno nessun risultato neanche di natura visuale (Foto 16.9 e 16.10).

Qualche risultato si ottiene sui rilevati basali previa riporti di terreno vegetale o compost combinati con opere stabilizzanti o palizzate di contenimento come nel caso della cava Melta (vicino Trento) dove la morfologia risultava migliore e la riconversione è stata attuata tramite graticciate e riporti di terra. (Foto 16.11).

Un caso di buona riuscita di interventi di rivegetazione su rilevati basali è quello della cava "Fous" di Maniago (PN). Tale cava è stata rinverdita alla fine degli anni '70 inizio anni '80,mediante idrosemina, viminate vive e messa a dimora di arbusti ed alberi. Su una scarpata in frana a valle della strada di accesso è stato impiegato anche l'Ontano napoletano (*Alnus cordata*) che per il Friuli non è autoctono ma ha dato buoni risultati dal punto di vista del consolidamento (Foto 16.12 e 16.13).

Interventi sperimentali di rivestimento subverticale con materassi rinverditi preconfezionati hanno dato scarsi risultati a fronte di notevoli costi di messa in opera e manutenzione.

Interventi di inscurimento della roccia con sostanze ossidanti danno rapidi risultati di natura visuale (Foto 16.14) ma sono da considerarsi temporanei e accessori. Veri e propri interventi di "verniciatura" sono stati sperimentati negli anni '80 in qualche cava del nord Italia e completamente abbandonati sia per gli scarsi risultati nel tempo, sia per motivi di inquinamento, sia perchè da considerarsi un caso evidente di "imbroglio ecologico" .

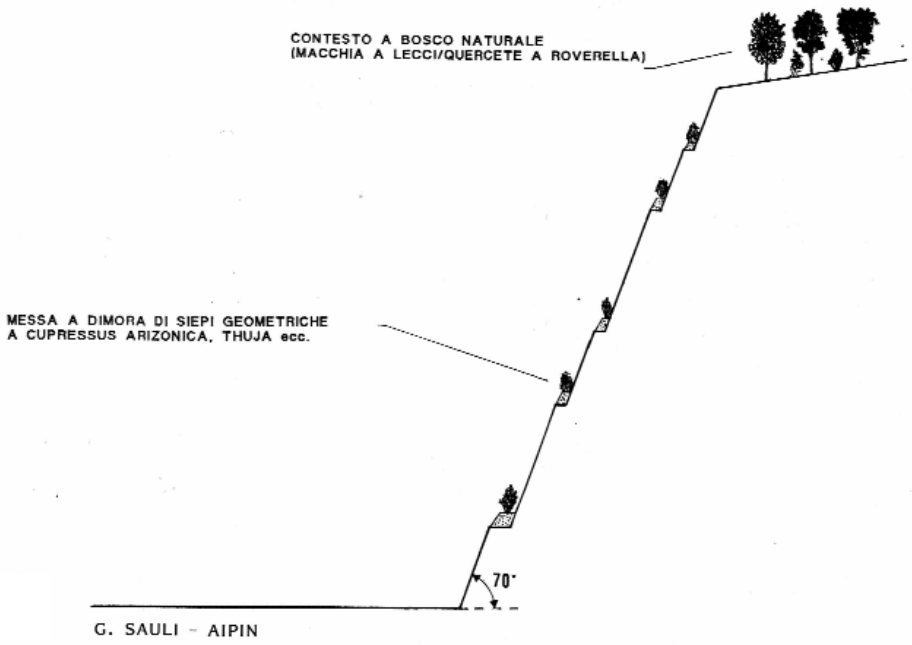


Fig. 16.9

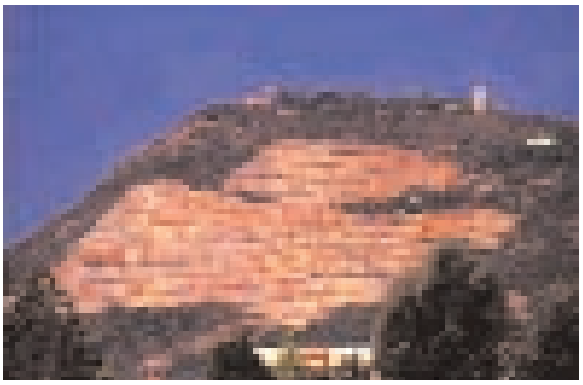


Foto 16.9 - Recupero con piantagione di resinose esotiche su gradoni, cava di Monsummano (PT), 1985
Foto: G. Sauli

Foto 16.10 - Recupero con piantagione di resinose esotiche su gradoni, cava di Monsummano (PT), 2003
Foto: P. Binazzi

Foto 16.11 - Recupero della cava Melta (TN) con rivegetazione dei rilevati basali
Foto: G. Sauli

Foto 16.12 - Rivegetazione dei rilevati basali, cava Fous, Maniago (PN), 1984
Foto: G. Sauli

Foto 16.13 - Rivegetazione dei rilevati basali, cava Fous, Maniago (PN), dopo 10 anni
Foto: G. Sauli

Foto 16.14 - Intervento di inscurimento con sostanze ossidanti, cava San Lorenzo, Soav e (VR), 1993
Foto: G. Sauli

B) di una certa efficacia se il rapporto tra alzata e pedata è tale da non superare la endenza media complessiva di 45°.

In tal caso è possibile:

1 - riportare inerti di scarto sui gradoni e ricostruire delle superfici di scarpata in materiale sciolto rivegetabile, sufficienti a mascherare buona parte delle superfici di cava come nel caso della cava di calcare "Scoria", in provincia di Trieste, nella quale sin da metà anni '80 sono stati condotti interventi sperimentali di rivegetazione con specie della boscaglia termofila del Carso triestino. Attualmente la cava è in fase di totale ricoprimento ed è stata ritombata con riporti di materiale inerte generalmente arenaceo risultanti da scavi in provincia di Trieste. Il materiale viene vagliato, steso, e rivegetato mediante semine e varie specie di arbusti. I risultati migliori sono stati ottenuti con *Prunus mahaleb* che va considerata specie guida su substrati rocciosi in zona carsica. (Figg. 16.10 e 16.11 e Foto 16.15, 16.16, 16.17, 16.18 e 16.19);

2 - abbattere in fase di abbandono finale le teste di scarpa dei gradoni per riempire la parte sottostante (Fig. 16.12) ed ottenere una serie di superfici in scavo o riporto con pendenze non superiori ai 30°-35° che consentono riporti di terra vegetale e rinverdimenti con normali interventi di semine e messa a dimora di arbusti;

C) di risultati intermedi se le pendenze complessive sono di 50°- 55° per gli scarsi risultati di mascheramento e l'eccessivo geometrismo che permane nella morfologia a gradoni.

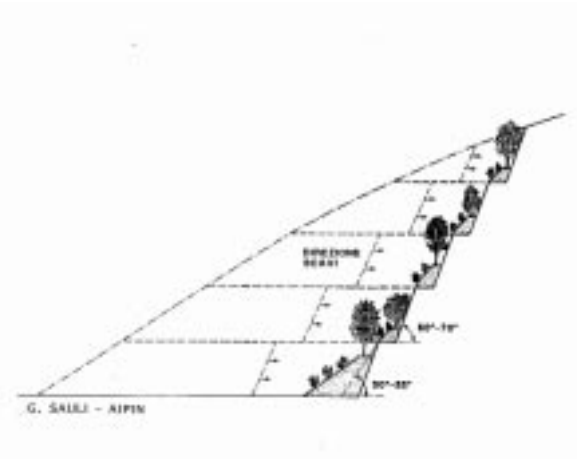


Fig 16.10

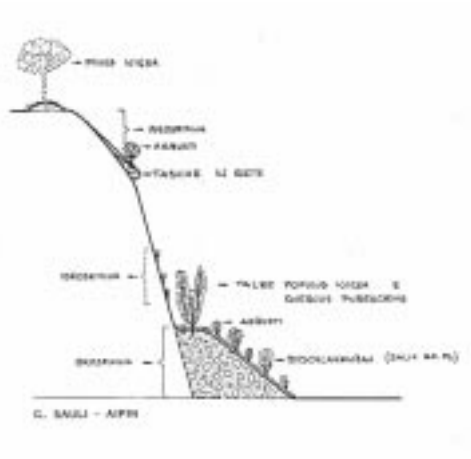


Fig 16.11

Foto 16.15 - Cava Scoria (TS), inizio lavori di recupero con rilevati rivegetati, campione di prova, marzo 1984
Foto: G. Sauli

Foto 16.16 - Cava Scoria, lavori di recupero con rilevati rivegetati, campione di prova, dicembre 1984
Foto: G. Sauli

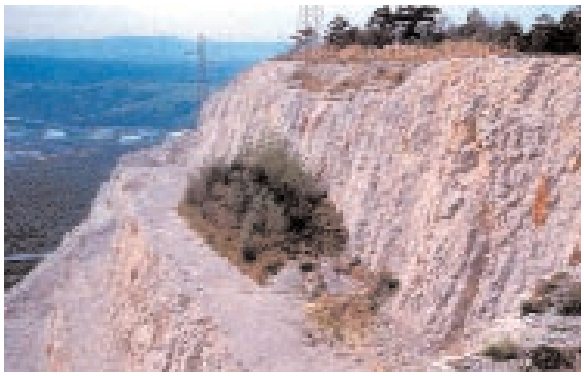


Foto 16.17 - Cava Scoria, lavori di recupero con rilevati rivegetati, campione di prova, settembre 1988
Foto: G. Sauli

Foto 16.18 - Ricomposizione morfologica su cava a gradoni Cava Scoria (TS), 1998
Foto: G. Sauli

Foto 16.19 - Rivegetazione mediante semine e piantagioni, Cava Scoria (TS), 1999
Foto: G. Sauli

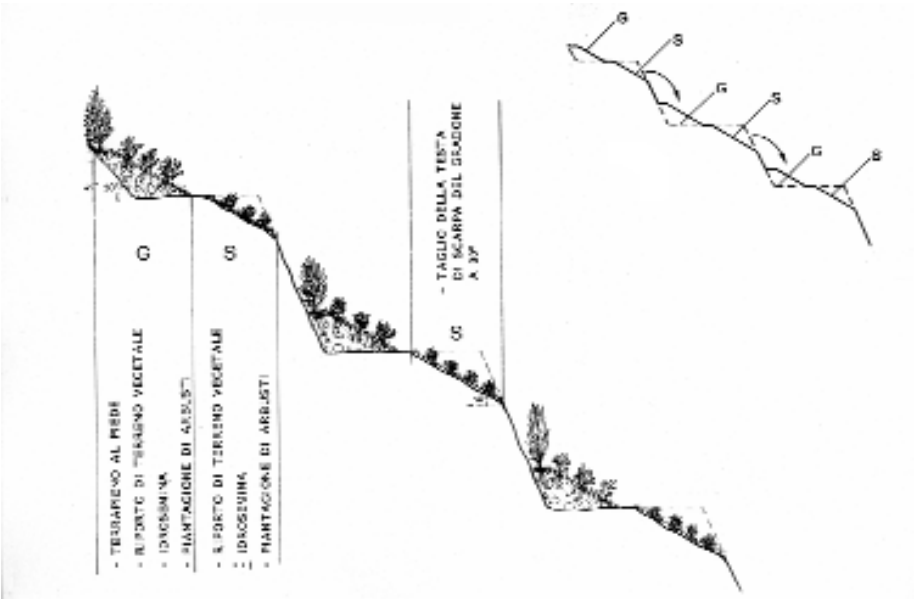


Fig 16.12

16.3.2.2. Coltivazione a scarpata unica a piazzale discendente (o splateamento)

Le coltivazioni a scarpata unica a piazzale discendente (o splateamento) sono da considerarsi le migliori da tutti i punti di vista sia paesaggistico e naturalistico che industriale.

Il caso della cava di calcare del M. S. Lorenzo in località Fanna (Maniago-PN).

Viene effettuato uno scavo dall'alto verso il basso, a piazzale discendente, come in Fig. 16.13, con scarpate di 35°-37° Questa pendenza corrisponde all'angolo al di sotto del quale la terra vegetale riportata può rimanere in loco, mentre al di sopra di questo valore c'è pericolo di erosione e franamenti. I fronti di scavo sono ad esse perpendicolari, consentendo la lavorazione meccanica delle superfici destinate al ripristino. E' possibile effettuare riporti di terreno vegetale a fasce discendenti e periodici interventi di semina e messa a dimora di arbusti locali. Terreno ed arbusti possono, almeno in parte, essere ricavati in corso d'opera da scotici e trapianti derivanti dalle aree di scopertura in modo da poter ricostituire le formazioni vegetali tipiche di quei versanti. Altra terra vegetale può essere portata dalla pianura e gli arbusti essere derivati da vivaio. Nel corso degli anni, a partire dalle scarpate più alte (che sono anche le prime ad essere trattate) si verifica l'ingresso progressivo delle specie naturali derivate dalle formazioni vegetali circostanti.

Sulla base delle esperienze di oltre 15 anni maturate in alcune cave del Friuli, come quella del M. S. Lorenzo (Foto 16.20÷16.25) i risultati si possono considerare ottimali e la metodologia andrebbe estesa a tutte le cave di nuovo impianto ed a quelle esistenti in cui esistono i presupposti per la riconversione morfologica a scarpata unica a 35°mediante operazioni di scavo/riporto.

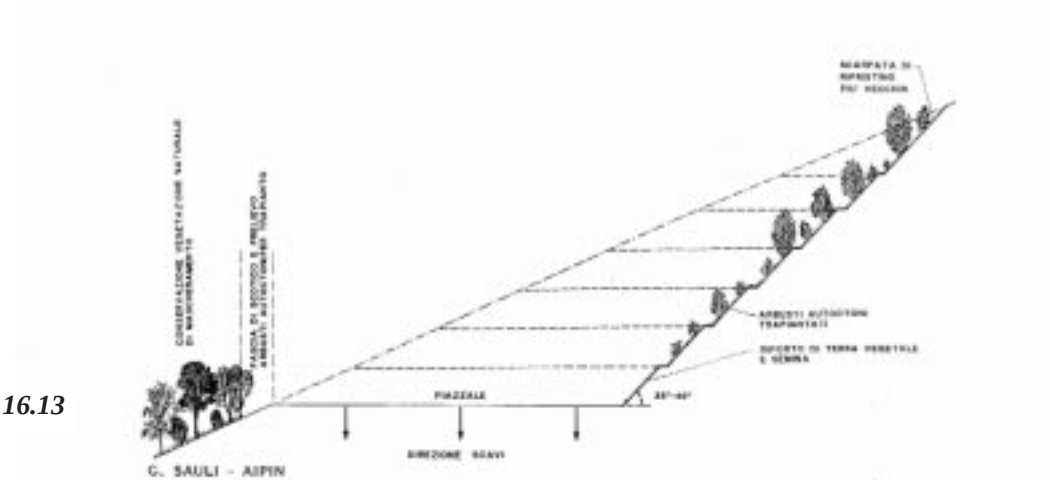


Fig 16.13

Foto 16.20 e 16.21 - Recupero della cava di calcare a piazzale discendente del Monte San Lorenzo (Maniago-PN)
Foto: G. Sauli

Foto 16.22 e 16.23 - Recupero della cava di calcare a piazzale discendente del Monte San Lorenzo (Maniago-PN)
Foto: G. Sauli

Foto 16.24 e 16.25 - Recupero della cava di calcare a piazzale discendente del Monte San Lorenzo (Maniago-PN)
Foto: G. Sauli

16.3.2.3 Situazioni miste

Sono abbastanza frequenti situazioni miste ed articolate, con morfologie di scavo derivate da condizionamenti locali di natura amministrativa ed urbanistica.

Nel caso di attività minerarie a cielo aperto, assimilabili per problematiche di ripristino alle cave, vi sono spesso condizionamenti legati alla dislocazione dei giacimenti che richiedono talvolta interventi particolari di ripristino.

Il caso della miniera di feldspato di Giustino in provincia di Trento

Si riporta il caso di un intervento in una miniera di feldspato (miniera di Giustino in provincia di Trento) in cui lo scavo del minerale aveva prodotto negli anni morfologie miste sulle varie litologie sovrastanti il giacimento.

Nella Fig. 16.14 sono indicate con: I- lo strato di copertura in morena scavato a 30°-32°; II-lo strato di roccia scistosa di contatto con il giacimento, scavato a 45°; III- il giacimento di feldspato vero e proprio coltivato a gradoni di 10 m di alzata e 3-5 m di pedata.

Interventi di rivegetazione sulla scarpata in roccia scistosa a 45° (Fig. 16.15) sono stati realizzati su supporti in sacche a materasso in reti metalliche rivestite internamente con stuoie sintetiche tridimensionali e riempite di inerte terroso a matrice sabbiosa.

Sui gradoni sono invece stati realizzati dei rilevati con inerte di scopertura, sostenuti da gabbionate rinverdite e da terre rinforzate verdi in geotessili in poliestere (Fig. 16.16).

Nelle Foto 16.26÷16.39 sono visibili in sequenza i risultati degli interventi di rivegetazione nell'arco di oltre 10 anni (lavori eseguiti nel 1986).

L'effetto finale sia paesaggistico che di consolidamento a distanza di 10 anni è buono, pur essendo un intervento molto costoso e difficilmente proponibile per le normali cave di inerte

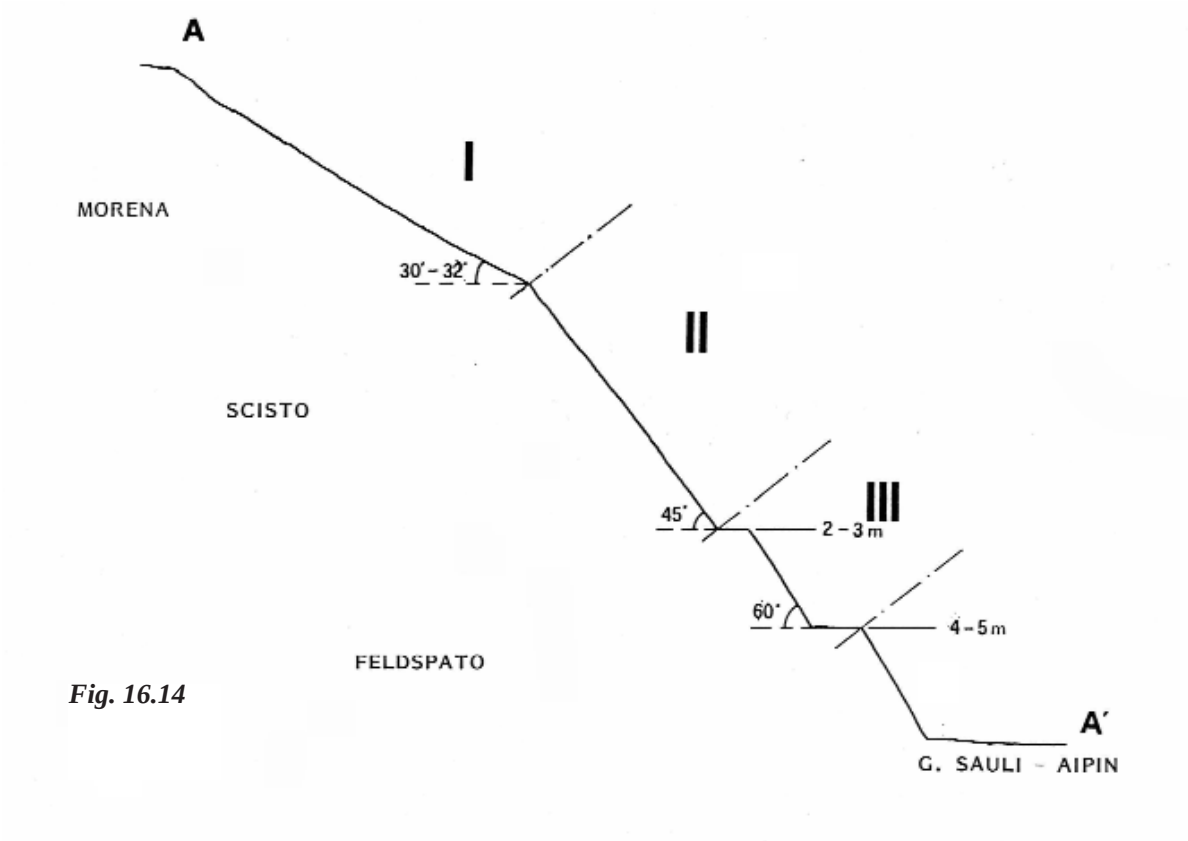


Fig. 16.14

Foto 16.26 - Miniera di Giustino, situazione ante-operam, 1986
Foto: G. Sauli

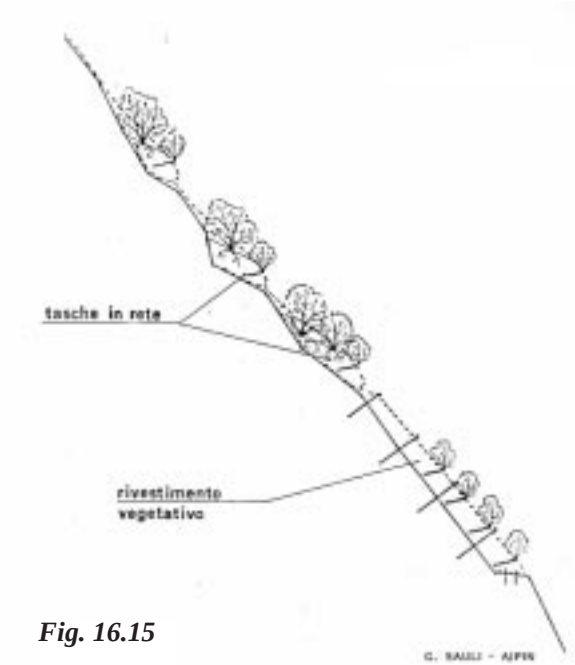


Fig. 16.15

Fig. 16.16

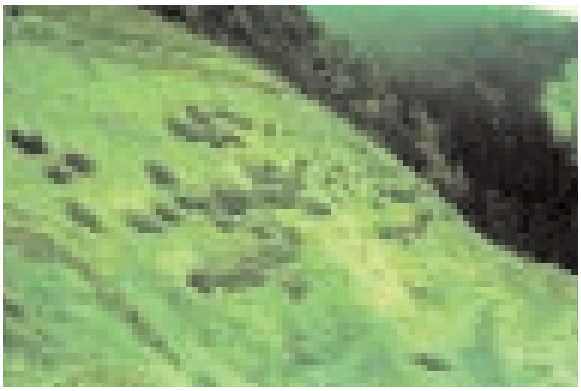


Foto 16.27 - Miniera di Giustino, durante i lavori.
Foto: G. Sauli

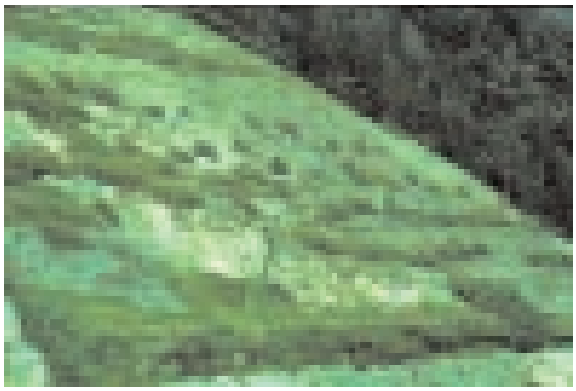


Foto 16.28 - Miniera di Giustino, dopo 1 anno
Foto: G. Sauli

Foto 16.29 - Efficacia degli interventi di consolidamento e rivegetazione Miniera di Giustino, dopo 9 anni
Foto: G. Sauli

Foto 16.30 - Riempimento tasche in rete con terreno sabbioso
Miniera di Giustino, ottobre 1986
Foto: G. Sauli

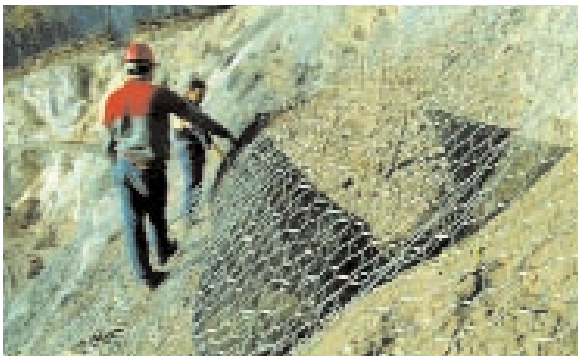


Foto 16.31 - Formazione tasche in rete con talee di salice
Miniera di Giustino, ottobre 1986
Foto: G. Sauli

Foto 16.32 - Tasche in rete rinverdite
Foto: G. Sauli

Foto 16.33 - Rivegetazione e consolidamento al piede dei rilevati mediante gabbionate e terre rinforzate verdi su scavi e gradoni
Miniera di Giustino (TN)
Foto: G. Sauli

Foto 16.34 - Terra rinforzata verde in costruzione
Miniera di Giustino
Foto: G. Sauli

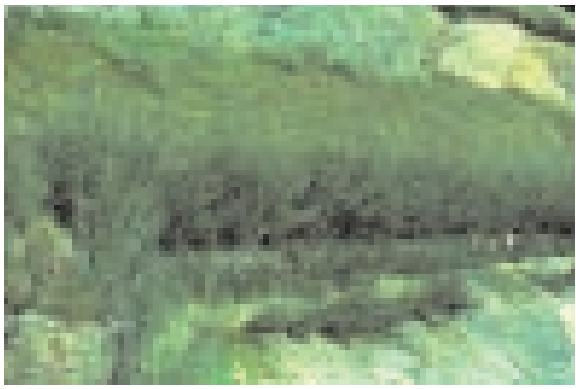


Foto 16.35 - Terra rinforzata verde con talee di salice
Miniera di Giustino (TN)
Foto: G.Sauli

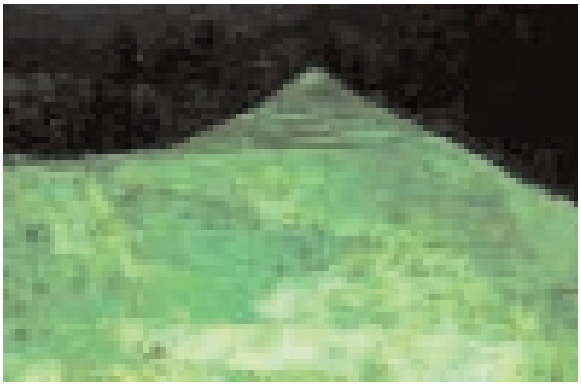


Foto 16.36

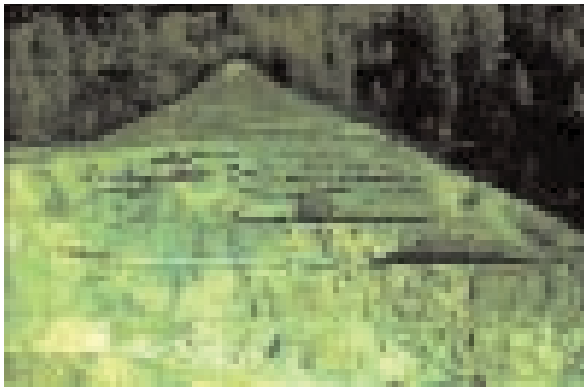


Foto 16.37

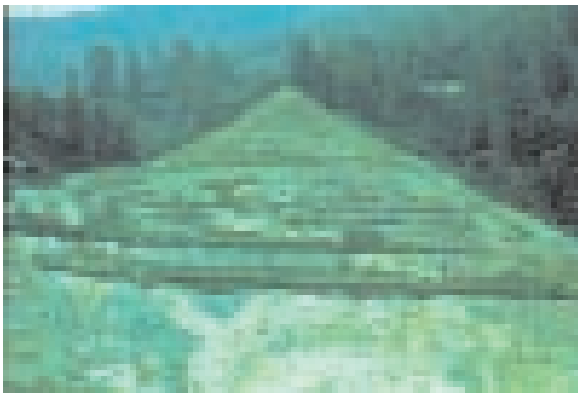


Foto 16.38

Foto 16.39

Foto 16.36, 16.37, 16.38 e 16.39 - Miniera di Giustino (TN)
Sequenza degli interventi di rivegetazione nel corso di 10 anni

16.3.2.4. Situazioni eccezionali

Vanno considerati eccezionali interventi di rivestimento completo di scarpate in roccia con ricoprimenti in terra, sostenuti da strutture artificiali (materassi verdi, geocelle a nido d'ape, rivestimenti vegetativi in geocompositi rete-stuoia, ecc.). Tali interventi, già sperimentati nel caso della Diga di Ridracoli (Foto 40÷51), danno buoni risultati su pendenze che non superino i 45° e in climi montani dell'Italia centro-nord. Non risultano normalmente proponibili, per motivi di costo, nelle cave e comunque nei climi aridi e in condizioni di forte pendenza.

Foto 16.40 - Rivegetazione versanti rocciosi, diga di Ridracoli, ante operam. Presenza di graticciate preesistenti
Foto: G. Sauli

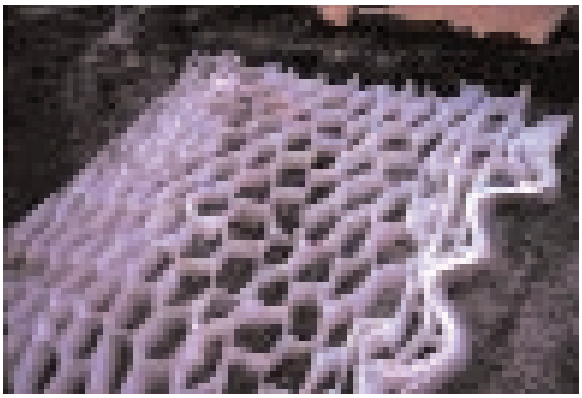


Foto 16.41 - Rivegetazione versanti rocciosi, diga di Ridracoli, geocelle a nido d'ape – fase di costruzione
Foto: G. Sauli

Foto 16.42 - Rivegetazione versanti rocciosi, diga di Ridracoli, geocelle a nido d'ape – fase di riempimento con terra vegetale
Foto: G. Sauli

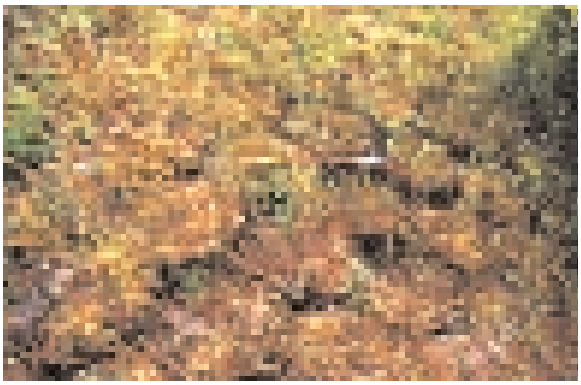


Foto 16.43 - Rivegetazione versanti rocciosi, diga di Ridracoli, geocelle a nido d'ape rinverdite
Foto: G. Sauli

Foto 16.44 - Rivegetazione versanti rocciosi, diga di Ridracoli, materasso verde
Foto: G. Sauli

Foto 16.45 - Rivegetazione versanti rocciosi, diga di Ridracoli, rivestimento a materasso in opera
Foto: G. Sauli

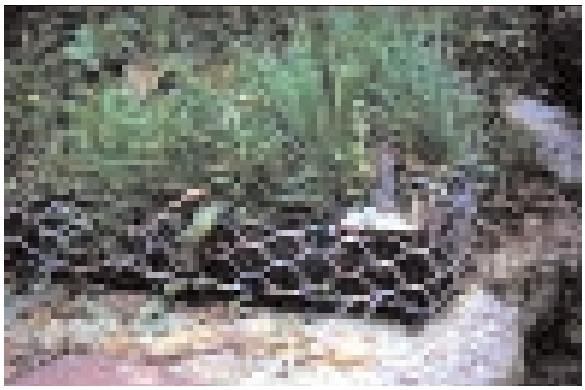


Foto 16.46 - Rivegetazione versanti rocciosi, diga di Ridracoli, materasso verde
Foto: G. Sauli

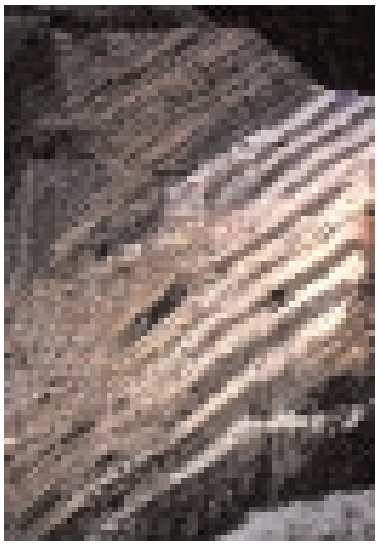


Foto 16.47 - Ante operam, diga di Ridracoli in costruzione -
Foto: G. Sauli

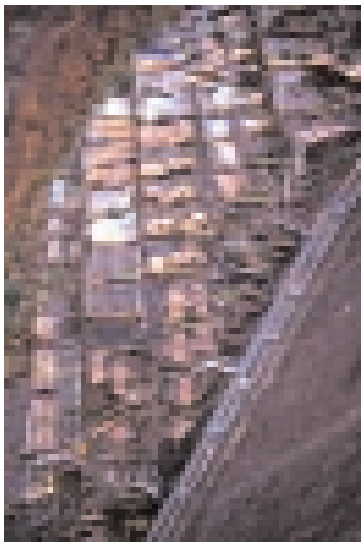


Foto 16.48

Foto 16.49

Foto 16.50

Foto 16.48, 16.49, 16.50 - Rivegetazione versanti rocciosi, diga di Ridracoli, sequenza interventi
Foto: G. Sauli

Foto 16.51 - Rivegetazione versanti rocciosi, diga di Ridracoli, dopo 2 anni.
Foto: G. Sauli

16.4. Conclusioni

Gli interventi di rivegetazione delle cave costituiscono uno dei settori di applicazione dei metodi e principi dell'Ingegneria naturalistica. Valgono alcune regole deontologico-pratiche quali:

- Massimo impiego di rimodellamenti morfologici che devono, nella migliore delle ipotesi, essere strettamente collegati con gli scavi
- Utilizzo di tecniche di coltivazione che consentano ripristini contemporanei agli scavi
- Impiego di specie autoctone di arbusti ed alberi per il miglior reinserimento naturalistico e paesaggistico delle superfici denudate
- Uso limitato di tecniche con impiego di materiali artificiali
- Impiego delle tecniche più semplici a pari funzione, evitando inutili sovradimensionamenti.

Recupero ambientale di discariche, con particolare riferimento a rifiuti solidi urbani (RSU), rifiuti tossici nocivi (RTN), inerti e inerti industriali

G. Sauli

17.1 Premesse

L'argomento discariche viene qui preso in considerazione principalmente per quanto riguarda i recuperi a verde che risultano necessari, a discarica esaurita, date le vaste superfici in terra che si vengono a creare nelle parti superiori delle discariche stesse e nelle adiacenze (piazzali di stoccaggio e manovra, piste interne, ecc.. Si rimanda ad altra sede per le problematiche relative alla progettazione geotecnica ed ingegneristica delle discariche stesse.

Viene di seguito riportata una casistica di interventi a verde su discariche a livello nazionale e centroeuropeo organizzate secondo le seguenti tipologie:

- Discariche di rifiuti solidi urbani (RSU)
- Discariche di rifiuti tossici nocivi (RTN)
- Discariche di inerti
- Discariche minerarie e di inerti derivati da processi industriali

Dal punto di vista del recupero in genere gli interventi a verde possono essere affrontati quando la discarica o un suo lotto funzionale siano esauriti e ne sia stata effettuata la chiusura superiore secondo le tecnologie previste dal progetto.

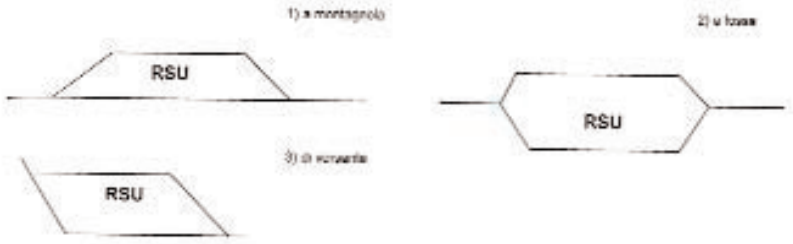
Le tecniche di rivegetazione risultano a questo punto di solito semplificate e si svolgono secondo le seguenti modalità:

- iporto di terreno vegetale sugli inerti drenanti di ricopertura (di solito almeno 30 cm di terreno agrario su almeno 50 – 100 cm di inerte drenante);
- eventuale trapianto in zolla a mosaico (copertura dei trapianti di circa il 10 %) di cotici di formazioni erbacee di prati-pascoli polifiti se la discarica è in vicinanza o adiacenza ad aree protette, aree SIC – ZPS, o comunque aree ad elevata naturalità,
- semine con fiorume proveniente dalle formazioni naturali o paranaturali citate;
- semine o idrosemine potenziate con miscele adatte alla situazione pedoclimatica ed ambientale locale;
- messa a dimora di specie arbustive autoctone con disposizione a isole ed evitando geometrismi. L'impiego di specie arboree va limitato, per ovvie ragioni funzionali di durata dei teli di sigillatura superiore, alle sole fasce marginali esterne al vero e proprio corpo discarica;
- tecniche di ingegneria naturalistica che vanno adottate negli interventi di consolidamento dei terrapieni e nella sistemazione di opere di canalizzazione perimetrali. Sono talvolta utili interventi con tecniche antierosive o stabilizzanti anche sulle parti in scarpata della discarica stessa per evitare effetti di ruscellamento o solchi in tratti in pendenza (stuoie organiche, viminate o gradonate vive, geocelle a nido d'ape, ecc.);
- realizzazione di fasce boscate tampone.

17.2 Discariche di RSU

Per quanto riguarda le discariche di RSU la strategia più diffusa attualmente in Italia si basa su tecniche di "incaramellamento" del corpo discarica mediante materiali impermeabili che permettono un totale isolamento dall'ambiente esterno.

A questo scopo vengono usati geomembrane e materiali bentonitici che hanno dei coefficienti di permeabilità molto bassa ($K=10^{-11}$). Rispetto alla morfologia si individuano tre principali tipolgie come di seguito illustrate:



Inizialmente (anni ’80) veniva impermeabilizzato solamente il fondo della discarica, per evitare l’inquinamento delle sottostanti falde acquifere da parte dei liquidi percolanti.

La parte superiore era lasciata senza impermeabilizzazione, perché così facendo veniva evitato l’accumulo dei biogas che rendevano però asfittico il terreno non permettendo la crescita delle piante. Attualmente invece, viene eseguito anche un isolamento superiore e i biogas formati, derivanti dalle fermentazioni aerobiche e anaerobiche dei rifiuti, vengono intercettati con un sistema di tubi drenanti per consentirne l’utilizzo. A volte il biogas non viene recuperato, ma bruciato tramite delle torce di sfiato e scarico.

Un esempio di impermeabilizzazione di un fondo di discarica può prevedere in genere i seguenti strati (dall’alto verso il basso):

=========	Geomembrana
.....	Letto di sabbia per proteggere la geomembrana dagli strappi
_____	Strati di bentonite 1) impermeabilizzano 2) assorbono e attutiscono gli urti
.....	Litologia locale (roccia in posto)

Il rivestimento superiore può essere costituito da (dall’alto verso il basso):

^^^^^^^^^^^	Terreno vegetale
**********	Pacco drenante ghiaia/sabbia (80-150 cm)
_____	Non tessuto (ad es. feltro)
========.	Geomembrana
.....	Sabbia /ghiaia (inerte recuperabile in loco)

Tale rivestimento permette alla fine la messa a dimora degli arbusti che possono spingere il loro apparato radicale all’interno del terreno vegetale e all’interno del corpo drenante, per fermarsi a livello del non tessuto senza apportare alcun danno alle geomembrane.

La copertura dei rifiuti avviene anche giornalmente tramite la stesura di inerte a strati.

A copertura terminata la realizzazione del verde è relativamente semplice, tranne che per gli ormai noti problemi di reperimento delle miscele di sementi e di arbusti.

17.2.1 Casistica di interventi a verde in discariche di RSU

17.2.1.1 Discarica di Bologna

Viene riportato quale esempio di una delle prime e più grandi discariche a “montagnola” quello della discarica di Bologna, visibile dall’autostrada Bologna-Firenze. Il recupero a verde di questa discarica è stato effettuato solamente mediante realizzazione di cotico erboso (Foto 17.1).

Foto 17.1 - Discarica a montagnola, discarica di Bologna anni ‘90 - Foto: G. Sauli

L’effetto finale non è ottimale e l’habitat risulta monotono e con elementi di geometrismo legato alla sistemazione morfologica a gradoni. Una copertura con arbusti (fatta salva l’interferenza degli apparati radicali con i sistemi di isolamento superiori) consentirebbe un miglior effetto paesaggistico ed un maggior tenore di biodiversità dell’ecosistema ricostruito.

17.2.1.2 Discarica di Sciaves (Bressanone - BZ)

La discarica di RSU di Sciaves (Bressanone-BZ) è stata realizzata sull’imposta di un vecchio scavo di versante con all’ingresso un impianto di compostaggio in cui convoglia gran parte della materia organica. Il residuo in uscita dal compostaggio viene avviato a discarica.

I rifiuti vengono coperti da uno strato di terra (Foto 17.2) sotto il quale vi è la sequenza di materiali come illustrati al par. 17.2.

La geomembrana (nera) viene saldata sul posto per impedire sia la fuoriuscita del biogas, sia il percolamento dell’acqua piovana (Foto 17.3)

Foto 17.2 - Fase di ricoprimento con terreno vegetale del I° lotto. Discarica di RSU di Sciaves (BZ)
Foto: G. Sauli

Foto 17.3 - Sigillatura e copertura superiore con geomembrane e non tessuti. Discarica RSU di Sciaves (BZ) - Foto: G. Sauli

Lo strato bianco visibile nell'immagine, è rappresentato dal geotessuto sopra al quale viene posto l'inerte drenante. Lo strato finale è dato appunto dalla terra vegetale, che nel caso delle discariche di versante è sempre di difficile reperimento.

Nel caso di Sciaves oltre alle semina sono stati messi a dimora arbusti autoctoni e realizzate delle gradonate vive con salici lungo le scarpate (Foto 17.4).

Pur essendoci uno sfondo a Pini silvestri negli immediati dintorni della discarica, questi non sono stati utilizzati nel rinverdimento, in quanto i pini emettono un lungo apparato radicale fittonante in grado di danneggiare la geomembrana e rischiano comunque di destabilizzare i ricoprimenti.

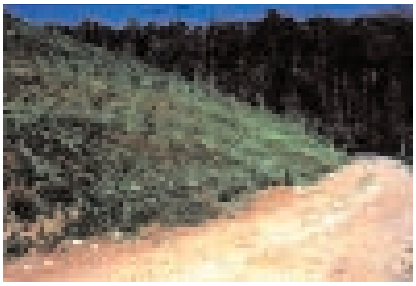


Foto 17.4 - Rivegetazione mediante semine, messa a dimora di arbusti e gradonate vive di salice. Discarica RSU di versante di Sciaves (BZ). - Foto: G. Sauli

17.2.1.3 Discarica di Maniago (PN)

Viene riportato il caso della discarica di RSU in loc. Cossana in prossimità di Maniago (PN). L'ambiente circostante è rappresentato dai cosiddetti "magredi" prati –pascoli aridi su terrazzi ghiaiosi del T. Cellina, ricchi di specie di prato arido (Crisopogoneto). La discarica è realizzata parzialmente a fossa (Foto 17.5) con chiusura a "montagnola" (Foto 17.6). Nel 1° lotto della discarica è già stato effettuato il recupero a verde (Foto 17.7), ma l'aspetto attuale è dominato dalla crescita delle infestanti. Nei lotti successivi è previsto l'utilizzo nelle semine del fiorume prelevato mediante sfalciatura o trebbiatura nei prati-pascoli naturali situati in adiacenza, nonchè interventi di sfalcio di manutenzione per evitare il fenomeno delle infestanti.

Foto 17.5 – Discarica di Maniago (PN) Loc. Cossana. Preparazione del fondo di discarica a fossa. Foto: G. Sauli - 2002

Foto 17.6 – Discarica RSU di Maniago (PN) Loc. Cossana, lotto in fase di chiusura. Foto: G. Sauli, 2002

Foto 17.7 – Discarica di RSU di Maniago (PN) Loc. Cossana. Rinverdimento del I° lotto visibile a sinistra dell'immagine. Foto: G. Sauli - 2002

Un problema di questa ed altre discariche è rappresentato dalle polveri, la strada di accesso infatti è sterrata e numerosi camion la percorrono giornalmente. Per ovviare a questo inconveniente esistono alcune possibili soluzioni da usare in alternativa o in concomitanza:

- la strada potrebbe essere asfaltata (rimuovendo in seguito l'asfalto)
- possono essere effettuate delle bagnature con le autobotti,
- le polveri potrebbero essere arginate con delle siepi a bordo strada (Foto 17.8).

Foto 17.8 – Siepi antipolvere a bordo strada Foto: G. Sauli

17.2.1.4 Discarica di Trivignano (UD)

Viene riportato il caso della discarica di RSU di Trivignano (UD) che è stata realizzata in una cava di ghiaia di pianura e per la quale le modalità di isolamento e recupero sono in analogia con le precedenti (Foto 17.9 e 17.10).

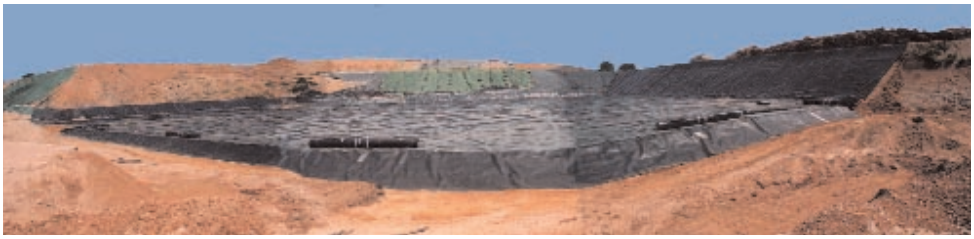


Foto 17.9 – Discarica di Trivignano (UD) giugno 2003. Foto: G. Sauli

Foto 17.10 – Discarica di Trivignano (UD) giugno 2003. Foto: G. Sauli

Le opere di rinaturalizzazione della discarica fanno parte di un piano più ad ampio respiro di ricostruzione delle reti ecologiche nell'ambito del Comune di Trivignano, a cominciare da fasce boscate tampone perimetrali alla discarica stessa (Foto17.11).

Foto 17.11 – Fascia boscata tampone perimetrale alla discarica di RSU di Trivignano (UD). Foto: G. Sauli

17.3 Discariche di RTN

17.3.1 Discarica di Gonnesa (CA)

Si riporta il caso della d discarica di rifiuti tossici-nocivi di Gonnesa (CA) che è stata realizzata in una ex cava di bentonite in un contesto di alto valore paesaggistico e naturalistico di gariga costiera sarda con affioramenti di massi granitici, creando i presupposti per interventi molto impegnativi dal punto di vista naturalistico (Foto 17.12 e 17.13).

Foto 17.12 – Gonnesa - Foto: G. Sauli

Foto 17.13 - Interventi di rivegetazione con semina e messa a dimora di specie arbustive autoctone e non, compresa disposizione non naturaliforme di massi granitici come presenti nell'habitat naturale circostante. Discarica di fanghi industriali di Gonnesa (CA) - Foto: G. Sauli

Il recupero è progettato a lotti di cui il primo è stato completato, il secondo e il terzo sono in corso.

Il circostante citato paesaggio orientava il ripristino verso la ricostruzione della gariga, ma nel primo lotto le specie vegetali impiegate, pur facenti parte di quell'habitat (cisto, rosmarino, lentisco, ecc.), vennero sistemate con disposizione geometrica a isole monospecifiche e con utilizzo anche di specie esotiche (Agave). Stessa sorte spettò ai massi granitici, recuperati per essere sparsi in modo casuale (naturale!) sul terreno, e che vennero invece sistemati con disposizione architettonica (Foto 17.13), con un risultato finale distante dalle ricercate realizzazioni di soluzioni naturali e quanto più possibile simili all'ambiente circostante (ricucitura all'ambiente circostante/innesco di sistemi naturali).

Foto 17.14 - Preparazione della sigillatura di fondo della discarica di fanghi industriali di Gennaluas (CA), su un rimodellamento morfologico della vecchia miniera di pirite. Foto Ecos

17.3.2. Discarica di Gennaluas (CA)

Nelle Foto 17.14 e 17.15 viene illustrata la preparazione della sigillatura del fondo di una delle più grosse discariche della Sardegna destinata a ricevere i fanghi industriali dell'impianto Enichem di Porto Scuso. La discarica è stata impostata rimodellando la morfologia della parte a cielo aperto della vecchia miniera di pirite (articolata in buona parte in galleria).

Foto 17.15 - Preparazione della sigillatura di fondo della discarica di fanghi industriali di Gennaluas (CA), su un rimodellamento morfologico della vecchia miniera di pirite. Foto: G. Sauli

A carico della Società che gestirà la discarica è in fase di realizzazione nell'ambito della discarica un Museo e centro visite della miniera che illustrerà le passate attività minerarie.

Come già detto uno dei problemi delle cave e delle discariche sono le polveri dovute alla massiccia circolazione dei camion. Nella foto 16 un'autobotte sta spargendo acqua lungo le strade interne della discarica, sistema costoso e di difficile applicazione in zone carenti d'acqua come ad esempio la Sardegna.

Foto 17.16 – Spargimento d'acqua lungo le strade interne della discarica, Gennaluas (CA). Foto: G. Sauli

17.4 Discariche di inerti

Nei grossi progetti di infrastrutture viarie viene normalmente prodotto e realizzato il "piano cave e discariche" che prevede le fonti di approvvigionamento inerti da costruzione e la messa a discarica degli inerti in eccedenza o non riutilizzabili per scarse caratteristiche geotecniche. In genere tali inerti di scarto vengono collocati in aree di cava esaurite quale ricomposizione morfologica e paesaggistica almeno parziale.

Si riportano due casi di riciclaggio di inerti per rimodellamenti morfologici e recuperi a verde di cave in roccia abbandonate o in fase di chiusura:

In entrambi i casi vengono appunto riciclati inerti di scarto derivanti da scavi di fondazioni, demolizioni, ecc. derivanti sia dal fabbisogno della città che da alcune grosse infrastrutture viarie attualmente in costruzione nella provincia di Trieste.

Sono previsti interventi di idrosemina e messa a dimora di arbusti tipici della vegetazione del Carso triestino da cui si attende un recupero paesaggistico delle due cave citate.

17.5 Discariche minerarie

17.5.1 Discarica della miniera di Campo Pisano (CA)

Quanto sopra riportato può esser applicato anche in ambito mediterraneo, salvo selezione delle specie arbustive, suffruticose ed erbacee da impiegare nelle singole regioni e località.

- Cava di calcare Scoria (TS) (Fig. 17.1 e Foto 17.17)

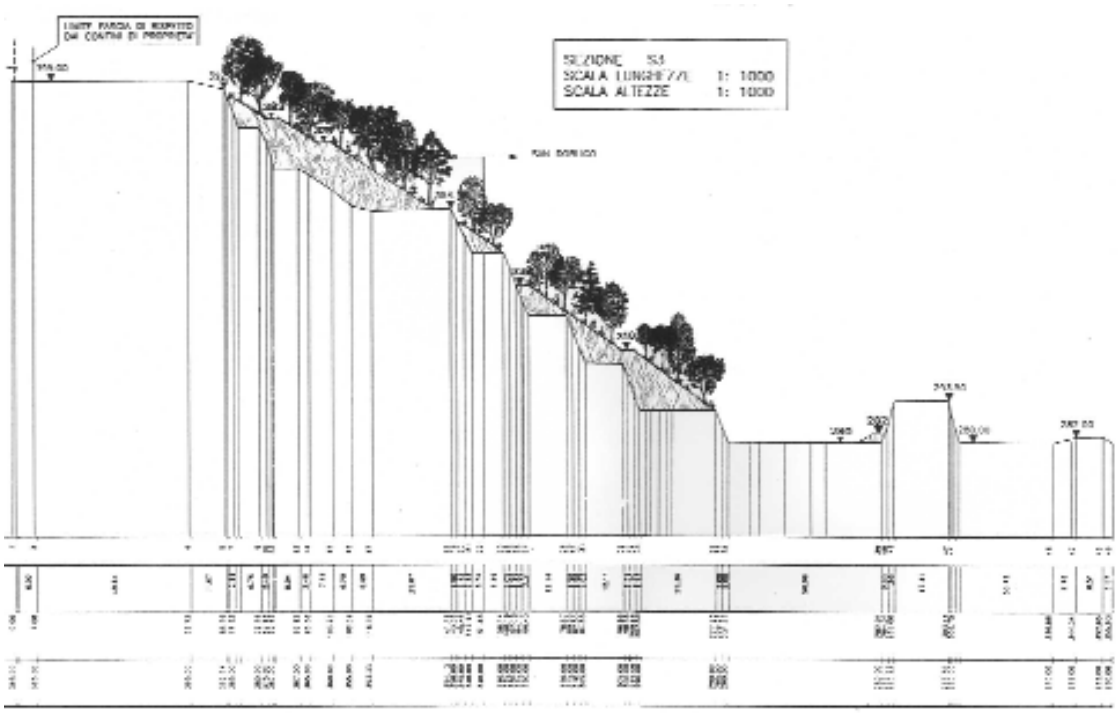


Fig. 17.1

Foto 17.17

• Cava ex Faccanoni (TS) (Foto 17.18 e 17.19)

Foto 17.18 – Cava Faccanoni, situazione attuale

Foto 17.19 - Progetto per collocazione a discarica di inerti di scarto e contemporanea ricomposizione morfologica parziale dell' ex cava Faccanoni (fotomontaggio).

Viene riportato il caso di un intervento campione eseguito su una discarica di sterili a basso contenuto di zinco e piombo nella miniera di Campo Pisano (Iglesias - CA) (Fig. 17.2 e Foto da 17.20 a 17.27).

La scarpata interessata dalle opere (circa 1000 m2 con pendenza 40°-45°) fu suddivisa in otto particelle longitudinali (5x 25 m) che sono state rinaturate con differenti metodiche, onde valutare in modo comparativo i risultati ottenuti.

Le tecniche impiegate sono state:

- Rivestimento con biofeltro preseminato e preconcimato, fissato con rete metallica a maglia 10 x 10 cm;
- Fascinate e cordonate vive di tamerici alternate a messa a dimora di arbusti autoctoni;
- Palizzata viva di tamerici;
- Copertura con stuoia in fibra di cocco e piantagione di piante erbacee perenni;
- Rivestimento in paglia con rizomi sminuzzati di graminacee e semina;
- Copertura con terra vegetale, stuoia in fibra di cocco e semina;
- Messa a dimora di arbusti autoctoni di gariga mediterranea e cespi di graminacee in vaso;
- Testimone (senza interventi).

Su tutte le parcelle è stata inoltre eseguita una idrosemina di copertura con miscuglio di specie selezionate tra le più resistenti alle condizioni di aridità e di carenza nutrizionale.

Fu prevista l'irrigazione solamente nella parte superiore dei versanti e fu limitata al primo periodo di vegetazione; l'acqua è un fattore condizionante primario in queste situazioni, per cui inizialmente l'attecchimento e la crescita furono migliori nella zona sommitale.

Il risultato delle sperimentazione indica l'impiego di arbusti pionieri mediterranei come prioritario nelle rivegetazioni di scarpate in condizioni di forte aridità, mentre le semine danno scarsi risultati salvo impiego di specie erbacee locali da attuare mediante fiorume, spargimento di fienagioni o trapianto di cespi di graminacee locali.

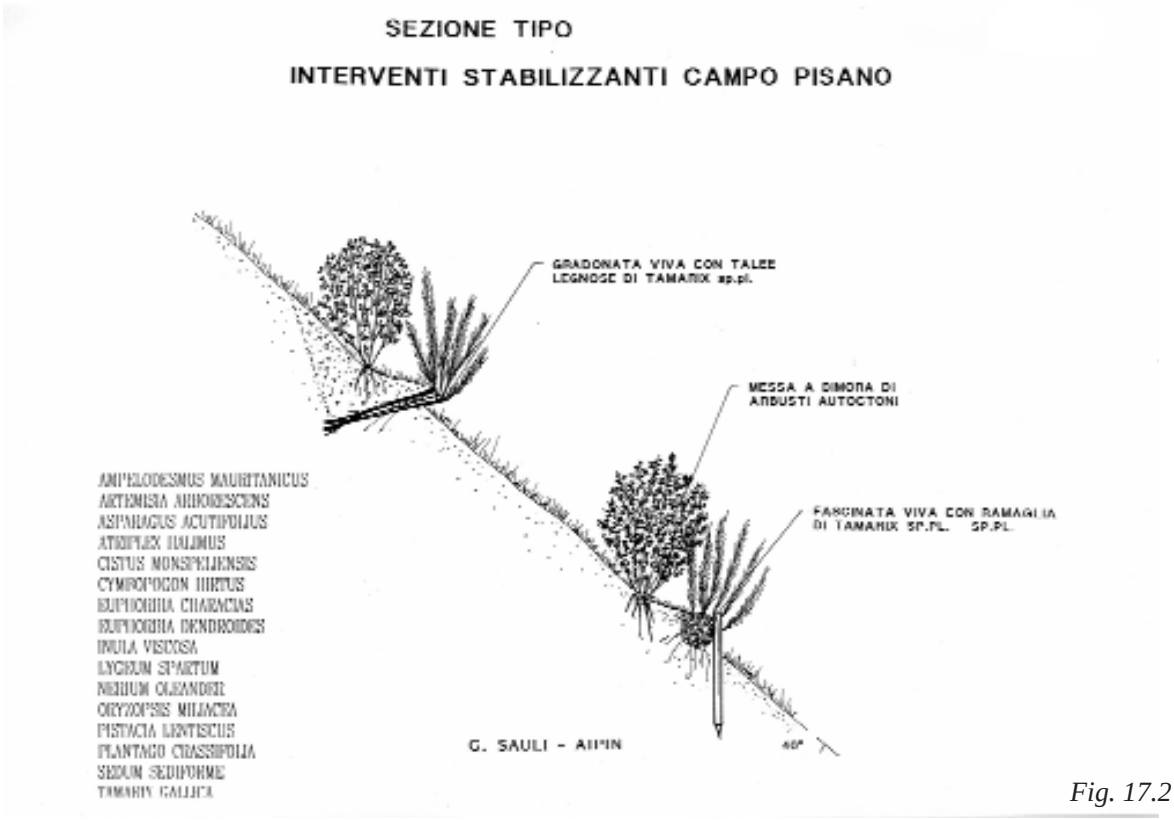


Fig. 17.2

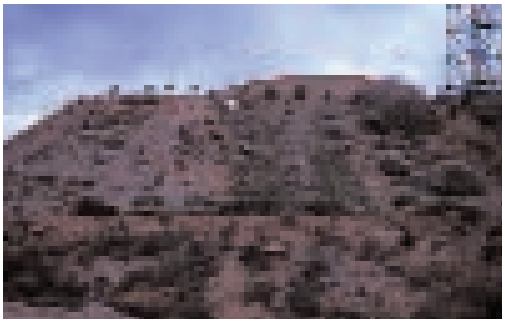


Foto 17.20

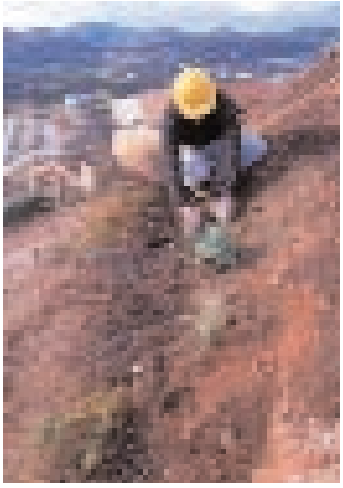


Foto 17.21

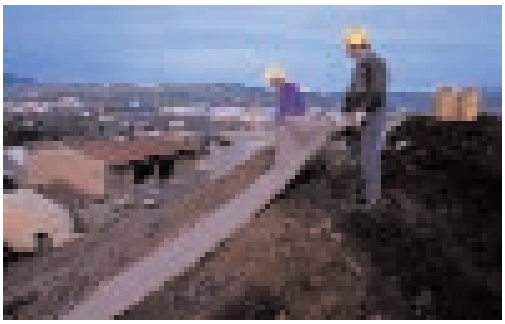


Foto 17.22

Foto 17.23

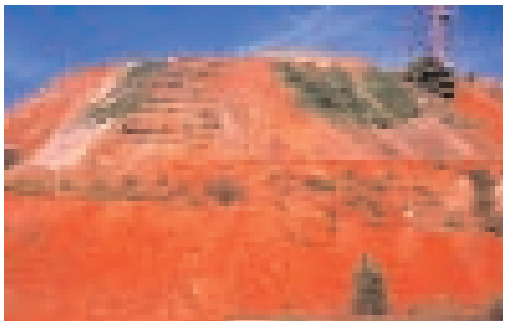


Foto 17.24

Foto 17.25

Foto 17.26

Foto 17.27

In un'altra discarica della zona, in quegli anni, alcune scarpate vennero rinverdite con il Mesembryanthemum Fig 17.28 *(fico degli ottentotti)* sfruttando la sua capacità di veloce tappezzante. I risultati furono però nulli a causa delle sue non valide capacità biotecniche.

17.5.2 Discariche minerarie e industriali del centro Europa (Germania)

Vengono riportate alcune immagini di discariche di inerti del centro-Europa e in particolare:

- Una discarica derivante da scoperchiatura di miniere di carbone nella Ruhr (Germania) con realizzazione di enormi colline (chiamate Halden in tedesco) completamente rivegetate (Foto 17.29).
- Discariche di residui di lavorazioni industriali della soda (Hannover- Germania) (Foto 17.30, 17.31 e 17.32), con impiego di semine con fiorume e specie derivate da formazioni prative naturali su vaste superfici di neoformazione e in assenza di terreno vegetale.

Foto 17.28

Foto 17.29

Foto 17.30 - Discarica industriale di residui di lavorazione della soda, fase di deposito su morfologia a “collina”. Hannover (Germania) 2002. Foto: G. Sauli

Foto 17.31 - Rivegetazione a prato stabile con specie erbacee locali tra cui dominante Camagrostis epigejos della discarica industriale di residui di lavorazione della soda. Hannover (Germania) 2002. Foto: G. Sauli

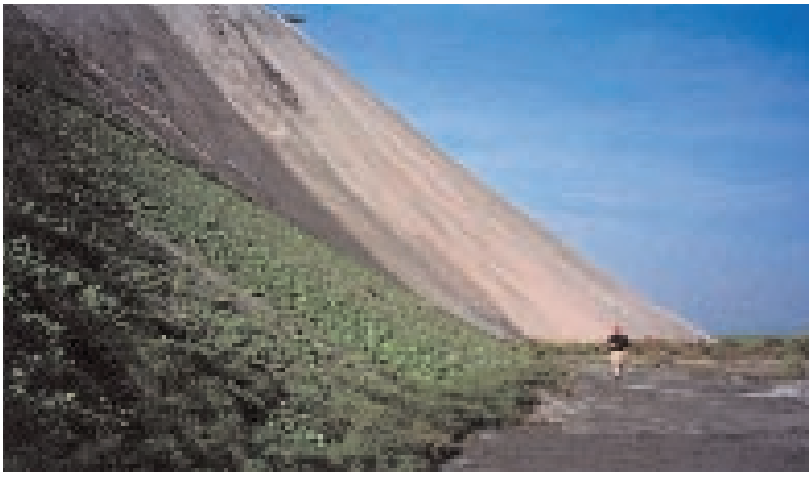


Foto 17.32 - Discarica industriale a “collina” di residui di lavorazione della soda,”con interventi di idrosemina. Hannover (Germania) 2002. Foto: G. Sauli

17.6 Schede discariche RSU

F. Preti, C. Milanese

Si riporta a titolo di esempio le schede relative a due discariche del Lazio

17.6.1 Discarica di Malagrotta

ADEGUAMENTO AL D.P.R. N.915 DEL 10/9/1992 DELLA DISCARICA CONTROLLATA DEI RIFIUTI SOLIDI SITA IN LOCALITA' MALAGROTTA	
Progetto di massima e esecutivo	
Committente	E. GIOVI S. R. L. Via di Malagrotta, 257, 00050 Roma
Data	Maggio 1987
Approvazione	Comune di Roma
Stato	Eseguita
Descrizione	La discarica, a servizio della città di Roma e dei comuni limitrofi è progettata per ricevere 3700 t/d di rifiuti solidi urbani e assimilabili e 340 t/d di rifiuti industriali. La capacità complessiva è di 24,8.106 m3, di cui 17,1.106 m3 di 2a categoria tipo A e 7,7 .106 m3 di 2a categoria tipo B. La discarica è idraulicamente isolata da un diaframma plastico della lunghezza di 5423 m, con profondità variabile tra 10 m e 50 m e spessore variabile in funzione della profondità tra 0,6 m e 1 m. La discarica è dotata di: - rete per la raccolta del percolato, - impianto d'inertizzazione del percolato, - rete per la raccolta del biogas, - impianto per la riutilizzazione del biogas.

Recentemente la Commissione di Bruxelles ha deciso di proseguire nella procedura di infrazione dopo la denuncia presentata da un gruppo di residenti del XVI Municipio, ritenendo che la discarica non sia ancora a livello di standard europeo (da La repubblica del 4 agosto, cronaca di Roma). Sono inoltre in corso diversi interventi nell'area di Malagrotta, sulla quale insiste una grande discarica di rifiuti che somma il proprio impatto a quello di altre attività industriali e di servizio, quali una raffineria, il forno di incenerimento dei rifiuti ospedalieri, i depositi di carburante, lo stabilimento di Ponte Malnome e numerose attività estrattive. Gli interventi consistono in un piano di monitoraggio per controllare la qualità dell'aria, il rischio sanitario, e definire interventi per minimizzare il fenomeno dei cattivi odori; la riforestazione di aree limitrofe alla discarica, con il duplice obiettivo di riqualificazione del paesaggio e di creazione di una barriera verde per limitare la diffusione dell'inquinamento dell'aria e dei cattivi odori.

17.6.2 Discarica di Lunghezza

Data 22/07/2003	Compilatore Chiara Milanese
Provincia Comune Località	Roma Roma Lunghezza
Altitudine	35 m s.l.m. mediamente
Esposizione	Zona pianeggiante con esposizione prevalente a sud-sud-ovest
Inclinazione del versante	0
Aspetti vegetazionali dell'area	L'area si trova in ambito rurale, nei pressi di Roma, borgata case rosse.
Lineamenti geomorfologici	L'inquadramento regionale permette di evidenziare la presenza di due domini principali: i depositi vulcanici (legati all'attività del complesso vulcanico dei Colli Albani) e le unità pre vulcaniche di origine sedimentaria.
Obiettivo dell'intervento	La discarica abusiva è stata realizzata in un'ex cava, quindi l'intervento prevede la bonifica del sito inquinato da sostanze tossiche che vanno inertizzate e il progressivo ripristino della funzionalità ecosistemica dell'area.
Tipologie dell'intervento	Idrosemina, piantagione di essenze arbustive e arboree
Materiali impiegati	
Dimensioni dell'intervento	7000 m^2 circa
Specie vegetali impiegate — Talee	
Specie vegetali impiegate — Piante radicate	
Soggetto realizzatore	Consorzio Ircav Uno ha incaricato l'Azienda Municipale Ambiente di Roma, dello studio del progetto di bonifica. Successivamente, individuato l'idoneo processo di bonifica, la società Pegaso scrl, conferitaria per conto della Ircav Uno della bonifica, ha incaricato lo studio Colosimo della redazione del progetto costruttivo.
Periodo d'intervento	A partire dal 1999 si è passati alla redazione del progetto esecutivo e all'avvio dei lavori di bonifica che sono tuttora in corso.
Osservazioni	La parte del progetto che riguarda la sistemazione finale dell'area con il ripristino a verde, finalizzato al reinserimento naturalistico del sito in corso di bonifica, è stato in parte stralciato. Tale variazione implica la riduzione della superficie da ripristinare a verde, e che tale ripristino sarà limitato ad una idrosemina, senza la messa a dimora di essenze arboree e arbustive autoctone.

Capitolo 18

Rinaturalizzazione di scarpate stradali ferroviarie

G. Sauli

18.1 Premesse

Vengono in questo capitolo trattate principalmente le opere di stabilizzazione e consolidamento nonché di mitigazione con interventi di rinaturalizzazione, rivegetazione ed Ingegneria Naturalistica.

Vanno viceversa considerati e progettati nell'ambito delle opere di mitigazione anche gli interventi di natura puramente tecnologica quali: vasche di sicurezza e sistemi di captazione degli inquinanti di piattaforma e degli sversamenti accidentali, sovrappassi e sottopassi faunistici, pannelli fonoassorbenti, ecc. privilegiando eventualmente soluzioni biotecniche a quelle puramente tecnologiche (es. barriere vegetative antirumore, ecosistemi filtro, ecc.)

Le principali interferenze naturalistiche indotte dalla realizzazione di infrastrutture viarie (strade, ferrovie) di vario ordine sono legate a:

- sparizione fisica. Data la natura lineare di tali infrastrutture, vere e proprie "strisce"di territorio vengono occupate e sottratte definitivamente;
- interruzione della continuità di habitat, reti ecologiche, ecosistemi in genere;
- realizzazione di vaste superfici denudate di neoformazione collegate con l'infrastruttura :
  1. direttamente quali: scarpate in trincea, rilevati, aree di svincolo, imboccature di gallerie, ecc.;
  2. indirettamente quali: aree e piste di cantiere, cave di prestito, ecc.

Anche se l'infrastruttura attraversa aree prive di valori naturalistici, ad esempio zone di pianura a vaste superfici di agricoltura intensiva, va comunque considerata l'opportunità di una riqualificazione del paesaggio attraversato mediante:

- realizzazione di fasce boscate tampone a lato strada
- ricostruzione di corridoi ecologici
- ricostruzione di habitat
- ricostituzione in genere di elementi della rete ecologica

Di tutte queste superfici va prevista la rivegetazione per i seguenti motivi:

- funzionali (antierosivi, di stabilizzazione in genere);
- naturalistici di ricostituzione o innesco di formazione di nuovi habitat;
- paesaggistici.

18.1.1 Il progetto integrato

Le opere di cui sopra fanno parte integrante e funzionale del progetto stradale e vanno progettate contestualmente ad esso con grado di approfondimento proporzionale alle varie fasi del progetto stesso.

Vale il principio operativo di formulare sin dalle prime fasi di progettazione il cosiddetto "Progetto integrato", cioè un progetto che tiene subito conto delle esigenze di riambientazione che diventano in certi casi pregiudiziali alle scelte infrastrutturali integrandosi con esse. Ad esempio una terra rinforzata verde di sostegno a una spalla di un ponte o sostitutiva di un muro di controripa, un fosso di infiltrazione o un ecosistema filtro da collocare nella rotonda di uno svincolo, una deviazione di corso d'acqua con sponde sostenute con tecniche di ingegneria naturalistica, ecc. sono frutto di riconosciute esigenze di mitigazione di impatti e la loro identificazione e progettazione non può essere rimandata a fine progetto o addirittura a fine lavori come generici "interventi a verde" da far eseguire a posteriori da una ditta di opere in verde.

Va identificata nel team di progettazione la figura specifica di un professionista esperto in progettazione di opere di mitigazione e di Ingegneria naturalistica.

Contemporaneamente gli studi di analisi degli elementi naturalistici conoscitivi di supporto alla progettazione, devono essere, per certi aspetti, dettagliati già nelle fasi preliminari di progetto, per poter consentire la individuazione a priori delle emergenze da tutelare, ma anche delle possibilità concrete di adottare determinati interventi di ripristino quali:

- selezione delle specie vegetali;
- disponibilità di mercato delle stesse o in alternativa possibilità di realizzare vivai temporanei;
- individuazione dei problemi di interferenze faunistiche e possibilità di realizzare strutture per il mantenimento dei dinamismi di certe specie animali;

- possibilità di adozione di tecniche di ingegneria naturalistica negli interventi di consolidamento e rivegetazione di scarpate di neoformazione;
- possibilità di adottare provvedimenti antirumore con barriere vegetative;
- disponibilità di suolo vegetale nell'ambito del cantiere o possibilità di reperimento e ammendamento di inerti terrosi derivati.

18.1.2 Considerazioni metodologico – applicative

Gli interventi ambientali nel settore viario si possono principalmente distinguere in alcune categorie di opere come di seguito elencate:

• le opere di mitigazione vere e proprie
cioè quelle direttamente collegate agli impatti quali ad esempio barriere antirumore a lato strada per mitigare l'impatto da rumore prodotto dal traffico veicolare, le vasche di sicurezza e i presidi idraulici per intercettare i liquidi di piattaforma stradale,ecc.;
• quelle di "ottimizzazione" del progetto
che sono in realtà la maggior parte e non necessariamente collegate con un eventuale impatto su beni naturali di pregio preesistenti, quali ad esempio: la creazione di fasce vegetate di riambientazione di una strada in zona agricola, la rivegetazione di tutte le scarpate, aiole, aree di svincolo ecc.;
• le opere di compensazione
cioè gli interventi non strettamente collegati con l'opera, che vengono realizzati a titolo di "compensazione" ambientale quali ad esempio creazione di habitat umidi o zone boscate in aree di ex cave presenti nell'area, bonifica e rivegetazione di siti devastati, anche se non prodotti dal progetto in esame.

18.1.3 Selezione delle specie negli interventi di rivegetazione

Gli interventi di rivegetazione devono di regola prevedere l'impiego di specie arbustive ed arboree autoctone, riferite agli stadi delle serie della vegetazione naturale (presente o potenziale riconosciute nella fase di analisi) più coerenti con la reale situazione delle superfici di neoformazione su cui si interviene. Ad esempio in ambito stradale, nel caso di una strada a mezza costa che attraversa un querceto a Quercus pubescens (Roverella), è improbabile l'uso diretto sulle scarpate della strada di questa specie (specie climacica abbastanza esigente), mentre è più verosimile l'impiego delle specie arbustive e alto arbustive della vegetazione "mantello" o di siepe che sono meno esigenti (Orniello, Carpino nero, ecc.) o addirittura di specie pioniere se le condizioni delle scarpate risultano impoverite dal punto di vista pedoclimatico.

Vale comunque il principio della non interferenza della vegetazione piantata o degli habitat realizzati, con le funzioni della infrastruttura di progetto (invasione della carreggiata delle fronde degli alberi, richiamo di avifauna per l'uso di specie fruttifere e interferenza con il traffico, ecc.).

Va escluso normalmente l'impiego di specie esotiche non facenti parte della flora spontanea del territorio italiano. Come già detto tale regola va adottata in maniera esclusiva in tutti gli interventi extraurbani specie se in adiacenza con aree a vegetazione naturale o paranaturale. Nel caso di opere in zone urbane o periurbane va valutata, in funzione della coerenza paesaggistica e degli invalsi usi locali, l'opportunità di impiegare specie non autoctone. Ad esempio in certe regioni fanno ormai parte del paesaggio alcune conifere di grande spicco paesaggistico anche se si tratta di specie introdotte in Italia in epoca storica.

A livello metodologico sull'impiego di specie e materiali negli interventi di ingegneria naturalistica, vale la tabella di Capitolo 6.

In sede di progettazione esecutiva va presentata la schedatura di tutte le scarpate in rilevato, in trincea e scavo, degli imbocchi delle gallerie, delle aree di svincolo, ecc.. Va predisposto un documento chiamato "Quaderno dei piani di scarpata" con la descrizione delle condizioni litologiche e geopedologiche, climatologiche, di esposizione, altitudinali e latitudinali, nonché del contesto vegetazionale di riferimento di ogni singola scarpata.

Tali elementi vanno finalizzati alla selezione dei relativi provvedimenti di mitigazione adottati per i singoli tratti riferiti alle progressive o al numero della sezione. Gli interventi a verde e di ingegneria naturalistica progettati vanno riportati in sezione e in visione in pianta in sviluppo.

18.2 Casistica degli interventi

18.2.1. Rinaturalizzazione scarpate

18.2.1.1 Scarpate in rilevato o raso

Va previsto in generale per tutte le superfici a raso e per le scarpate in rilevato:
- il riporto di terreno vegetale;
- la formazione di cotici erbosi mediante semine (in genere idrosemine) (Fig. 18.1);
- la formazione di siepi tra le carreggiate (Foto 18.1 e 18.2);
- la messa a dimora di specie arbustive ed arboree (Foto 18.3 ÷ 18.5) con attenzione ai problemi di invasione della sagoma dei veicoli, mantenendo quindi una fascia di sgombro adeguata (da 2 a 4 m) a solo cotico erboso (Fig. 18.2 e Foto 18.6 ÷ 18.9)
- La rivegetazione dei rilevati di ricomposizione morfologica (Foto 18.10 ÷ 18.17).

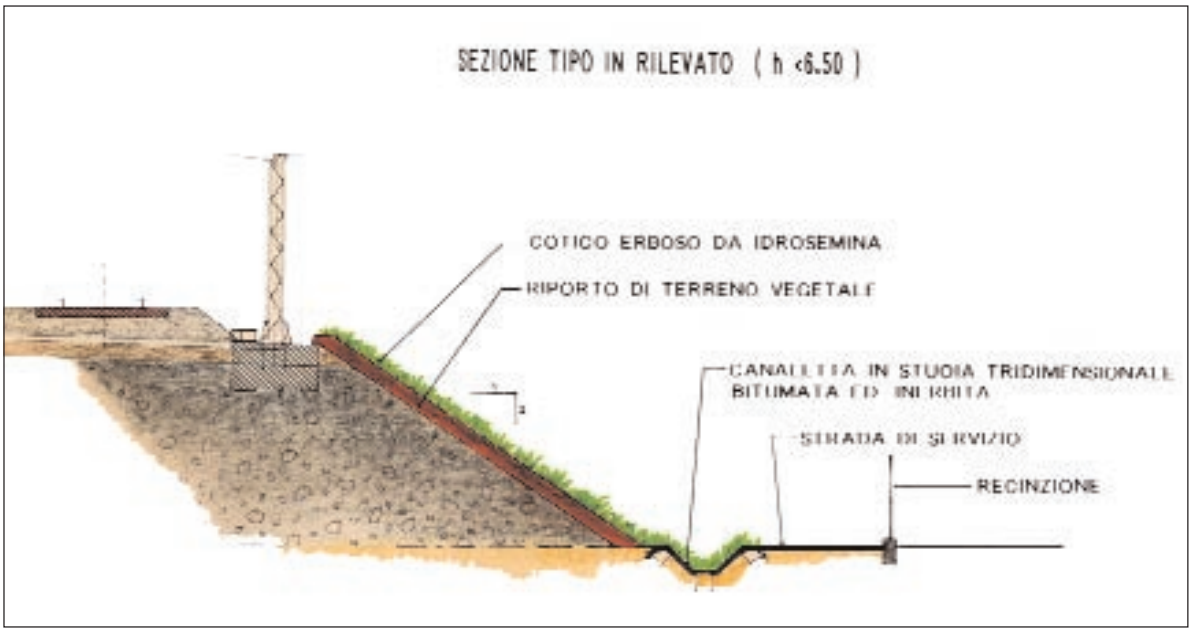


Fig. 18.1

Foto 18.1 - Siepe di Ligustro con pacciamatura tra le carreggiate - Autostrada Udine-Palmanova - Foto G. Sauli - Giugno 2003

Foto 18.2 - Messa a dimora arbusti su scarpata tra le carreggiate. 3° Corsia Autostrada Orte-Fiano - Foto G. Sauli,aprile 2003

Foto 18.3 - Piantagione di arbusti autoctoni e talee di salice arbustivi su rilevato autostradale. Carso triestino Loc. Slivia (TS). Dopo 5 anni. Foto G. Sauli 1996

Foto 18.4 - Messa a dimora arbusti autoctoni e talee di salici arbustivi su rilevato. Visione d'insieme con evidente effetto paesaggistico-naturalistico. Autostrada Trieste-Lisert Zona Slivia, dopo 12 anni - Foto G. Sauli Giugno 2003

Foto 18.5 - Messa a dimora di specie arbustive e arboree, con reti antifauna e pacciamatura a strisce. Parigi 1994 - Foto G. Sauli

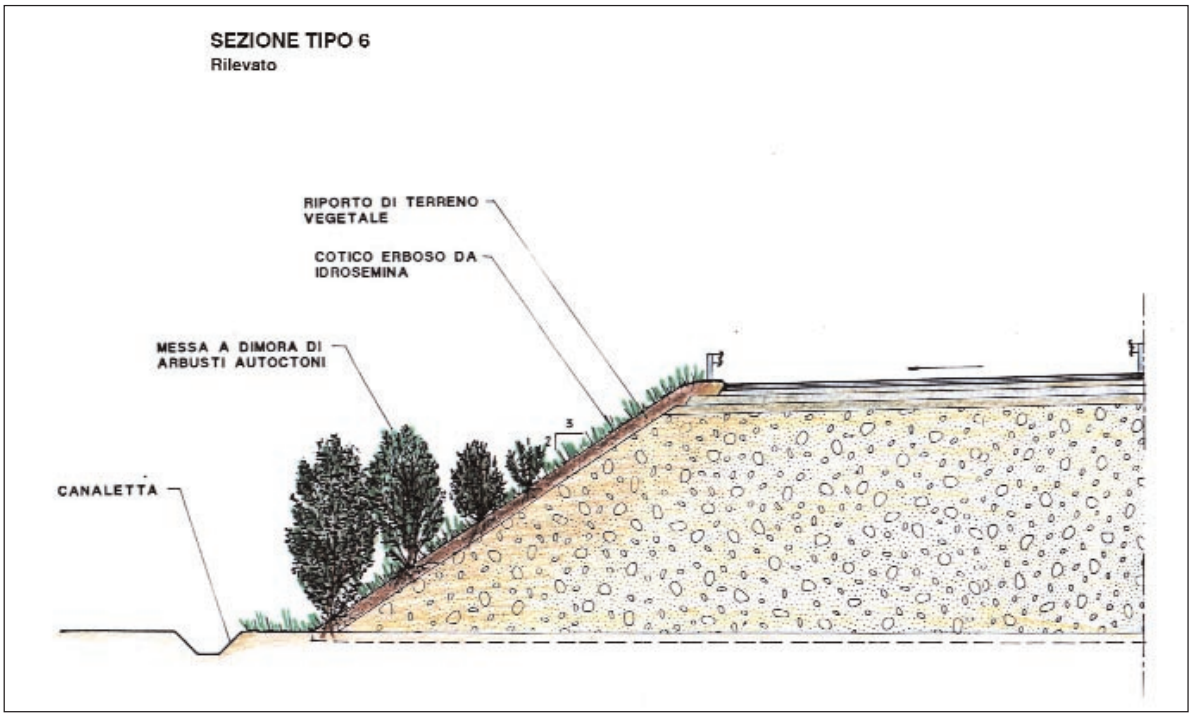


Fig. 18.2

Foto 18.6 - Messa a dimora specie arboree su scarpata in rilevato - 3° corsia Autostrada Orte-Fiano. Aprile 2002 - Foto G. Sauli

Foto 18.7 - Messa a dimora specie arboree su scarpata in rilevato - 3° corsia Autostrada Orte-Fiano. Aprile 2002 - Foto G. Sauli

Foto 18.8 - Scarpata in rilevato, rinverdita 3a corsia Autostrada Orte-Fiano Settembre 2002 - Foto G. Sauli.

Foto 18.9 - Scarpata in rilevato, a crescita avvenuta 3a corsia Autostrada Orte-Fiano. Maggio 2003 - Foto G. Sauli.

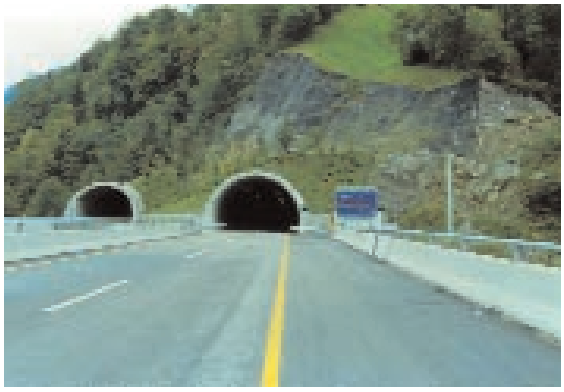


Foto 18.10 - Rivestimento vegetativo Galleria di Pontebba Autostrada A23 (UD) Ottobre 1987 - Foto G. Sauli

Foto 18.11 - Rivestimento vegetativo Galleria di Pontebba (UD) Autostrada A23. Dicembre 1994 - Foto G. Sauli

Foto 18.12 - Particolare rivestimento vegetativo in rete metallica a doppia torsione e geostuoia tridimensionale sintetica. Galleria di Pontebba (UD). Autostrada A23 - Carnia - Tarvisio. Ottobre 1987 - Foto G. Sauli

Foto 18.13 - Rivegetazione rilevati e crib-wall. Galleria di Servola. Grande viabilità triestina (TS)
Foto G. Sauli - 1987

Foto 18.14 - Rivegetazione rilevati e crib-wall. Galleria di Servola. Grande viabilità triestina (TS). Foto G. Sauli - 1987

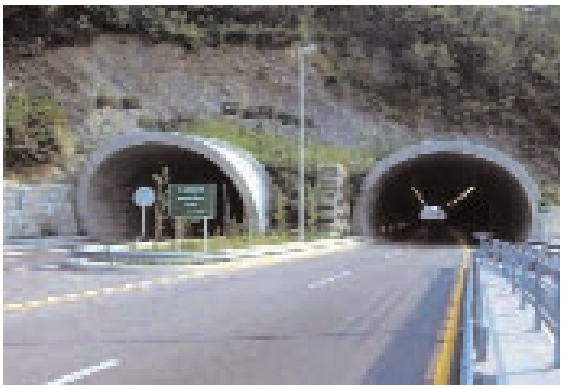


Foto 18.15 - Rivegetazione rilevati e crib-wall, Galleria di Servola. Grande viabilità triestina (TS). Foto G. Sauli - 1988

Foto 18.16 - Rivegetazione rilevati e crib-wall. Galleria di Servola. Grande viabilità triestina (TS). Foto G. Sauli - 2002

Foto 18.17 - Rivegetazione area boscata rilevato galleria Pileggi. Ben visibile un fosso di guardia realizzato in cls al posto di geostuoia tridimensionale bitumata inerbita prevista nel progetto 3a corsia Autostrada Orte-Fiano. Foto P. Cornelini

18.2.1.2 Scarpate in trincea

Le scarpate in scavo o in trincea rappresentano una casistica molto frequente non solo nei tracciati in zone montane, ma anche in quelli planiziali:

a) quando si cerca di bilanciare le cubature scavi/riporti per limitare i costi di approvvigionamento degli inerti da cave di prestito;

b) per evitare antiestetici cavalcavia e viadotti negli incroci con altra viabilità.

Data la natura litoide del substrato e le pendenze di scavo, normalmente non sono previsti interventi a verde su tali scarpate (Foto 18.18), creando problemi di reinserimento paesaggistico, ma talvolta anche funzionali di erosione da ruscellamento nelle litologie meno compatte (Foto 18.19), o addirittura di franamenti difficili da mettere in sicurezza (Foto 18.20).

Foto 18.18 - Scarpate in trincea in rocce vulcaniche. Ampliamento 3° corsia Roma - Napoli. Foto G. Sauli - 1988

Foto 18.19 - Inizio di solchi di erosione su scarpate non rivegetate in trincea in litologia sciolta. Foto G. Sauli - 3° corsia Autostrada Orte-Fiano

Vanno adottate tecniche di scavo e ripristino che risolvano i problemi sopracitati secondo le modalità che seguono:

- A tal fine le scarpate in trincea vanno progettate a seconda della litologia, non soltanto in funzione della stabilità geomeccanica, ma anche della ripristinabilità (Tab. 18.1). Rocce sciolte quali ghiaie e sabbie terrazzate, argille sovraconsolidate, marne, conglomerati, ecc., vanno, ove non sussistano impedimenti al contorno, scavate a pendenze non superiori ai 35°, per consentire appunto riporti di suolo e successiva rivegetazione talvolta spontanea (Foto 18.21), con beneficio anche della stabilità superficiale e durata nel tempo delle scarpate stesse (Foto 18.22÷18.24). In certi casi di litologie particolarmente friabili è necessario ricorrere a costose tecniche di stabilizzazione mediante mantellate in cls (Foto 18.25÷18.29)

Foto 18.20 - Interventi strutturali di consolidamento di una scarpata in trincea in frana in micropali e muro in cls. Raccordo Roma nord - Foto G. Sauli

Foto 18.21 - Colonizzazione spontanea su scarpata in trincea in argilla di Arundo pliniana e Hedysarum coronarium. 3° corsia Autostrada Fiano - Orte. Foto G.Sauli

INTERVENTI DI SISTEMAZIONE AMBIENTALE DELLE SCARPATE		
LITOLOGIA	**PENDENZA**	**INTERVENTO**
SABBIE GHIAIOSE E GHIAIE SABBIOSE	angoli inferiori o uguali a 35°	**tipologia A** riporto di terreno vegetale + idrosemina + messa a dimora di arbusti autoctoni
	tra 35° e 40°	**tipologia B:** riporto di terreno vegetale + rivestimento vegetativo a stuoia con reti metalliche + messa a dimora di talee e arbusti autoctoni
LIMI SABBIOSI E SABBIE LIMOSE A BASSA PLASTICITA'	inferiori o uguali a 30°	**tipologia A**
	tra 30° e 40°	**tipologia B**
LIMI SABBIOSI E ARGILLOSI PLASTICI, ARGILLE LIMOSO-SABBIOSE	inferiori o uguali a 28°	estensione in altezza inferiore a 5 m **tipologia A** + eventuale biostuoia
		estensione in altezza superiore a 5 m **tipologia A** + eventuale biostuoia + eventuale drenaggio biotecnico (tip. G)
	tra 28° e 38°	**tipologia B** o viminata viva (tip. D) + idrosemina + messa a dimora di talee e arbusti radicati
	tra 38° e 44°	grata viva (tip. I) o fascinata (tip. F) o viminata (tip. D) + idrosemina + messa a dimora di talee e arbusti radicati
TUFI LITOIDI, CONGLOMERATI CEMENTATI	tra 55° e 65°	**rinaturazione spontanea** +eventuali locali interventi di ancoraggio con reti metalliche

Tab. 18.1 Da S.I.A. 3° corsia Orte-Fiano

Foto 18.22 - Autostrada Udine-Tarvisio, zona colline moreniche. Giugno 2003 - Foto G. Sauli

Foto 18.23 - Messa a dimora di specie arbustive ed altoarbustive autoctone su rilevato in trincea su litologia a matrice argillosa. 3a corsia Autostrada Orte-Fiano. Foto G. Sauli

Foto 18.24 - Messa a dimora di arbusti della macchia mediterranea (mirto) su scarpate in trincea su litologia a matrice argillosa. 3a corsia Autostrada Orte-Fiano. Foto G. Sauli

Foto 18.25 - Scarpata in sabbia presso svincolo di Orte stabilizzata con mantellate e messa a dimora di Mesembryanthemum. 3a corsia Autostrada Orte-Fiano fine anni '80. Foto G. Sauli

Foto 18.26 - Particolare delle mantellate. Foto G.Sauli

Foto 18.27 - 3ª corsia Autostrada Orte-Fiano: scarpata in sabbia presso svincolo di Orte stabilizzata con mantellate, sparizione totale di Mesembryanthemum e crescita spontanea di Inula viscosa. Foto G. Sauli

Foto 18.28 - Scarpata in sabbia presso svincolo di Orte stabilizzata con mantellate, sparizione totale di Mesembryanthemum e crescita spontanea di Inula viscosa. 3ª corsia Autostrada Orte-Fiano. Maggio 2002 - Foto G.Sauli

Foto 18.29 - Mantellate verdi su scarpate preesistenti. 3acorsia Autostrada Orte-Fiano aprile 2002. Foto G.Sauli

- Nel caso vi sia la necessità di adottare pendenze maggiori (40°-45°) per la presenza di edifici, infrastrutture o aree urbanizzate in genere, per evitare fenomeni di ruscellamento vanno previste tecniche di rivestimento o stabilizzanti (stuoie, re-

ti, viminate vive ecc.) che consentano la permanenza in sito della terra vegetale da riportare e garantiscano quindi la crescita della vegetazione (Fig. 18.3, 18.4 e 18.5 e Foto 18.30 ÷ 18.37).

Foto 18.30 - Rivestimento antierosivo con stuoia in cocco. Autostrada dei Trafori. Ottobre 1988 - Foto G.Sauli

Foto 18.31 - Rivestimento antierosivo di scarpate in stuoia in juta, Autostrada Vittorio Veneto - Pian di Vedoia. Settembre 1988 - Foto G.Sauli

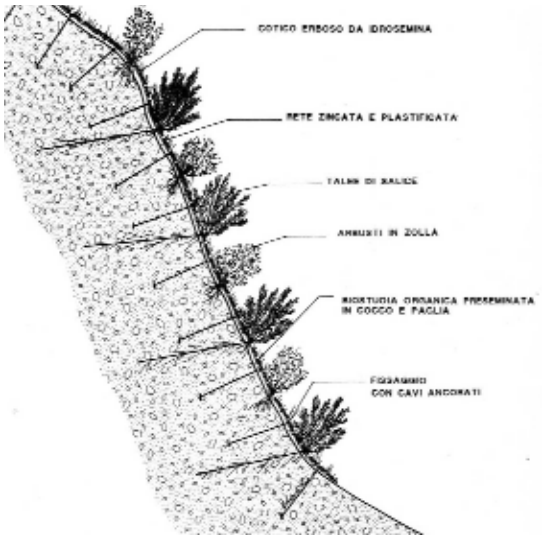


Fig. 18.3

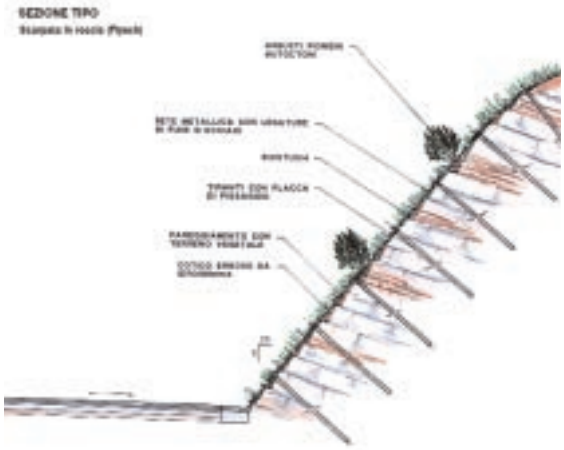


Fig. 18.4

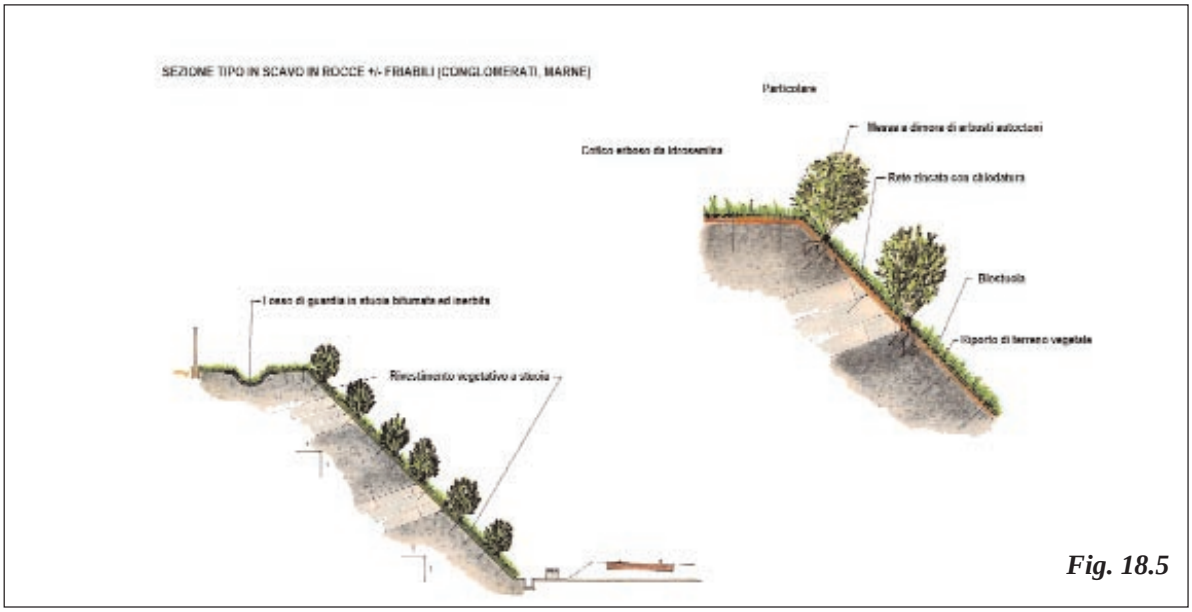


Fig. 18.5

Foto 18.32 - Scarpata in roccia arenacea a 45° con rivestimento vegetativo in rete metallica e stuoia organica. Stazione FS Tarvisio - Boscoverde. Foto G. Sauli - 2000

Foto 18.33 - Scarpata in roccia arenacea a 45° con rivestimento vegetativo in rete metallica e stuoia organica. Stazione FS Tarvisio - Boscoverde. Foto G. Sauli - Giugno 2003

Foto 18.34 - Scarpate in trincea in argilla stabilizzate con sola idrosemina. Arezzo - Ferrovia direttissima Firenze-Roma. Foto P. Cornelini

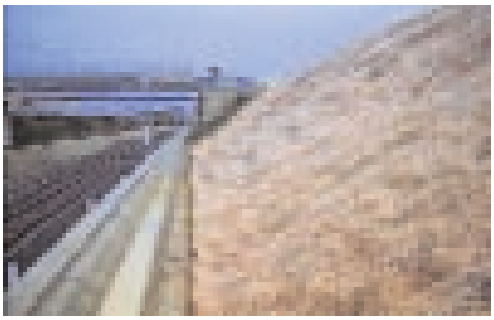


Foto 18.35 - Scarpate in trincea in argilla stabilizzate con rivestimento in rete metallica e stuoia organica dopo insuccesso del trattamento con sola idrosemina. Arezzo-Ferrovia direttissima Firenze-Roma Foto G. Cornelini

Foto 18.36 - Scarpate in trincea in argilla stabilizzate con rivestimento in rete metallica e stuoia organica dopo insuccesso del trattamento con sola idrosemina. Arezzo - Ferrovia direttissima Firenze-Roma Foto G. Cornelini

Foto 18.37 - Scarpate in trincea in argilla stabilizzate con rivestimento in rete metallica e stuoia organica dopo insuccesso del trattamento con sola idrosemina. Arezzo-Ferrovia direttissima Firenze-Roma, Foto P. Cornelini

- Nel caso di rocce compatte non necessariamente va adottata la massima pendenza tecnicamente possibile, ma il progetto dovrà tener conto dell'assetto e dei raccordi morfologici in funzione di ottimizzazione paesaggistica. Gli interventi di rivestimento vegetativo nel caso di scarpate in roccia ricondotte a pendenze maggiori (45° - 60°) sono molto onerosi (Fig. 18.6) o addirittura impossibili (Fig.18.7, Foto 18.38).

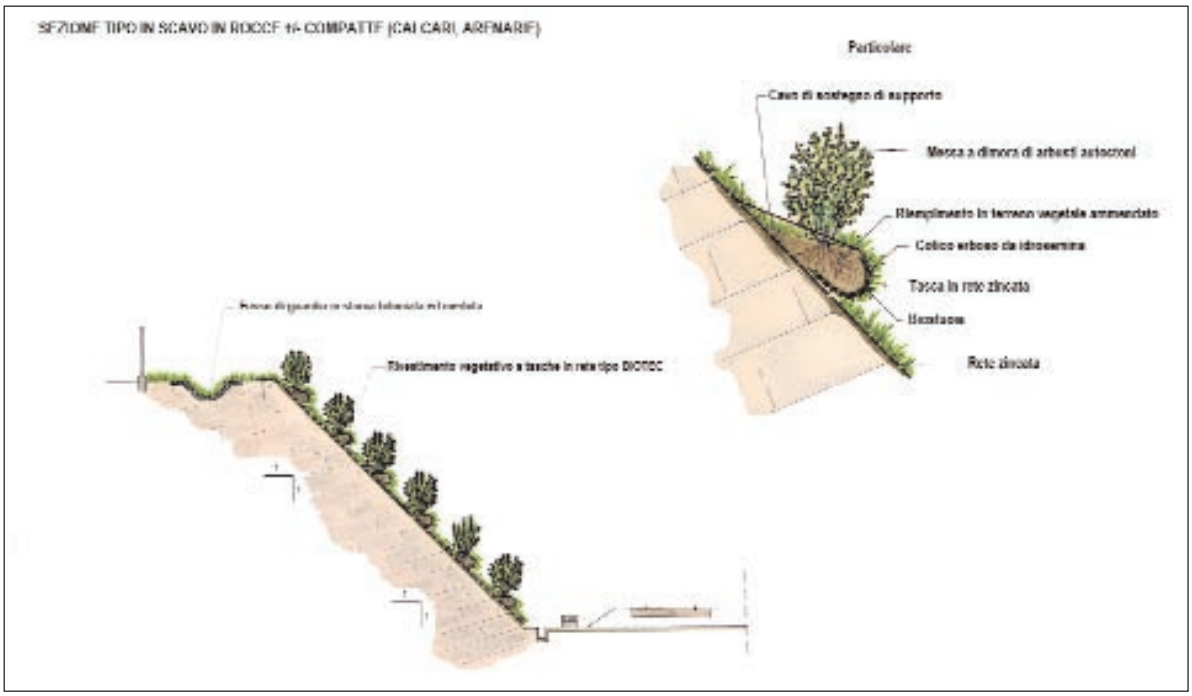


Fig. 18.6

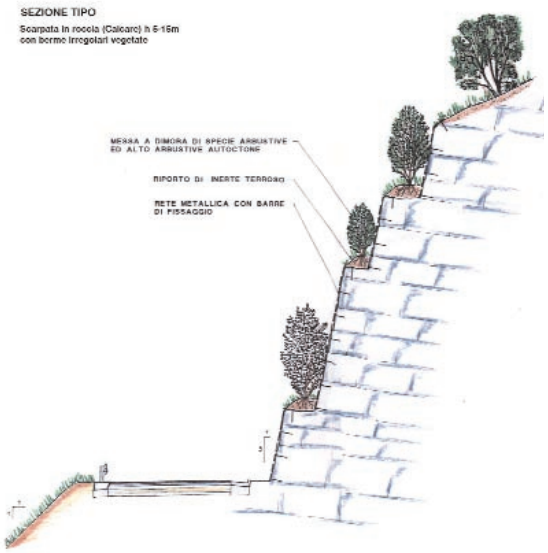


Fig. 18.7 - Rivegetazione su gradoni in roccia compatta

Foto 18.38 - Scarpata in roccia verticale, rivestita in rete metallica. S.S. per Bagnoregio (VT). Foto G. Sauli

- Vanno preferite, ove possibile dal punto di vista geotecnico, scarpate a tirata unica (Foto 18.39) invece di scarpate a gradoni. Infatti in queste ultime aumenta la pendenza di ogni singola scarpata a pari occupazione complessiva e quindi di superfici di esproprio e si ottiene un antiestetico effetto geometrico legato alla presenza dei gradoni, anche se rivegetati (Foto 18.40). Problemi di ruscellamento superficiale vanno risolti adottando interventi antierosivi e stabilizzanti con tecniche di ingegneria naturalistica.

Foto 18.39 - Scarpata in trincea in roccia lavorata a bassa pendenza. Autostrada Capodistria-Lubiana, località Razdrto (Slovenia). Foto G. Sauli

Foto 18.40 - Esempio di scarpata in trincea con piantagioni su berma intermedia, che sottolineano il "geometrismo" morfologico. Raccordo Roma nord. Foto G. Sauli

18.2.1.3 Opere di sostegno

Nel campo delle opere di sostegno di infrastrutture viarie sono ormai collaudate una serie di tecniche di Ingegneria Naturalistica che possono essere realizzate in sostituzione o in abbinamento con strutture murarie tradizionali. Risultano proponibili principalmente le seguenti tecniche (per i cui dettagli vedasi schede in Cap. 13):

- Terre rinforzate rinverdite che consentono:

a) opere di sostegno importanti di altezze anche notevoli, alternative di rilevati a pendenza naturale ma con notevole risparmio di spazio, o alternative di opere murarie in calcestruzzo, ma con migliore reinserimento paesaggistico (Fig.18.8 e Foto 18.41 ÷18. 44);

b) opere con funzione combinata di sostegno di rilevati e rivestimento (Fig. 18.9 e Foto 18.45);

- Muri cellulari rinverditi (Foto 18.46) e muri verdi in terra armata (Foto 18.47 e 18.48);
- Gabbionate rinverdite (Fig. 18.10 e Foto 18.49);
- Palificate e grate vive utilizzabili per sostegno e rivegetazione di scarpate, piste laterali, ecc. (Foto 18.50 e 18.51).

Va precisato che gli interventi a verde delle opere di sostegno devono prevedere oltre alle semine anche la messa a dimora di talee legnose (salici, tamerici) e di arbusti autoctoni in zolla.

Gli interventi con talee sono facilitati se vengono eseguiti in corso di costruzione della struttura (consentendo l'inserimento di astoni anche di 2 – 3 m) ma sono soggetti ai limiti stagionali (autunno – inverno) di messa a dimora delle talee

Foto 18.41 - Terra rinforzata verde in fase di costruzione, Svincolo di Morgex. Autostrada Aosta-Monte Bianco. Foto G. Sauli

Foto 18.42 - Terra rinforzata verde in fase di costruzione. Svincolo di Morgex, vista dal basso. Autostrada Aosta-Monte Bianco. Foto G. Sauli

Foto 18.43 - La stessa terra rinforzata, con messa a dimora di talee di salice dopo alcuni anni. Foto G. Sauli

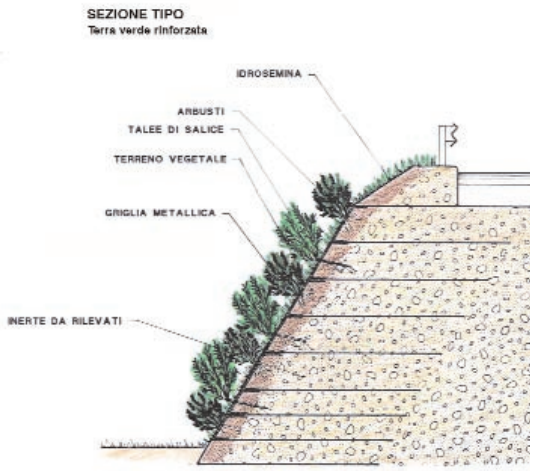


Fig. 18.8

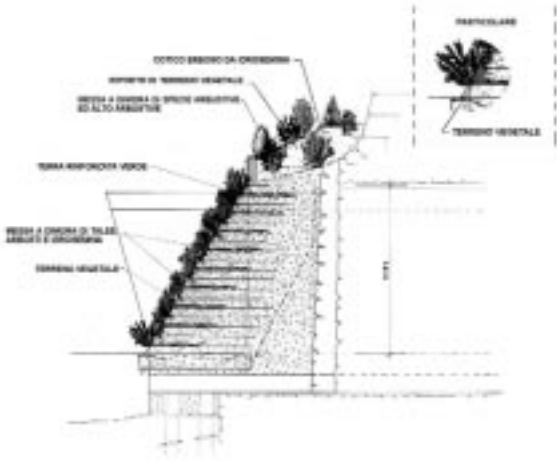


Fig. 18.9

Foto 18.44 - Terra rinforzata rinverdita, a 10 anni dall'intervento. Pian di Vedoia. Autostrada Vittorio Veneto. Foto G. Sauli

Foto 18.46 - Muro cellulare rinverdito. Stazione di Tarvisio Boscoverde (UD). Giugno 2003 - Foto G. Sauli

Foto 18.45 - Terra rinforzata verde di sostegno laterale terrapieno di ricomposizione morfologica sul prolungamento artificiale di una galleria ferroviaria a 3 anni dall'intervento. Loc. S. Caterina (UD) - Raddoppio Ferrovia Pontebbana. Foto G. Sauli

Foto 18.47 - Muro verde in terra armata in opera. Autostrada de Trafori Loc.Invorio. Foto G. Sauli - 1990

Foto 18.48 - Muro verde in terra armata rinverdito. Autostrada de Trafori Loc. Invorio. Foto G. Sauli - 1998

Foto 18.49 - Sostegno scarpata stradale in zona montana, con gabbionate rinverdite con talee di salice, inserite durante la costruzione, sino a toccare il terreno retrostante. Pista laterale di servizio Loc. Moggio (UD) Foto V. Zago - 2002

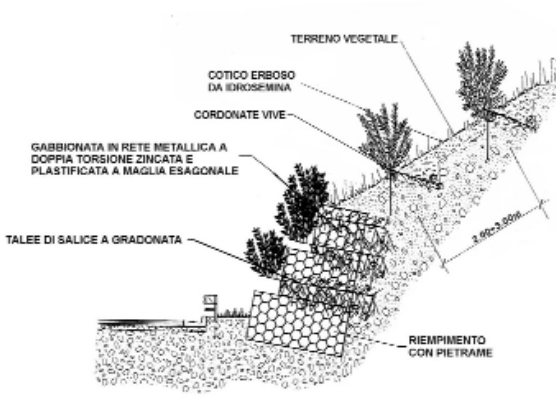


Fig. 18.10 - Sezione tipo gabbionata verde.

Foto 18.50 - Sostegno scarpata stradale in zona montana, con palificate vive in legname e pietrame, rinverdite con talee di salice. Pista laterale di servizio Loc. Ponte di Muro (UD). Foto V. Zago - 2002

Foto 18.51 - Sostegno di scarpata con grata viva in legname, rinverdita con talee di salice. Loc Montenars (UD). Foto G. Sauli - 1996

8.2.1.4 Rivegetazione lato strada

Vanno previsti i seguenti interventi:

- realizzazione a lato strada fasce di vegetazione “tampone” con funzioni di “filtro” sia per l’inquinamento atmosferico che luminoso e visuale di almeno 10 m Tali barriere verdi non hanno di per se in genere funzioni antirumore e vanno abbinate nel caso a barriere fonoisolanti (Fig. 18.11 e Foto 18.52, 18.53 e 18.54).
- Interventi di rivegetazione sia nelle aree di pertinenza della strada, a titolo di mitigazione diretta degli impatti, sia a titolo compensatorio, in area più vasta, con la finalità di migliorare il tessuto delle reti ecologiche, dei corridoi faunistici ed in genere del tenore di biodiversità.
- Un caso particolare è rappresentato dalla rivegetazione delle aree sotto i viadotti, che rimangono spoglie in genere non per mancanza di luce, ma di acqua, che può però essere facilmente portata

con un sistema di tubi diffusori per subirrigazione, collegati con la rete idrica o in serie con le acque di smaltimento di piattaforma opportunamente condizionate con delle vasche di prima pioggia (Fig.18.12 e Foto 18.55);

- Gli interventi di rinaturalizzazione devono riguardare anche le aree e le piste di cantiere (Foto 18.56, 18.57 e 18.58) e i tratti di vecchi tracciati abbandonati (Foto 18.59).

Fig. 18.11

Foto 18.52 - Formazione fascia boscata tampone di corredo a barriera fonoassorbente. Scalo ferroviario di Cervignano (UD). Foto G. Sauli - 1985

Foto 18.54 - Fascia boscata tampone, a circa 18 anni dall'intervento in Loc Muscoli. Scalo ferroviario di Cervignano (UD).Foto G. Sauli - 2003

Foto 18.53 - Fascia boscata tampone di corredo a barriera fonoassorbente, dopo 1 anno. Scalo ferroviario di Cervignano (UD). Foto G. Sauli - 1986

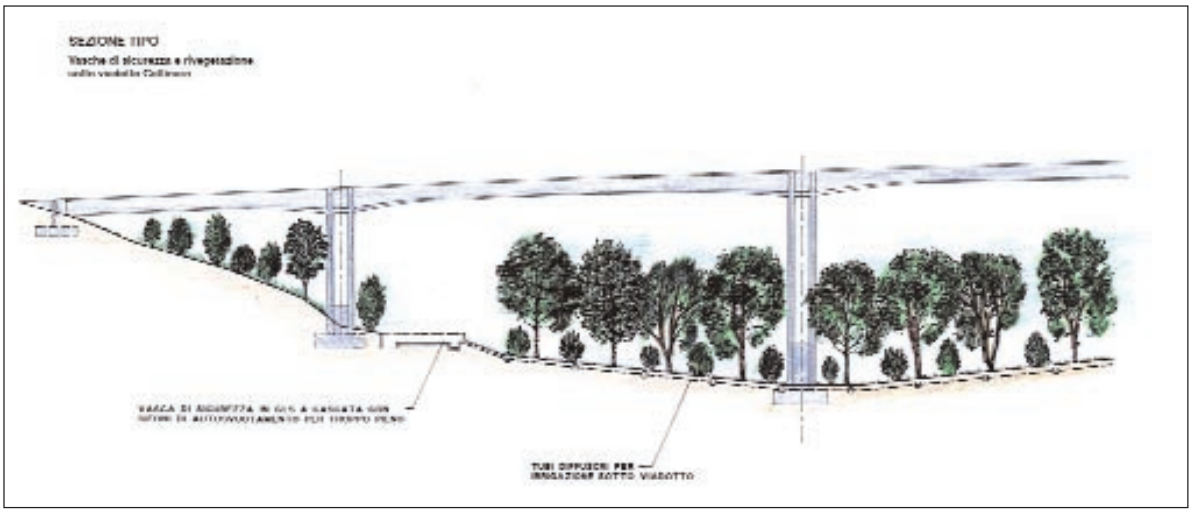


Fig. 18.12

Foto 18.55 - Rivegetazione area sotto viadotto. Loc. Fortezza (BZ). Foto G. Sauli - 1996

Foto 18.57 - Area cantiere appena ripristinata a prato. Ugovizza (UD). Foto G. Sauli - 2001

Foto 18.56 - Cantiere ditta Ferica, relativo al raddoppio della Ferrovia Pontebbana. Ugovizza (UD). Foto G. Sauli - 1999

Foto 18.58 - Area cantiere dopo 2 anni. Ugovizza (UD). Foto G. Sauli - 2003

Foto 18.59 - Rivegetazione di manto stradale abbandonato. Strada per Piancavallo (PN). Foto G. Sauli - 1996

18.2.2 Presidi antirumore

Una delle problematiche legate all'esercizio di strade e ferrovie è quello del rumore, che va affrontato in sede di scelta del tracciato, mantenendo se possibile l'infrastruttura a distanze di sicurezza dagli abitati.

Nel caso questo tipo di interferenza si manifesti per vari motivi contingenti (vincoli morfologici, preesistenza di edifici in adiacenza nel caso di ampliamenti, ecc.), vanno realizzati presidi antirumore che nei settori stradale e ferroviario sono ormai adottati in Europa da oltre 20 anni.

La tipologia più diffusa, per motivi di praticità in particolare legati allo spazio e al massimo avvicinamento alla sorgente, è quella dei pannelli fonoisolanti montati su supporti metallici al ciglio strada (Foto 18.60).

L'uso della vegetazione con funzioni antirumore richiede fasce boscate molto ampie (superiori ai 25-30 m e quindi poco proponibili nella realtà territoriale italiana) e costituite da vegetazione arboreo- arbustiva molto fitta e realizzata con specie molto ramose e con una componente di sempreverdi (resinose e latifoglie) di almeno il 30%.

Foto 18.60 - Pannelli fonoassorbenti in legno. Autostrada dei Tauri presso Salisburgo. Foto G. Sauli - giugno 1981

Altri sistemi a verde possono essere realizzati con uso di terrapieni vegetati con le tipologie che seguono:

1. in terrapieno naturale vegetato, che richiede però comunque notevoli occupazioni di spazio lato strada e rilevanti quantità di inerti (Fig. 18.13 e Foto 18.61 e 18.62)
2. in strutture a terrapieno compresso verde che a loro volta si distinguono in alcune tipologie costruttive:
   - in doppia terra rinforzata rinverdita in rete sintetica (Fig. 18.14 e Foto 18.63);
   - in doppia terra rinforzata rinverdita in rete metallica zincata e plastificata (Fig. 18.15, Foto 64, 18.65 e 18.66);
   - barriera vegetativa antirumore (Fig. 18.16 e Foto 18.67 e 18.68);
   - in doppio muro cellulare rinverdito in calcestruzzo (Figg. 18.17 e 18.18 e Foto 18.69 e 18.70);
   - in doppio muro cellulare rinverdito in legno (Foto 18.71);
3. in pannelli fonoisolanti abbinati a terrapieni verdi (Fig. 18.19 e Foto 18.72) o a fasce di vegetazione (Foto 18.73). La scelta dei materiali, il dimensionamento in altezza, la scelta delle specie dovranno tener conto sia dei parametri tecnici, sia delle caratteristiche della vegetazione locale (uso di specie autoctone), che dei problemi di natura paesaggistica.
4. nel caso si adottino pannelli trasparenti, la loro presenza va segnalata con adesivi di sagome di falconiformi per evitare lo schianto degli uccelli in planata (Fig. 18.20 e Foto 18.74). L'esperienza degli ultimi anni dimostra che in certe situazioni (in genere viadotti in aree urbane) si sono verificate numerose collisioni mortali.

Foto 18.61 - Terrapieno vegetato con arbusti in testa argine. Autostrada Piacenza - Brescia. Foto G. Sauli

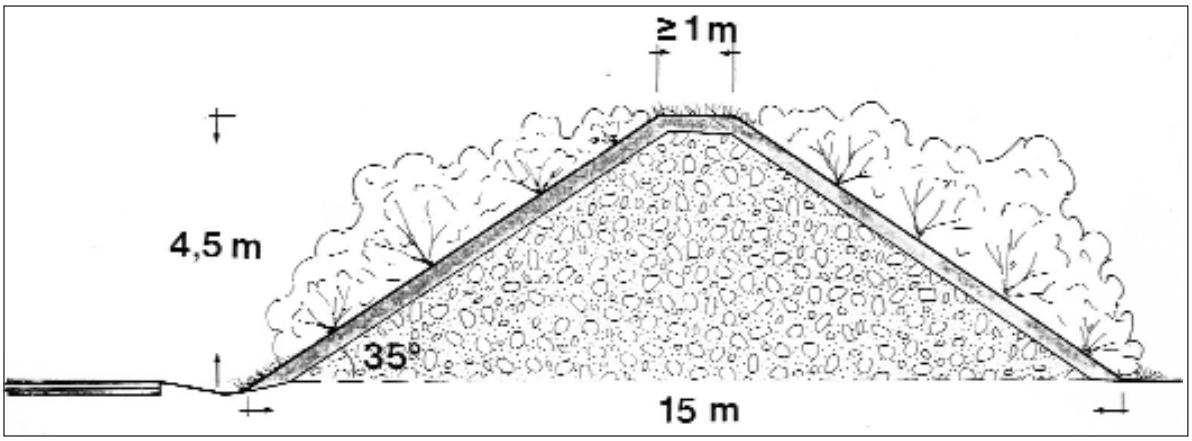


Fig. 18.13 - Terrapieno a pendenza naturale, vegetato

Fig. 18.62 - Terrapieno antirumore vegetato con arbusti. Autostrada presso Stoccarda (Germania). Foto G. Sauli

Foto 18.63 - Terrapieno in doppia terra rinforzata Zurigo (Svizzera). Foto G. Sauli

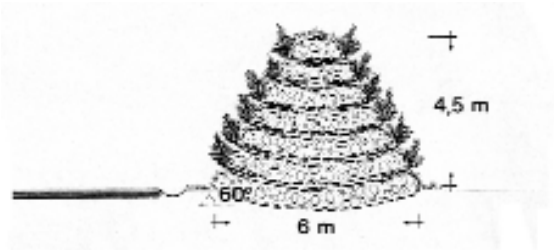


Fig. 18.14 - Terrapieno in doppia terra rinforzata rinverdita, in rete sintetica

Fig. 18.15 - Terrapieno in doppia terra rinforzata rinverdita, in rete metallica zincata e plastificata

Foto 18.64 - Terrapieno antirumore in doppia terra rinforzata verde. Ferrovia Alta velocità To-MI presso Novara Maggio 2003. Foto Maccaferri

Foto 18.65 - Campione barriera antirumore in terrapieno in doppia terra rinforzata verde. Casalecchio Foto G. Sauli

Foto 18.66 - Particolare talee su campione barriera antirumore in terrapieno in doppia terra rinforzata verde. Casalecchio - Foto G. Sauli

Foto 18.67 - Barriera vegetativa antirumore. Presso Francoforte. Foto G. Sauli

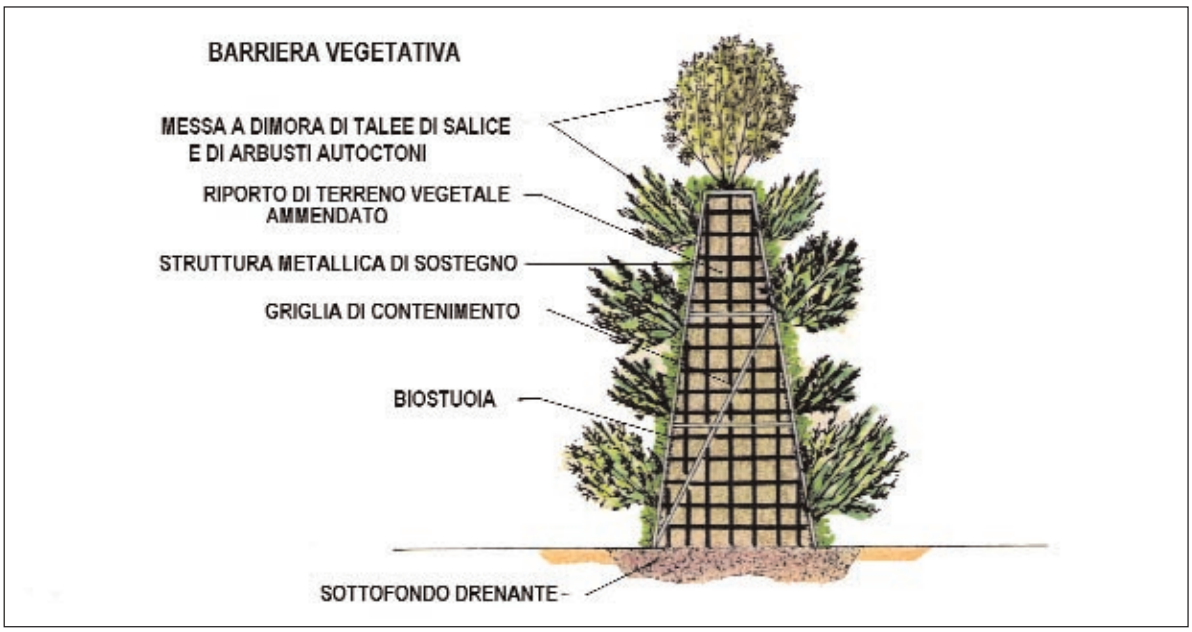


Fig. 18.16 - Barriera vegetativa antirumore

Foto 18.68 - Barriera vegetativa antirumore a 10 anni dalla realizzazione. Autostrada dei Trafori - Baveno Foto G. Sauli

Foto18. 69 - Muro cellulare rinverdito. Austria. Foto G. Sauli

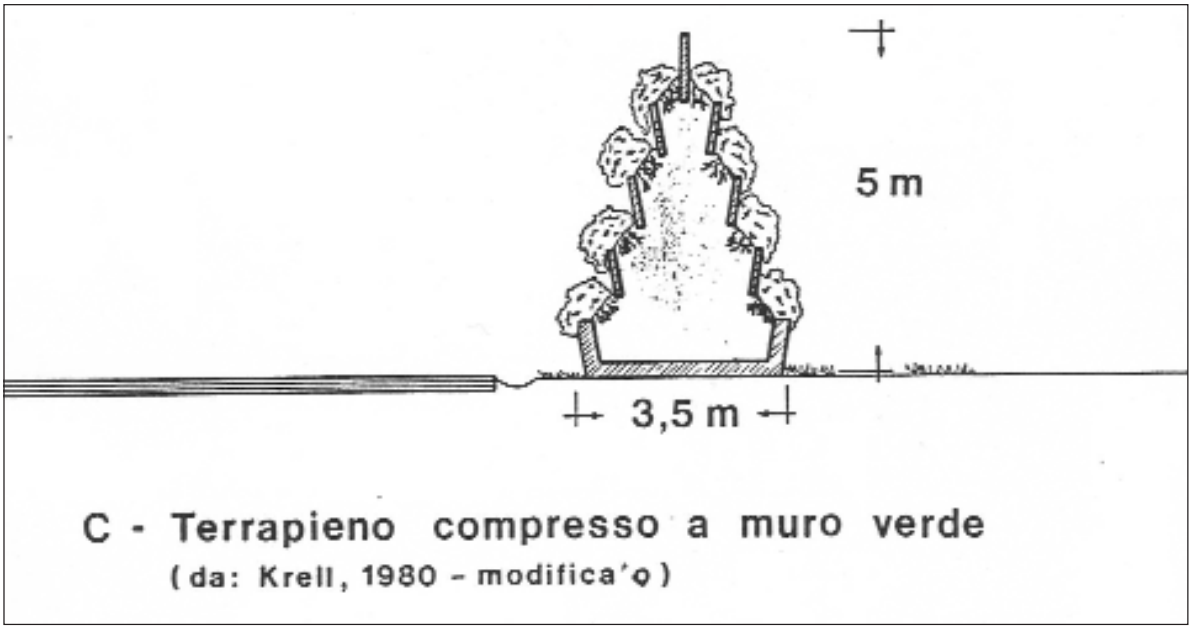


Fig. 18.17 - Terrapieno verde in doppio muro cellulare in cls, rinverdito

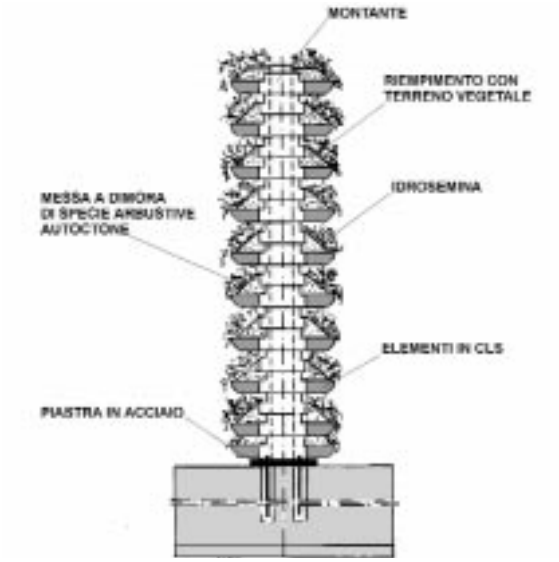


Fig. 18.18

Foto 18.70 - Muro cellulare rinverdito in ambito ferroviario. Foto Geo-Ecostrutture

Foto 18.71 - Muro cellulare in legno. Autostrada Venezia - Milano. Foto G. Sauli

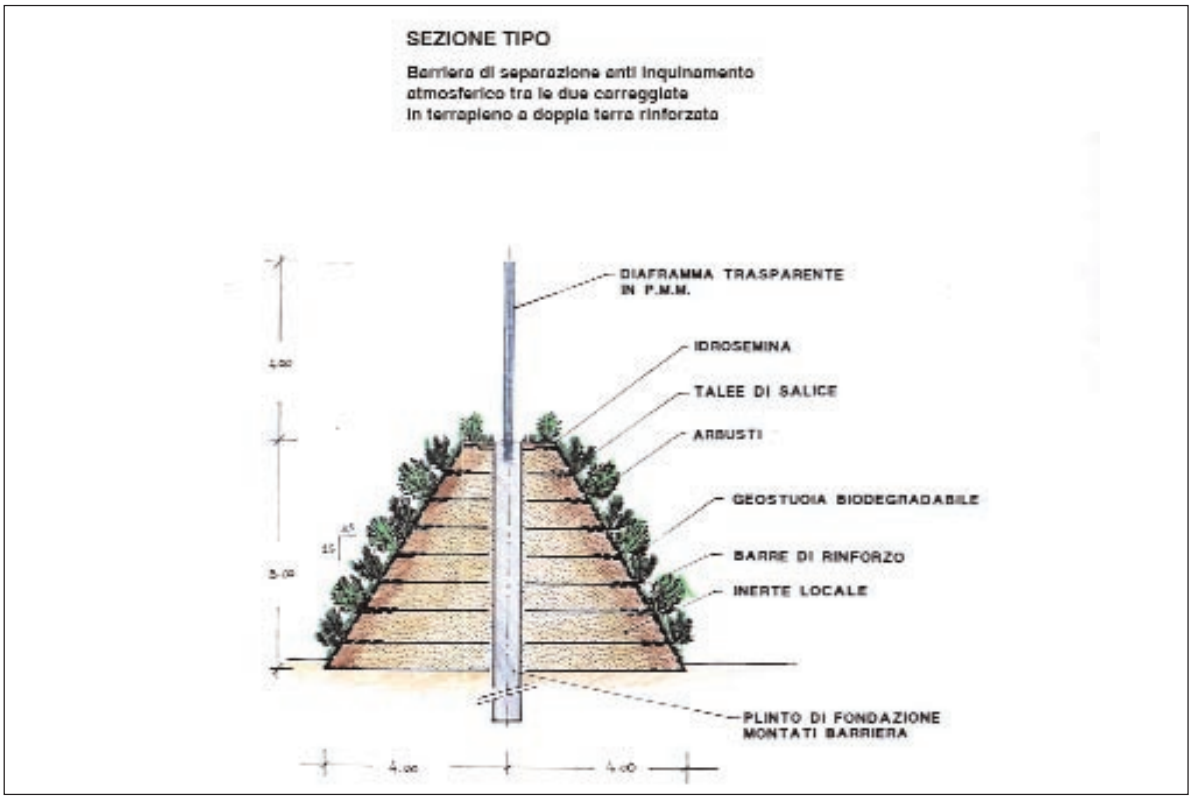


Fig. 18.19 - Pannelli fonoisolanti abbinati a terre verdi rinforzate

Foto 18.72 - Pannelli fonoisolanti su terrapieno arbustato. Stazione ferroviaria di Tarvisio Boscoverde (UD). Foto G. Sauli

Foto 18.73 - Pannelli fonoassorbenti abbinati a fascia boscata tampone. Scalo ferroviario di Cervignano UD). Foto G. Sauli

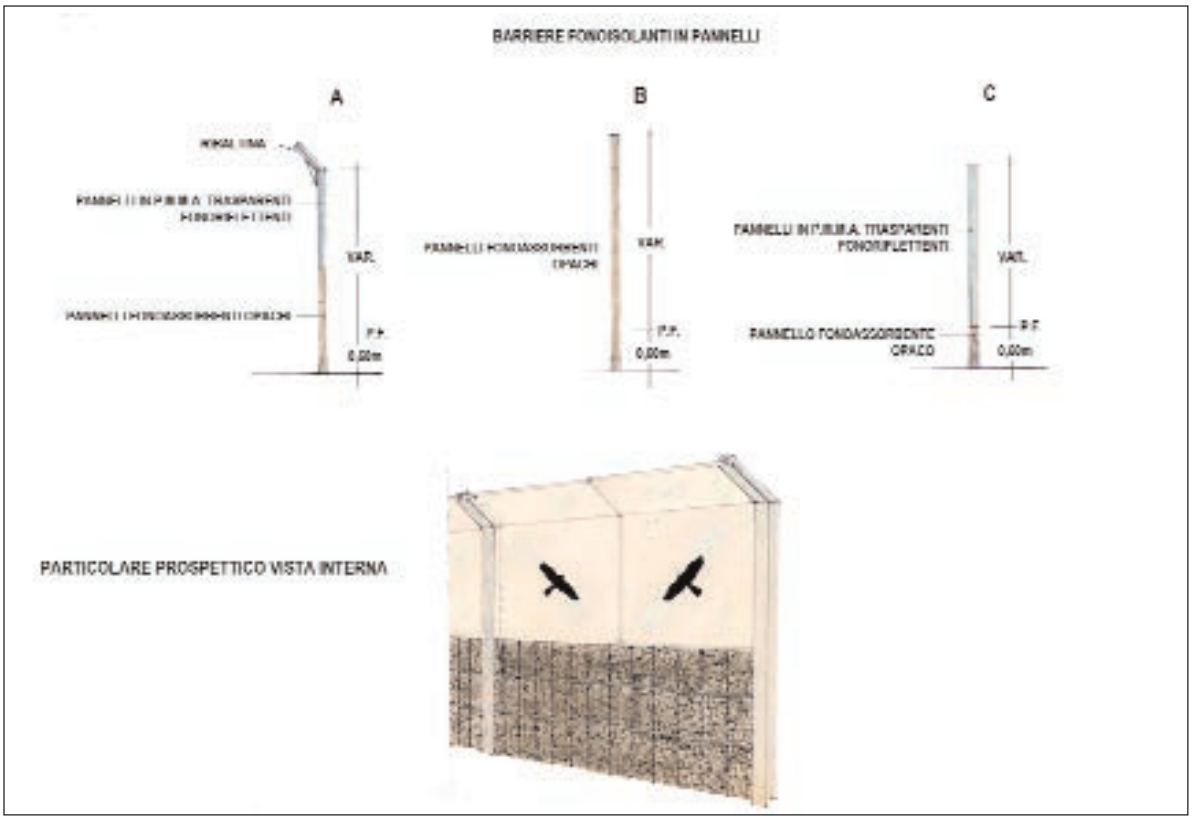


Fig. 18.20

Foto 18.74 - Pannelli antirumore con sagome falchiformi antischianto per uccelli. Grande Viabilità di Trieste. Foto G. Sauli

18.2.3 Presidi idraulici e vasche di sicurezza

Un altro dei problemi di potenziale inquinamento derivante dall'esercizio delle strade è quello dei liquidi derivanti dalle piattaforme stradali e in particolare le acque di prima pioggia che trasportano nei recapiti una serie di inquinanti. Vanno in tal senso realizzate delle strutture sotto forma di presidi idraulici per la captazione degli inquinanti a lato strada.

La collocazione, il numero, il dimensionamento e la tipologia dei presidi (vasche di prima pioggia, vasche di sicurezza, ecosistemi filtro, ecc.) vanno progettate in funzione dei seguenti fattori:

- presenza di corpi idrici vulnerabili (corsi d'acqua di particolare pregio, falde freatiche superficiali o di uso idropotabile, sorgenti, ecc.) ;
- volume di traffico;
- presenza abituale di veicoli per trasporto di liquidi pericolosi;
- piovosità annua e concentrazioni stagionali/giornaliere;
- tempi di ritorno considerati (in genere per le strade si considerano tempi di ritorno bassi per evitare sovradimensionamenti inutili);
- superficie della sezione di piattaforma considerata;
- natura litologica del substrato in funzione della permeabilità;

Vengono individuate due casistiche principali:

1. quello delle **acque di dilavamento della piattaforma stradale** che notoriamente contengono residui inquinanti di varia natura (Tab. 18.2) e che risultano concentrati nelle acque di prima pioggia, che tramite i sistemi di drenaggio e canalizzazione vengono convogliate nei recapiti adiacenti alla strada stessa;
2. quello degli **sversamenti accidentali** di liquidi inquinanti (benzina, gasolio, trielina, ecc.) trasportati da veicoli in transito a seguito di incidenti.

AGENTI INQUINANTI	PRINCIPALI FONTI DI EMISSIONE
Elementi particolari	Logorio della pavimentazione, operazioni di manutenzione, atmosfera
Nitrati e fosfati	Fertilizzanti provenienti dalle fasce di pertinenza, atmosfera
Piombo	Gas di scarico, consumo pneumatici(additivi minerali), oli lubrificanti, grassi, consumo cuscinetti
Zinco	consumo pneumatici(additivi minerali), olio motore (additivi stabilizzanti)
Ferro	Ruggine carrozzeria, elementi complementari della strada (barriere, segnali ecc.), parti mobili motore
Rame	Rivestimenti metallici, consumo cuscinetti, boccole e ferodi, parti mobili motore, fungicidi, pesticidi usati nelle operazioni di manutenzione
Cadmio	consumo pneumatici (additivi minerali), applicazione di insetticidi
Cromo	Rivestimenti metallici, parti mobili del motore, consumo dei ferodi
Nickel	Gas di scarico dei motori, oli lubrificanti, rivestimenti metallici, consumo delle boccole e ferodi
Manganese	Parti mobili del motore
Bromo	Gas di scarico dei motori
Cianuro	Sostanze agglutinanti usate nei sali disgelanti
Na, Ca	Sali disgelanti, grassi
Cl	Sali disgelanti
SO_4	Spillamento e perdite di lubrificanti, antigelo, fluidi idraulici, bitumi fluessati
PCB	Insetticidi a base di PCB
Batteri patogeni (indicatori)	Rifiuti vari, sostanze organiche putrescibili
Gomma	Consumo dei pneumatici
Amianto	Consumo frizione e freni
Grassi idrocarburi	Oli lubrificanti a base di n-paraffine, anticongelanti, fluidi per comandi idraulici

Tab 18.2

Nel primo caso va realizzato un sistema costituito da:

- sezione di piattaforma che costituisce il bacino di raccolta delle acque meteoriche;
- drenaggi e canalizzazioni convogliati in uno stesso punto;
- fossi di infiltrazione nel caso sia possibile questo sistema di smaltimento delle acque (Fig. 18.21 e Foto 18.75÷18.77);
- vasche di prima pioggia con funzioni: a) di sedimentazione del particolato che veicola la maggior parte degli inquinanti; b) di disoleazione per i leggeri (olii) (Foto 18.78);
- ecosistemi filtro sotto forma di vasche con vegetazione palustre per l'ulteriore filtraggio ed abbattimento degli inquinanti (Foto 18.79).

Foto 18.75 - Realizzazione di fossi di infiltrazione con geostuoia tridimensionale bitumata in loco e inerbita. 3° Corsia Raccordo autostradale Fiumicino - aeroportoTratto ultimato. Dicembre 1999. Foto P. Cornelini

Foto 18.76 - Bitumatura del fosso in corso. Dicembre 1999. Foto P. Cornelini

Foto 18.77 - Il fosso verde ad aprile 2002. Foto P. Cornelini

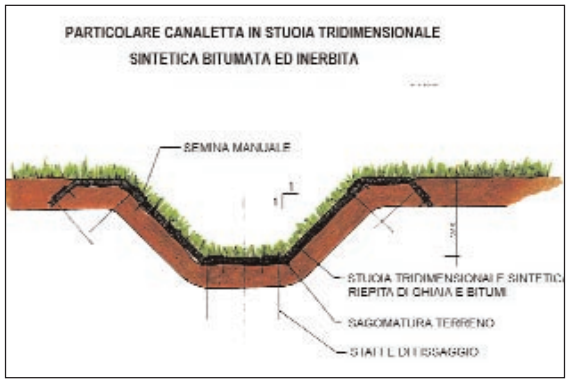


Fig. 18.21

Foto 18.78 - Vasca di prima pioggia. Autostrada Brema - Hannover. Foto G. Sauli

Foto 18.79 - Ecosistema filtro con vegetazione palustre, con funzione di vasca stradale di prima pioggia. Autostrada Parigi-Lione (Francia). Foto G. Sauli

Nel secondo caso va realizzato un sistema costituito da:

- sezione di piattaforma che costituisce il bacino di raccolta delle acque meteoriche;
- drenaggi e canalizzazioni convogliati in uno stesso punto;
- vasche stagne a cascata con sistema di autosvuotamento a sifone, dimensionate in funzione del parco autocisterne circolanti (max 40 mc) e dei parametri di piovosità (massime concentrazioni per evento) in modo da poter contenere tutto il volume di inquinante sversato anche in presenza di piogge eccezionali per il tempo necessario stimato all'intervento dei mezzi di emergenza.

In attesa di normative e direttive tecniche specifiche, come già adottate in altri paesi europei, vanno concordati caso per caso, nell'ambito della procedura di V.I.A., i valori soglia e i parametri di riferimento per l'ubicazione, il numero, le tipologie ed il dimensionamento delle vasche. Una prima serie di indicazioni metodologiche sono contenute negli atti del Workshop organizzato dal Ministero dell'Ambiente "Presidi idraulici e vasche di sicurezza in ambito stradale" Roma 13 giugno 2000" (atti pubblicati dalla rivista Le Strade n° 12 dicembre 2000).

Nell'ambito di tali progettazioni dovrà essere data priorità all'utilizzo di sistemi biotecnici riferiti all'Ingegneria Naturalistica (bacini o avvallamenti di

infiltrazione vegetati, ecosistemi filtro), visto il contributo determinante dato dai processi biologici alle funzioni di purificazione delle acque, nonché la ulteriore garanzia di trappola degli inquinanti data da un ecosistema filtro in uscita ai sistemi tecnologici.

18.2.4 Provvedimenti per la fauna

Un altro settore di problematica naturalistica indotta dalla realizzazione e gestione delle strade riguarda le possibili interferenze con la fauna.

Una prima verifica da effettuare in sede di valutazioni di impatto riguarda la consistenza faunistica dell'area attraversata e la eventuale presenza di habitat di pregio lungo il tracciato.

Tali dati di analisi consentono gli opportuni spostamenti del tracciato stradale stesso, fermo restando che anche nelle zone a minor pregio sono possibili interferenze con singole specie, dati i dinamismi di certi gruppi faunistici (es. uccelli).

Buona regola adottare in sede di progetto i provvedimenti atti ad evitare la frammentazione degli habitat ed in genere le interferenze con i dinamismi della fauna quali:

- prolungamento di viadotti in sostituzione di tratti in rilevato;
- realizzazione di sovrappassi (ponti ecologici) per macrofauna (Fig. 18.22 e Foto 18.80÷18.84);
- sottopassi scatolari per macrofauna (Foto 18.85) e per microfauna (Foto 18.86) collegati con provvedimenti di svio e deviazione (Fig. 18.23 e Foto 18.87÷18.89);
- sistemi di recinzioni particolari realizzate con reti a maglia decrescente, interrate alla base e dimensionate in rapporto alla fauna presente.

La tipologia, la collocazione e la frequenza di tali provvedimenti andranno individuati in funzione del territorio attraversato sulla base dell'analisi faunistica. In assenza di dati probatori verranno adottate tipologie e frequenze prudenziali (minimo un passaggio ogni 500 m).

Foto 18.80 - Copertura artificiale di trincea per continuità faunistica. Loc. Prosecco (TS). Superstrada Trieste-Lisert - Foto G. Sauli

Foto 18.81 - Galleria artificiale rivegetata con funzione di sovrapasso per ungulati in zona carsica. Superstrada Trieste-Lisert Foto. G. Sauli

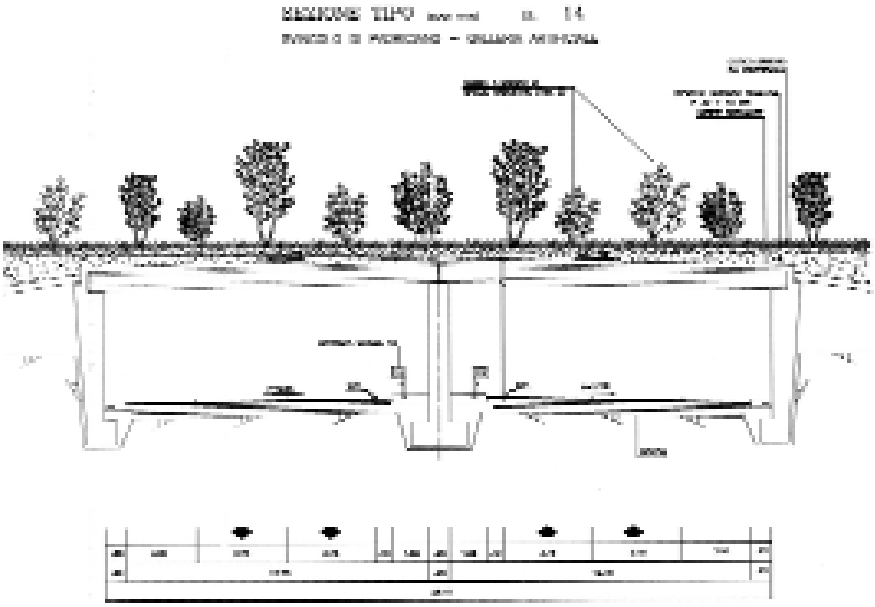


Fig. 18.22 - Sezione tipo - progetto di rivegetazione galleria artificiale. Grande Viabilità di Trieste.

Foto 18.82

Foto 18.83 - Ponte per attraversamento di ungulati con invito a “imbuto”. Lussemburgo 1990

Foto 18.84 - Sovrapasso o ponte verde per macrofauna - Canada. Estratto da: National Geographic 2001

Foto 18.85 - Sottopasso scatolare per macrofauna. Grande viabilità Trieste. Zona Slivia. Foto G. Sauli

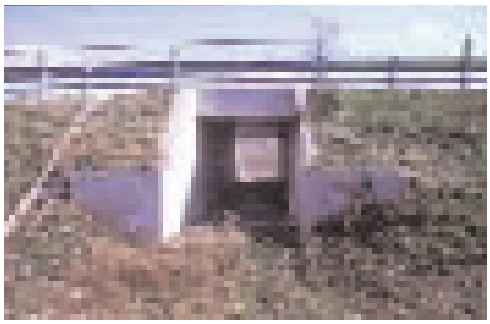


Foto 18.86 - Sottopasso scatolare per microfauna. Strada Cimpello-Sequals (PN/UD). Foto G. Sauli

Foto 18.87 - Provvedimenti di svio per microfauna (anfibi, ricci, volpi, ecc.) collegati a sottopassi scatolari. Germania. Foto Maibach

Foto 18.88 - Particolare provvedimento di svio. Foto Maibach

Foto 18.89 - Particolare provvedimento di svio. Foto Maibach

Fig. 18.23 - Sezione struttura metallica di svio per microfauna

Capitolo 19

Stabilizzazione di dune costiere

19.1. Cenni storici sul consolidamento delle dune

S. Puglisi

Nel secolo scorso, per recuperare alla produzione agricola le pianure costiere paludose e malariche, se ne preparò la bonifica con una disposizione contenuta nella legge Serpieri (R.D. 13 febbraio 1933 n. 215 "Nuove norme per la bonifica integrale"). All'art. 2 lett. c, infatti, tra le opere di competenza dello Stato vennero inclusi "il consolidamento delle dune e la piantagione di alberi frangivento".

Questa attività sino ad allora aveva avuto uno svolgimento sporadico a causa della esiguità e discontinuità dei finanziamenti. Si ricordano il rimboschimento delle sabbie costiere a Ostia (1885), i lavori di Selinunte (TP) dove le sabbie minacciavano di seppellire nuovamente gli scavi archeologici, i rimboschimenti di Balestrate (PA) per difendere dal sorrenamento la ferrovia Palermo-Trapani, e quelli delle spiagge de La Plaja alla foce del Simeto (CT) e di S. Cataldo (LE), nonché il frangivento di Cavamarina tra Piave Vecchio e Piave Nuovo (Senni, 1950). A questo elenco vanno aggiunti i lavori compiuti in Libia, divenuta italiana nel 1911, e quelli della duna di Feniglia a Orbetello (GR), cominciati nel 1912.

Con la continuità dei finanziamenti assicurata, almeno sulla carta, dalla legge Serpieri e, successivamente, con quelli ben più cospicui della Cassa per il Mezzogiorno (L. 10 agosto 1950, n. 646), l'elenco di cui sopra si allungò considerevolmente. Dalle Marche all'Abruzzo, dal Molise alla Puglia (litorali dell'Adriatico e dello Ionio), dalla Basilicata alla Calabria (ionica e tirrenica), dalla Sicilia alla Sardegna, dalla Campania al Lazio e alla Toscana, furono intrapresi lavori nuovi e completati i vecchi.

Inizialmente la tecnica si ispirò a quella messa a punto in Francia per la fissazione e rimboschimento dei terreni sabbiosi litoranei delle Lande di Guascogna (800 000 ettari), consistente nel creare a ridosso della battigia una duna artificiale, a riparo della quale eseguire i lavori di semina e piantagione. La palizzata era costituita da tavole di pino alte 1,50-2,00 m, larghe 0,20 m e spesse 2 cm, forate all'estremità e accostate l'una all'altra. Le tavole, allorché ne avveniva il seppellimento da parte della sabbia, venivano sollevate con dei dispositivi a leva (Fig. 19.1.1) o a carrucola (Fig. 19.1.2). Nella Fig. 19.1.3 si mostra lo schema generale dei lavori (L. Piccioli, 1923).

"In seguito la palizzata fu sostituita con la costruzione di siepi morte, intessute di canne o di frasche, alte metri 1,50 circa, che si ricostruivano più sopra quando le prime venivano ad essere interrate. La costituzione della duna litoranea si arrestava quando aveva raggiunto l'altezza di 5-7 m" (Senni, 1934).

"Le speciali condizioni dell'ambiente italiano obbligarono però ben presto a modificare questi sistemi di consolidamento (…): all'ostacolo rigido si andò sostituendo poco per volta quello elastico di siepette vive o morte di cannucce, tra loro intercalantisi o a fitte piantagioni di tamerice" (Senni, 1950).

Il principio ispiratore di tutti i rimedi più affermati è stato quello di mettere la vegetazione (alberi, arbusti, cespugli) in condizioni:

- primo, di sopravvivere, con l'aiuto di pròtesi;
- secondo, di svilupparsi facendosi carico di resistere ai venti, spesso salmastri, e al sorrenamento, una volta venuta meno la protezione iniziale.

Il rimedio che alla lunga è prevalso è stato quello delle incannucciate sostenute da paletti, disposte a losanghe, oppure discontinue, allineate o a quinconce. Un esempio riuscito del primo tipo è in planimetria quello di Fig. 19.1.4, applicato un po' ovunque sino a cinquant'anni fa (Fig. 19.1.5). Un esempio riuscito del secondo tipo, ben più recente, è quello di Foto. 19.1.1.

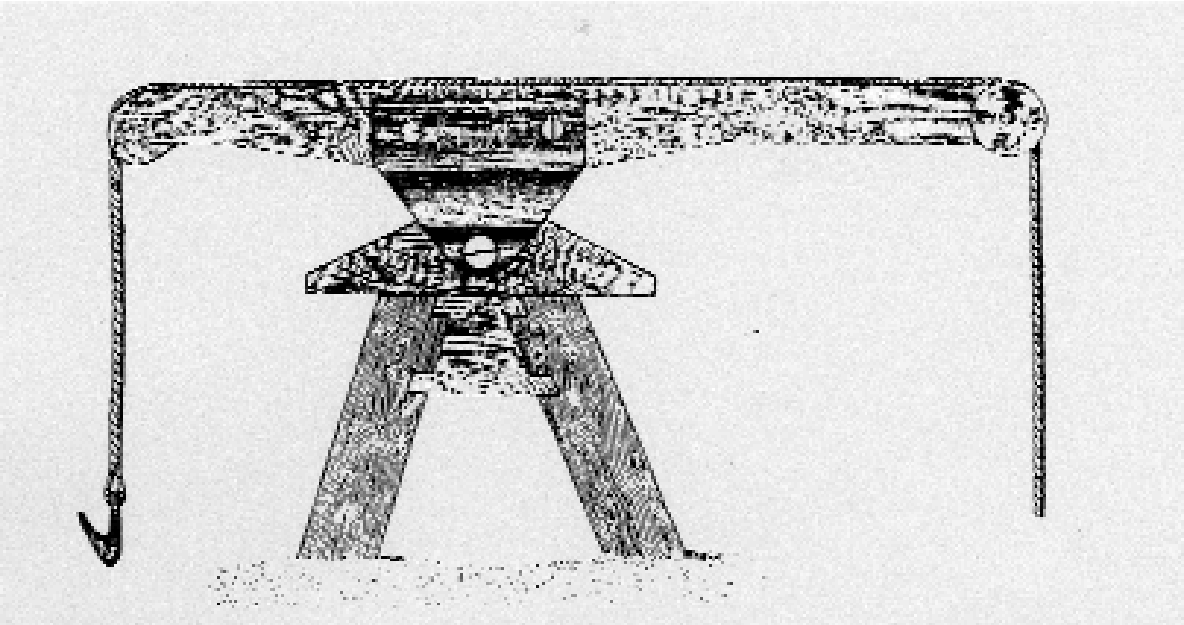


Fig. 19.1.1 Dispositivo a leva per estrarre le tavole delle palizzate sepolte nella sabbia (da Piccioli, 1923).

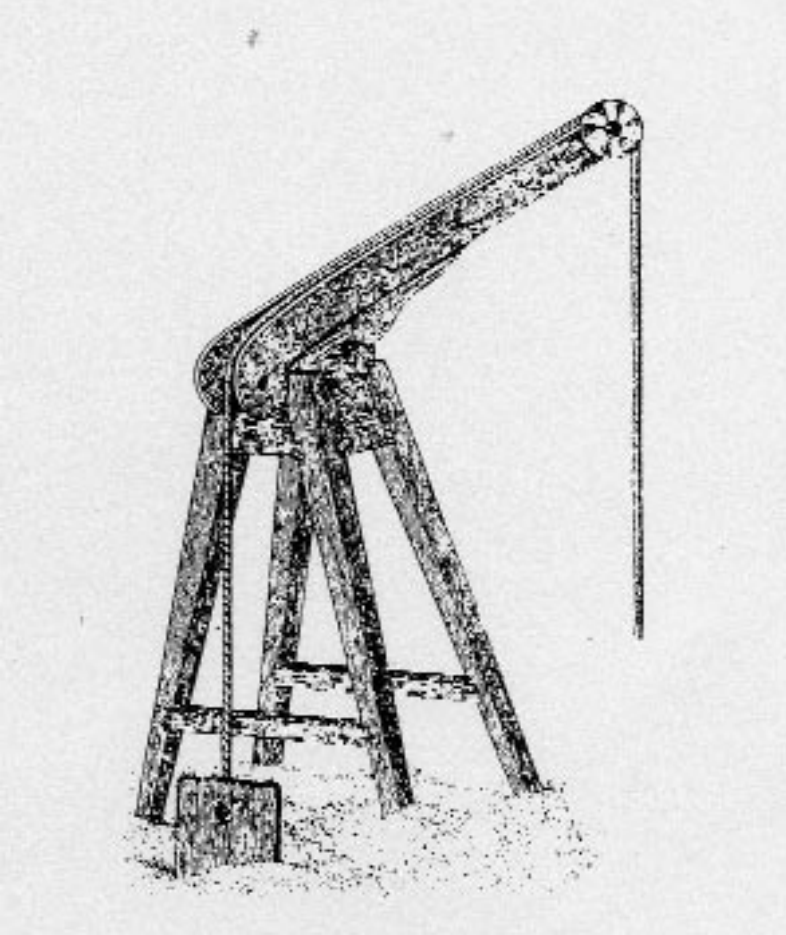


Fig. 19.1.2 Dispositivo a carrucola per estrarre le tavole delle palizzate dopo il sorrenamento (da Piccioli, 1923)

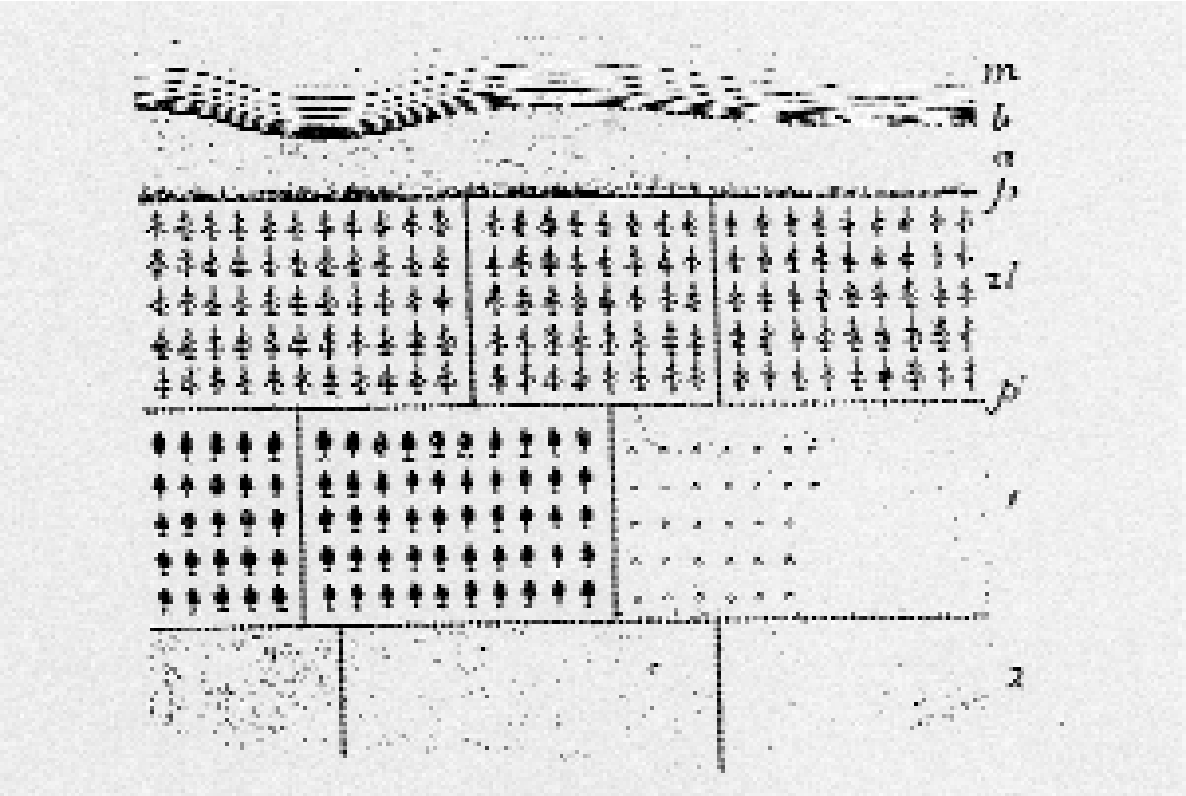


Fig. 19.1.3 Schema della fissazione delle dune col metodo Brémontier (Lande di Guascogna): m mare; b battigia;
a antiduna; p palizzata litoranea; p' palizzata continentale; zl zona litoranea rimboschita con pino marittimo; 1 prima zona continentale in corso di rimboschimento con sughera; 2 seconda zona continentale da rimboschire (da Piccioli, 1923)

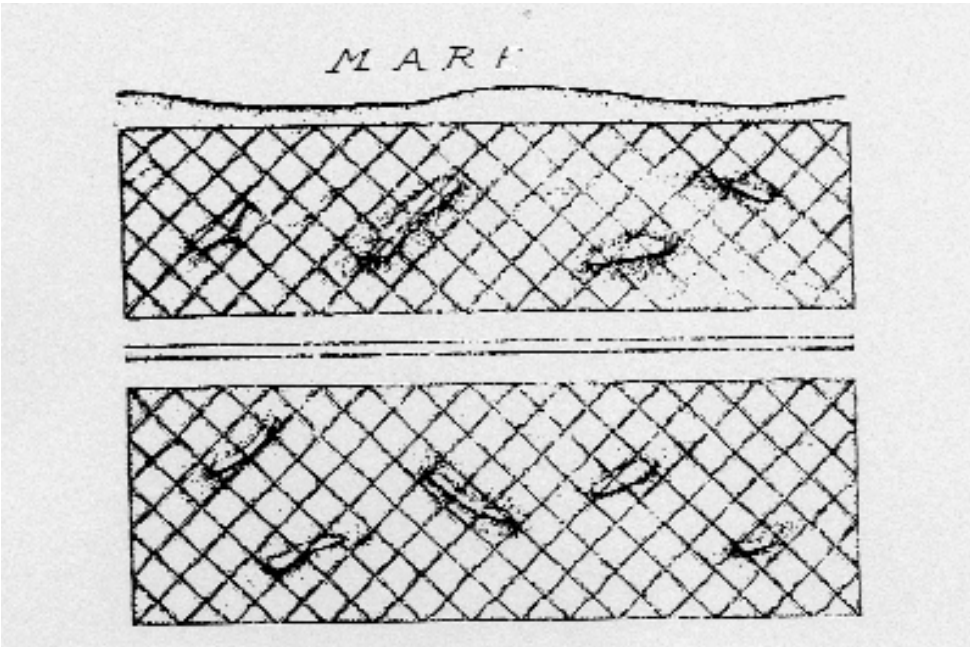


Fig. 19.1.4 Fissazione di dune mediante incannucciate disposte a losanghe in località Balestrate per la difesa dal sorrenamento della ferrovia Palermo-Trapani (da Senni, 1934, modificato)

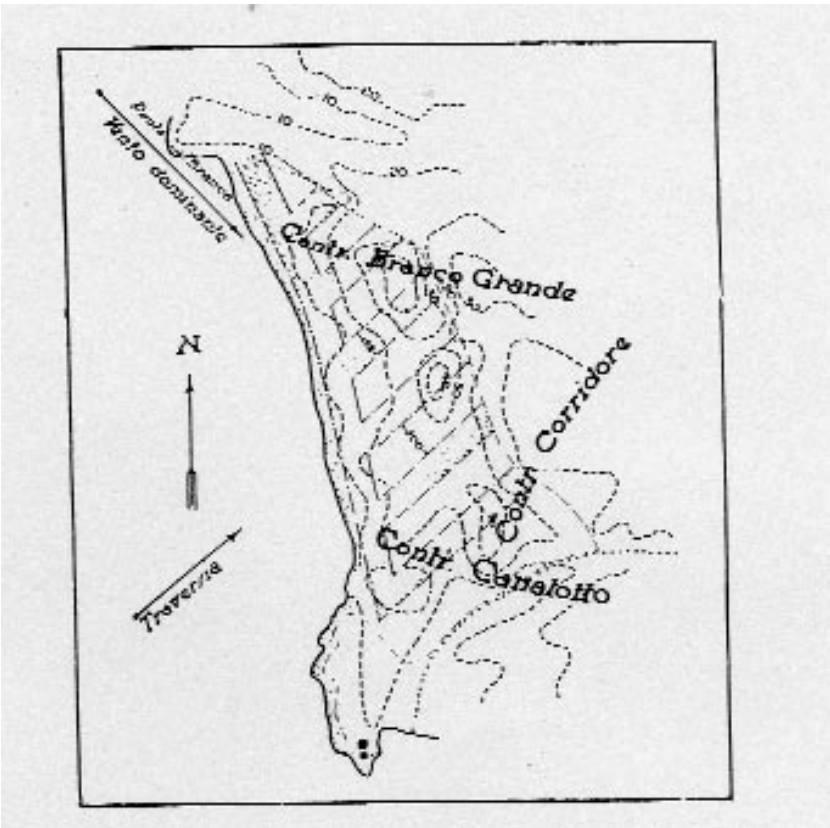


Fig. 19.1.5 Schema generale dei lavori di consolidamento delle dune di Randello (RG) aventi altezza fino a 40 m (da Senni, 1934)

Foto 19.1.1 - Sabaudia (LT), Parco Nazionale del Circeo. Lavori di fissazione delle dune (foto S. Puglisi)

19.2 L'approccio dell'ingegneria naturalistica nella conservazione degli ambienti dunali

G. Bovina , C. Callori Di Vignale, M. Amodio

Quasi ovunque (e soprattutto in Italia per l'ampio sviluppo litorale), la fascia costiera rappresenta certamente la porzione di territorio nella quale l'azione antropica ha determinato i maggiori effetti di trasformazione. In nessun altro "paesaggio" come quello costiero gli equilibri ambientali, alla base della conservazione delle risorse, sono stati quasi sempre stravolti dalla mancata o errata pianificazione delle attività umane: bonifiche, sviluppo urbanistico, insediamenti industriali, reti di trasporto e porti, infrastrutture turistiche.

Da una ricerca del WWF Italia sul consumo dei suoli "*Oloferne 1996/97*" risulta che solo il 26 % della fascia costiera è risultato totalmente libero da insediamenti ed attività antropiche.

Oltre alla antropizzazione e cementificazione delle coste, il fenomeno che sintetizza e spesso rappresenta pienamente la criticità dell'effetto sinergico di molte delle attività umane citate, è dato dall'erosione dei litorali. Pur legato alla dinamica di processi naturali, allo stato attuale l'equilibrio delle spiagge è quasi ovunque compromesso dagli interventi sul territorio, non solo costiero. Già oltre dieci anni fa si considerava in erosione un terzo delle spiagge italiane (quindi oltre 1.000 Km di litorali sabbiosi risultavano in fase di demolizione ed arretramento): osservazioni recenti condotte dagli scriventi su estesi tratti del litorale nazionale, individuano una ulteriore accelerazione del processo.

Per comprendere la natura del fenomeno è necessario considerare che la presenza e stabilità dei materiali sabbiosi che costituiscono le spiaggie, in linea generale dipende da un meccanismo di trasporto, che provvede alla distribuzione lungo costa, per effetto combinato di onde e correnti, dei materiali versati in mare dai corsi d'acqua. Oltre ad altri fenomeni di natura geologica e/o climatica, qualsiasi interferenza sul processo naturale di erosione dei versanti, trasporto verso mare dei sedimenti, trasporto litorale, comporta quindi il disequilibrio della spiaggia che oggi si traduce, nella maggior parte dei casi, nella sua demolizione.

Per queste motivazioni molte spiagge del Mediterraneo sono interessate da erosione, fenomeno che intacca gravemente un bene economico fondamentale per le località turistiche balneari ed un valore naturale da conservare per le generazioni future.

Le spiagge costituiscono così una risorsa naturale difficilmente rinnovabile poiché le azioni di controllo dell'erosione costiera sono complesse e raramente risolutive. Sino a pochi anni fa (oggi si nota peraltro una certa tendenza alla rivalutazione di tale approccio), gli interventi di protezione dei litorali dall'erosione vedevano molto diffuse opere frangiflutti in blocchi di varia natura e dimensione, rivestimenti di spiagge, muri paraonde, pennelli trasversali o paralleli, barriere sommerse o semi sommerse, tutte opere generalmente rigide, scarsamente compatibili, anche dal punto di vista più strettamente paesaggistico, con le valenze e gli equilibri ambientali. I versamenti detritici, i cosiddetti ripascimenti morbidi, cioè la ricostruzione delle spiagge con l'apporto di sabbie prelevate da cave marine (spiagge fossili) costituiscono, allo stato attuale, soluzioni sempre più diffuse e condivise. Particolarmente graditi sono i ripascimenti protetti i quali, attraverso la realizzazione di contenimenti a differente grado di sommergenza, dovrebbero impedire la rapida dispersione del sedimento apportato artificialmente, prolungando nel tempo l'efficacia dell'intervento. E' tuttavia opportuno sottolineare come i ripascimenti artificiali (ancor più se protetti) siano frequentemente realizzati con poca considerazione del complesso delle relazioni fisiche e biologiche investite. Il ricorso, sempre più diffuso e generalizzato, alla ricostruzione ed alla rialimentazione periodica delle spiagge, rischia di "viziare" tecnici ed amministratori verso l'adozione di soluzioni, comunque temporanee, che non affrontano a monte il problema (anche in senso letterale) con possibili effetti critici già nel breve e medio termine (migrazione dei fenomeni erosivi, danneggiamento delle biocenosi e conseguenze sulla rete trofica, mancato controllo dei meccanismi effettivamente responsabili).

L'erosione delle spiagge è frequentemente associata alla demolizione delle dune costiere.

Queste rappresentano il risultato di lenti processi di accumulo, ad opera del vento, delle sabbie trasportate dalle correnti marine lungo costa e, in condizioni naturali, costituiscono un serbatoio di sabbia in grado di rifornire le spiagge nelle fasi "ordinarie" di erosione. Le dune costiere costituiscono ambienti molto dinamici, di estremo valore geomorfologico, ecologico e paesaggistico che, piuttosto diffusi sino a tempi recenti, attualmente sopravvivono integri (o *apparentemente integri*) in poche e limitate aree, tanto da poter essere oggi considerati come "ambienti relittuali". L'importanza ecologica delle dune costiere risiede in particolare nelle comunità vegetali, che sono strettamente caratteristiche di tali ambienti ed alle quali sono riconducibili i meccanismi più significativi di consolidamento ed accrescimento. Anche sotto il profilo faunistico gli ecosistemi dunali rappresentano habitat unici a cui va aggiunto il ruolo irrinunciabile di corridoi ecologici in ambiente costiero.

Nonostante siano in larga parte interessati da specifici strumenti di tutela, a livello europeo, sono gli ecosistemi maggiormente minacciati. I meccanismi

di degrado, come descritto inizialmente, sono principalmente rappresentati dall'antropizzazione dei litorali, dall'erosione costiera, da una fruizione turistica incontrollata, fondamentalmente causati dalla mancanza di pianificazione - programmazione e di corretta gestione, sia dei litorali che del territorio interno.

Le problematiche della conservazione degli ambienti dunali attuali sono, dunque, estese a larga parte dei territori costieri del Bacino del Mediterraneo e dei Paesi Nord Europei, ma è lungo la costa italiana che si rilevano le condizioni di degrado e distruzione più avanzate.

Sulla base dell'analisi della documentazione cartografica (Atlante delle Spiagge Italiane, CNR 1985 –1997) gli scriventi hanno rilevato come lungo la costa nazionale, sino alla metà degli anni 90', i depositi dunali costieri presentavano uno sviluppo residuo complessivo pari a circa 700 km: vale a dire meno del 10% dello sviluppo costiero nazionale e solo circa il 20 % di quello interessato da litorali sabbiosi. Più in dettaglio, la ripartizione tra dune naturali e dune antropizzate risultava pari a circa il 50 %. Ma tale dato non deve trarre in inganno poiché nel corso degli ultimi anni la maggior parte delle dune naturali ha denunciato condizioni di forte aggressione e sensibile degrado principalmente per effetto della pressione turistica e per l'ormai generalizzata erosione costiera.

Allo stato di conservazione delle dune e delle spiagge è strettamente legato quello di altri ecosistemi, di estrema importanza, quali gli ambienti umidi retrodunali, le lagune ed i laghi costieri, le foci fluviali, sino alle praterie di *Posidonia oceanica* e di altre fanerogame marine, tutti ecosistemi che, oltre al valore strettamente ecologico, hanno notevole valore economico, diretto ed indiretto.

Se una spiaggia sottoposta ad erosione può ricostituirsi anche in pochi giorni, le dune costiere, specie quelle ricoperte di vegetazione, una volta demolite, si ricostruiscono in tempi tanto lunghi che alla scala umana il fenomeno può essere considerato scarsamente reversibile.

In materia di conservazione e restauro ambientale, gli ambienti dunali, pur con le loro specificità pedologiche, fisico-climatiche e biologiche, si prestano anch'essi all'impiego di tecniche naturalistiche coerenti con i principi dell'ingegneria naturalistica. Anzi, poiché la vegetazione (in interazione diretta con i meccanismi esogeni), rappresenta l'elemento principale di edificazione/stabilizzazione delle strutture geomorfologiche, è proprio nel dinamismo di tali ambiti che l'approccio naturalistico risulta particolarmente coerente ed è in grado di raggiungere i risultati più interessanti.

In Italia, le esperienze di protezione e consolidamento delle dune costiere risultano relativamente diffuse e con un background non trascurabile, legato alla storica esperienza degli interventi forestali in ambito litorale; esse sono tuttavia scarsamente riconducibili a criteri di approccio univoci e gli interventi risultano spesso scollegati, condotti isolatamente e con scarsa considerazione del patrimonio conoscitivo, delle esperienze pregresse e dell'utilità della diffusione e del confronto dei risultati ottenuti..

Un caso di studio particolarmente significativo sia per lo sviluppo e l'importanza dei depositi dunali, che per le interazioni ambientali, è dato dalle dune del Parco Nazionale del Circeo nel tratto costiero immediatamente a nordovest dell'omonimo promontorio.

La duna del Circeo non sfugge all'inquadramento delle problematiche ambientali descritto in precedenza. Con uno sviluppo lineare di circa 25 Km ed un'altezza che varia da quote di 8 ÷ 10 m sino ad un massimo di 27 m, essa costituisce un cordone sabbioso, in larga parte consolidato da vegetazione *specializzata*, bloccato nella propria dinamica e nel meccanismo di autoprotezione (cioè dal libero avanzamento ed arretramento che le consentirebbe di limitare i danni delle energiche azioni erosive), dalla strada costiera realizzata su di essa negli anni trenta: una struttura rigida che oltre ad impedire, appunto, l'evoluzione morfologica naturale, concentra le acque di pioggia determinando meccanismi di erosione da ruscellamento concentrato. A questi si sommano l'erosione del vento che approfondisce le canalizzazioni asportando la sabbia e sottraendola in tal modo definitivamente al bilancio della duna e conseguentemente a quello della spiaggia. Solchi ed altre superfici di erosione sono poi frequentemente utilizzate per l'accesso incontrollato alla spiaggia da parte di una popolazione di bagnanti e turisti che in occasione della stagione estiva raggiunge punte esorbitanti, di fatto insostenibile per un ambiente così vulnerabile (Foto 19.2.1).

Nell'arco temporale compreso tra gli anni 1995/1998, attraverso finanziamenti del Ministero dell'Ambiente e comunitari (strumenti Life Natura) oltre 14 Km di dune sono stati interessati da interventi di restauro e protezione. A seguito di rilievi ed analisi delle diverse forme di erosione agenti e delle loro interazioni critiche, sono stati progettati specifici interventi sperimentali (a carattere sia puntuale che diffuso) di controllo delle diverse forme di erosione e dissesto:

- passerelle per l'accesso accesso diretto alla spiaggia
- recinzioni dissuasive, realizzate in legno ed associate a schermi frangivento
- picchetti per l'interdizione del parcheggio delle auto sulla duna
- capannini infomativi sulla corretta fruizione dell'ambiente e sull'origine e finalità dell'azione di restauro e protezione

- sistemazioni ed opere per la regimazione delle acque di ruscellamento
- sistemi frangivento, di differente forma e dimensione, realizzati con molteplici materiali naturali (stuoie di canna, fascinate verticali, recinti porosi in legno, ecc.)
- opere di contenimento e consolidamento delle sabbie che hanno utilizzato viminate associate a bioreti in fibra di cocco
- barriere permeabili in legno con funzione di smorzamento del moto ondoso e frangivento

Tra gli interventi è stata anche realizzata la rimozione del manto d'asfalto in un tratto di strada costiera di circa 3 km, parzialmente demolita dalle mareggiate all'inizio degli anni 80' (Foto 19.2.2) e da allora chiusa al traffico. Tale intervento, associato a parte delle opere citate, ha consentito di "deirrigidire" la struttura ed innescare un processo di rinaturazione, in un tratto litorale peraltro significativamente ampio e rappresentativo, restituendolo, almeno in parte, all'evoluzione dei meccanismi naturali.

Nella fase terminale degli interventi sono stati realizzati limitati impianti di specie arbustive (*Juniperus oxycedrus ssp.*, *Phillirea latifolia*, *Rhamnus alaternus*, *Pistacia lentiscus*), provenienti dal vivaio forestale del Parco Nazionale del Circeo di Sabaudia (LT), che hanno riguardato le parti sommitali (cresta dunale) delle opere di contenimento. E' opportuno sottolineare come, specie operando in un'area protetta della valenza del Parco Nazionale del Circeo, e quindi nella necessità di tutelare il patrimonio vegetale locale anche sotto il profilo genetico, nella realizzazione degli interventi, si è preferito evitarne l'impiego diretto facendo invece ricorso a opere, sistemazioni ed accorgimenti che oltre alle finalità antierosive e di stabilizzazione delle sabbie eoliche, creassero condizioni favorevoli allo sviluppo della vegetazione locale. In particolare le diverse tipologie di schermi frangivento posizionati con disposizioni articolate, hanno creato condizioni fisiche e biologiche (ombra, umidità, disponibilità di sostanza organica ed elementi nutritivi) favorevoli allo sviluppo di specie psammofile ed alofile che, seppur adatte all'estrema criticità dell'ambiente litorale, hanno trovato nei fattori descritti elementi favorevoli al loro sviluppo ed evoluzione successionale. Oltre che per le specie erbacee quali, più di altre, *Lotus cytisoides*, *Ononis variegata*, *Eryngium maritimum*, *Medicago marina*, tali meccanismi sono risultati importanti anche per le specie arbustive, segnatamente il ginepro coccolone *(Juniperus oxycedrus ssp.)* che sta ricolonizzando larga parte della cresta dunale.

In rapporto all'approccio descritto, un altro spunto di interesse, sul quale gli scriventi stanno conducendo studi e sperimentazioni specifiche, riguarda la possibilità di impiego di biomasse vegetali spiaggiate, di origine marina, in stretta associazione con le tipologie utilizzate lungo il litorale del Parco Nazionale del Circeo e di altre Aree Protette marino-costiere, per finalità di consolidamento, recupero di fertilità e valorizzazione ecologica di frazioni vegetali normalmente (ed erroneamente) gestite come rifiuto.

Per le finalità del presente lavoro, tra le molteplici tipologie di opere menzionate, sono state scelte e descritte nel dettaglio quelle i cui risultati sono di maggior interesse anche in termini di esportabilità dell'esperienza in altri contesti del litorale regionale e nazionale:

- Tipologia 1. protezione del piede dunale mediante barriera basale costituita da graticciata inclinata (Foto 19.2.3 e 19.2.4).

- Tipologia 2. ricostruzione e protezione di depositi dunali embrionali mediante schermi frangivento a scacchiera (Foto 19.2.5 e 19.2.6).

- Tipologia 3. ricostruzione e stabilizzazione del pendio dunale mediante consolidamento combinato costituito da viminate (graticciate) rivestite e schermi frangivento (Foto 19.2.7, 19.2.8, 19.2.9, 19.2.10 e 19.2.11).

Foto 19.2.1 - Vista aerea della duna del Parco Nazionale del Circeo con i segni delle diverse forme di erosione in atto: marina, eolica, da calpestio e da ruscellamento

Foto 19.2.2 - Gli effetti delle mareggiate degli anni ’80: demolizione parziale della duna e della strada costiera

SCHEDE TECNICHE

TIPOLOGIA 1. BARRIERA BASALE IN VIMINATA

Descrizione sintetica. Protezione del piede dunale mediante barriera basale in legno costituita da viminata, inclinata (circa 60° sul piano orizzontale) e semi interrata, realizzata con un intreccio di verghe di castagno o di orniello, e da pali di intelaiatura e controventatura in castagno.

Campo di applicazione: spiagge ed ambienti dunali in erosione; depositi eolici stabilizzati da vegetazione e forme dunali embrionali soggetti a condizioni di ondazione ordinaria

Materiali impiegati

Paleria di castagno (d = 10 ÷ 12 cm; h = 220 ÷ 240 cm)
Verghe di castagno o di orniello (d = 3 ÷ 5 cm; l = 300 ÷ 350cm)
Filo di ferro
Chiodi e tirafondi

Modalità esecutive

Scavo di trincea di profondità e larghezza sufficienti per la realizzazione dell'opera parzialmente interrata (circa 1 metro di profondità, 1.5 ÷ 2.0 metri di larghezza).

Infissione dei pali tutori e di quelli di controventatura intervallati ad una distanza di circa 1.5 metri.

Fissaggio con tirafondi.

Realizzazione della viminata mediante l'intreccio delle verghe.

Fissaggio e serraggio degli elementi di intreccio mediante chiodi e filo di ferro.

Riempimento della trincea con sabbia

Raccomandazioni

Si tratta di un'opera realizzata in ambiente particolarmente critico, poiché prossima alla linea di riva e quindi con onde di tempesta in grado di raggiungere la struttura. Ancor più che per altre opere realizzate lungo la costa, elementi fondamentali sono la qualità del legname e la cura della lavorazione. Particolare attenzione verrà posta nell'interramento del 50 ÷ 60 % della barriera e nell'inclinazione della stessa. Nel caso la rata di deposito attorno alla barriera sia bassa, sono consigliate periodiche manutenzioni (controllo delle chiodature, sostituzione di parti danneggiate).

Limiti di applicabilità

Nonostante, per effetto della porosità e delle caratteristiche strutturali, la barriera sia in grado di rispondere in modo "elastico" all'energia del moto ondoso, condizioni di ondazione particolarmente intense possono danneggiare gravemente l'opera sino a distruggerla.

Vantaggi

Si tratta di un'opera "flessibile" e porosa, realizzata con materiali degradabili ed altamente efficiente.

Svantaggi

La durata dell'opera è limitata soprattutto in caso di eventi meteomarini particolarmente critici o comunque quando, nel medio termine (approssimativamente oltre i 2 anni), i meccanismi di deposito non risultino prevalere su quelli erosivi.

Effetto

L'opera è in grado di svolgere un'azione efficace sia di smorzamento delle onde che di frangivento producendo la deposizione della sabbia; inoltre crea la possibilità di trattenere frazioni organiche spiaggiate con effetti positivi anche sulla vegetazione pioniera. In tal modo svolge un ruolo articolato ed estremamente funzionale di protezione e consolidamento del piede dunale o della porzione sommitale della spiaggia. In condizioni favorevoli, nel giro di 1 o 2 anni, prima del deterioramento definitivo della struttura, si assiste al seppellimento della stessa, con la creazione di un deposito antedunale rapidamente stabilizzato dalla vegetazione psammofila.

Voci di capitolato

Realizzazione di una barriera basale in legno, costituita da viminata posizionata entro una trincea, necessaria per il parziale interramento dello schermo e per consentirne l'inclinazione verso monte di circa 60°.

La viminata è costruita attraverso l'intreccio di verghe di castagno o di orniello, della lunghezza di circa 3.2 ÷ 3.5 m e diametro di 3 ÷ 5 cm. L'intelaiatura (montanti e controventatura) utilizza pali di castagno h = 2.20 ÷ 2.40 m, d = 0.10 ÷ 0.12 m posti ad una distanza di circa 1.5 m. Per il fissaggio delle verghe si impiegano chiodi e legature metalliche ottenendo uno schermo semipermeabile. Per il parziale interramento dell'opera, la trincea viene riempita con la sabbia proveniente dallo scavo avendo cura di creare un piccolo dosso attorno alla struttura, sino ad ottenere un interramento dello schermo di circa il 50% della sua altezza.

TIPOLOGIA 1. BARRIERA BASALE IN VIMINATA

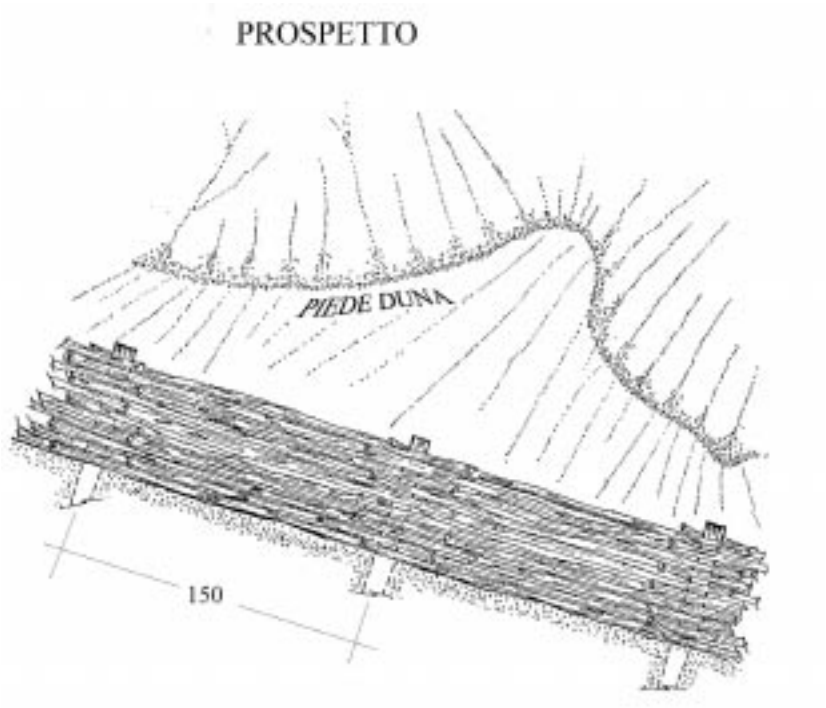


Fig. 19.2.1 Prospetto

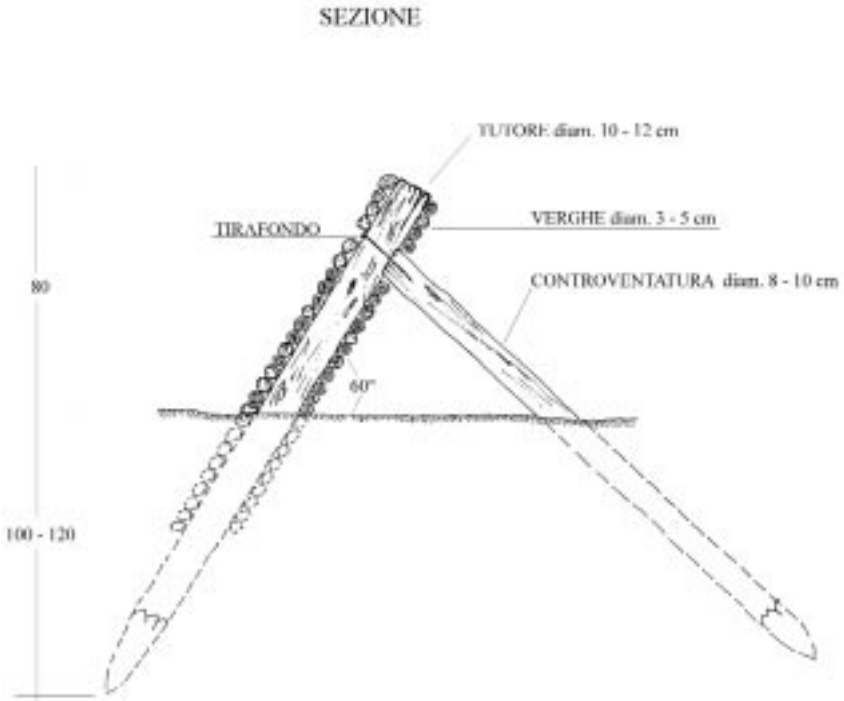


Fig. 19.2.2 Sezione

Foto 19.2.3 - Barriera basale subito dopo la realizzazione

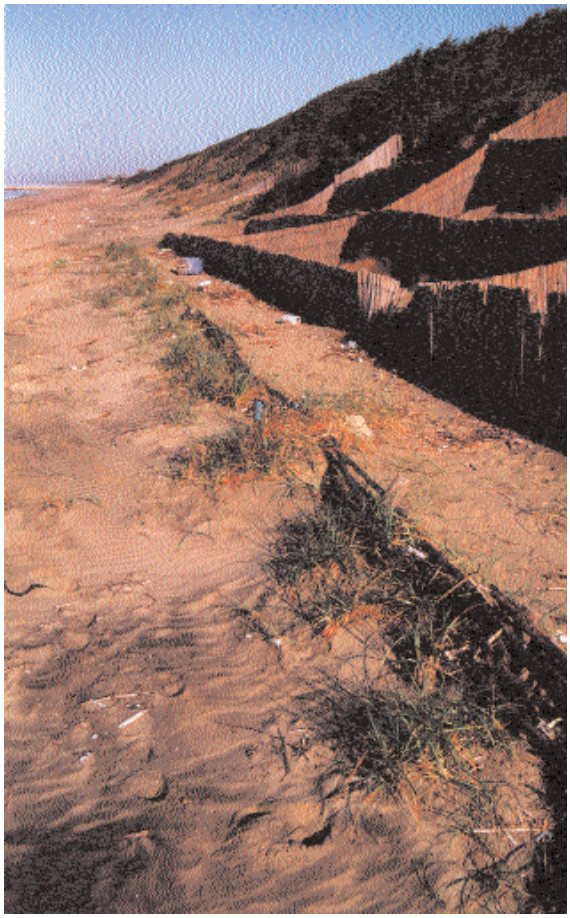


Foto 19.2.4 - Barriera basale dopo circa 5 anni dalla realizzazione: è evidente la deposizione di sabbia e la formazione di una “duna embrionale” attorno alla barriera

TIPOLOGIA 2. SCHERMI FRANGIVENTO A SCACCHIERA.

Descrizione sintetica: Ricostruzione e protezione di depositi dunali embrionali mediante schermi frangivento disposti a scacchiera realizzati con stuoie di canne pretessute posizionati su intelaiatura costituita da pali di castagno e filo di ferro.

Campo di applicazione: depositi dunali e parti sommitali di spiagge interessati da differenti forme d'erosione (eolica, da calpestio, da ruscellamento, ecc.) e scarsità di copertura vegetale in grado di trattenere efficacemente le sabbie di trasporto eolico. Trova particolare utilità sulle forme di deposito embrionale (fascia antedunale) svolgendo una funzione protettiva (meccanica e chimico-fisica) favorevole ai meccanismi di accrescimento e stabilizzazione del deposito.

Materiali impiegati:

Stuoie di canne legate da filo di ferro (h = 100 cm)
Paleria di castagno (d = 6 ÷ 8 cm; h = 100 cm)
Filo di ferro

Modalità esecutive

Posizionamento di pali di castagno ai vertici di quadrilateri, delle dimensioni di circa 1,5 ÷ 2,0 metri di lato, infissi per una profondità pari a circa 50 cm.

Scavo di piccolo solco.

Stesa, tra i pali, di filo di ferro in doppio ordine (a 20 cm dal p.c. ed altrettanti dalla sommità).

Posizionamento delle stuoie di canne ed interramento delle stesse sino a circa il 50 % dell'altezza totale.

Fissaggio della stuoia al filo di armatura mediante legatura con filo di ferro.

Sistemazione della sabbia attorno agli schermi.

Raccomandazioni

Ove possibile i lati dei quadrilateri dovranno risultare orientati ortogonalmente alla direzione dei venti prevalenti. Particolare cura dovrà essere posta nel completamento di punti critici quali i vertici dei quadrilateri e le porzioni terminali degli schermi al fine di evitare punti di concentrazione dell'energia eolica. In tal senso anche i tratti frontali degli schermi che si sviluppano con continuità per lunghezze superiori ai 2 metri dovranno essere interrotti da setti ortogonali (deflettori).

Gli schermi frangivento dovranno sempre risultare permeabili al vento in modo da ridurre l'energia di trasporto, favorire la deposizione del sedimento ed evitare meccanismi di concentrazione del fluido e conseguente innesco di erosioni.

Limiti di applicabilità

Le strutture descritte devono essere posizionate a quota superiore al limite delle onde di tempesta.

Effetto

La creazione degli schermi frangivento, realizzati con materiale permeabile al vento e disposti a scacchiera, produce la deposizione delle sabbie eoliche e la conseguente creazione di un deposito dunale. Gli schermi ancorché realizzati con materiale fragile risultano comunque in grado di "armare" il deposito con un fitto telaio costituito da materiale biodegradabile. La vegetazione sia erbacea (più verso mare) che arbustiva (verso la sommità della duna), trova condizioni favorevoli al proprio sviluppo evolvendo e provvedendo progressivamente all'accrescimento ed alla stabilizzazione del deposito; anche la vegetazione avventizia, che tende a colonizzare in un primo momento l'interno delle scacchiere, viene nel tempo sostituita dalle specie più idonee. Oltre alla protezione meccanica diretta, l'azione positiva sulla vegetazione prodotta dagli schermi frangivento è legata al trattenimento di materiale vegetale spagliato, in grado di arricchire in sostanze nutritive le sabbie dunale, e ancor di più, alla condensazione ed al trattenimento dell'umidità atmosferica, fonte idrica strategica per la vegetazione xerofila.

Svantaggi

Un elemento critico è quello della presenza di filo metallico di armatura e legatura, limitatamente degradabile, che nel caso di mancato seppellimento dell'opera o di sua demolizione permane in superficie. Una possibile soluzione (almeno nell'intelaiatura) risiederebbe nell'uso di cordami in materiale vegetale (tuttavia di scarsa durabilità) o meglio ancora di pertiche trasversali.

Voci di capitolato

Realizzazione di barriere frangivento costituite da schermi montati a scacchiera, con quadrati di circa 1,5 m di lato, disposti planimetricamente in modo disomogeneo ma tendenzialmente orientati ortogonalmente rispetto alle direzioni dei venti dominanti. La struttura portante viene realizzata con paletti di castagno (h= 100 cm, d = 6 ÷ 8 cm), interrati per circa 50 cm e posti ai vertici del quadrato, e doppio corso di filo di ferro zincato. Gli schermi sono costituiti da stuoia in canne, tessuta in modo da risultare permeabile al vento, e seminterrata (circa 50 cm). Il controllo di eventuali meccanismi erosivi, legati alla componente del vento agente parallelamente agli schermi ed all'aumento di velocità in coincidenza degli spigoli, viene realizzato mediante setti diagonali o trasversali di altezza variabile (da circa 50 cm a ridosso degli schermi a circa 5 ÷ 10 cm all'estremità opposta).

TIPOLOGIA 2. SCHERMI FRANGIVENTO A SCACCHIERA

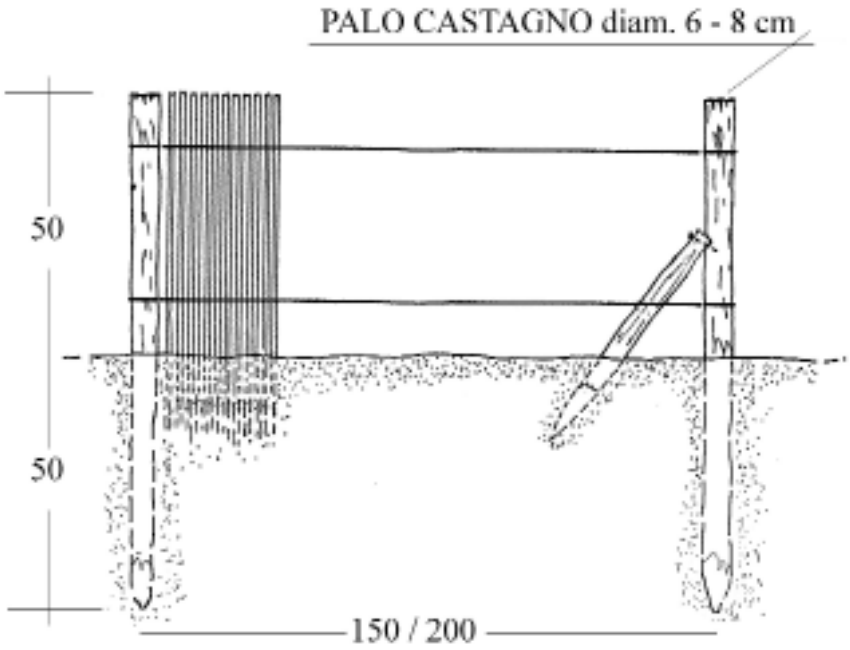


Fig. 19.2.3 - Prospetto

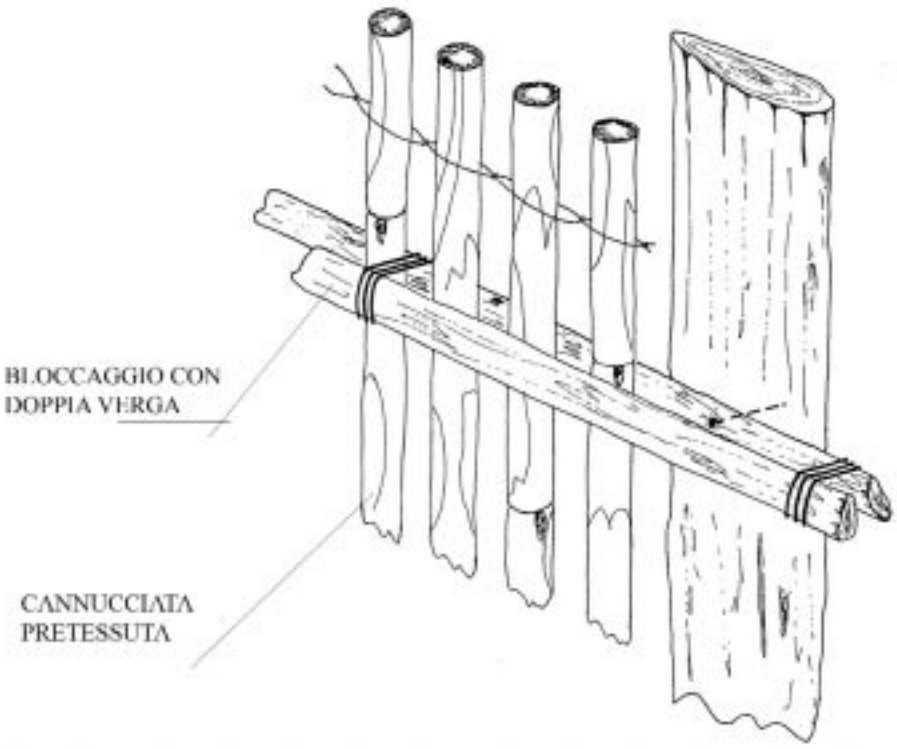


Fig. 19.2.4 - Particolare

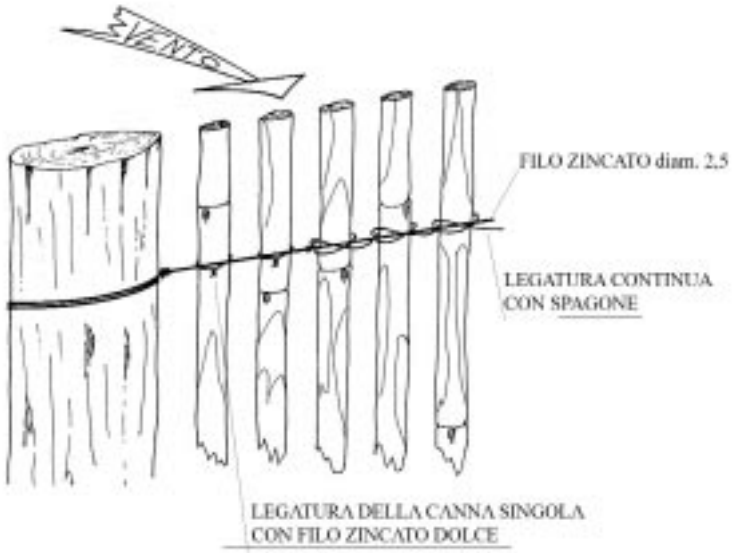


Fig. 19.2.5 – Particolare

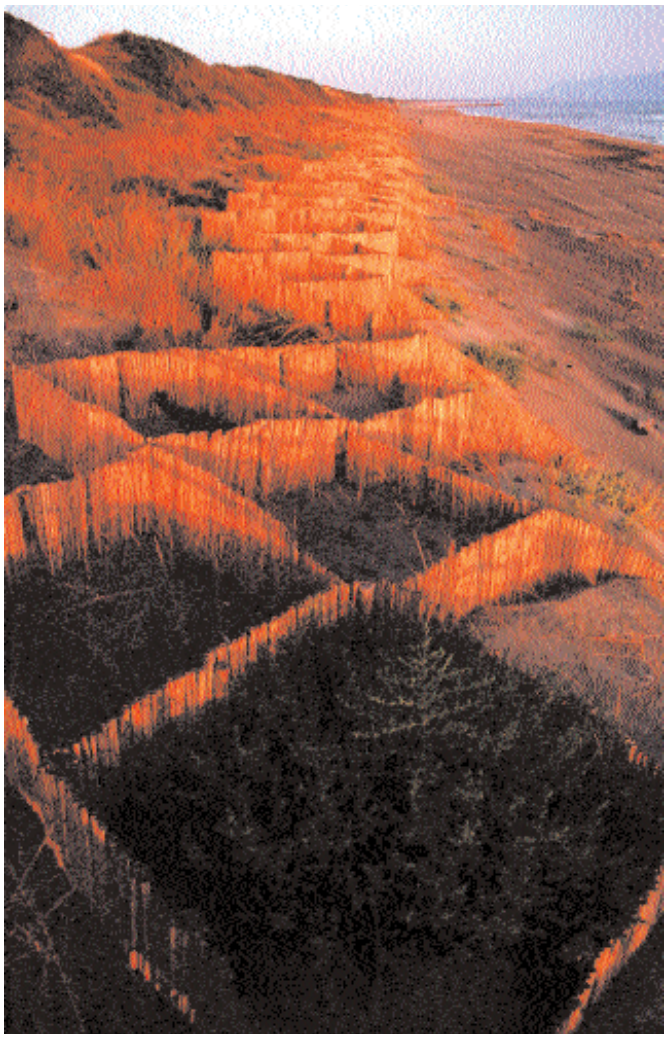


Foto 19.2.5 - Schermi frangivento disposti a scacchiera a due anni dalla realizzazione

Foto 19.2.6 - Schermi frangivento disposti a scacchiera a due anni dalla realizzazione

TIPOLOGIA 3. CONSOLIDAMENTO COMBINATO COSTITUITO DA VIMINATE E SCHERMI FRANGIVENTO.

Descrizione sintetica: Ricostruzione e stabilizzazione del pendio dunale mediante consolidamento combinato costituito da viminate e schermi frangivento

Campo di applicazione: ambienti dunali, aree di deflazione e canyon di erosione interessati da differenti forme di dissesto (erosione eolica, da calpestio, da ruscellamento, ecc., anche interagenti) e scarsità di copertura vegetale in grado di trattenere efficacemente le sabbie di trasporto eolico.

Materiali impiegati

Paleria di castagno (d = 8 ÷ 12 cm; h = 2.0 ÷ 2.5m)
Stuoie di canne legate da filo di ferro (h = 0.5 m)
Verghe di castagno o di orniello (d = 3 ÷ 5 cm; l = 3.0 ÷ 3.5 m)
Fascine di erica
Rete in fibra di cocco
Filo di ferro
Chiodi e tirafondi

Modalità esecutive

Rimodellamento preliminare della superficie d'erosione anche mediante l'apporto di sabbia.

Infissione dei pali di castagno per l'intelaiatura di una viminata ad un interasse di circa 1,5 m.

Realizzazione di intreccio di verghe di castagno od altro materiale di analoghe caratteristiche del diametro di 3 ÷ 5 cm.

Posizionamento di biostuoia in fibra di cocco per il rivestimento interno della viminata e del piano orizzontale del gradone.

Riempimento intermedio con sabbia.

Realizzazione di schermi frangivento costituiti da stuoie di canna pretessute e montate sulla parte superiore dei pali della viminata.

Realizzazione di schermo frangivento posizionato anteriormente all'opera di contenimento costituita da fascine verticali di erica montate su un'intelaiatura di pali e stangame di castagno.

Riempimento con sabbia e sistemazione morfologica sino ad ottenere la ricostruzione del pendio dunale.

Realizzazione di schermi frangivento interni ai contenimenti ed ortogonali ai precedenti.

Sistemazione morfologica finale della sabbia.

Raccomandazioni

La sabbia utilizzata per il riempimento ed il rimodellamento delle forme erosive, restaurate con la tecnica descritta, dovrà essere prelevata in settori limitrofi o dovrà comunque risultare compatibile sotto il profilo mineralogico e sedimentologico.

Qualora disponibile materiale vegetale, di provenienza locale e compatibile con le caratteristiche stazionali, sono consigliati limitati impianti al fine di anticipare i tempi dell'intervento di restauro.

Effetto

L'opera consente di realizzare la sutura di forme di erosione di diversa estensione prodotte da meccanismi differenti (eolico, ruscellamento, calpestio) anche agenti contemporaneamente. Favorisce i meccanismi di deposito delle sabbie eoliche, la stabilizzazione della vegetazione che trova all'interno degli schermi frangivento condizioni favorevoli all'insediamento ed al progressivo sviluppo.

Voci di capitolato

Consolidamento di pendii dunali mediante un sistema di contenimento combinato, costituito da viminata associata a biostuoia in fibra di cocco e da frangivento in canne e fascine di erica scoparia. Dopo l'eventuale rimodellamento preliminare del versante, e partendo dalla base del pendio, la struttura viene realizzata impiegando pali di castagno (h= 2.00 m, d = 0.08 ÷ 0.12 m) infissi nella sabbia per una profondità di circa 1 metro e posti a distanza dell'ordine di 1.5 metri. Intrecciando tra i pali verghe di castagno, di orniello o di specie con analoghe caratteristiche (l ~ 3.2 m, d = 3 ÷ 5 cm), viene realizzata una viminata dell'altezza media di circa 0.5 m, variabile in funzione dell'andamento topografico. Il lato di monte della viminata, in continuità con il piano orizzontale di appoggio del "gradone" e per tutta la superficie di questo, dovrà essere protetta tramite biostuoia in fibra di cocco, andando così a realizzare strati rinforzati di sabbia. Al di sopra delle viminate, utilizzando i medesimi pali di intelaiatura, vengono realizzati schermi frangivento costituiti da stuoie pretessute in canna, dell'altezza di 0.5 m fissati con legature di filo di ferro zincato o con verghe di castagno. Dopo il riempimento con sabbia e la riprofilatura dei gradoni ad ottenere un profilo del pendio con un angolo inferiore a quello di riposo delle sabbie, gli schermi frangivento vengono collegati tra loro mediante analoghi schermi disposti ortogonalmente ai principali, impiegando ancora i pali di castagno come tutori ed andando così a realizzare una struttura a celle. Sul fronte dell'opera in coincidenza del piede dunale, viene realizzato uno schermo frangivento costituito da fascine verticali di erica scoparia (h = 1.0 ÷ 1.2 m, diametro alla base ~ 0.10 ÷ 0.12 m) montate su un'intelaiatura di pali (h = 1.00 ÷ 1.20 m, d = 0.08 ÷0.12 m), posti ad un interasse di 2 m, e stangame di castagno di collegamento (l = 2.0 ÷ 2.5 m, d = 3 ÷ 5 cm). Lo schermo dovrà essere interrato per una profondità dell'ordine del 40 ÷ 50 % dell'altezza totale.

TIPOLOGIA 3. CONSOLIDAMENTO COMBINATO COSTITUITO DA VIMINATE E SCHERMI FRANGIVENTO.

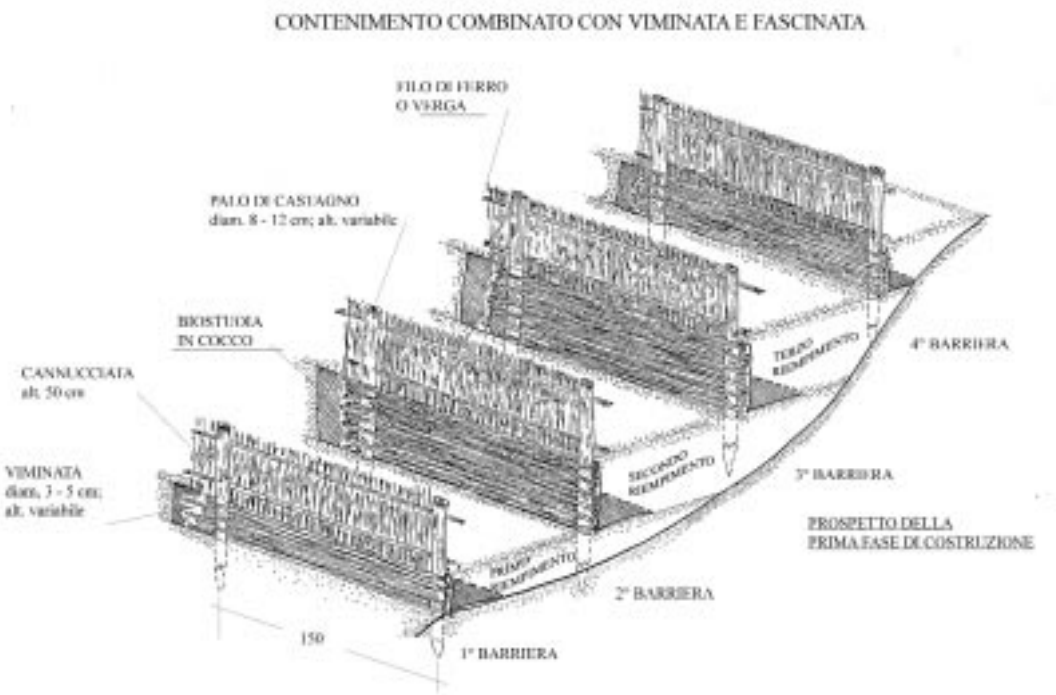


Fig. 19.2.6 - Vista assonometrica

Foto 19.2.7 - Nicchia di erosione prodotta dalle acque di ruscellamento con effetti sovrapposti del calpestio e della erosione eolica

Foto 19.2.8 e 19.2.9 - Sistemazione delle nicchie di erosione mediante consolidamento combinato

Foto 19.2.10 e 19.2.11 - Fasi della realizzazione del consolidamento combinato

SCHEDA DI MONITORAGGIO

Data: maggio ’03
Provincia di Latina - Comune di Sabaudia
Località: strada costiera, arco litorale foce della Lavorazione foce canale Caterattino
Altitudine: 1 – 27 m s.l.m.
Esposizione: quadranti occidentali
Aspetti vegetazionali: cenosi dunali notevolmente danneggiate con associazioni poco distinte, compenetrate e spesso assenti (interruzioni, salti e compenetrazioni delle successioni). Tale condizione caratterizza in particolare le associazioni pioniere: *Cakiletum*, *Agropyretum*, *Ammophyletum* e *Crucianelletum*. Sulle porzioni sommitali la macchia a Ginepro coccolone (*Juniperus oxicedrus ssp*.) si presenta in condizioni di maggiore integrità e coerenza floristica .

Lineamenti geomorfologici: cordone dunale attuale, depositi sabbiosi eolici consolidati da vegetazione e depositi embrionali mobili.

Obiettivi generali: ripristino e salvaguardia della duna litoranea mediante interventi ed opere basati sull’impiego di materiali naturali ai fini della mitigazione dei meccanismi erosivi e l’enfatizzazione di quelli deposizionali e l’innesco dei processi naturali di ricolonizzazione delle aree in dissesto ad opera della vegetazione dunale.

Obiettivi specifici:
controllo del dissesto prodotto dai singoli agenti erosivi, agenti in modo sinergico, con strutture multifunzionali, in particolare:
- erosione eolica
- calpestio
- erosione da ruscellamento

Principali tipologie dell’intervento:
recinzioni dissuasive con associati schermi frangivento
passerelle in legno per la limitazione del calpestio
schermi frangivento realizzati con stuoie di cannuccie, fascine di erica, pannelli in legno
graticciate rivestite con reti in fibra di cocco

Materiali impiegati:
pali di castagno, tavolame e paleria di larice, verghe di orniello e di castagno, stuoie in canna (*Arundo donax*), fascine di erica scoparia, chiodature e filo di ferro di fissaggio

Dimensioni dell’intervento:
L’azione complessiva, articolata in diverse fasi e finanziamenti, ha interessato circa 15 km di duna costiera; alcune tipologie di intervento, di carattere lineare (recinzioni con schermi frangivento) hanno interessato diffusamente l’arco costiero descritto, altre di carattere maggiormente puntuale, hanno avuto sviluppi dell’ordine delle decine o centinaia di metri (contenimenti combinati, barriere basali)sino ad alcuni chilometri (frangivento a scacchiera).

Soggetto realizzatore: Comune di Sabaudia
Impresa esecutrice: Intergea s.r.l. (resp. Massimo Giardini)
Periodo di intervento: 1995 – 1998

Osservazioni: Il progetto complessivo denominato Circeo 88 aveva lo scopo, oltre che di realizzare interventi di ripristino e salvaguardia ambientale della duna, di formare ed addestrare maestranze di giovani operai da coinvolgere nello sviluppo dei progetti e nella manutenzione / gestione nel tempo degli interventi. Per cause non strettamente tecniche tale obiettivo è stato vanificato con l’effetto immediato della perdita dei successivi finanziamenti e l’interruzione di organiche e consapevoli azioni di monitoraggio, messa a punto delle tecniche e manutenzione/sviluppo delle opere. Attualmente, infatti, gli interventi di ripristino e conservazione della duna versano in stato di totale abbandono, nonostante gli esiti fortemente incoraggianti e la risposta positiva osservabile anche diversi anni dopo la realizzazione delle opere.

19.2.1 DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA DELLO STATO DI FATTO DELLE DUNE COSTIERE DEL LITORALE LAZIALE

G. Sauli

Parco del Circeo Aprile 2003
Impiego di *Mesembryanthemum* quale ricadente in infrastrutture edilizie.

Parco del Circeo Aprile 2003
Mesembryanthemum tipico tapezzante di sabbie dunali.

Parco del Circeo Aprile 2003
Le scale in legno per la discesa a mare hanno limitato l'erosione di origine antropica

Dune costiere - Parco del Circeo
Aprile 2003

Dune costiere - Parco del Circeo
Aprile 2003
Efficacia dei sistemi di intrappolamento dopo 10 anni.

Dune costiere - Parco del Circeo
Aprile 2003
Ricostruzione delle dune lato mare e abbandono e demolizione della strada asfaltata franata a suo tempo.

Dune costiere - Parco del Circeo
Aprile 2003
Radicazione di *Mesembryanthemum* tappezzante tipica delle sabbie retrodunali.

Dune costiere - Parco del Circeo
Aprile 2003
Resti delle graticciate utilizzate per intrappolare la sabbia e ricostituire la duna.

Dune costiere - Parco del Circeo
Aprile 2003
Interventi di ripulitura delle spiagge alleggeriscono la compattazione della sabbia e favoriscono l'erosione

Dune costiere - Parco del Circeo
Aprile 2003
Resti della prima fila delle graticciate tra spiaggia e duna

Dune costiere - Parco del Circeo
Aprile 2003
Reinnesco di erosioni nelle parti basse
delle vallecole tra le dune che mette in luce
le varie stratificazioni delle sabbie.

Dune costiere - Parco del Circeo
Aprile 2003
Resti delle graticciate utilizzate per intrappolare
la sabbia e limitare l'erosione.

Dune costiere - Parco del Circeo
Aprile 2003
Resti delle graticciate utilizzate per intrappolare
la sabbia e limitare l'erosione.
Nella parte alta fascine morte di Saggina.

Spiaggia di Torvaianica
Aprile 2003
Gli insediamenti sulle zone dunali tendono
ad azzerare sia le morfologie che la vegetazione
naturale.

Litorale romano zona Ostia
Aprile 2003
Consolidamento di duna a isole mediante
palificate in legno

19.3 PROGETTO "LINNEO" dal metodo fitosociologico alla produzione vivaistica: uno strumento per conoscere, progettare, ripristinare gli ambienti della duna costiera.

P. Menegoni

Introduzione

Con sempre maggiore frequenza viene manifestata l'esigenza di armonizzare gli interventi sul territorio col patrimonio naturale presente e di limitare l'inquinamento genetico delle comunità vegetali di riferimento. Da qui la necessità di reperire materiale vegetale di provenienza nota e certificata.

Il mercato vivaistico attualmente si presenta inadeguato a soddisfare questa richiesta e i vivai forestali sviluppano la produzione di un limitato numero di specie, non garantendo la necessaria diversità e complessità delle varie fitocenosi che si intendono reimpiantare nelle azioni di ripristino ambientali.

Sembra dunque prevedibile, anche sulla base delle nuove tendenze europee, l'apertura di un nuovo mercato saldamente ancorato alla conoscenza delle specie e degli ecosistemi presenti sul territorio, che abbia come presupposto di rilevante importanza la conoscenza delle comunità vegetali intese come sistemi strutturati e organizzati.

Descrizione

Progetto Linneo nasce nel 1998 su iniziativa di un gruppo di fitosociologi, agronomi, chimici, e due società che hanno sostenuto e continuano a sostenere il progetto, Environmental Project soluzioni per l'ambiente srl e Vivai Rasconi di Gabriele Rasconi, che, appassionati di ambienti mediterranei, e convinti dell'importanza di agire sul territorio partendo dalla conoscenza degli ambienti, hanno dato inizio ad una attività, volta a sostenere i progettisti che operano nel settore del recupero del territorio attraverso consulenze specifiche e a fornire le componenti delle "cenosi" vegetali, opportunamente prodotte in vivaio.

Il progetto Linneo offre:

- fornitura di piante in vaso con certificazione di provenienza, appartenenza tassonomica e metodi produttivi.
- servizio di tutoring per pianificatori e progettisti (consulenza floristico/vegetazionale per la scelta di specie idonee all'inserimento nelle varie tipologie di impianto e per la determinazione delle proporzioni quantitative per la riproduzione di fitocenosi naturali).

In particolare il progetto intende operare in favore della conservazione di specie rappresentative, rare o in via di estinzione.

Il primo obiettivo, è stato quello di cimentarsi su un ambiente di estrema importanza per l'equilibrio del "sistema costiero": la fascia dunale. La conoscenza di questi ambienti, la presenza sul mercato delle specie che li caratterizzano è, infatti, ancora quasi del tutto ignota.

Le problematiche legate alla erosione delle coste, alla scomparsa di queste fasce tampone e al conseguente depauperamento delle aree interne, sono al contrario elementi presenti su quasi tutto il perimetro costiero italiano. Queste problematiche destano preoccupazioni a livello europeo e molteplici sono le iniziative di carattere scientifico o economico-finanziario volte a porre rimedio agli squilibri che attivano in modo incontrollabile i processi di erosione delle coste e che producono danni incommensurabili non solo ai sistemi ambientali ma anche a quello socio-economico.

E' stato dunque scelto un contingente di specie che sono state sottoposte a sperimentazione per fini produttivi. Le piantine in vaso che vengono prodotte e commercializzate nell'ambito del progetto sono munite di una certificazione contenente i seguenti dati: provenienza geografica, metodo produttivo, appartenenza tassonomica.

Il materiale viene prodotto a partire da un vivaio di "piante madri" provenienti dal centro Italia ma è possibile produrre ecotipi specifici per progetti specifici, nell'ottica della conservazione della biodiversità e della salvaguardia del patrimonio genetico locale.

La fase produttiva vivaistica ha richiesto alcuni anni di sperimentazione volti a verificare la possibilità e potenzialità dei vari metodi produttivi e per cercare di riprodurre nel sistema controllato vivaistico, le condizioni ecologiche essenziali per la vita di queste specie, così resistenti e contemporaneamente così fragili.

La sperimentazione: discussione e risultati

Gli ambienti dunali mutano le loro condizioni microclimatiche dal mare verso l'interno, ne consegue una sequenza di specie, organizzate in associazioni vegetali, adattate a vivere alle varie condizioni.

La salinità, il vento, la motilità del substrato sono massime sulla spiaggia e sulla prima duna (ambiente obiettivo del progetto), e vanno attenuandosi nell'interno. Ne consegue una vegetazione organizzata su più cinture parallele alla battigia: le prime sono quelle relative alle associazioni di psammofite tipiche della prima duna o duna mobile o duna bianca, poi si passa alla macchia bassa discontinua sulla sommità della seconda duna o duna grigia, quindi alla macchia vera e propria.

La scelta delle specie di psammofite , ha rappresentato la fase iniziale del progetto. I criteri della scelta sono stati: la rappresentatività nell'ambito delle varie associazioni vegetali presenti sul territorio ita-

liano, la capacità strutturante e contenitiva nell'ambito del processo di costruzione della duna, la rarità e il rischio di scomparsa.

Per evitare, durante lo svolgimento delle attività di progetto, qualsiasi forma di depauperamento del patrimonio vegetale naturale attraverso eccessivi prelievi sul campo, sono state effettuate alcune campagne di prelievo volte a costruire un vivaio di piante madri, su cui basare gran parte delle attività.

Il contingente delle specie prescelte comprende: *Agropyron junceum, Ammophila littoralis, Anthemis marittima, Cakile marittima, Calystegia soldanella, Carpobrotus acinaciformis, Crucianella marittima, Cyperus kalli, Dorycnium hirsutum, Echinophora spinosa, Eryngium maritimum, Glaucium flavum, Juncus acutus, Lagurus ovatus, Matthiola situata, Medicago marina, Ononis variegata, Otanthus maritimus, Pancratium maritimum, Phragmites australiana, Plantago coronopus, Sporobolus pungens.*

Sono stati sperimentati i principali metodi produttivi vivaistici: il taleaggio, la produzione da seme e la separazione dei polloni e le migliori risposte in termini di produzione quantitativamente interessante sono esposti nella tabella che segue:

SPECIE	NOME COMUNE	FAMIGLIA	TECNICA DI RIPRODUZIONE TESTATA	TECNICA RITENUTA COMMERCIALMENTE EFFICACE
Agropyron junceum	Gramigna delle spiagge	Graminaceae	separazione seme	* *
Ammophila littoralis	Sparto pungente	Graminaceae	separazione seme	* *
Anthemis maritima	Camomilla marina	Compositae	taleaggio separazione seme	*
Cakile maritima	Ravastrello marittimo	Cruciferae	seme	*
Calystegia soldanella	Vilucchio marittimo	Campanulaceae	separazione seme	*
Carpobrotus acinaciformis	Fico degli Ottentotti	Aizoaceae	taleaggio separazione	*
Crucianella maritima	Crucianella marittima	Rubiaceae	taleaggio separazione	*
Cyperus kalli	Zigolo delle spiagge	Cyperaceae	separazione seme	*
Dorycnium hirsutum	Trifoglino irsuto	Leguminosae	taleaggio seme	*
Echinophora spinosa	Carota di mare	Umbelliferae	separazione seme	*
Eryngium maritimum	Calcatreppola marina	Umbelliferae	separazione seme	*
Glaucium flavum	Papavero cornuto	Papaveraceae	seme	*
Juncus acutus	Giunco pungente	Juncaceae	separazione seme	*
Lagurus ovatus	Piumino	Graminaceae	seme	*
Matthiola sinuata	Violaciocca sinuate	Cruciferae	taleaggio separazione seme	*
Medicago maritima	Erba medica marina	Leguminosae	taleaggio separazione seme	* *
Ononis variegata	Ononide screziata	Leguminosae	seme	*
Otanthus maritimus	Santolina delle spiagge	Compositae	taleaggio separazione seme	*
Pancratium maritimum	Giglio di mare	Amaryllidaceae	seme	*
Plantago coronopus	Piantaggine barbatella	Plantaginaceae	separazione seme	*
Sporobolus pungens	Gramigna delle spiagge	Graminaceae	separazione seme	* *

Sono state sperimentate anche varie miscele di terreno per cercare di ottenere la migliore resa in termini quali-quantitativi tenendo conto dei seguenti fattori: riprodurre il tipo di substrato presente in natura, mantenere un giusto equilibrio idrico, limitando al minimo i processi di marciume o di essiccamento radicale, limitare il peso dei vasi per problemi di trasporto, trovare un giusto equilibrio tessiturale per mantenere al meglio il pane di terreno attorno alle radici al momento dell'espianto in natura in modo da limitare gli stress radicali, trovare un giusto equilibrio nutrizionale per evitare produzioni di biomasse troppo intense e infestazioni di specie ruderali.

Sono state dunque preparate varie miscele contenenti in misura diversa sabbia, inerti a pezzatura più o meno grossolana, torba, nutrienti e terreno vegetale ottimali per ogni singola specie. Ciò ha permesso di controllare efficacemente l'equilibrio idrico del "sistema vaso" che sicuramente rappresenta uno dei fattori ecologici più vulnerabili nella produzione in vaso delle psammofite. In effetti queste specie, continuamente sottoposte a stress idrici e salini e a variazioni di temperatura molto importanti trovano molteplici problemi nel sopravvivere in ambienti controllati e stabilizzati come quelli produttivi.

Conclusioni

La precarietà degli ambienti costieri, la crescente sensibilità verso le problematiche ambientali, la richiesta di sempre maggiore professionalità nelle strategie, tecniche e materiali per gli interventi di ripristino ambientali sono gli elementi sui cui nasce progetto Linneo, l'aspirazione di chi lo promuove è creare un punto di incontro e di comunicazione tra chi amministra e pianifica il territorio, chi progetta le azioni di ripristino, chi produce materiali vegetali e chi realizza le opere, mondi paralleli che comunicano con difficoltà e incomprensioni.

19.4 Interventi di riqualificazione ambientale nel sistema dunale costiero del litorale romano

Tinelli A.

CARATTERISTICHE DEGLI INTERVENTI

Lungo il sistema dunale costiero del litorale romano gli interventi di riqualificazione sono casuali e poco numerosi, soprattutto quelli che prevedono l'impiego degli elementi delle vegetazione nella stabilizzazione dunale. Alla base dello studio di analisi dei processi ecologici è necessario effettuare una indagine vegetazionale per mettere in evidenza non solo le associazioni presenti e la composizione floristica, ma anche le specie endemiche e gli elementi autoctoni.

I parametri da prendere in considerazione sono:

a) la loro dimensione (altezza, asse maggiore e asse minore);
b) la distanza dalla battigia;
c) la distanza dalle dune retrostanti;
d) la direzione prevalente dei venti;
e) l'azione erosiva del mare.

Dall'attenta lettura degli aspetti naturalistici si rileva l'importanza della localizzazione delle dune, del loro aumento in altezza a cui si adatta la vegetazione naturale come si evince dallo schema di Tuxen (Fig. 19.4.1).

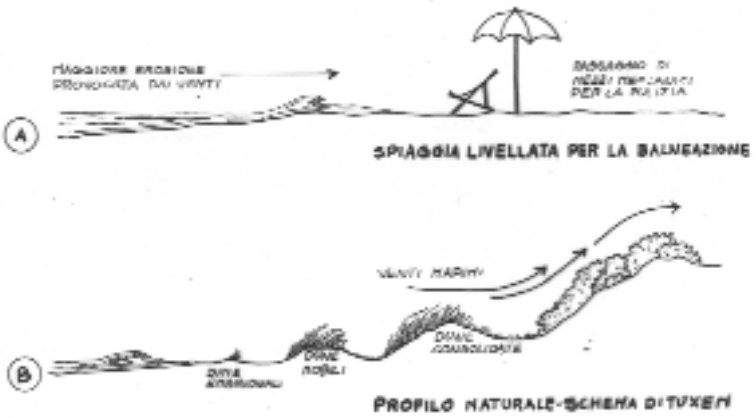


Fig. 19.4.1

Le trasformazioni del sistema costiero sono provocate soprattutto dalle attività legate alla balneazione. In particolare l'appiattimento delle dune sabbiose, le attività di pulizia della battigia, il livellamento della sabbia per il posizionamento degli ombrelloni e delle sdraio, provoca l'alterazione delle componenti ambientali e la distruzione irreversibile degli equilibri naturali. Tale complessità viene riproposta in interventi di riqualificazione ambientale con elementi semplici e di facile realizzazione che si devono adattare alle problematiche ambientali dell'area di studio. Sono state infatti individuate due tipologie: dune isolate e cordoni dunali (Fig. 19.4.2 e Fig. 19.4.3).

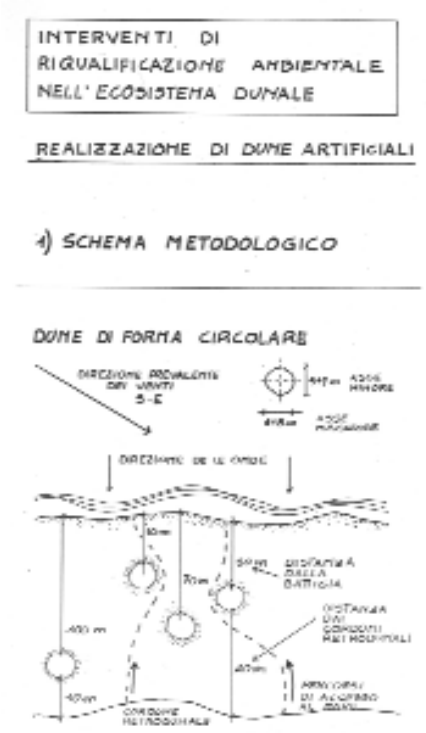


Fig. 19.4.2

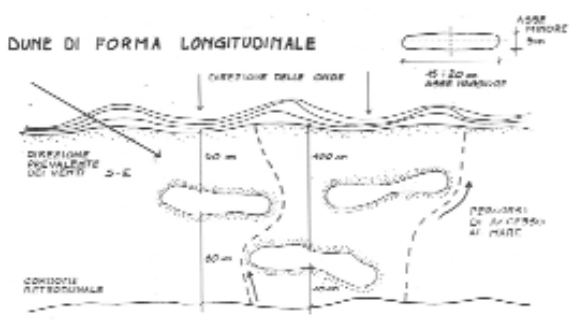


Fig. 19.4.3

Si notano nello schema metodologico proposto gli elementi naturali prevalenti che caratterizzano questo tratto di spiagge: la direzione prevalente dei venti, la direzione delle onde, la superficie dell'area disponibile. Queste componenti facilitano il calcolo per la valutazione delle dimensioni delle dune artificiali circolari e di quelle longitudinali, della loro distanza dalla battigia e della distanza dai cordoni dunali residuali. Il posizionamento dei percorsi di accesso al mare e la localizzazione delle dune vengono valutati in relazione alle preesistenze ambientali ed alla facilità di realizzazione. Vengono qui di seguito evidenziati tre diversi metodi costruttivi per la realizzazione dell'infrastruttura primaria volta al contenimento delle sabbie utilizzando come supporto pali di castagno infissi nella sabbia:

1) travicelli e filagne di castagno legati fra loro con filo di ferro;
2) tavolame inchiodato;
3) tronchi spiaggiati e ramaglie morte ritrovate direttamente sulla battigia.

Si vuole qui sottolineare la facilità di realizzazione di queste strutture impiegando materiali poveri e soprattutto l'opportunità di utilizzare le ramaglie morte e i tronchi che spesso, portati dal mare in gran numero, provocano disagio richiedendo un loro allontanamento.

Le dimensioni e la distanza dalla battigia devono essere valutate in relazione all'andamento preesistente delle dune che si rivela nell'ambiente circostante (Fig. 19.4.4 e Fig. 19.4.5).

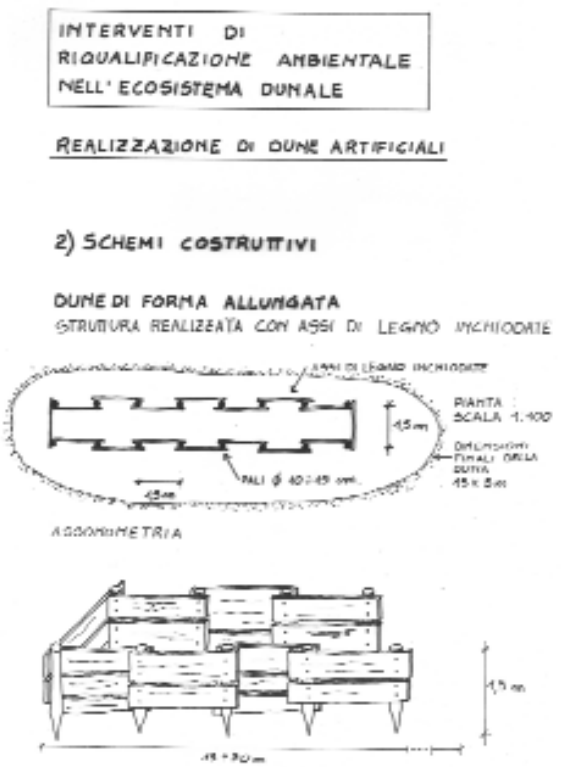


Fig. 19.4.4

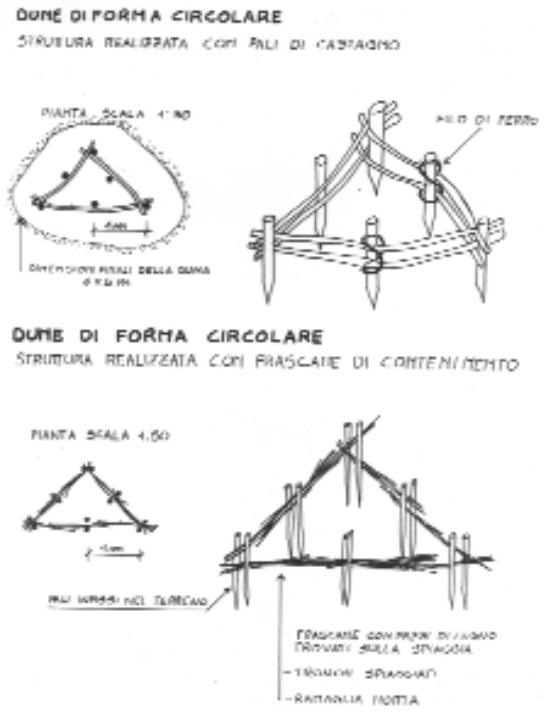


Fig. 19.4.5

Lungo il litorale romano la vegetazione degli ambienti dunali presenta una diversa composizione floristica tra le zone più esterne sottoposte all'azione diretta del mare e quelle interne più riparate che presentano diverse associazioni vegetali (Pignatti, 1985). Alla vegetazione pioniera si sostituisce la vegetazione stabilizzatrice delle sabbie caratterizzata da *Ammophila arenaria* (Eldered R.A: e Maun M. A., 1982; Hope Simpson J. F. e Jefferies R.L., 1996; Maun M. A., 1985). La messa a dimora dei cespi di *Ammophila arenaria* deve essere valutata in relazione alla direzione prevalente dei venti che trasportano notevoli quantità di sabbia (Fig. 19.4.6).

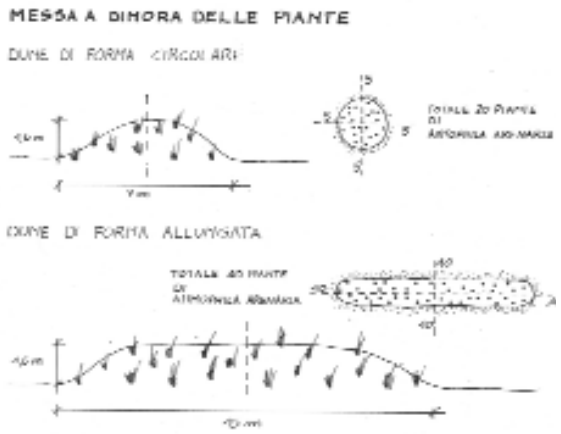


Fig. 19.4.6

Lo studio metodologico evidenzia infatti l'opportunità di dividere le dune rispetto alla linea della battigia e ai quadranti individuati dai punti cardinali. Le piantine di *Ammophila arenaria* possono essere facilmente riprodotte in vivaio o reperite in ambiente naturale senza impoverire ed alterare la copertura vegetale, mentre appare opportuno evitare l'uso di specie esotiche, come il *Carpobrotus acinaciformis* spesso molto usata lungo il litorale laziale nell'ambiente sabbioso e purtroppo diffusasi anche in aree protette che dovrebbero avere azioni di tutela ad alto livello.

Si riportano qui di seguito alcune valutazioni individuate in seguito ad esperienze già effettuate che dimostrano la validità di un approfondimento degli studi in questo settore per gli interventi di riqualificazione ambientale.

PREVISIONE DI ABBASSAMENTO PROVOCATI DALL'ATTIVITA' EROSIVA	
DOPO 4 MESI	25% ÷ 30%
DOPO 8 MESI	40% ÷ 50%

PREVISIONE DI INCREMENTO DELLA COPERTURA VEGETALE	
DOPO 4 MESI	+ 30%
DOPO 8 MESI	+ 60%

19.5 Un caso di intervento di rivegetazione su barene in laguna di Grado

G. Sauli

Si riportano le risultanze di un intervento di rivegetazione su fanghi lagunari di dragaggio con piante alofile eseguito nel 1996 in laguna di Grado (GO) Loc. Barbana.

Il lavoro è consistito in:

- fresatura dei fanghi derivanti dal dragaggio mediante sorbona del canale di accesso all'Isola - Santuario di Barbana (Foto 19.5.1)
- trapianto dal selvatico di esemplari di piante alofile *(Limonium, Puccinellia, Atriplex, Juncus, Salicornia, ecc.)* (Foto 19.5.2, 19.5.3, 19.5.4)

Foto 19.5.1

Foto 19.5.2

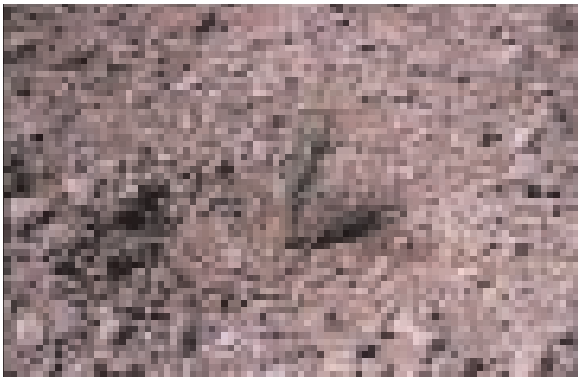


Foto 19.5.3

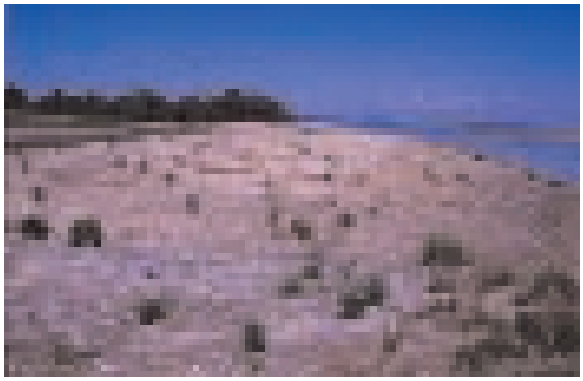


Foto 19.5.4

- semina manuale a spaglio con miscela commerciale
- messa a dimora di talee di Tamerici.

A distanza di circa dieci anni dall'intervento si può constatare la totale rivegetazione dell'area con insediamento delle varie formazioni (Spartinieto, Salicornieto, Limonieto, Agropireto) a seconda della quota sul livello del mare (Foto 19.5.5, 19.5.6)

Foto 19.5.5

Foto 19.5.6

Esempi di elaborati progettuali tipo schede: schede campione di progetti di cave, discariche, scarpate stredali e ferroviarie, coste sabbiose

P. Cornelini G. Sauli

Vengono di seguito presentati una serie di allegati progettuali tipo, relativi alle opere naturalistiche e riferiti alle tre fasi classiche della progettazione, come di seguito elencate.

Va precisato che, in genere, le opere pubbliche quali strade, ferrovie, coste rispettano le tre fasi citate. Le opere private invece quali cave e discariche solitamente si propongono con un progetto unico (esecutivo), salvo estrarre da esso una sintesi semplificata da inserire nel quadro progettuale dello studio di impatto.

Quasi sempre ormai le cartografie di analisi naturalistica sono redatte in sede di S.I.A. che di solito accompagna il progetto definitivo nella procedura di V.I.A. Nazionale (salvo per i progetti della "Legge obiettivo" che prevedono la V.I.A. nel preliminare) e l'esecutivo nelle procedure regionali.

PROGETTO PRELIMINARE

Il progetto preliminare di un'opera contiene informazioni generali:

- analisi del territorio (vincolistica, geologia, geoidrologia, pedologia, vegetazione reale e potenziale, fauna),
- proposta di intervento,
- stima dei costi dell'intervento

Il progetto preliminare è talvolta sottoposto a procedura di V.I.A.

Sottoposto all'attenzione dell'Ente che:

- esprime il proprio parere;
- formula le eventuali richieste di modifiche.

PROGETTO PRELIMINARE

INDICE TIPO RELAZIONE

Relazione illustrativa

1. Premesse
2. Generalità sull'Ingegneria Naturalistica
3. Inquadramento ambientale
3.1 Dati climatici, Climogramma (TAV. 12)
3.2 Inquadramento geologico e pedologico
3.3 Vincoli esistenti
3.4 La vegetazione naturale e potenziale
3.5 Note sulla fauna locale
5. Proposta di progetto

Preventivo sommario
Quadro economico
Documentazione fotografica

ELENCO TIPO ALLEGATI GRAFICI E CARTOGRAFICI

Cartografie area intervento (TAV.11)	Scala 1 : 25.000 / 1 : 5.000
Transetti schematici degli interventi	
Planimetria degli interventi	Scala 1 : 2.500

PROGETTO DEFINITIVO

Il progetto definitivo è costituito dalla **maggior parte degli allegati** necessari alla presentazione completa del progetto:

- **analisi** del territorio ex programma preliminare più cartografia di analisi (cartografia litologica/geomorfologica, pedologica, cartografia vegetazione)
- **planimetrie** dello stato di fatto e di progetto
- **sezioni** dello stato di fatto e di progetto
- **sezioni tipo / schemi tecnici** degli interventi proposti
- **relazione** tecnica di progetto
- **elenco prezzi** e **computo metrico estimativo**

I progetti di cave, discariche strade e ferrovie sono corredate da S.I.A. nazionale o regionale.

Presentato a tutti gli enti Provinciali o Regionali per la **richiesta delle necessarie autorizzazioni**.

Ogni ente è tenuto a esaminare il progetto e ad esprimere il proprio parere formulando **osservazioni** (per le eventuali modifiche nel progetto esecutivo)

ELENCO TIPO ALLEGATI

ALL. 1	Relazione (recupero dati di analisi del progetto preliminare più cartografie tematiche - litologica/geomorfologica (TAVV. 7.1, 7.2 , 8.1, 8.2), dati pedologici (TAV. 9) c. vegetazione, c. sensibilità vegetazionale, documentazione fotografica (TAVV. 3, 28)	
ALL. 2	Relazione di progetto	
ALL. 3	Quadro economico definitivo	
ALL. 4	Indagini geognostiche	
ALL 5	Corografie	1:10.000 /1:5000
ALL. 6	Planimetria catastale	1:2000
ALL. 7	Rilievo topografico	1:500
ALL.8	Profilo	1:500/100
ALL. 9	Sezioni trasversali	1:500
ALL. 10	Rilievo vegetazionale	1:500
ALL. 11	Planimetrie di progetto delle opere di ingegneria naturalistica	1:500
ALL. 12	Sezione di progetto delle opere di ingegneria naturalistica	1:100
ALL. 13	Particolari costruttivi	1:100/50
ALL. 14	Quaderno sezioni tipo (TAVV. 1, 2, 4.1, 4.2)	Scale varie
ALL. 15	Elenco prezzi	
ALL. 16	Computo metrico estimativo	
ALL. 17	Piano particellare d’esproprio ed elenco ditte	

PROGETTO ESECUTIVO

Il progetto esecutivo contiene tutte le informazioni necessarie all'appalto e alla corretta esecuzione delle opere.

E' costituito da:

- relazione tecnica di progetto
- documentazione fotografica
- planimetrie e sezioni di progetto
- sezioni tipo
- computo metrico estimativo
- analisi prezzi
- elenco prezzi
- capitolato speciale
- piano di sicurezza

ELENCO TIPO ALLEGATI

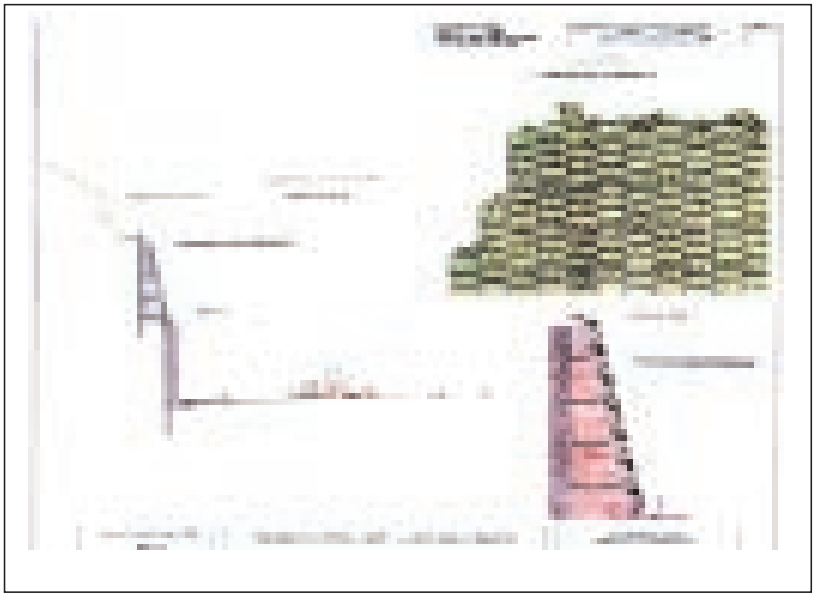
ALL. 1	Relazione recupero dati di analisi del progetto preliminare più cartografie tematiche – geologiche e geomorfologiche, pedologiche (TAV. 16), vegetazione (TAV. 17), fauna (TAV. 24), sensibilità vegetazionale, documentazione fotografica	
ALL. 2	Relazione di progetto	
ALL. 3	Quadro economico definitivo	
ALL. 4	Indagini geognostiche	
ALL 5	Corografie	1:10.000 /1:5000
ALL. 6	Planimetria catastale	1:2000
ALL. 7	Rilievo topografico	1:500
ALL. 8	Profilo	1:500/100
ALL. 9	Sezioni trasversali	1:500
ALL. 10	Rilievo vegetazionale (TAV. 5)	1:500
ALL. 11	Planimetrie di progetto delle opere di ingegneria naturalistica (TAVV. 6, 13, 18, 19, 20, 25)	1:500
ALL. 12	Sezione di progetto delle opere di ingegneria naturalistica (TAVV. 23, 26)	1:100
ALL. 13	Particolari costruttivi	1:100/50
ALL. 14	Quaderno sezioni tipo (TAVV. 10, 14, 15, 21, 22, 27)	Scale varie
ALL. 15	Elenco prezzi	
ALL. 16	Analisi prezzi	
ALL. 17	Computo metrico estimativo	
ALL. 18	Piano particellare d'esproprio ed elenco ditte	
ALL. 19	Capitolato speciale d'appalto	
ALL. 20	Piano di sicurezza e coordinamento	
ALL. 21	Fascicolo dell'opera	

ESEMPI DI ALLEGATI PROGETTUALI

TAVOLA 1

SEZIONI TIPO INTERVENTI A VERDE

Estratto da: PROGETTO DEFINITIVO
DI AMPLIAMENTO III CORSIA AUTOSTRADA ROMA - FIRENZE
TRATTO ORTE - FIANO



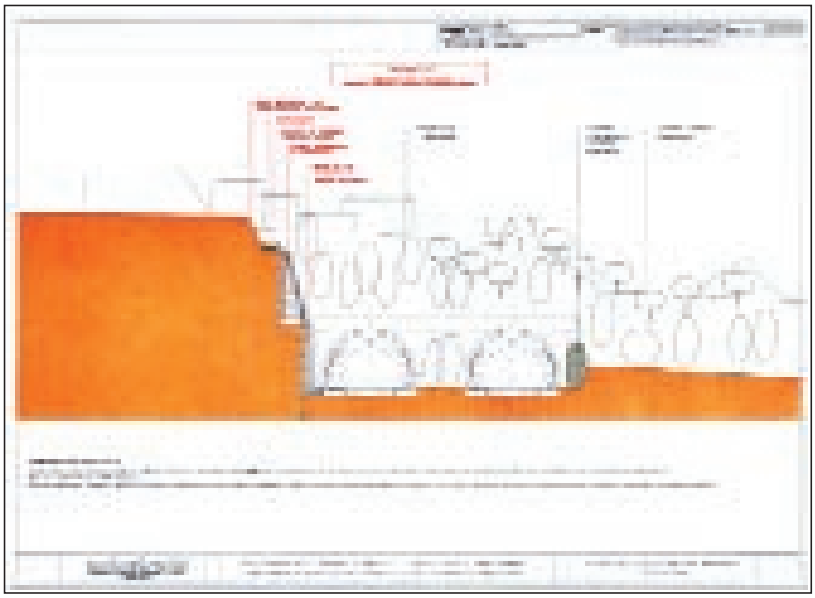
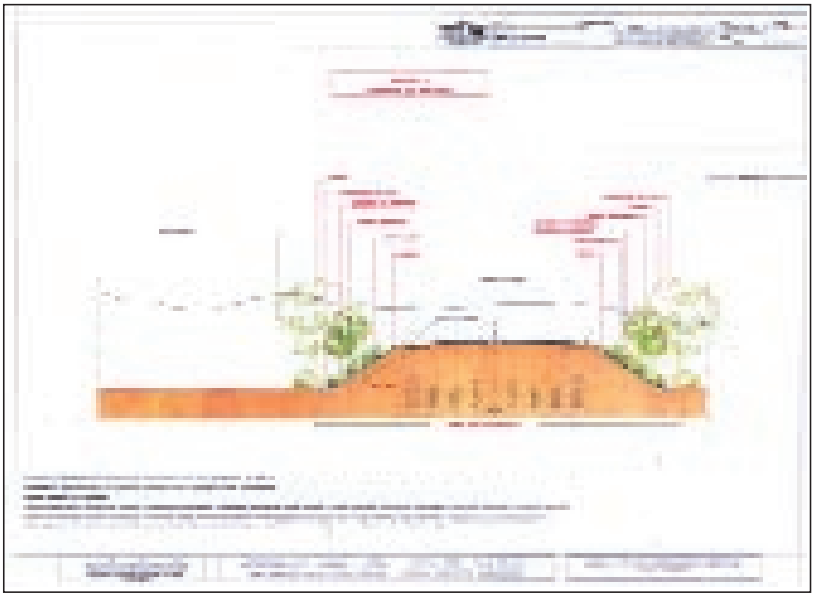


TAVOLA 2

SEZIONI TIPO INTERVENTI A VERDE

Estratto da: PROGETTO DEFINITIVO
DI AMPLIAMENTO III CORSIA AUTOSTRADA ROMA - FIRENZE
TRATTO ORTE - FIANO



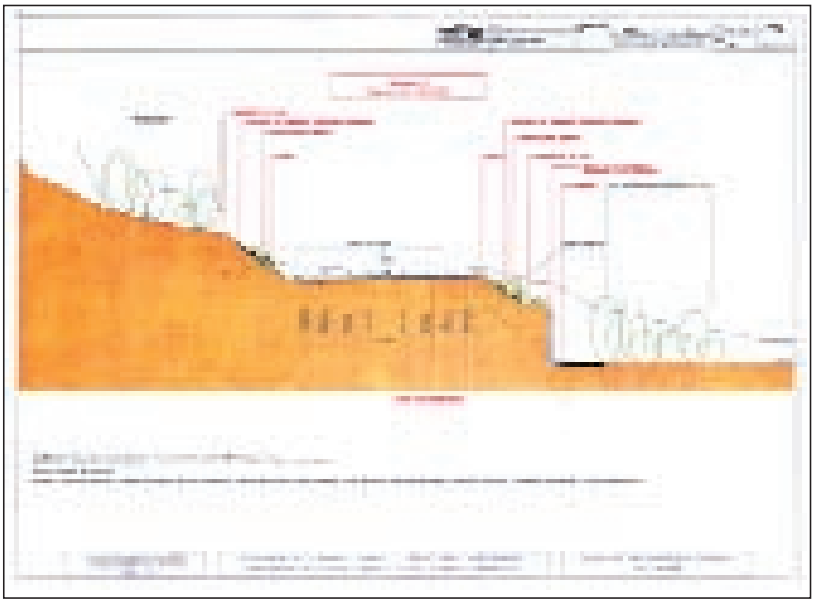


TAVOLA 3

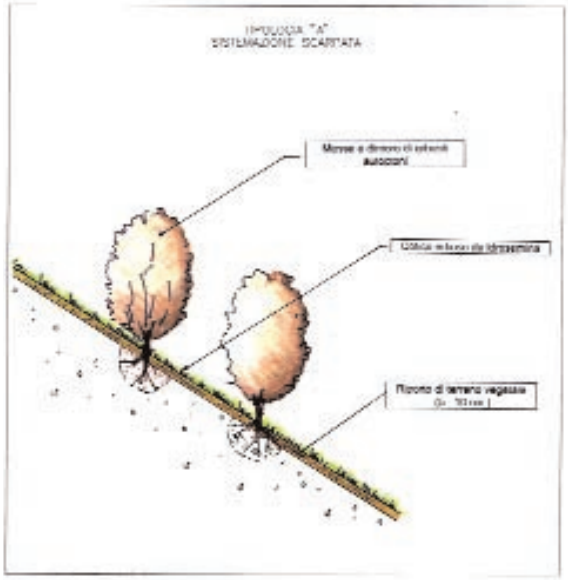
DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA INTERVENTI PAESAGGISTICI

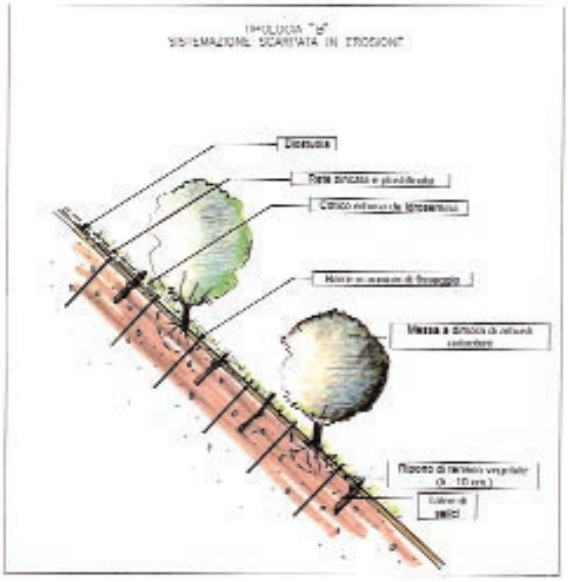
Estratto da: PROGETTO DEFINITIVO
DI AMPLIAMENTO III CORSIA AUTOSTRADA ROMA - FIRENZE
TRATTO ORTE - FIANO

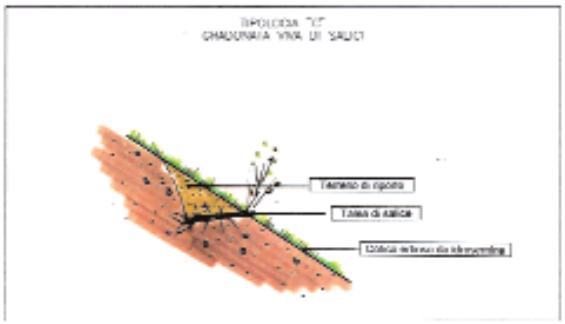
TAVOLA 4.1

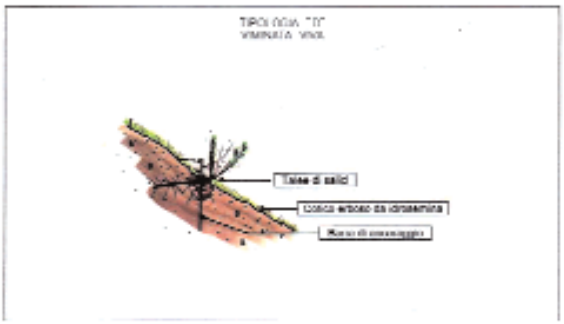
PARTICOLARI TIPO INTERVENTI DI INGEGNERIA NATURALISTICA

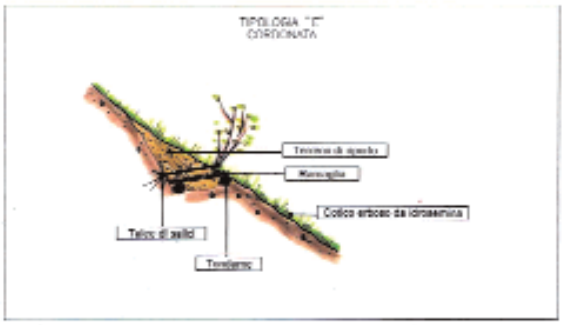
Estratto da: PROGETTO DEFINITIVO
DI AMPLIAMENTO III CORSIA AUTOSTRADA ROMA - FIRENZE
TRATTO ORTE - FIANO











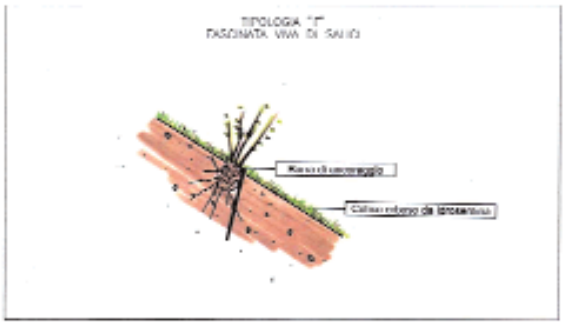
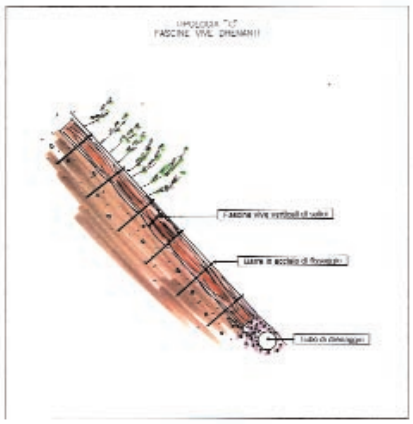
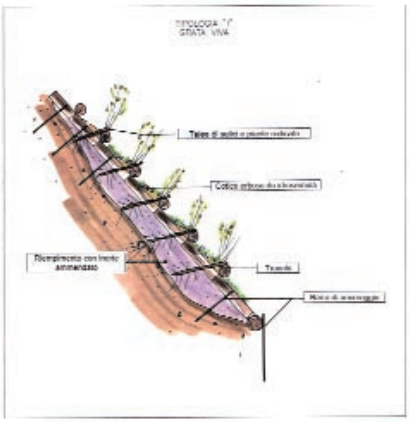


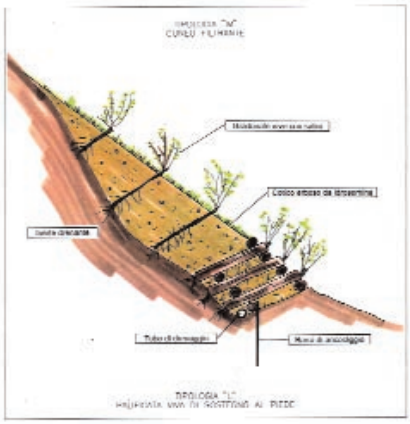
TAVOLA 4.2

PARTICOLARI TIPO INTERVENTI DI INGEGNERIA NATURALISTICA

Estratto da: PROGETTO DEFINITIVO
DI AMPLIAMENTO III CORSIA AUTOSTRADA ROMA - FIRENZE
TRATTO ORTE - FIANO







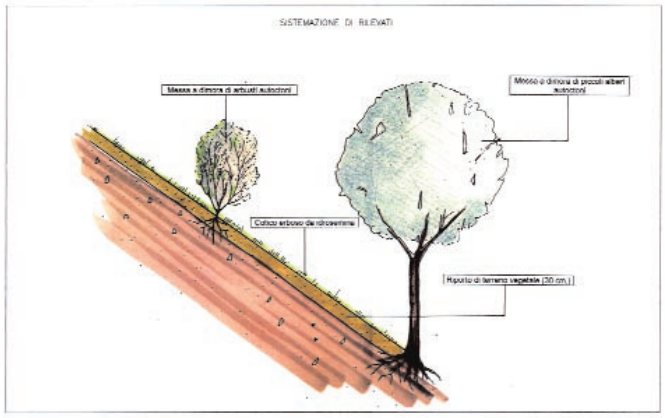
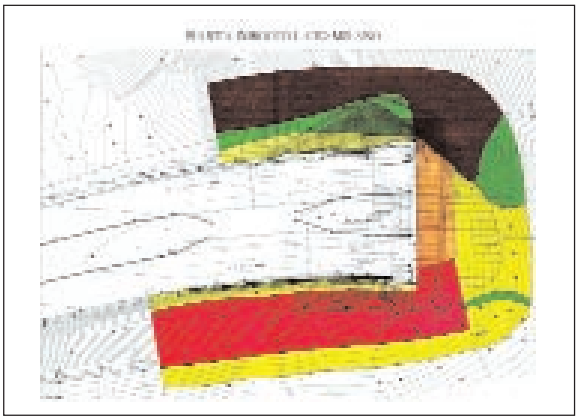


TAVOLA 5

STRALCIO CARTA DELLA VEGETAZIONE

Estratto da: PROGETTO ESECUTIVO
DI AMPLIAMENTO III CORSIA AUTOSTRADA ROMA - FIRENZE
TRATTO ORTE - FIANO



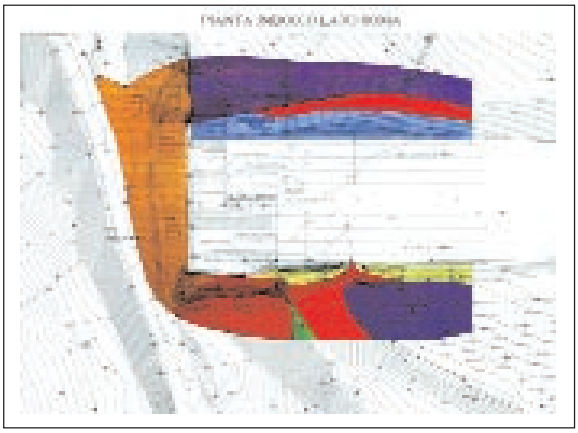
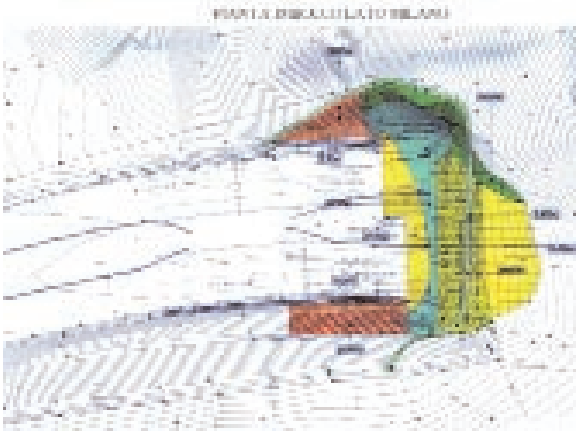
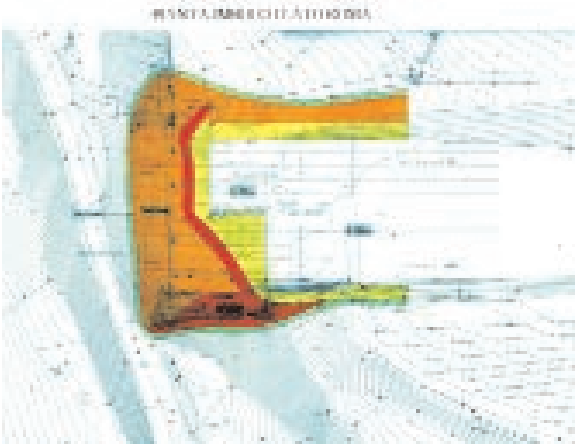


TAVOLA 6

PLANIMETRIA INTERVENTI INGEGNERIA NATURALISTICA

Estratto da: PROGETTO ESECUTIVO
DI AMPLIAMENTO III CORSIA AUTOSTRADA ROMA - FIRENZE
TRATTO ORTE - FIANO





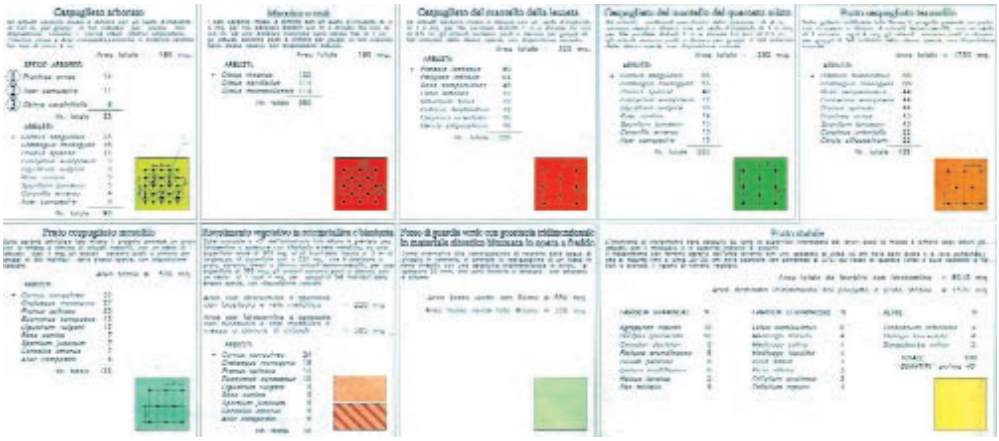


TAVOLA 7.1

CARTA GEOLITOLOGICA

Estratto da: PROGETTO DEFINITIVO
GRANDE VIABILITA' DI TRIESTE
II STRALCIO DEL III LOTTO (TRATTO CATTINARA - PADRICIANO)

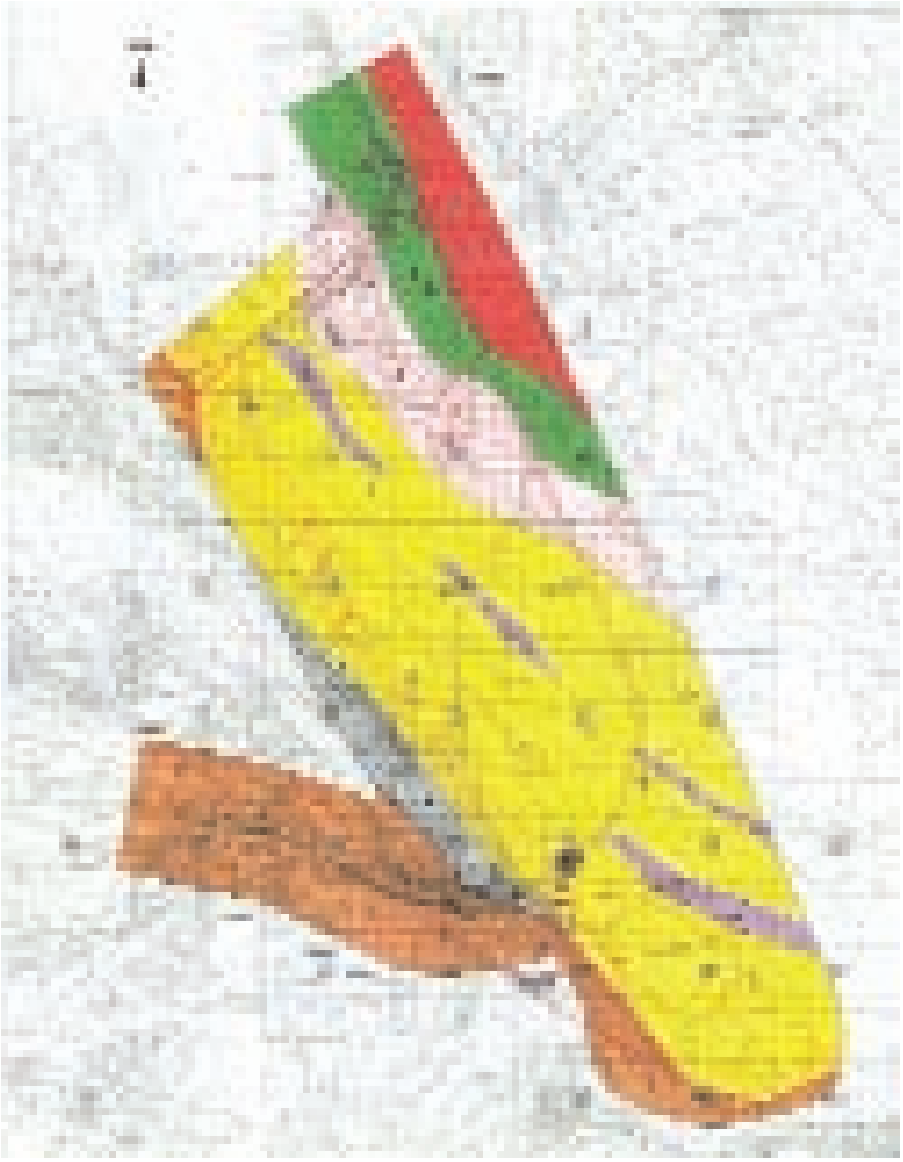


TAVOLA 7.2

LEGENDA CARTA GEOLITOLOGICA

Estratto da: PROGETTO DEFINITIVO
GRANDE VIABILITA' DI TRIESTE
II STRALCIO DEL III LOTTO (TRATTO CATTINARA - PADRICIANO)

TAVOLA 8.1

CARTA GEOMORFOLOGICA E DELLE EMERGENZE CARSICHE

Estratto da: PROGETTO DEFINITIVO
GRANDE VIABILITA' DI TRIESTE
II STRALCIO DEL III LOTTO (TRATTO CATTINARA - PADRICIANO)

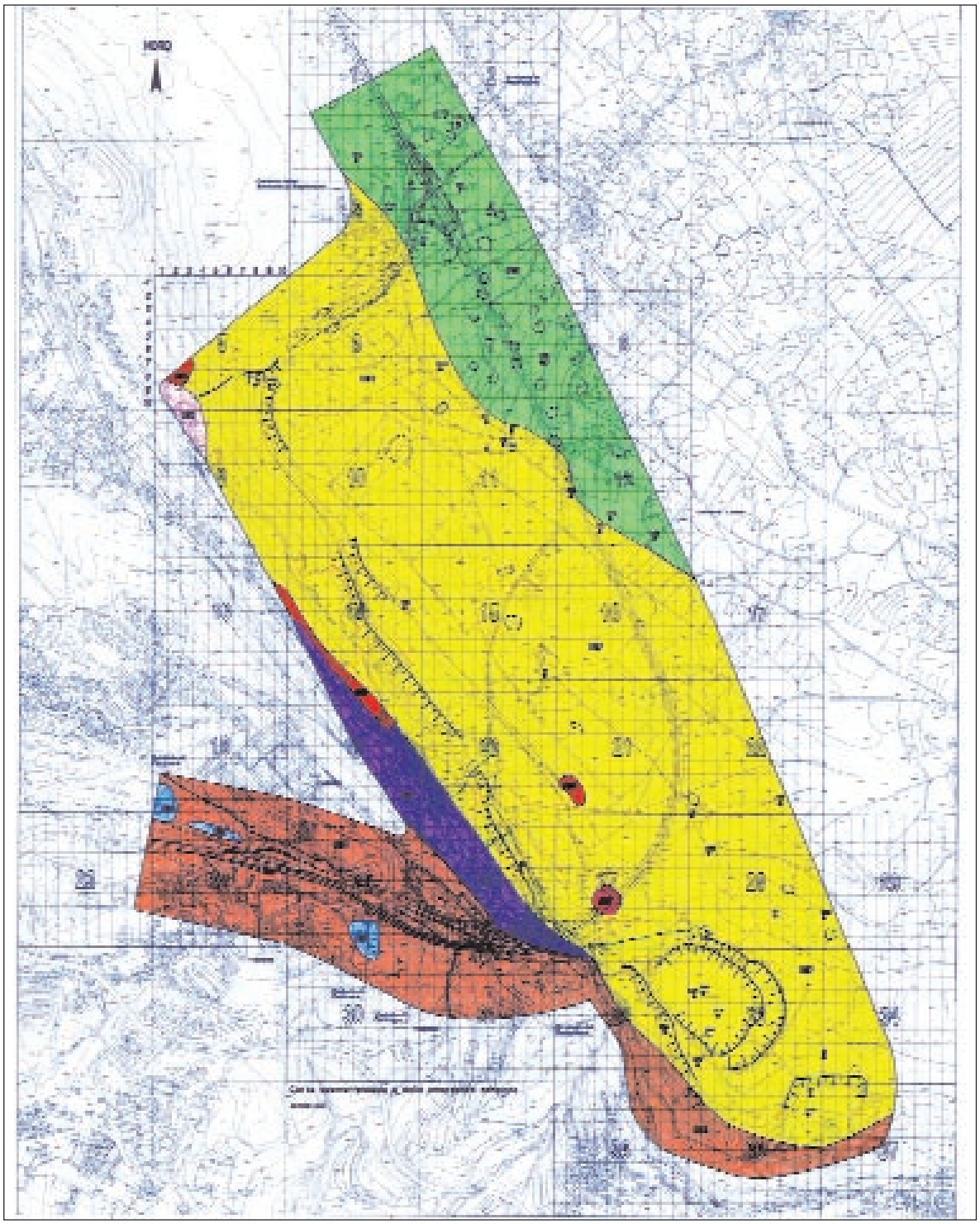


TAVOLA 8.2

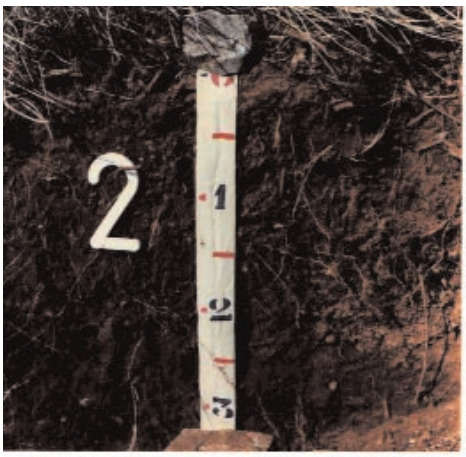
LEGENDA CARTA GEOMORFOLOGICA E DELLE EMERGENZE CARSICHE

Estratto da: PROGETTO DEFINITIVO
GRANDE VIABILITA' DI TRIESTE
II STRALCIO DEL III LOTTO (TRATTO CATTINARA - PADRICIANO)

TAVOLA 9

PROFILO E SCHEDA PEDOLOGICA

Estratto da: PROGETTO DEFINITIVO
GRANDE VIABILITA' DI TRIESTE
II STRALCIO DEL III LOTTO (TRATTO CATTINARA - PADRICIANO)



RHODIC ORTHENT, franco argilloso con pendenza tra il 15 e il 30% (USDA 1983)

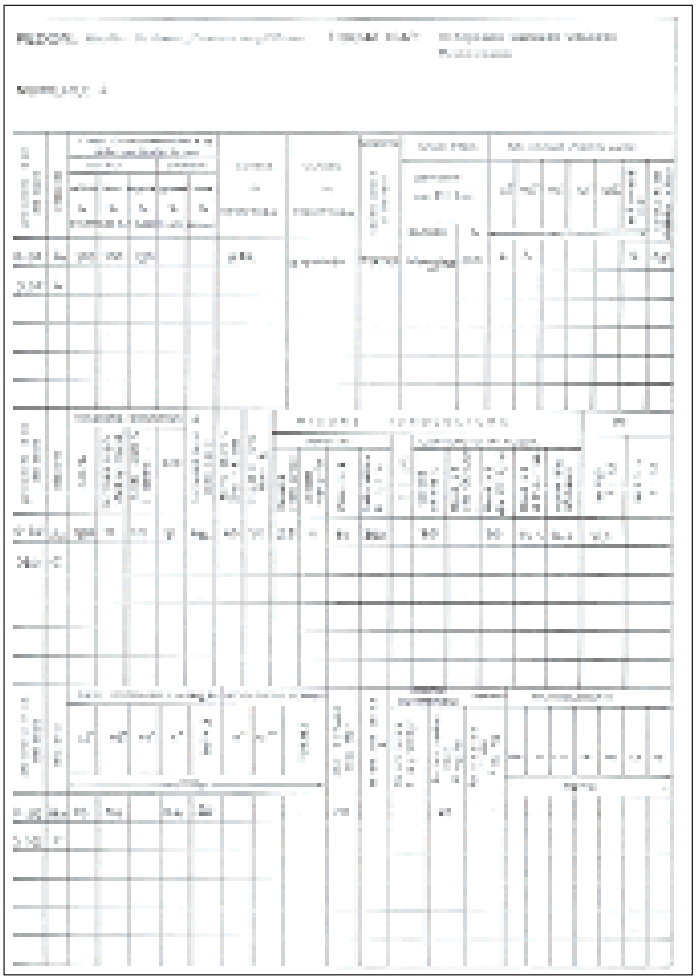
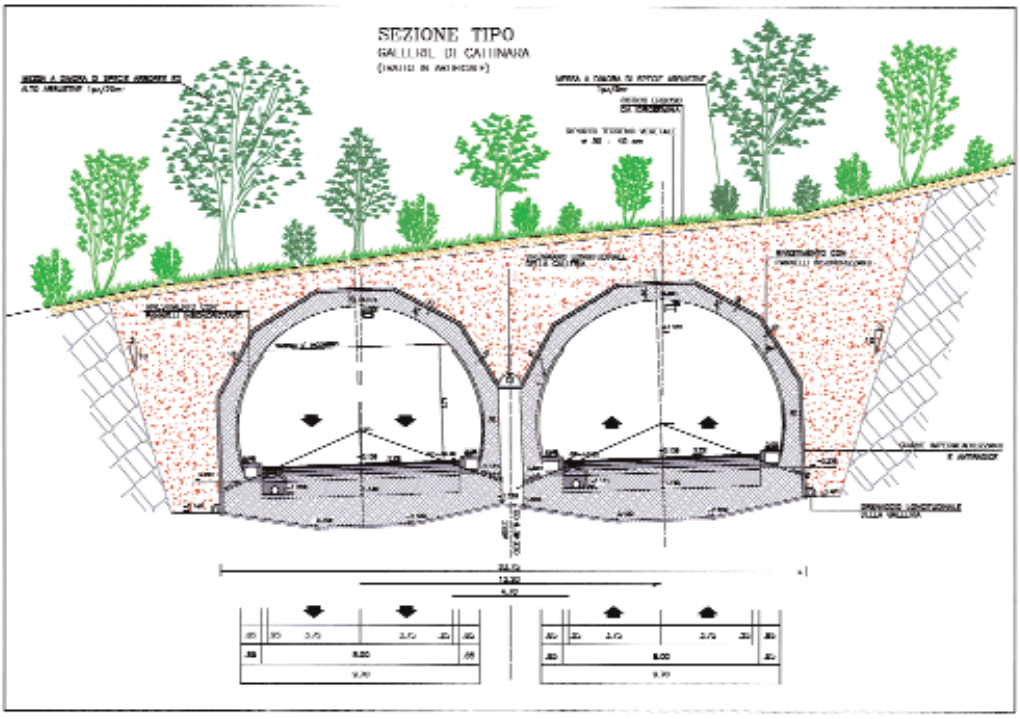


TAVOLA 10

SEZIONI TIPO E DETTAGLI ESECUTIVI

Estratto da: PROGETTO DEFINITIVO
GRANDE VIABILITA' DI TRIESTE
II STRALCIO DEL III LOTTO (TRATTO CATTINARA - PADRICIANO)



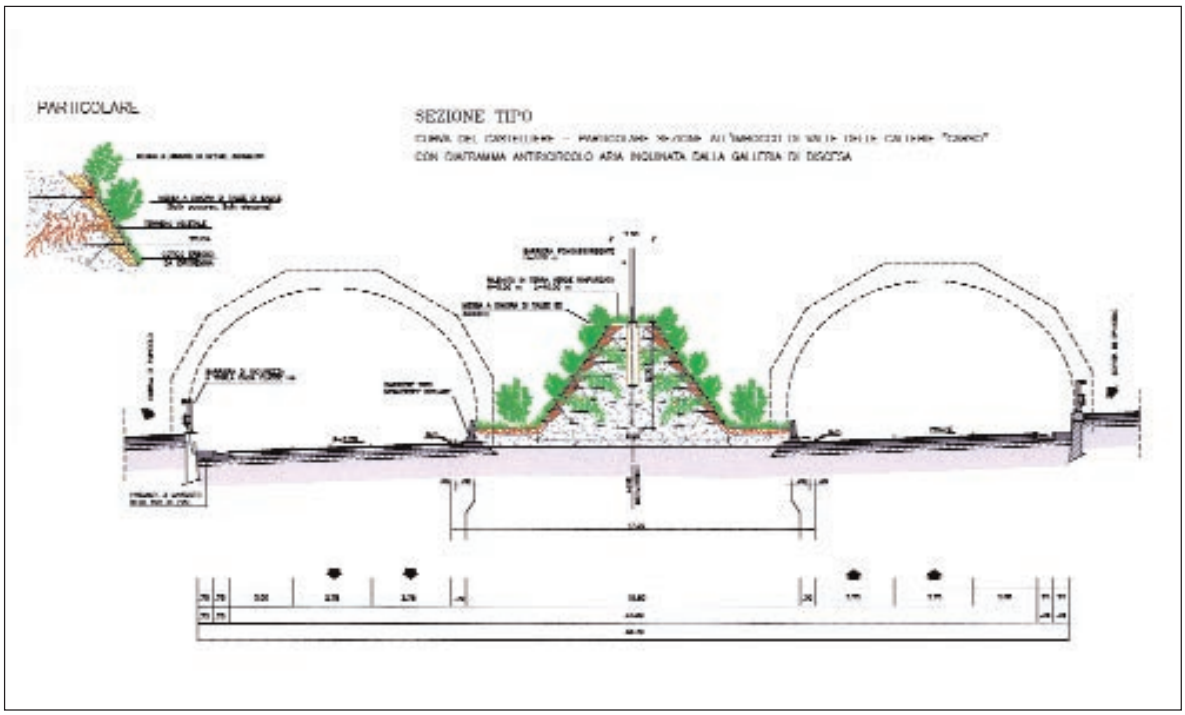


TAVOLA 11

CARTA DELLE FISIONOMIE VEGETAZIONALI

Estratto da: PROGETTO PRELIMINARE
SISTEMAZIONE DELLE AREE DI FRANA E RIPRISTINO DELLA SEDE DELLA STRADA COMUNALE IN LOCALITA' COLLE MELFA - COMUNE DI ATINA (FR)

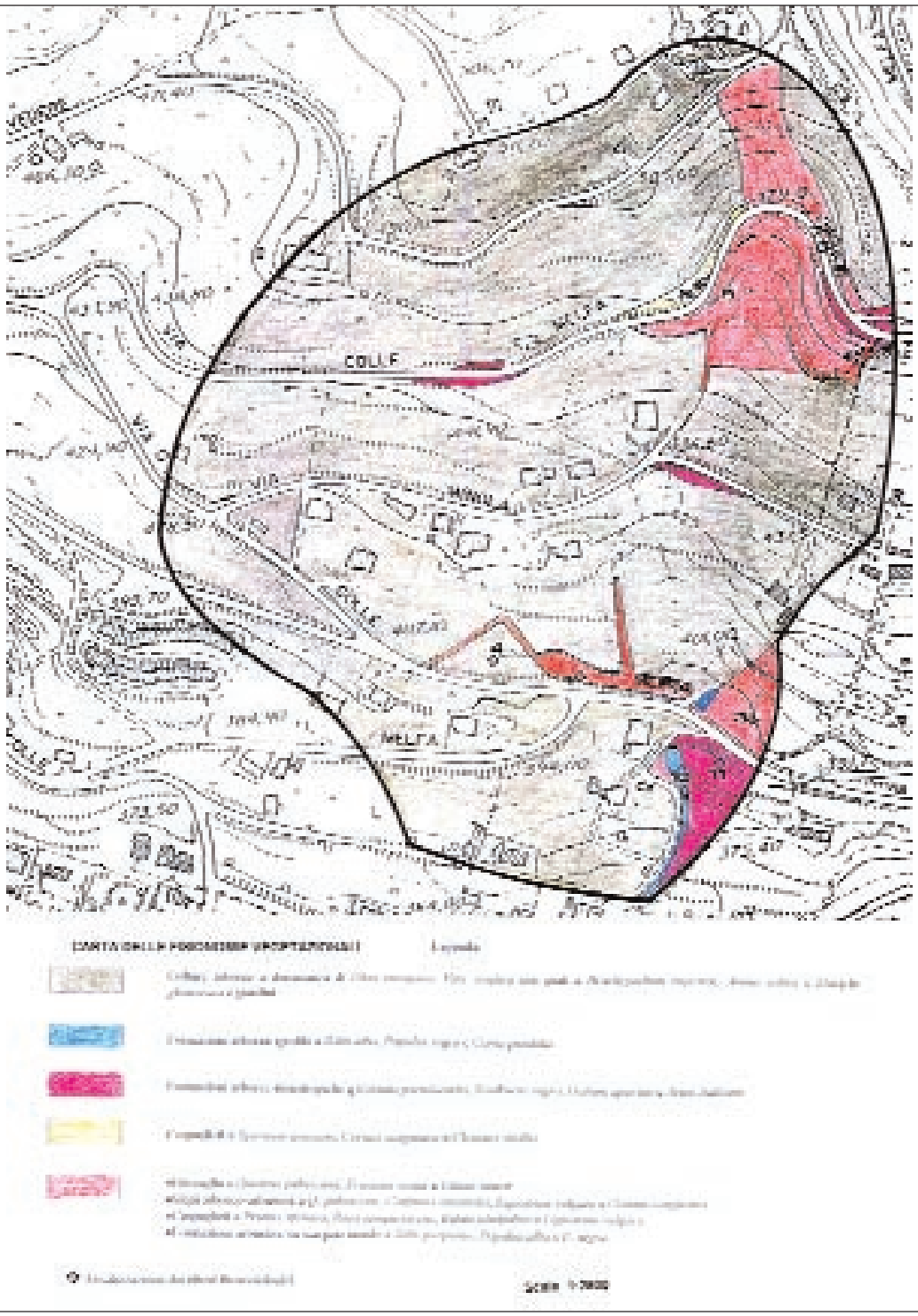


TAVOLA 12

DIAGRAMMA CLIMATICO

Estratto da: PROGETTO PRELIMINARE
SISTEMAZIONE DELLE AREE DI FRANA E RIPRISTINO DELLA SEDE DELLA STRADA COMUNALE IN LOCALITA' COLLE MELFA - COMUNE DI ATINA (FR)

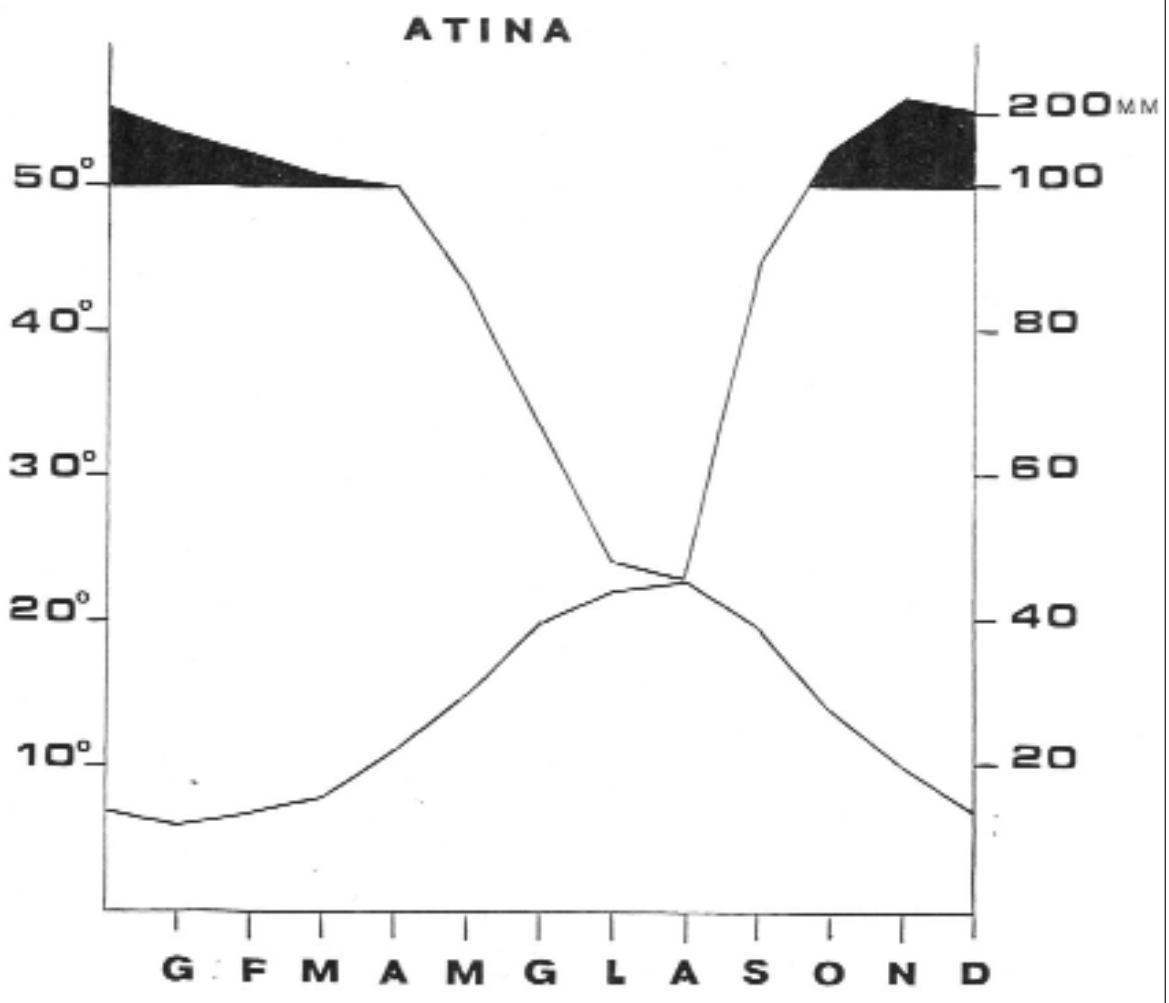


TAVOLA 13

PLANIMETRIA INTERVENTI DI INGEGNERIA NATURALISTICA

Estratto da: PROGETTO ESECUTIVO
SISTEMAZIONE DELLE AREE DI FRANA E RIPRISTINO DELLA SEDE DELLA STRADA COMUNALE IN LOCALITA' COLLE MELFA - COMUNE DI ATINA (FR)

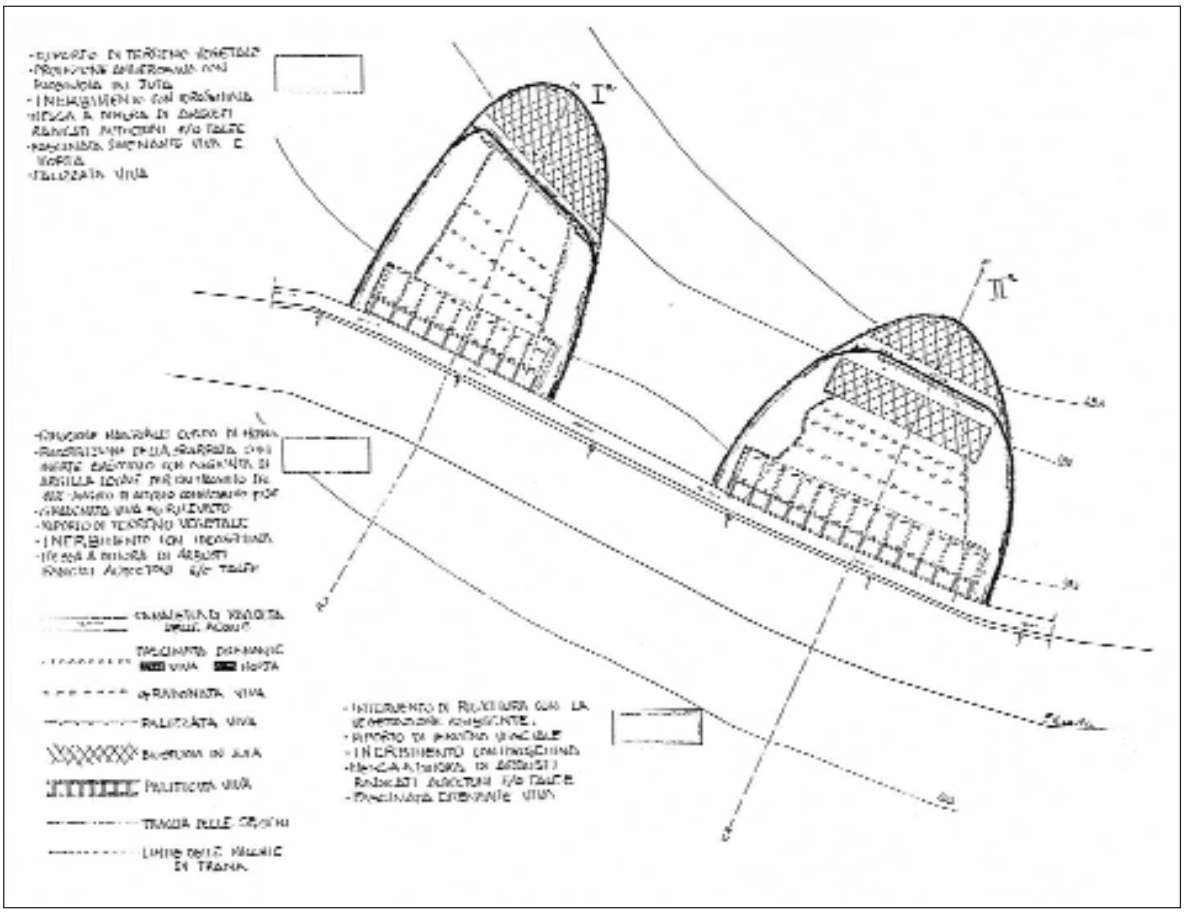


TAVOLA 14

SEZIONE TIPO SU SCARPATA IN SCAVO

Estratto da: PROGETTO ESECUTIVO
SISTEMAZIONE DELLE AREE DI FRANA E RIPRISTINO DELLA SEDE DELLA STRADA COMUNALE IN LOCALITA' COLLE MELFA - COMUNE DI ATINA (FR)

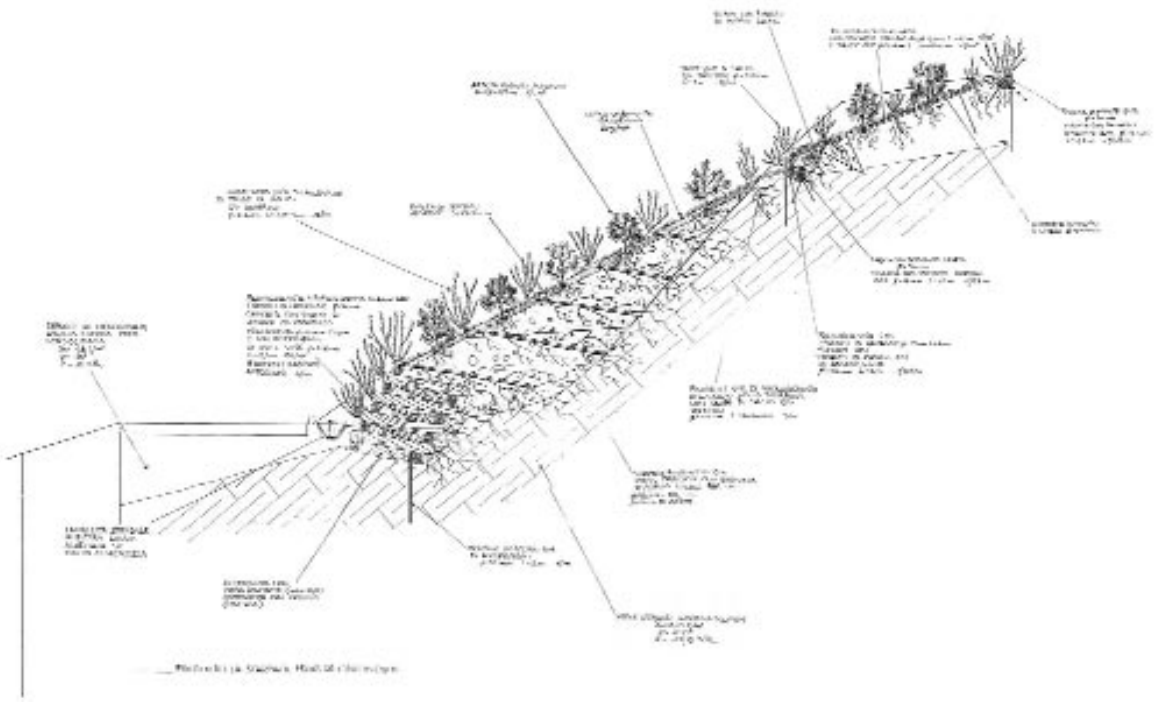


TAVOLA 15

SEZIONE TIPO TERRA RINFORZATA RINVERDITA - SCARPATA IN RRILEVATO

Estratto da: PROGETTO ESECUTIVO
SISTEMAZIONE DELLE AREE DI FRANA E RIPRISTINO DELLA SEDE DELLA STRADA COMUNALE IN LOCALITA' COLLE MELFA - COMUNE DI ATINA (FR)

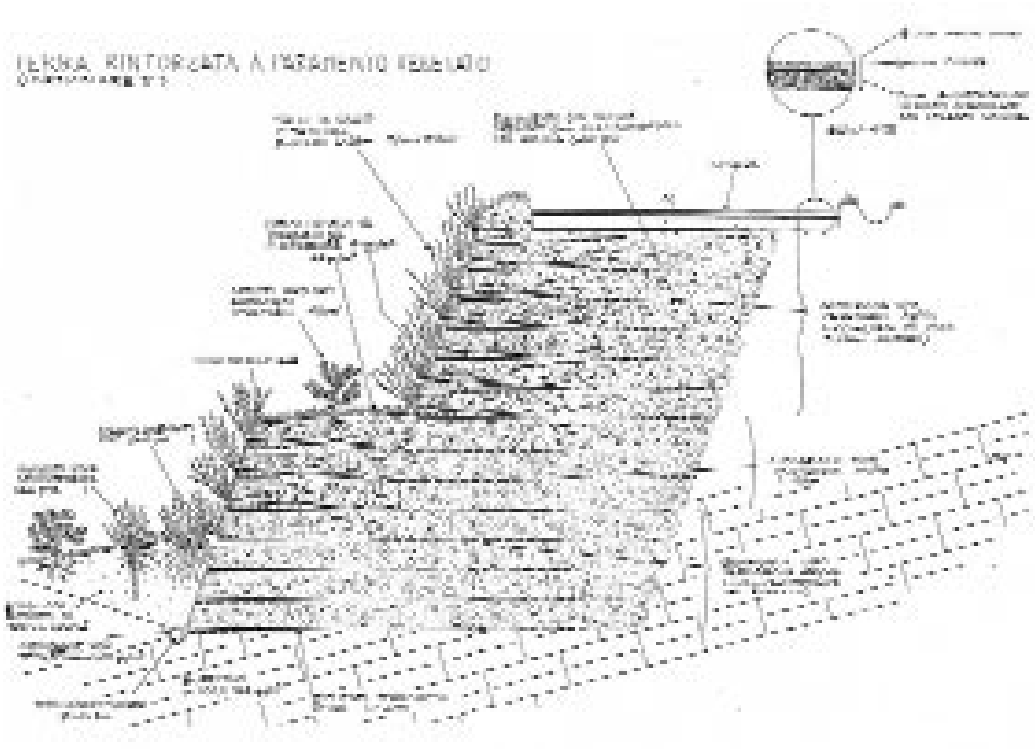


TAVOLA 16

CARTA DEI VALORI SU BASE PEDOLOGICA

Estratto da: PROGETTO ESECUTIVO
PER L'APERTURA DI UNA CAVA DI INERTI IN LOCALITA' POVOLEDO
COMUNE DI CODENONS (PN)

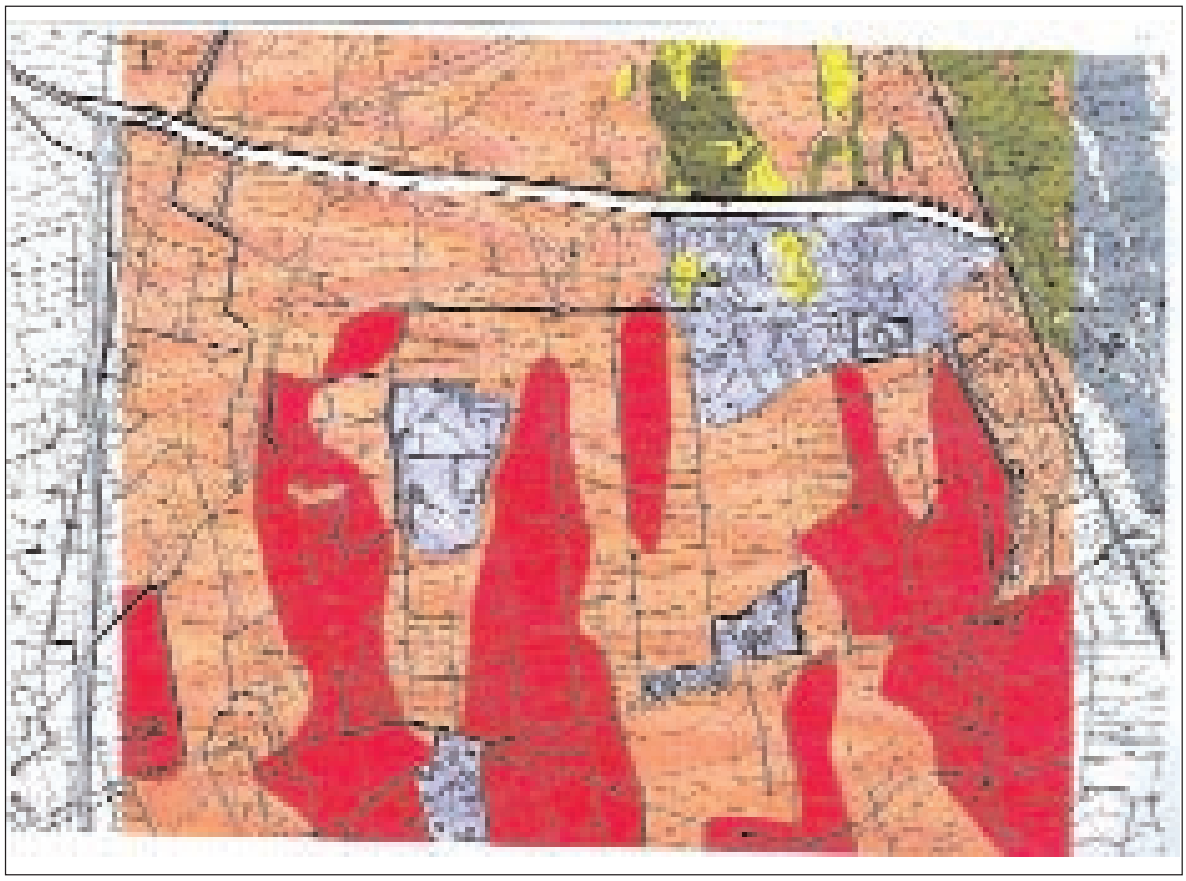
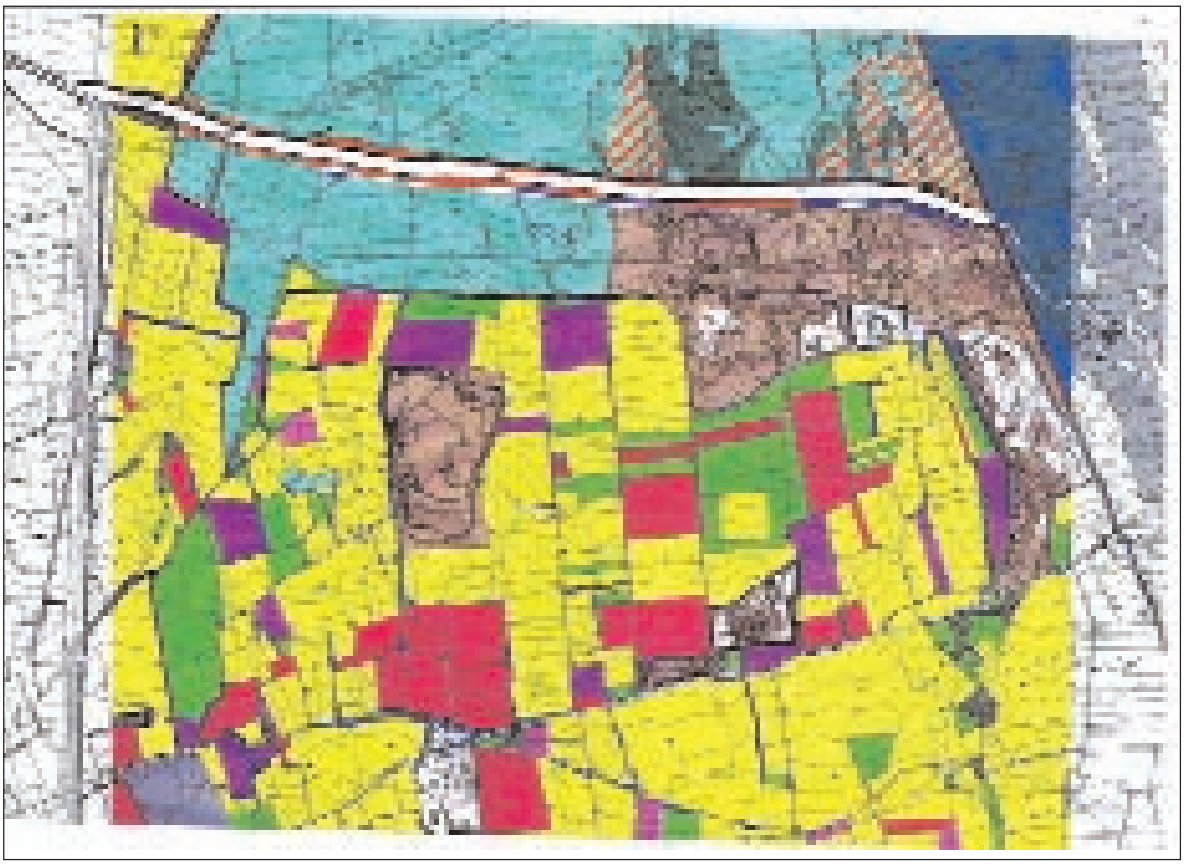


TAVOLA 17

CARTA DELLA VEGETAZIONE

Estratto da: PROGETTO ESECUTIVO
PER L'APERTURA DI UNA CAVA DI INERTI IN LOCALITA' POVOLEDO
COMUNE DI CODENONS (PN)



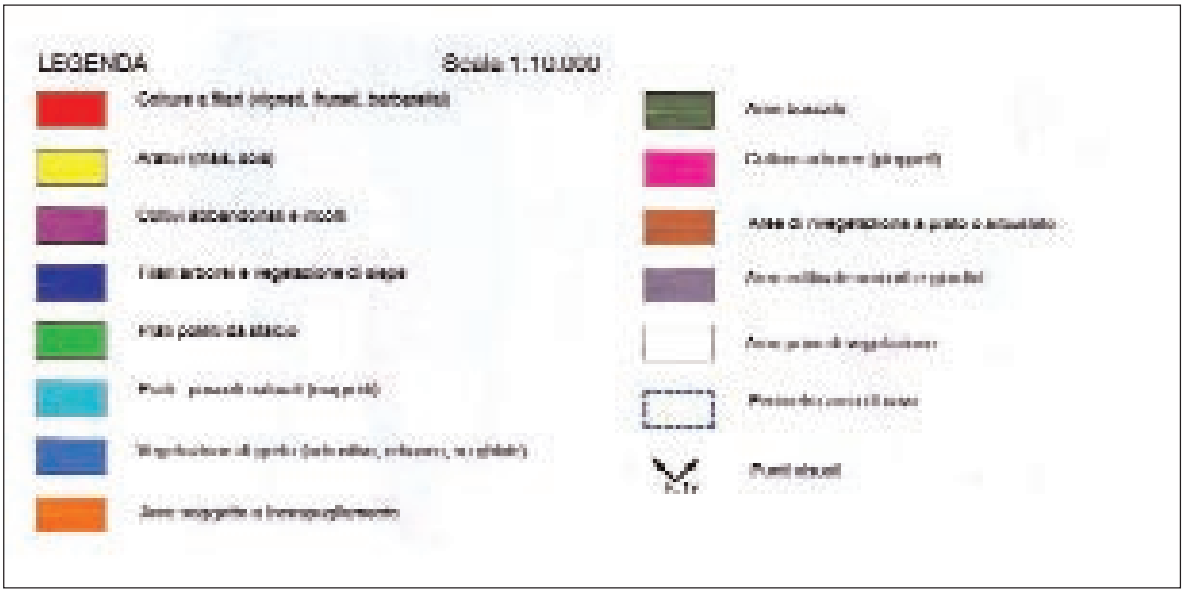


TAVOLA 18

FASI DI COLTIVAZIONE E RIPRISTINO AMBIENTALE - PRIMI 6 ANNI

Estratto da: PROGETTO ESECUTIVO
PER L'APERTURA DI UNA CAVA DI INERTI IN LOCALITA' POVOLEDO
COMUNE DI CODENONS (PN)

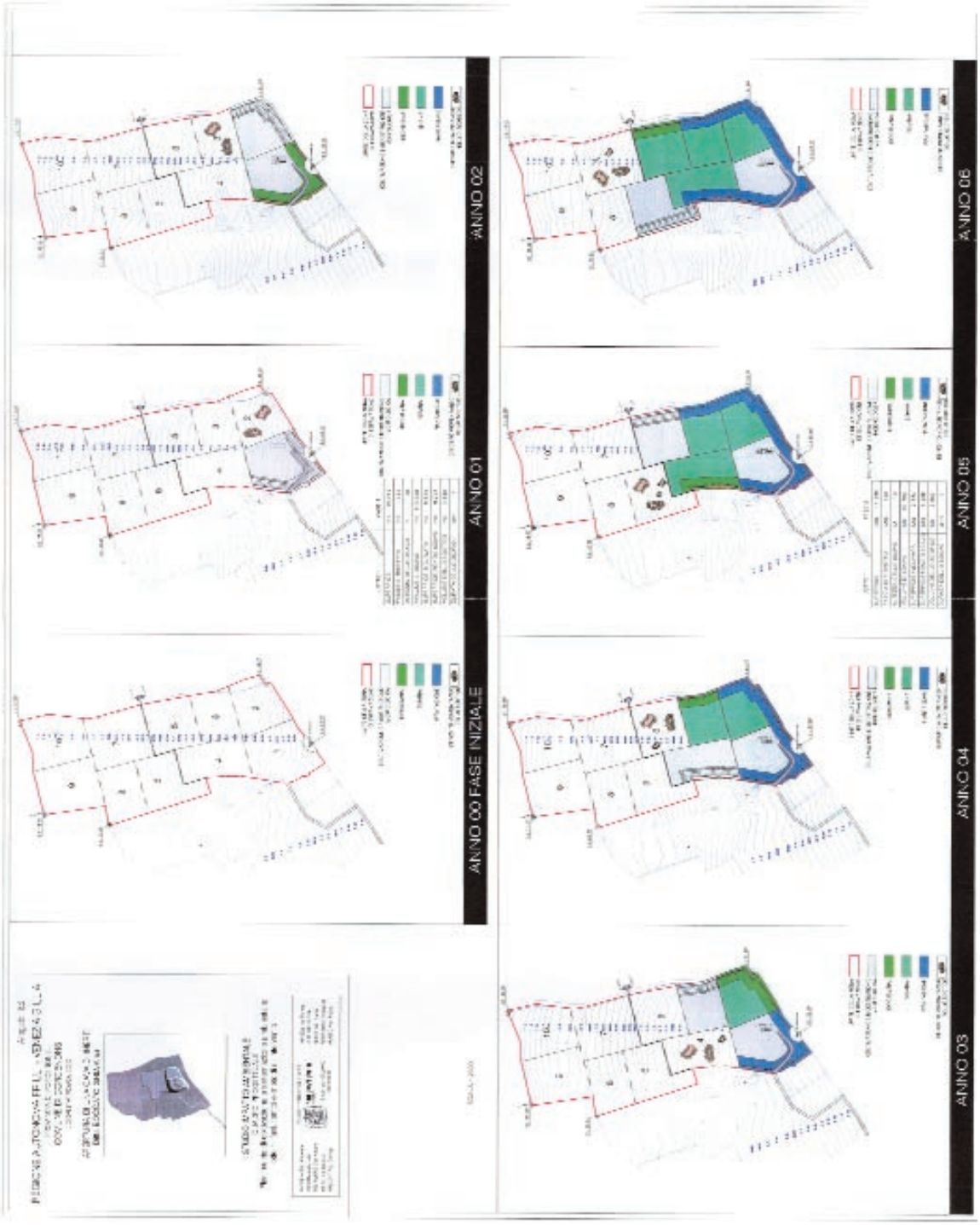


TAVOLA 19

FASI DI COLTIVAZIONE E RIPRISTINO AMBIENTALE - SUCCESSIVI 6 ANNI

Estratto da: PROGETTO ESECUTIVO
PER L'APERTURA DI UNA CAVA DI INERTI IN LOCALITA' POVOLEDO
COMUNE DI CODENONS (PN)

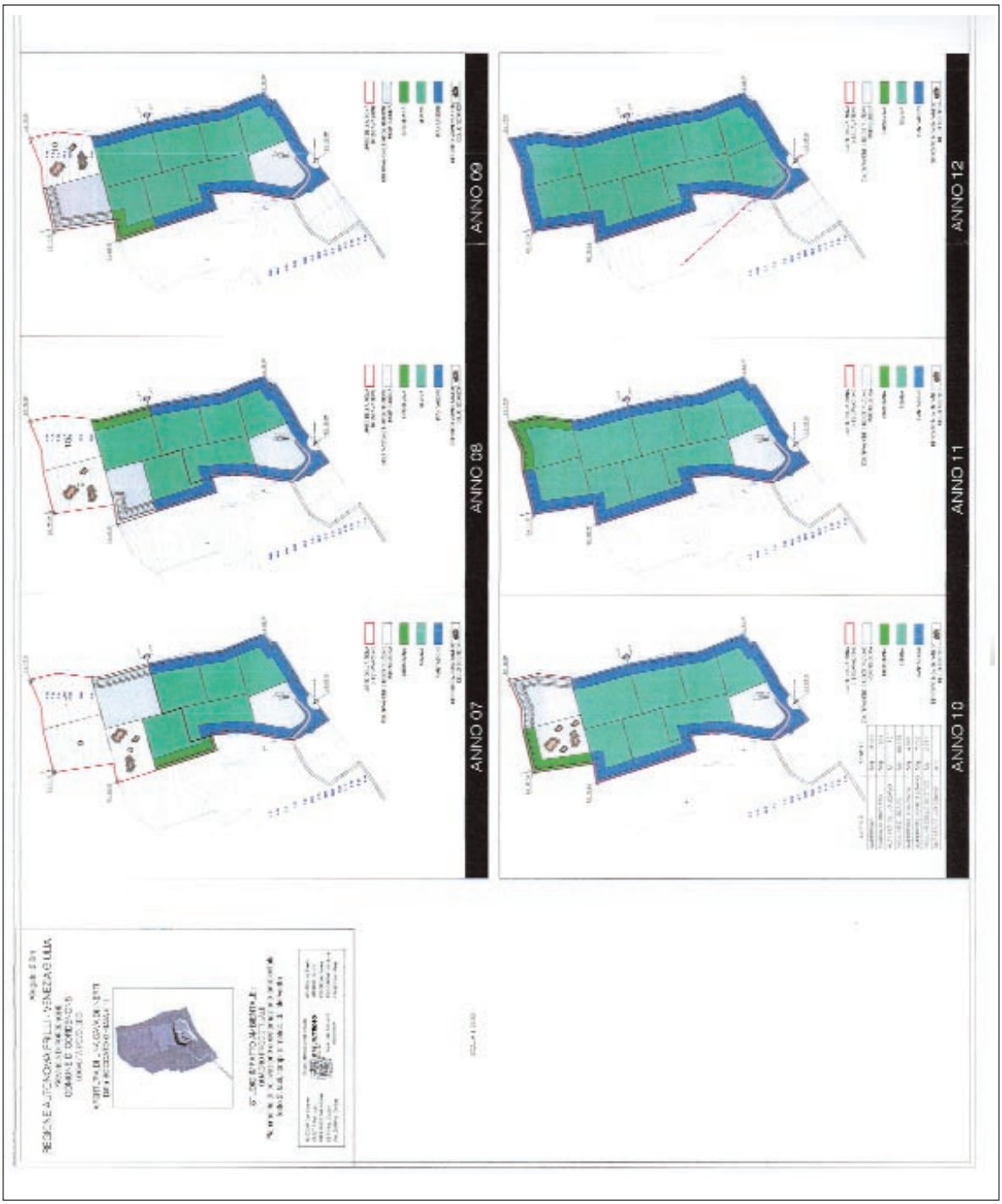


TAVOLA 20

PLANIMETRIA FASE FINALE DI RIPRISTINO

Estratto da: PROGETTO ESECUTIVO
PER L'APERTURA DI UNA CAVA DI INERTI IN LOCALITA' POVOLEDO
COMUNE DI CODENONS (PN)

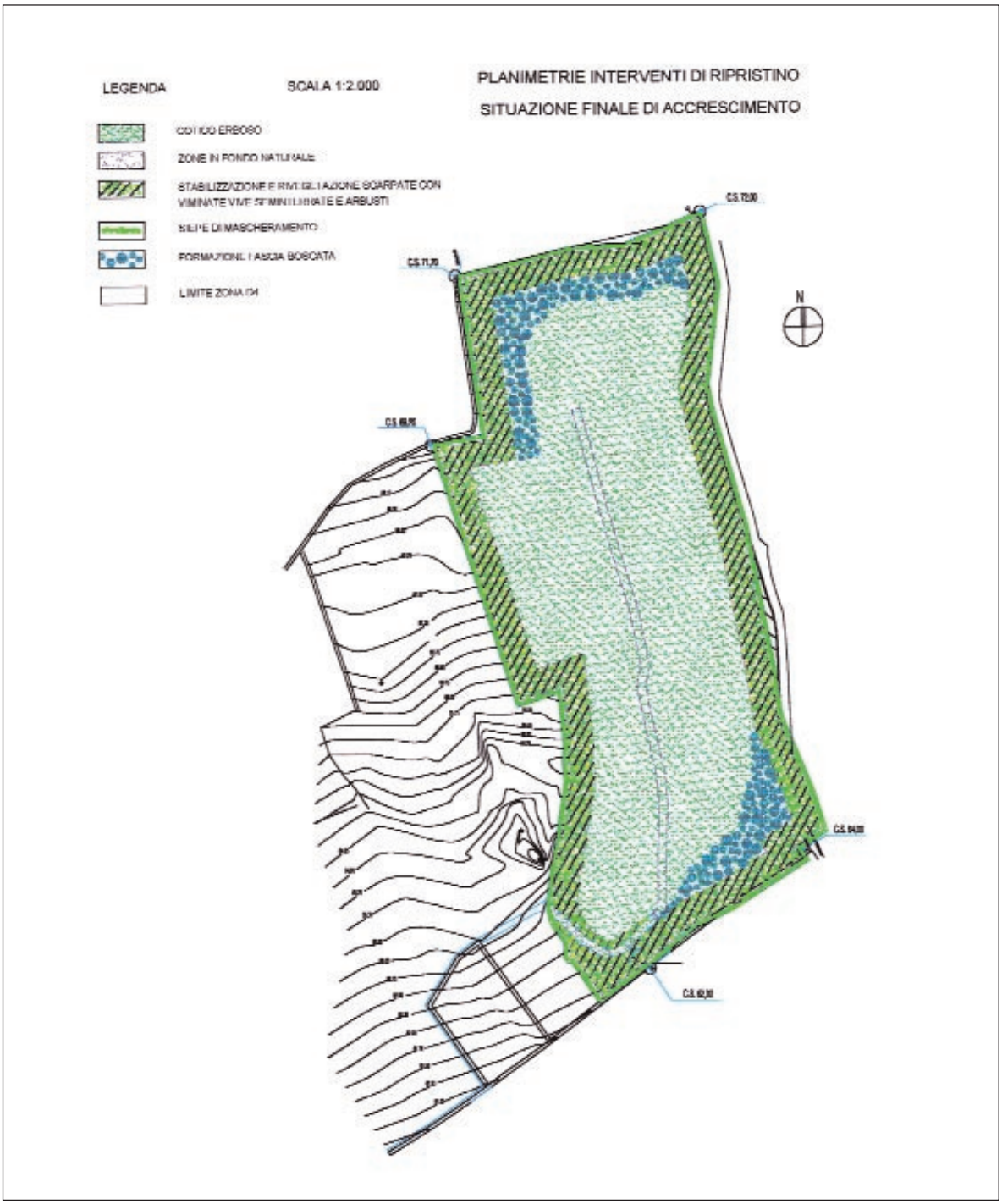
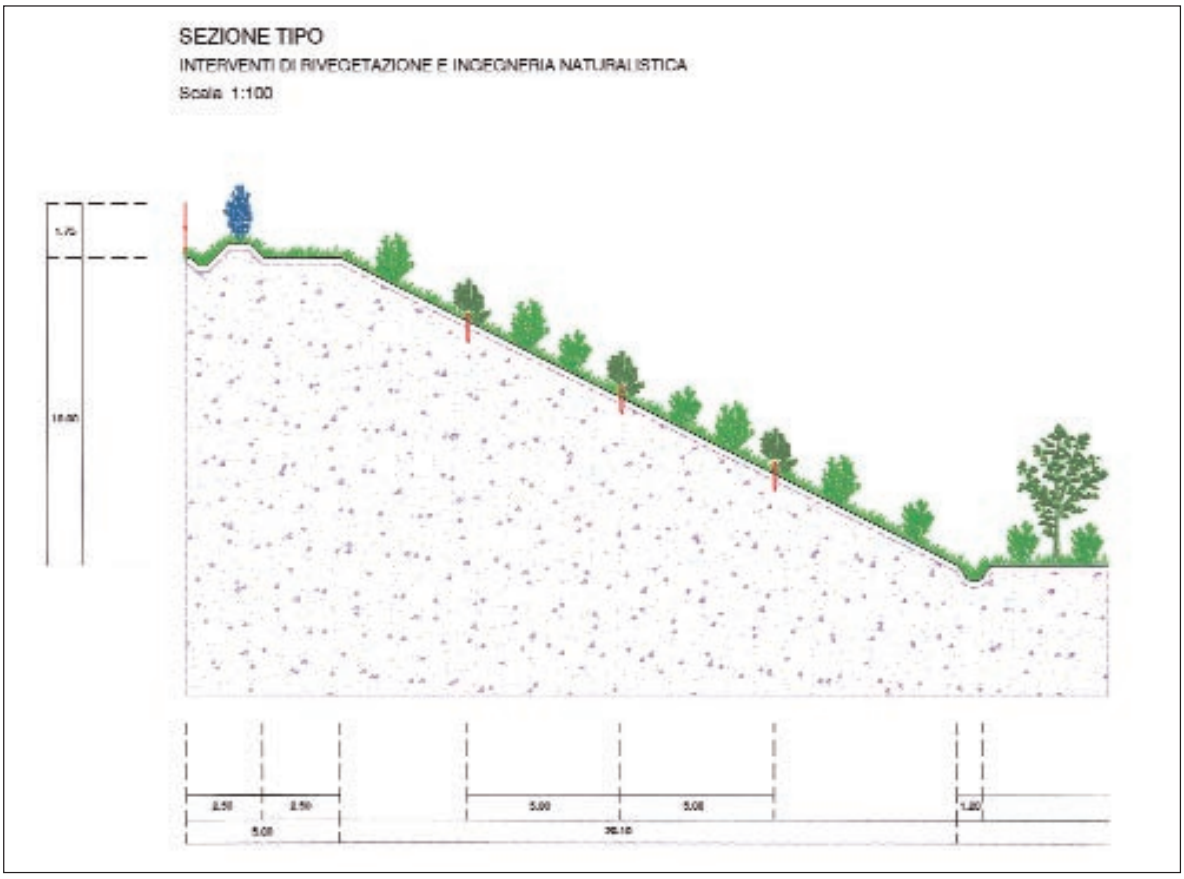


TAVOLA 21

SEZIONE TIPO INTERVENTI DI RIPRISTINO - ELENCO SPECIEI

Estratto da: PROGETTO ESECUTIVO
PER L'APERTURA DI UNA CAVA DI INERTI IN LOCALITA' POVOLEDO
COMUNE DI CODENONS (PN)



TAB 1 - ELENCO SPECIE ARBOREE DI POSSIBILE IMPIEGO

1. *Salix alba*
2. *Ulmus minor*
3. *Acer campestre*
4. *Fraxinus ornus*
5. *Ostrya carpinifolia*
6. *Populus nigra*
7. *Quercus pubescens*
8. *Morus nigra*
9. *Laburnum anagyroides*
10. *Carpinus betulus*

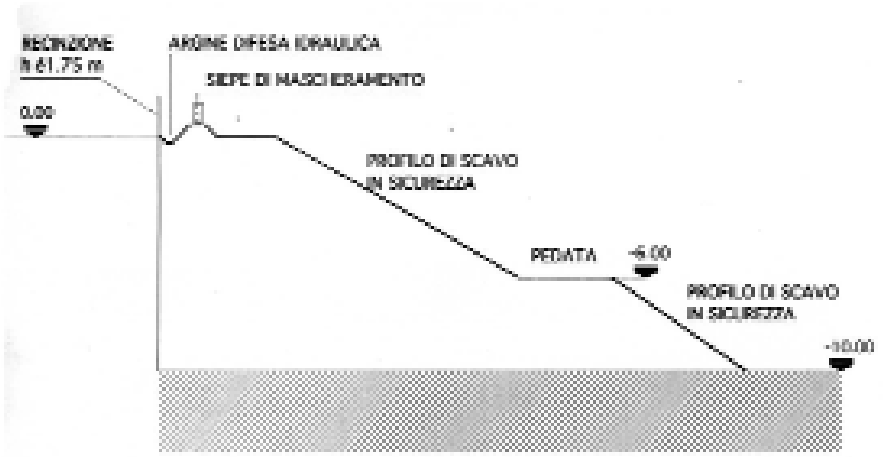
TAB 2 - ELENCO SPECIE ARBUSTIVE DI POSSIBILE IMPIEGO

a) *Cornus mas*
b) *Cornus sanguinea*
c) *Corylus avellana*
d) *Crataegus monogyna*
e) *Euonymus europaeus*
f) *Juniperus communis*
g) *Ligustrum vulgare*
h) *Lonicera xylosteum*
i) *Prunus spinosa*
j) *Salix eleagnos*
k) *Salix purpurea*
l) *Viburnum opulus*

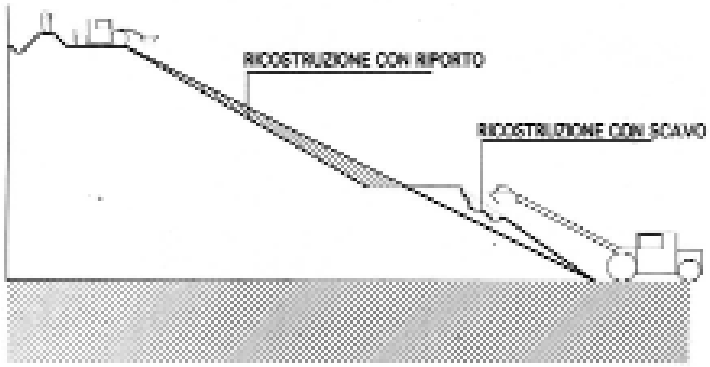
TAVOLA 22

SEZIONE TIPO MODALITA' DI COLTIVAZIONE E RIPRISTINO MORFOLOGICO

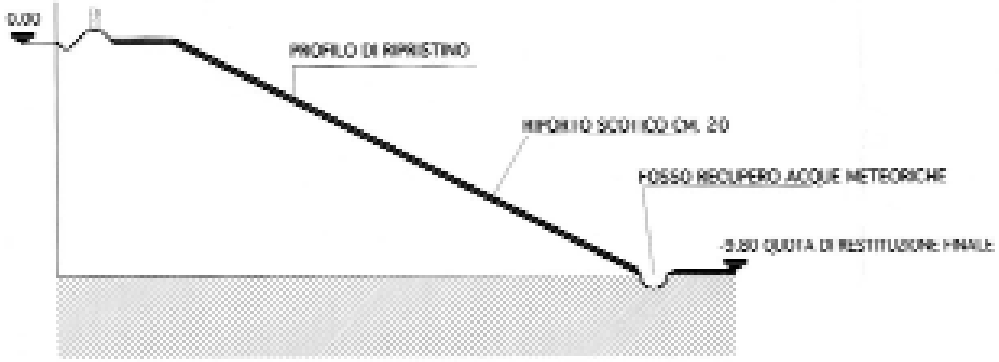
Estratto da: PROGETTO ESECUTIVO
PER L'APERTURA DI UNA CAVA DI INERTI IN LOCALITA' POVOLEDO
COMUNE DI CODENONS (PN)



MODALITA' DI COLTIVAZIONE



MODALITA' DI RIPRISTINO MORFOLOGICO

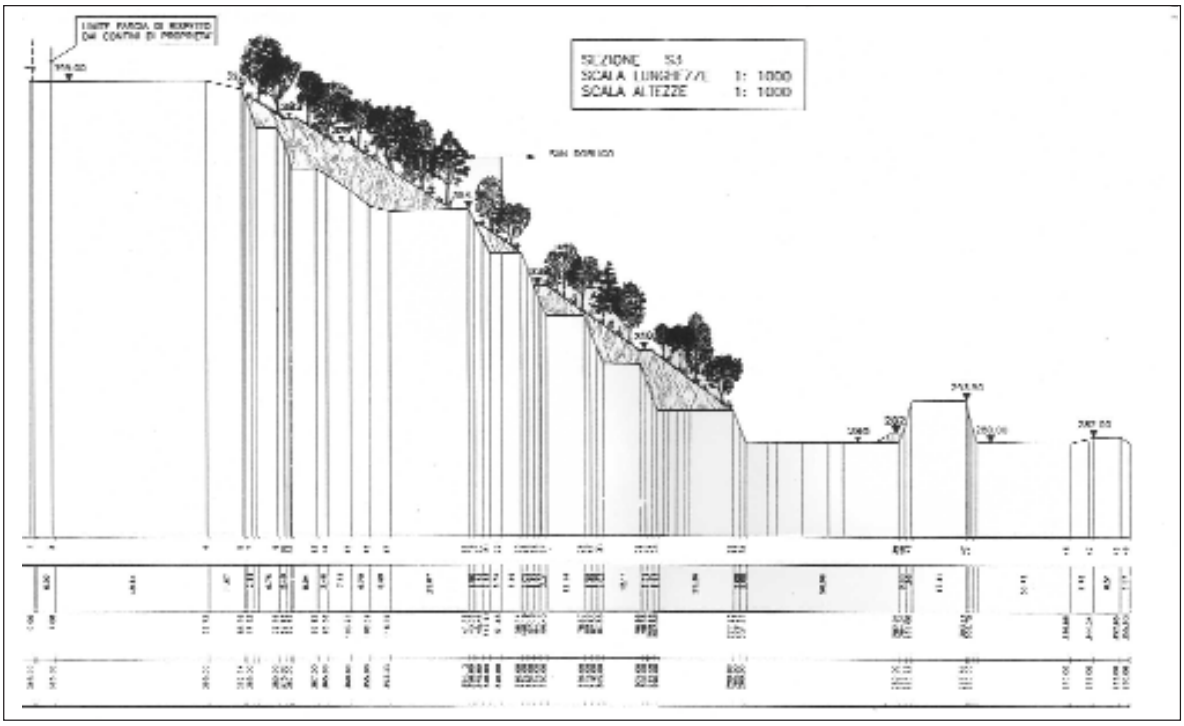


MODALITA' DI RIPRISTINO AMBIENTALE

TAVOLA 23

SEZIONE STATO FINALE DI RIPRISTINO

Estratto da: APPROFONDIMENTI PROGETTUALI ESECUTIVI RELATIVI ALLE OPERAZIONI DI RIPRISTINO DELLA
CAVA DI PIETRISCO CALCAREO DENOMINATA CAVA SCORIA
LOC. S.ANTONIO IN BOSCO (TS)



ELENCO SPECIE ARBOREE ED ARBUSTIVE IMPIEGATE

Quercus pubescens	Corylus avellana
Quercus petraea	Prunus spinosa
Ostrya carpinifolia	Rhamnus saxatilis
Carpinus betulus	Ligustrum vulgare
Fraxinus ornus	Juniperus communis
Sorbus aria	Acer monspessulanum
Sorbus torminalis	Euonymus europaeus
Pinus nigra var. austriaca	Viburnum lantana
Populus nigra	Coronilla emeroides
Ulmus minor	Rosa canina
Prunus mahaleb	Salix eleagnos
Amelanchier ovalis	Salix purpurea
Crataegus monogyna	Spartium junceum
Cotinus coggygria	Lonicera etrusca
Cornus mas	Hedera helix
Cornus sanguinea	Satureja montana

TAVOLA 24

CARTA DELL'AVIFAUNA

Estratto da: PROGETTO ESECUTIVO
GRANDE VIABILITA' DI TRIESTE
PIANO DI RIPRISTINO E RINATURALIZZAZIONE DELL'AREA DELLA EX CAVA FACCANONI (TS)

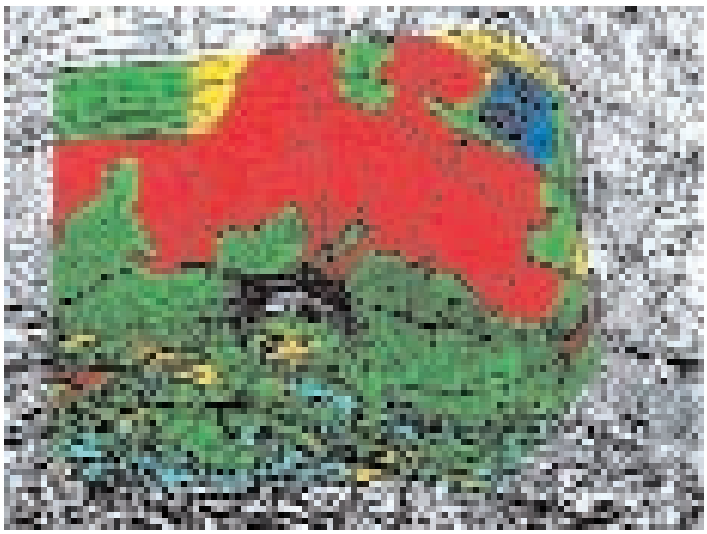


TAVOLA 25

PLANIMETRIA CONFIGURAZIONE FINALE INTERVENTI RINATURALIZZAZIONE

Estratto da: PROGETTO ESECUTIVO
GRANDE VIABILITA' DI TRIESTE
PIANO DI RIPRISTINO E RINATURALIZZAZIONE DELL'AREA DELLA EX CAVA FACCANONI (TS)

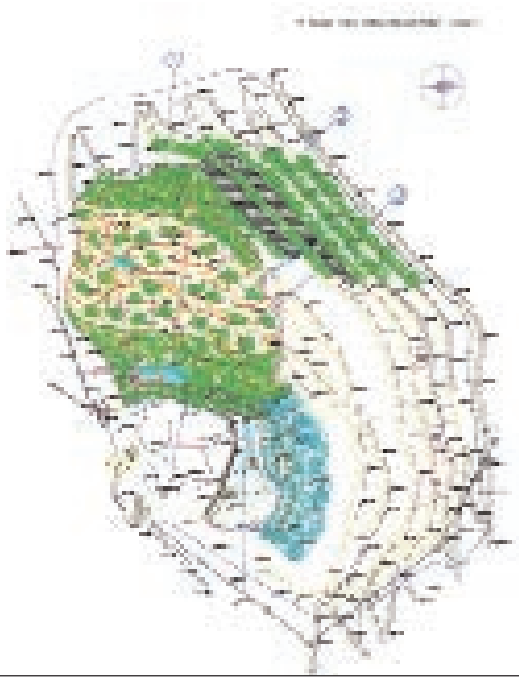
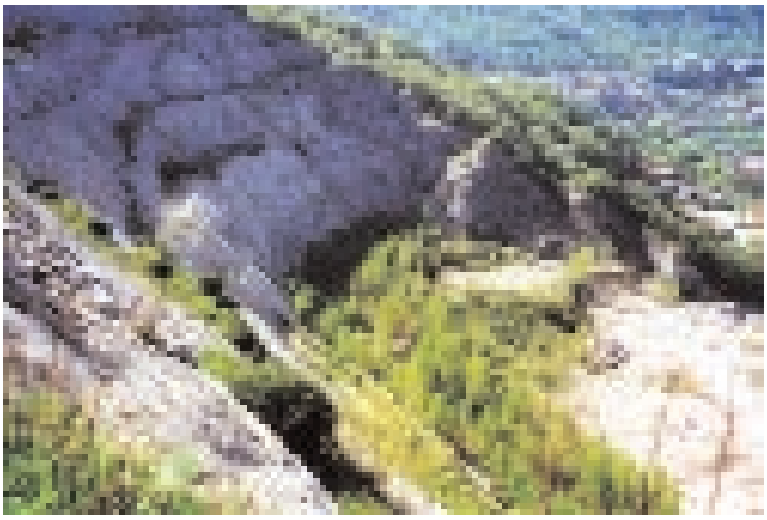


TAVOLA 26

SITUAZIONE ANTE OPERAM E SEZIONE TIPO INTERVENTI

Estratto da: PROGETTO ESECUTIVO
GRANDE VIABILITA' DI TRIESTE
PIANO DI RIPRISTINO E RINATURALIZZAZIONE DELL'AREA DELLA EX CAVA FACCANONI (TS)



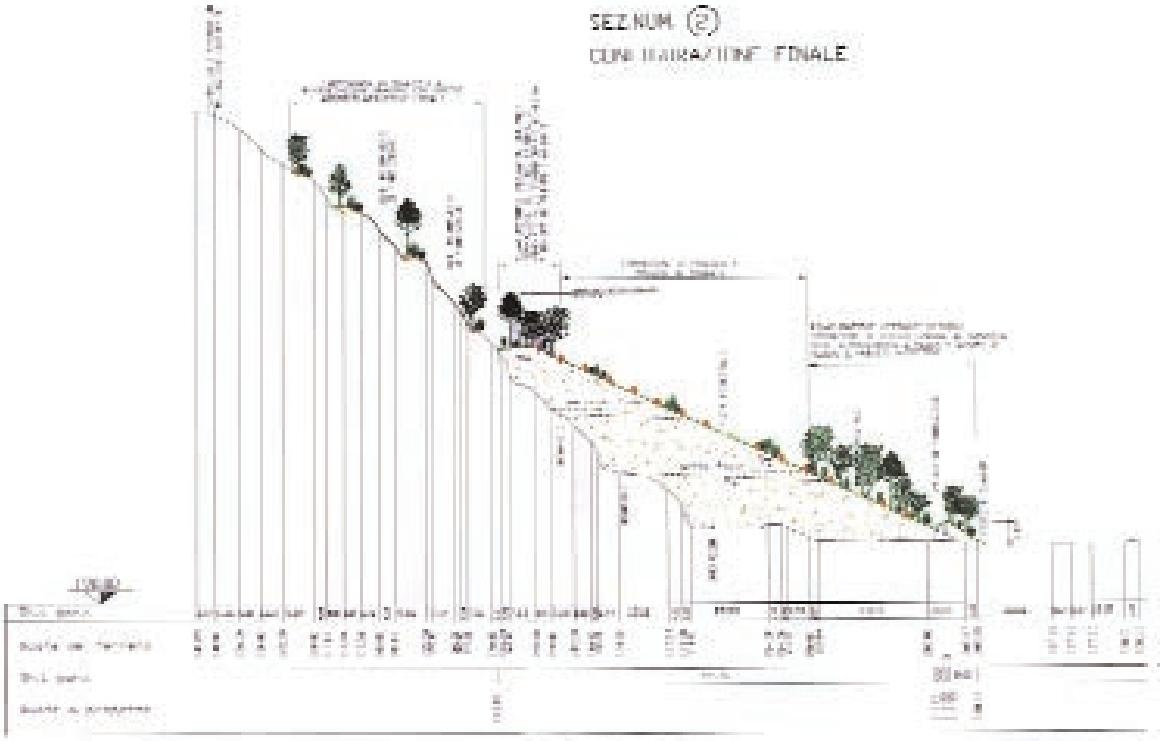


TAVOLA 27

SEZIONE TIPO INTERVENTI INGEGNERIA NATURALISTICA

Estratto da: PROGETTO ESECUTIVO
CONSOLIDAMENTI SPONDALI CON TECNICHE DI INGEGNERIA NATURALISTICA DEL F. NATISSA - AQUILEIA (UD)

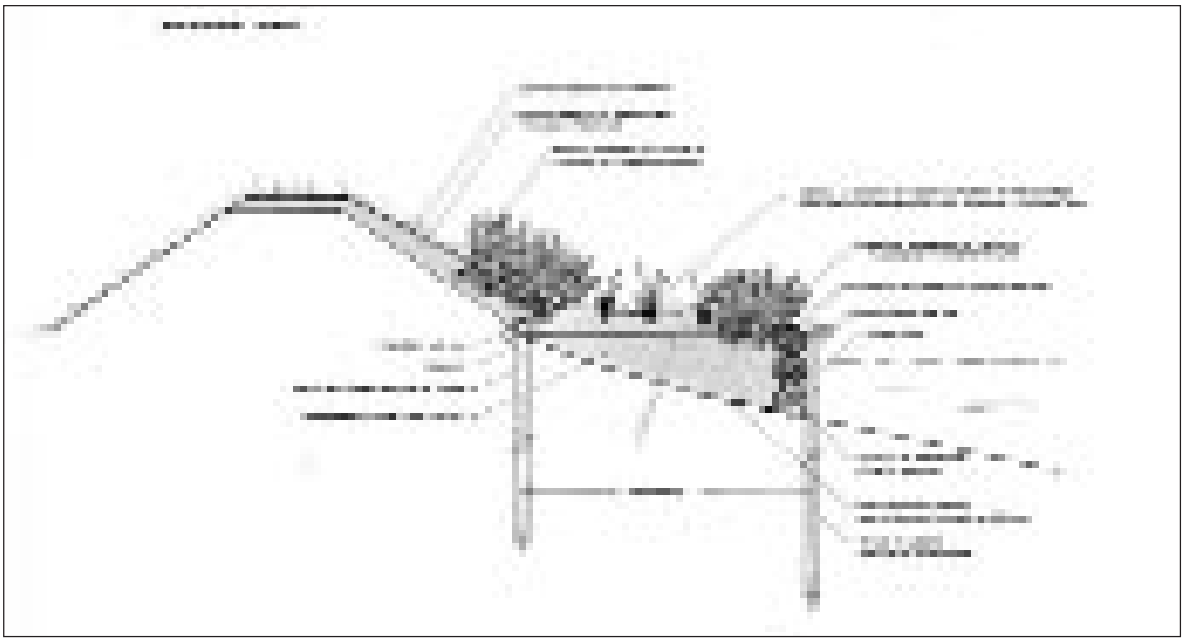
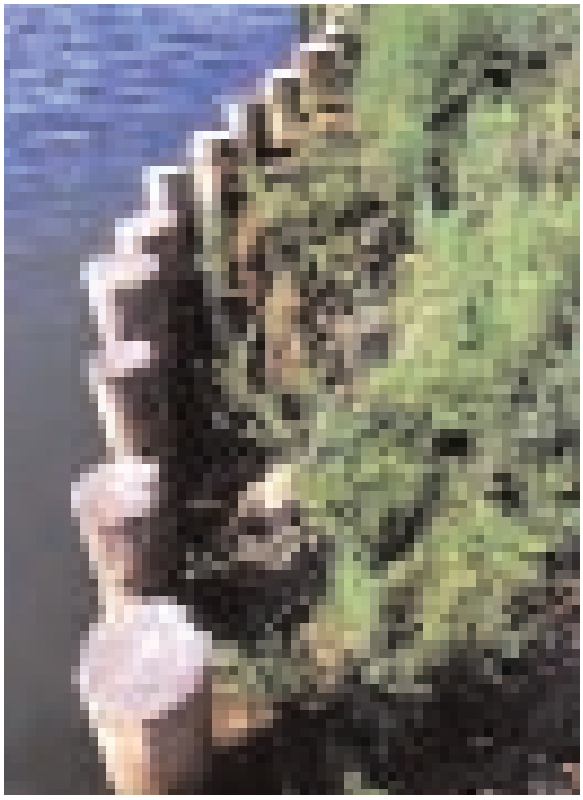


TAVOLA 28

DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA

Estratto da: PROGETTO ESECUTIVO
CONSOLIDAMENTI SPONDALI CON TECNICHE DI INGEGNERIA NATURALISTICA DEL F. NATISSA - AQUILEIA (UD)

DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA POST OPERAM



PARTE IV - MONITORAGGI

Capitolo 21

Monitoraggi floristici e vegetazionali sulle scarpate delle infrastrutture lineari

P. Cornelini

21.1 Introduzione

Gli interventi di rivegetazione e di ingegneria naturalistica nelle infrastrutture lineari rappresentano lo strumento per raggiungere gli obiettivi della rinaturalizzazione e della minimizzazione degli impatti e rappresentano l'ultima fase di un iter progettuale che, nella sua realizzazione ottimale, parte dallo studio per l'individuazione del tracciato a miglior compatibilità ambientale e giunge, tramite lo studio di impatto che valuta le interazioni opera-ambiente, alla scelta della tipologia delle opere (rilevato, trincea, viadotto, ponte, galleria) di minimo impatto ambientale.

La realizzazione di infrastrutture lineari è un'occasione, in un territorio altamente antropizzato come quello italiano, per la creazione di ambienti naturali di rifugio per la flora e la fauna autoctone che risultino corridoi ecologici di collegamento tra le aree naturali per l'aumento della biodiversità dei territori attraversati. Le aree verdi ai margini di strade e ferrovie (banchine, scarpate, rilevati, etc.) occupano infatti superfici tutt'altro che trascurabili, valutate intorno al 3% del territorio nazionale (Cornelini e Sauli, 1991).

Per una corretta impostazione del progetto delle infrastrutture e dei relativi interventi di mitigazione risultano fondamentali le informazioni provenienti dal monitoraggio ex post sugli interventi realizzati. La conoscenza della vegetazione presente sulle scarpate è infatti fondamentale per verificare l'esistenza di ambiti di valore naturalistico e per l'individuazione dei processi dinamico-evolutivi della vegetazione stessa, in funzione di una corretta progettazione degli interventi di mitigazione e per una manutenzione con criteri naturalistici

Vengono di seguito riportati i risultati di studi sulla vegetazione delle scarpate ferroviarie nonché delle aree ipostradali .

21.2 La sistemazione delle scarpate ferroviarie

Studi fitosociologici elaborati con i programmi statistici del package Wildi-Orloci sono stati effettuati nello scorso decennio sulla vegetazione erbacea, arbustiva e sui robinieti delle scarpate ferroviarie nel Lazio, Toscana, Emilia, Veneto e Trentino (Cornelini, 1992 e 1994).

In tabella 21.1 sono riportate le linee ferroviarie studiate e le località dei rilievi fitosociologici.

Tab. 21.1 Tratte ferroviarie dei rilievi fitosociologici differenziati per ambiti

	Ambito urbano	Ambito agricolo	Ambito naturale
Vegetazione erbacea	Roma Casilina-Roma Trastevere 6 rilievi	Trento-Mestre presso Borgo Valsugana (TN) 4 rilievi DD Roma-Firenze presso Roma Settebagni 8 rilievi DD Roma-Firenze presso Rigutino (AR) 12 rilievi	
Cespuglieti (tab. 2)		Bologna-Padova presso Occhiobello (RO) 4 rilievi DD Roma-Firenze presso Rigutino (AR) 2 rilievi Empoli-Siena-Grosseto presso Monteriggioni, S.Giovanni d'Asso, La Befa e Ponte d'Arbia 7 rilievi	Roma-Orte presso Poggiomirteto (RI) 2 rilievi Roma-Albano presso Castelgandolfo (RM) 2 rilievi
Robinieti	Roma Nomentana-RomaSmistamento 7 rilievi Siena 1 rilievo	Trento-Mestre presso Borgo Valsugana (TN) 4 rilievi Verona-Trento presso Verona 4 rilievi Bologna-Padova presso Pontelagoscuro (FE) 4 rilievi Siena-Grosseto presso La Befa, Buonconvento e Ponte d'Arbia 3 rilievi	

Tali studi hanno evidenziato:

- La presenza di un dinamismo evolutivo spontaneo da comunità erbacee iniziali caratterizzate da specie sinantropiche verso ambiti che si arricchiscono di specie dei prati naturali fino a ospitare formazioni arbustive del mantello dei querceti di caducifoglie. Viene quindi confermata la validità dei modelli di successioni vegetazionali da forme iniziali di specie a rapido sviluppo, durata breve della vita, alto ritmo di riproduzione, piccole dimensioni (selezione di tipo r) verso fasi ove dominano specie a più lento sviluppo, vita lunga, grandi dimensioni (selezione di tipo k)

Tab. 21.2 Rilievi dei cespuglieti ferroviari

CESPUGLIETI: TABELLA DI SINTESI DEI RILIEVI
(valori percentuali)

	RELEVE GROUP NO.	1	2	3
55	helleborus foetidus	20		
54	phragmites australis	20		
53	quercus ilex	20		
52	quercus cerris	20		
50	acer obtusatum	20		
10	hedera helix	20		11
51	fraxinus ornus	40		
49	ostrya carpinifolia	40		
48	coronilla emerus	40		
12	geranium robertianum	40		11
59	cercis siliquastrum	20		
44	tamus communis	20		
43	clematis flammula	20		
42	calamintha nepeta	20		
40	viburnum tinus	20		
34	quercus pubescens	40		22
32	rosa canina	20		44
41	rubia peregrina	60		
37	asparagus acutifolius	80		11
36	rhamnus alaternus	60		
35	spartium junceum	60		11
33	paliurus spina christi	20		22
11	clematis vitalba	20		44
64	dactylis glomerata	40		
6	parietaria officinalis	40		
19	ferula communis	40		
7	stellaria media	20		
73	prunus cerasifera		100	
9	bromus gussonei		100	11
28	sambucus nigra		75	
67	ulmus minor	60	100	11
31	acer campestre		100	44
74	aristolochia clematitis		50	
26	euonimus europaeus		50	22
4	galium aparine	40	50	44
61	brachypodium rupestre			11
60	poa pratensis			11
76	galium album		25	22
21	prunus spinosa			44
8	arum italicum	20		44
30	artemisia vulgaris			22
2	robinia pseudoacacia			44
24	cornus sanguinea	20	75	77
3	rubus ulmifolius	80	100	100
25	crataegus monogyna		50	88
22	ligustrum vulgare			44

Un'analisi strutturale di tipo non classico sui rilievi fitosociologici effettuati nel 1989 sulle scarpate ferroviarie del Lazio e della Toscana (Cornelini, 1994) ha mostrato chiaramente l'esistenza di tale processo evolutivo spontaneo legato alla "maturità" dei rilevati stessi (tab. 21.3) mediante il confronto del rapporto tra le coperture delle specie biennali (B) e perenni (P) e delle specie annuali (A)

Tab. 21.3 Rapporti di copertura sui rilievi del 1989

Rilevati	Arezzo linea lenta presso Rigutino	Roma Settebagni	Arezzo DD presso Rigutino
Anno di realizzazione della linea	1930 circa	1976	1983
B+P/ A (valori di copertura)	5,55	0,97	0,38

- La vegetazione delle scarpate non è azonale, ma dipende dal bacino biogeografico circostante che determina i tempi ed i modi dell'evoluzione con particolare riferimento al livello di antropizzazione del territorio limitrofo e la specificità dell'ambito urbano

Rilevati DD RM-FI presso Rigutino (AR), 1989

- La responsabilità del progettista degli interventi di rinaturalizzazione delle superfici messe a nudo dai lavori con la piantagione di specie erbacee ed arbustive, nell'accelerare i processi naturali in quanto:

  - In ambiti molto antropizzati, in assenza di intervento, l'evoluzione spontanea può portare facilmente a fitocenosi caratterizzate da specie sinantropiche ed esotiche di scarsa qualità ambientale (roveti, robinieti)
  - In ambito agricolo è possibile un notevole miglioramento della qualità ambientale preesistente
  - In ambito naturale, se si tampona la penetrazione delle specie esotiche, vi sono buone possibilità di ricucitura con la vegetazione limitrofa.

- L'importanza dell'inerbimento che, oltre a svolgere le funzioni biotecniche di protezione del suolo, contribuisce ad evitare la evoluzione della serie di degrado verso i roveti o i robinieti, accelerando il processo naturale di dominanza delle specie autoctone bienni e perenni.

Cespuglieti lungo la DD Roma-Firenze presso S.Giovanni Valdarno

21. 3 La flora delle scarpate ferroviarie

Uno studio sulla flora dei rilevati è stato effettuato sulla DD Roma-Firenze nella valle del Tevere presso Roma Settebagni nel tratto compreso tra il Km. 18 ed il km. 22,5 fino alla galleria Monte Perazzo (Cornelini e Petrella, 1997).

Tali rilevati, realizzati nel 1975, sono rivestiti nella parte inferiore con materassi in rete metallica e pietrisco con funzione antierosiva in caso di straripamento del Tevere.

Il censimento floristico dei 4,5 km. dei rilevati condotto per tutto il 1993, ha portato al rinvenimento di 278 entità; di queste ben 211 risultano presenti nel primo Km in direzione Firenze.

Le famiglie più rappresentate sono le *Compositae* (55), le *Leguminosae* (36) e le *Graminaeae* (27).

Le specie censite sono quasi tutte erbacee con una ecologia prevalentemente xerica, in accordo con le caratteristiche ambientali dei rilevati, mentre alla base, lungo i fossi di scolo, si creano zone di ristagno idrico che aumentano la biodiversità ospitando specie igrofile.

Le specie legnose (tab. 21.4), per lo più autoctone tipiche dei boschi di caducifoglie della Campagna Romana, sono risultate 26 e costituiscono il 9,3% dell'intera flora.

Tale studio conferma il valore naturalistico e l'importanza in termini di biodiversità dei rilevati ferroviari unitamente al loro ruolo come corridoi ecologici.

Tab. 21.4 Specie legnose sui rilevati della DD presso Roma Settebagni

TABELLA 1

ELENCO DELLE SPECIE LEGNOSE

Alberi		Roma Settebagni	Roma Ostiense
Quercus robur	(farnia)	+	
Fraxinus excelsior	(frassino maggiore)	+	
Fraxinus ornus	(orniello)	+	
Ulmus minor	(olmo)	+	+
Celtis australis	(albero di Giuda)	+	+
Celtis australis	(bagolaro)	+	
Laurus nobilis	(alloro)	+	+
Pyrus pyraster	(pero selvatico)	+	
Populus alba	(pioppo bianco)	+	+
Populus nigra	(pioppo nero)	+	+
Salix alba	(salice bianco)	+	+
Sambucus nigra	(sambuco comune)		+
Ficus carica	(fico)		+
Malus domestica	(melo comune)		+
Prunus persica	(pesco)	+	
Prunus armeniaca	(albicocco)	+	
Prunus cerasifera	(ciliegio-susino)	+	
Juglans regia	(noce)	+	
Robinia pseudoacacia	(robinia)	+	+
Ailanthus altissima	(ailanto)	+	+
Acer negundo	(acero americano)	+	+
Platanus hybrida	(platano)		+
Eucalyptus globulus	(eucalipto)		+
Arbusti			
Crataegus monogyna	(biancospino)	+	
Prunus spinosa	(prugnolo)	+	
Cornus sanguinea	(sanguinello)	+	
Euonymus europaeus	(berretta da prete)	+	+
Spartium junceum	(ginestra)	+	+
Rosa sempervirens	(rosa di S. Giovanni)	+	
Pyracantha coccinea	(agrazzino)	+	
Rubus ulmifolius	(rovo)	+	+
Viburnum lantana	(lantaggine)		+
Paliurus spina christi	(marruca)		+
Nerium oleander	(oleandro)		+

21.4 Indagini sotto i ponti autostradali

Si riportano i risultati di una indagine effettuata nel 1989 sotto due ponti campione dell'autostrada del Sole (Cornelini, Filesi, Palella, Blasi, 1990): il ponte sul Tevere in località S.Maria presso Baschi (TR) e il viadotto Rucola presso Nazzano (RM) aventi le caratteristiche riportate in tab. 21.5.

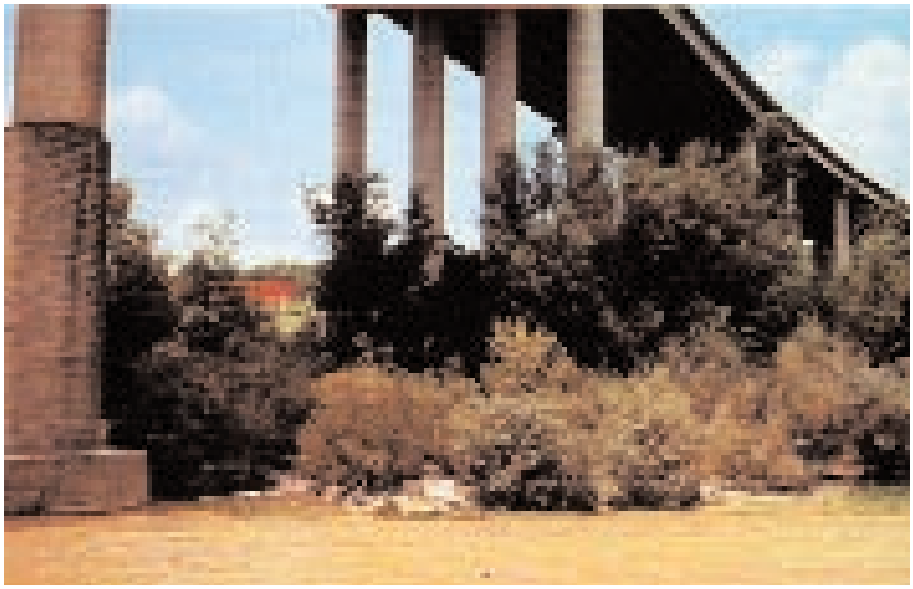
Tab. 21.5 Caratteristiche tecniche dei ponti dell'Autosole

	Località	Numero e luce delle campate	Larghezza	Altezza impalcato dal suolo	Orientamento prevalente	Numero dei rilievi fitosociologici
Ponte sul Tevere	S.Maria presso Baschi (TR)	5 x 40 m 5x20 m 1x 17 m	24 m	2-40 m	Nord-Sud	15
Viadotto Lucola	Nazzano (RM)	4x35 m	24 m	2-17 m	NNW-S SE	8

Lo studio è stato effettuato tramite rilievi fitosociologici lungo un transetto trasversale all'asse del ponte (2 rilievi alle estremità e uno al centro) per evidenziare le differenze nella vegetazione rispetto al fattore luce. I rilievi sono stati elaborati con il package Wildi-Orloci ottenendo tabelle strutturate Tab. Lucola). Parallelamente alle indagini fitosociologiche si è verificato l'andamento dell'ombra proiettata a terra dal viadotto nelle varie ore del giorno per un giorno tipo della primavera inoltrata al fine di valutarne la variabilità in funzione dell'altezza delle pile e della posizione in senso trasversale sotto la campata.

I principali risultati sono stati:

- l'effetto di schermo per la luce e per le precipitazioni influisce sulla vegetazione solo per altezze inferiori a 5-7 m.
- l'orientamento del viadotto è determinante ai fini dell'ombreggiamento
- la morfologia del terreno e l'esposizione incidono sull'ombreggiamento e sulla colonizzazione solo per acclività elevate
- le tipologie vegetazionali che si sviluppano sotto i ponti sono legate, almeno nella fase pioniera alle fitocenosi limitrofe
- il forte impatto delle strade di cantiere che favoriscono l'utilizzo come discarica abusiva



Ponte sul Tevere in località S.Maria presso Baschi (TR). Ambito di studio

21.5 Il monitoraggio degli interventi di idrosemina sulle scarpate della DD Roma-Firenze

Vengono di seguito riportati i risultati del monitoraggio di alcuni interventi di inerbimento di scarpate ferroviarie.

Per verificare il dinamismo degli interventi di inerbimento con idrosemina dei rilevati ferroviari sono stati effettuati 24 rilievi fitosociologici (tab. 21.6) secondo il metodo di Braun Blanquet sulle scarpate ferroviarie della linea ferroviaria DD Roma-Firenze nella tratta tra le interconnessioni di Arezzo Sud e Arezzo Nord (progressive Km. 192 – 198).

I rilievi sono stati effettuati nella primavera del 1989, 1991 e 2001 in 8 stazioni fisse di rilevati inerbiti a dominanza iniziale (1988) di lupinella (4 stazioni) e di erba medica (4 stazioni). Le stazioni sono state scelte alla stessa progressiva chilometrica con esposizioni opposte (4 a Est e 4 ad Ovest).

Tali rilevati nel febbraio 1988 erano stati inerbiti con un miscuglio iniziale a:

Onobrychis viciifolia — *Festuca arundinacea*
Medicago sativa — *Dactylis glomerata*
Lolium perenne — *Trifolium repens*
Lolium multiflorum — *Lotus corniculatus*

Tab. 21.6 Rilievi vegetazione rilevati DD RM-FI (1989 - 2001)
Le specie del miscuglio iniziale nella tabella sono evidenziate in grassetto

FB	Tipi corologici	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
H Paletemp	Lathyrus pratensis				+		+																		
T Circumbor	Raphanus raphanistrum			+												+									
T Paleotemp	Trifolium arvense			+																					
H Euras	Linaria vulgaris			1						1	+											+			
T Subcosm	Geranium dissectum			+		1	+	1			1		1											+	
T Paleotemp	Trifolium campestre	2	+	2	+													1							
H Euras	Poa trivialis	+		+				+	+			1					+			+		2	2	2	
H Europ	Anthemis tinctoria	+		+	1					1					+			2	1	+		1		1	+
H Eurimed	Inula viscosa				+		+				2							1	1	1	1	1	2		
T Euras	Avena fatua	1															+								
T Eurimed	Knautia integrifolia	+																							
T Eurimed	Vicia tenuissima																							1	
T Eurimed	Gaudinia fragilis	1																							
H Circumbor	Holcus lanatus	+	+																						
H Paleotemp	**Festuca arundinacea**	**+**	**+**					**+**											**1**						**2**
H Paleotemp	**Dactylis glomerata**	**+**	**1**	**1**		**2**		**2**	**1**	**1**	**1**	**1**		**+**	**+**	**+**	**+**	**3**	**3**	**3**	**2**	**1**	**1**	**1**	**3**
H	**Medicago sativa**	**4**	**5**	**4**	**4**	**4**	**4**	**4**	**4**	**1**	**1**	**2**				**+**					**1**				
H Subcosm	**Trifolium repens**	**1**	**+**	**1**	**+**									**+**	**1**										**1**
H Circumbor	**Lolium perenne**	**1**	**3**	**+**	**+**	**+**	**+**	**1**						**+**	**2**		**+**								
T Eurimed	**Lolium multiflorum**		**1**	**1**	**1**									**+**		**+**	**+**								
H Cosmop	**Lotus corniculatus**	**1**					**+**									**+**								**1**	
H MeditMont	**Onobrychis viciifolia**													**3**	**4**	**5**	**5**	**3**	**4**	**4**	**1**	**+**	**1**	**1**	
T Paleotemp	Medicago lupulina	1	+		+									1	1	+									
H Cosmop	Plantago lanceolata	+	+	+							+			+	+							+	+		
G Cosmop	Convolvulus arvensis	+	+	+	+						+										+	+	1		1
H Paleotemp	Silene alba	1	1	+	+	+	+	1	1	1	1	1	1						1		+	+			
G Circumbor	Agropyron repens		+	+	+												+								
T Subcosm	Vicia sativa		+	1	+	+					+				+							+	1	1	
T Subcosm	Anagallis arvensis			+	+																				
H Eurimed	Lactuca serriola	+	+		+	2	1	1	1	+	1		+				+	+		+					2
T Eurimed	Bromus madritensis			+													+		+						
H Circumbor	Artemisia vulgaris	+	1	+	+		1			+	1	+				+		1	1				+		+
H Subcosm	Daucus carota	+	+	+	+			+	+						+	+	+	+	+			1	+	+	+
T Medit	Papaver rhoeas	+	+	+	+	+	+	+	+						+		+	1	+						
H Subcosm	Rumex crispus	1	1	+	+	1	+	1	1	1	2	1	1	+	+	+	+	+	1	1	1	1	1	1	
T Stenomed	Lathyrus clymenum				+						+				1	+	+						+		
T Eurimed	Vicia villosa	1		+		1	1				1				1	1	+	1	1	1	1	1	1	1	1

T Subcosm	Sonchus oleraceus	+	+	+	+	1	+	+	+	+		+	+			+	+	2	+	2	+	1			1
T Eurimed	Vicia bithynica	+	+												+										
H Circumbor	Reseda luteola	+	+		+																				
H Subcosm	Melilotus officinalis		+		+									2	+	+	+					+	1		
H	Europ	Echium vulgare																	+	+	+		+		
T Subcosm	Matricaria chamomilla				+				+						+										
T Paleotemp	Ranunculus arvensis								+						+	+		+							
H Subcosm	Rumex acetosella	+	+	+	+																	+			
T Eurimed	Chrysanthemum segetum	+	+	+	+				1																
T Subcosm	Centaurea cyanus			+	+																				
T Subcosm	Alopecurus myosuroides		+			+	+	1												+					
T Eurimed	Medicago arabica	+						+	2														1		
H Medit	Carduus pycnocephalus							+					1			+									
T Eurimed	Avena barbata		+	2	2	1	2	1	3	3	2	2	2			1		1	1	+	4	3	3	1	1
H Subcosm	Trifolium pratense	+	1			+											+								
H Cosmop	Capsella bursa-pastoris			+																					
T Cosmop	Euphorbia helioscopia			+	+						+							+				+			+
T Subcosm	Anthemis arvensis			+																					
T Eurimed	Hordeum leporinum																+								
T Eurimed	Vicia hybrida			+	+						+														
H Paleotemp	Epilobium tetragonum													+											
H Stenomed	Anchusa hybrida			+	+																				
T Subcosm	Fumaria officinalis				+																				+
T Cosmop	Stellaria media								+		+							+				+			
H Medit	Foeniculum vulgare																		+						
H Euras	Galium album									1	1	+								+	+	1	1	2	+
H Subcosm	Sanguisorba minor																	+			+	+	1		
T Eurimed	Vicia lutea																	+							
T Eurimed	Bromus gussonei									3	3	3	2					1	+	2	1	1	2	3	1
T Stenomed	Sinapis arvensis					2	1	1		1												1	+		+
H Subcosm	Hypericum perforatum																	+							
P Paleot	Rosa canina																					1		1	
P Europ	Cytisus scoparius										2													1	1
P Eurim	Rubus ulmifolius																								1
P Eurimed	Spartium junceum	+		+	+							2	3												
H Eurimed	Tragopogon porrifolius																					+			
G Subcosm	Cirsium arvense										+	1											+		

I rilievi 1,2,3,4 e 13,14,15 e 16 sono del 1989.
I rilievi 5,6,7,8 e 17,18,19 e 20 sono del 1991.
I rilievi 9,10,11,12 e 21,22,23 e 24 sono del 2001.

21.6 Risultati

Si presentano i risultati della elaborazione della tabella dei rilievi.

Per quanto riguarda i rilevati a lupinella si nota che:

- La copertura vegetale nel 1989, inferiore a quella dell'erba medica, a un anno dalla semina, vede la comparsa di 27 specie estranee al miscuglio seminato; il peso maggiore come copertura è dovuto a *Medicago lupulina, Vicia villosa*, e *Melilotus officinalis*
- Nel 1991 la copertura vegetale complessiva aumenta leggermente con un incremento delle annuali nella ripartizione percentuale; le specie provenienti dall'esterno sono 26.

Tra queste quelle a maggior copertura sono le annuali *Sonchus oleraceus, Avena barbata, Vicia villosa* e *Bromus gussonei* e le bienni e perenni quali *Anthemis tinctoria, Inula viscosa* e *Rumex crispus*. Da notare la scomparsa, tra le specie a maggior copertura, di *Medicago lupulina* e *Melilotus officinalis*, e, tra quelle del miscuglio, di *Lolium multiflorum, Trifolium repens, Lolium perenne* e *Lotus corniculatus*, unitamente al notevole aumento di *Dactylis glomerata.*

Rilevato a *Onobrychis viciifolia* (rilievo n.15,1989)

Per quanto riguarda i rilevati a erba medica:

- La copertura vegetale nel 1989, a un anno dalla semina, vede la comparsa di 47 specie spontanee estranee al miscuglio seminato; il peso maggiore è dovuto alle specie annuali tra le quali dominano come copertura *Avena barbata* e *Trifolium campestre*
- Nel 1991 la copertura vegetale complessiva rimane invariata, con un aumento delle annuali nella ripartizione percentuale; le specie provenienti dall'esterno sono 23. Tra queste oltre alle annuali (*Avena barbata, Sinapis arvensis, Geranium dissectum*) compaiono specie bienni e perenni quali *Lactuca serriola, Rumex crispus* e *Silene alba*. Si nota la scomparsa tra le specie a maggior copertura nel 1989 di *Trifolium campestre* e, tra quelle del miscuglio, di *Lolium multiflorum* e *Trifolium repens*, unitamente alla riduzione di *Lolium perenne* ed all'aumento di *Dactylis glomerata*

Nel 2001 la dominanza iniziale a erba medica e lupinella è praticamente scomparsa mostrando una evoluzione comune verso una formazione erbacea a dominanza di graminacee.

Il numero di specie spontanee rinvenute, (estranee al miscuglio seminato nel 1988), è di 52 nel 1989, 34 nel 1991 e 35 nel 2001; nel corso di 13 anni si è verificata la comparsa nel complesso di 66 specie (Tab. 21.7).

Tra le specie erbacee a diffusione spontanea quelle che nel 2001 presentano la maggior copertura sono le annuali *Avena barbata, Bromus gussonei* e *Vicia villosa* e, tra le specie bienni e perenni, *Rumex crispus, Poa trivialis* e *Galium album*; compaiono inoltre specie arbustive quali *Cytisus scoparius, Spartium junceum, Rosa canina e Rubus ulmifolius*, mentre, fuori rilievo, anche *Robinia pseudoacacia, Acer campestre, Cornus sanguinea, Euonymus europaeus* e *Coronilla emerus*, mostrano una evoluzione della vegetazione anche di tipo strutturale. Tra le specie del miscuglio originario, si rinviene in misura significativa, oltre a erba medica e lupinella, solo *Dactylis glomerata.*

Dai rilievi emerge quindi come l'inerbimento iniziale a erba medica e lupinella sia stato importante, con la protezione antierosiva del suolo, nel consentire la successione dinamica della vegetazione dan-

do la possibilità alle specie spontanee di attecchire, di affermare la propria dominanza e di evolversi strutturalmente.

Nella tabella 21.8 si riportano i risultati di sintesi dell'elaborazione dei valori di copertura

Tab. 21.7 Numero specie estranee al miscuglio seminato nel 1988 comparse successivamente

Anno 1989	1991	2001
52	34	35

Tab. 21.8 Tabella di sintesi dei valori di copertura (valori %)

	1989	1991	2001
Copertura totale	95,3	116,8	91,1
Copertura specie miscuglio iniziale	80,2	75,3	10,1
Copertura specie annuali	11.3	29,7	46,9
Copertura specie bienni e perenni (solo arbusti)	84 (-)	87,1 (-)	44,2 (9,4)
Copertura leguminose erbacee	80,3	59,4	6,3
Copertura graminacee	12,5	38,3	55,3
Copertura delle 2 specie dominanti	71,2 (erba medica e lupinella)	55,6 (erba medica e lupinella)	41,9 (avena e bromo)

Capitolo 22

Schede di monitoraggio

P. Cornelini, C. Milanese, P. Prosperi

22.1 Schede monitoraggio infrastrutture

Le schede allegate rappresentano un campione significativo degli interventi di sistemazione antierosiva, consolidamento e rinaturazione di scarpate stradali e ferroviarie in ambito mediterraneo.

I rilevamenti hanno interessato le principali arterie autostradali del territorio laziale con una casistica che va da autostrade prevalente di pianura, ma con significative interferenze con morfotipi collinari (RM-NA e Orte-Fiano) ad autostrade in territorio collinare-montano (RM-AQ). Le opere riscontate nelle indagini sulle autostrade, databili dagli anni '80 del secolo scorso al 2002, rappresentano anche la storia dell'evoluzione dell'approccio progettuale nelle sistemazioni delle infrastrutture: in tempi meno recenti prevalgono gli interventi con materiali morti, spesso realizzati come opere di manutenzione, ma che hanno comunque consentito uno sviluppo dei processi spontanei di colonizzazione della vegetazione, quali, ad esempio, le reti zincate sulle scarpate in erosione (RM-NA e RM-AQ) o gli antenati storici delle terre rinforzate rinverdite (RM-NA). Appartengono a questa fase anche i tentativi, originali per il periodo, di realizzare barriere visive vegetali con specie sempreverdi autoctone, quali quelle di Valmontone sulla RM-NA.

Dalla fine degli anni '90 vengono invece realizzate sulle strade opere nelle quali le tecniche di ingegneria naturalistica sono previste fin dalla fase di progetto e che rappresentano la fase matura di queste sistemazioni.

Le sistemazioni con viminate e biostuoie sul GRA di Roma, i fossi verdi dell'autostrada Roma-Fiumicino e, soprattutto, le sistemazioni delle scarpate stradali in frana ad Atina (FR) sono alcuni esempi di questa fase.

Un discorso a parte vale per le infrastrutture ferroviarie, ove, già dalla fine degli anni '80, esistevano presso l'Istituto Sperimentale di Roma Trastevere, professionalità per affrontare i problemi dell'inserimento ambientale delle opere ferroviarie.

Ne risultano numerosi interventi esemplari quali il ripristino delle fitocenosi mediterranee a Macchia Grande (Roma), ove fu applicato il metodo fitosociologico con l'analisi multivariata per la definizione delle tipologie vegetazionali e gli interventi sulla DD Roma-Firenze, in Valdarno e Valdichiana.

Tra questi ultimi, in particolare: la sistemazione antierosiva delle scarpate con tecniche di ingegneria naturalistica, gli inerbimenti con idrosemina sui rilevati sottoposti a monitoraggio per 13 anni, la realizzazione di boschetti termoigrofili nei reliquati ferroviari lungo linea espropriati proprio per l'aumento della biodiversità territoriale e la barriera visiva vegetata di 4 Km.

SCHEDE DI MONITORAGGIO INFRASTRUTTURE

SCHEDA MONITORAGGIO INTERVENTI I.N.

Data 05/05/2003		Compilatore Paolo Cornelini
Provincia Comune Località		Roma Roma Macchia Grande di Castel di Guido sulla linea ferroviaria Roma- Maccarese
Altitudine		30 m slm
Esposizione		varie
Inclinazione del versante		20- 25 °
Aspetti vegetazionali dell'area		Macchia mediterranea, querceti a *Quercus cerris*
Lineamenti geomorfologici		Dune fossili
Obiettivo dell'intervento		Ripristino della vegetazione mediterranea a seguito dei lavori ferroviari, consistiti nella costruzione di una galleria a cielo aperto poi tombata
Tipologie dell'intervento		Ricostruzione di fitocenosi mediterranee: • bosco termoigrofilo nel fondovalle • cespuglieto sulle scarpate • boscaglia sulle sommità
Materiali impiegati		nessuno
Dimensioni dell'intervento		Circa 2 ettari
Specie vegetali impiegate	Talee	nessuna
	Piante radicate	Arbusti: *Erica arborea, Myrtus communis, Crataegus monogyna, Phillyrea latifolia, Pistacia lentiscus, Cistus sp.pl. Cercis siliquastrum, Spartium junceum, Rosa sempervirens, Arbutus unedo, Cornus mas* Alberi: *Quercus cerris, Acer campestre, Quercus ilex, Fraxinus ornus, Sorbus domestica, Carpinus betulus,*
Soggetto realizzatore		Consorzio Ferrofir per conto FS
Periodo d'intervento		Autunno 1988
Osservazioni		Il lavoro rappresenta uno dei primi grandi interventi di recupero ambientale in ambito mediterraneo e si caratterizza per l'applicazione del metodo fitosociologico alla progettazione. A distanza di tanti anni l'area mostra una chiara evoluzione in termini di copertura e l'intervento può dirsi riuscito.

L’area durante i lavori di realizzazione della galleria a cielo aperto dopo lo sbancamento – anno 1987

L’area alla fine dei lavori di recupero ambientale (1988)

L’area dopo 10 anni (1998)

Composizione di un impianto tipo di bosco termoigrofilo

Specie arboree interbusive	Percentuale (%)	Area parziale (m²)	Copertura di 1 pianta (m²)	Numero piante
[illegible]	20	1500	10	150
[illegible]	15	750	8	[illegible]
[illegible]	10	500	1	[illegible]
[illegible]	10	500	8	[illegible]
[illegible]	10	500	8	[illegible]
[illegible]	10	500	8	[illegible]
[illegible]	10	500	2	[illegible]
[illegible]	5	[illegible]	8	[illegible]

N.B. Il computo delle quantità per ciascuna specie utilizzata, riferito ad una superficie unitaria di 1 ha, prevede una superficie di impianto di 5.000 m² (50%).

Composizione di un impianto tipo di cespuglieto

Specie arboree	Percentuale (%)	Area parziale (m²)	Copertura di 1 pianta (m²)	Numero piante
[illegible]	25	1625	1	1625
[illegible]	25	1625	1	1625
[illegible]	20	1300	2	[illegible]
[illegible]	10	650	2	325
[illegible]	10	650	2	325
[illegible]	10	650	1	650

N.B. Il computo delle quantità per ciascuna specie utilizzata, riferito ad una superficie unitaria di 1 ha, prevede una superficie di impianto di 5.000 m² (50%).

Composizione di un impianto tipo di boscaglia

Specie arboree interbusive	Percentuale (%)	Area parziale (m²)	Copertura di 1 pianta (m²)	Numero piante
[illegible]	25	1375	1	[illegible]
[illegible]	15	825	1	825
[illegible]	10	550	2	275
[illegible]	10	550	2	275
[illegible]	10	550	1	550
[illegible] (*)	10	550	4	138
[illegible] (*)	10	550	4	138
[illegible] (*)	5	275	4	69
[illegible] (*)	5	275	4	69

(*) quantità albero

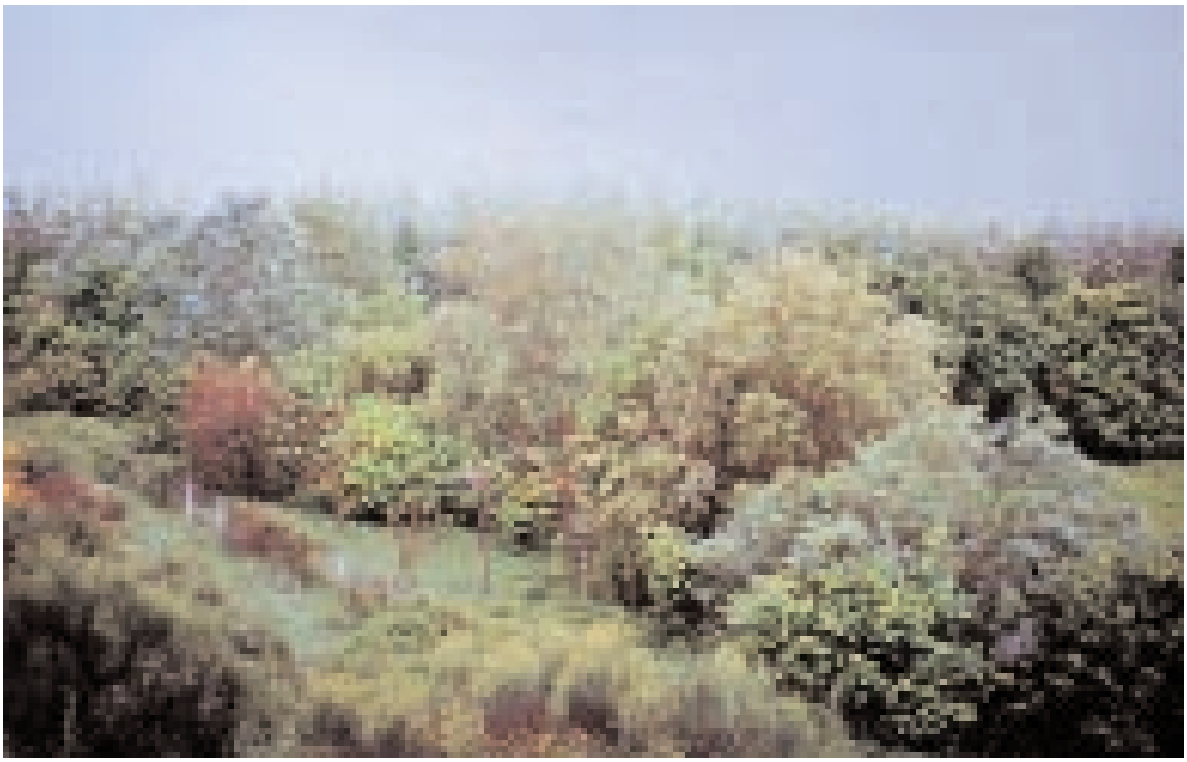
N.B. Il computo delle quantità per ciascuna specie utilizzata, riferito ad una superficie unitaria di 1 ha, prevede una superficie di impianto di 5.500 m² (50%).

L'area dopo 10 anni (1998)

SCHEDA MONITORAGGIO INTERVENTI I.N.

Data 3/06/2002		Compilatore Paolo Cornelini
Provincia Comune Località		Arezzo Km. 192 circa linea AV Roma-Firenze
Altitudine		240 m slm
Aspetti vegetazionali dell'area		Ambito agricolo
Lineamenti geomorfologici		Reliquato ferroviario in area piana a lato del rilevato
Obiettivo dell'intervento		Aumento della biodiversità riproponendo le fitocenosi climaciche della Val di Chiana
Tipologie dell'intervento		Realizzazione di bosco termoigrofilo nei reliquati ferroviari
Dimensioni dell'intervento		S= 2000 mq
Specie vegetali impiegate	Talee	Nessuna
	Piante radicate	*Quercus robur, Populus alba, Salix alba, Acer campestre, Fraxinus ornus*
Soggetto realizzatore		Ente FS
Periodo d'intervento		Autunno 1990
Osservazioni		La piantagione delle specie arboree ha realizzato in 12 anni un bosco termoigrofilo alto fino a 10-12 m con la comparsa di arbusti spontanei autoctoni.

L’intervento poco dopo la piantagione (aprile1991)



L’intervento a maggio 2002

SCHEDA MONITORAGGIO INTERVENTI I.N.

Data 3/06/2002		Compilatore Paolo Cornelini
Provincia Comune Località		Arezzo Km. 201 circa linea AV Roma-Firenze
Altitudine		240 m slm
Esposizione		SW
Inclinazione del versante		40-45°
Aspetti vegetazionali dell'area		Ambito agricolo
Lineamenti geomorfologici		Scarpate ferroviarie in trincea su substrati a forte componente argillosa
Obiettivo dell'intervento		Protezione antierosiva superficiale e stabilizzazione della scarpata
Tipologie dell'intervento		Rivestimento vegetativo in paglia e rete zincata plastificata Piantagione di talee di salice e di arbusti radicati autoctoni Idrosemina
Materiali impiegati		Paglia a fibra lunga Rete a doppia torsione zincata e plastificata chiodata con barre di acciaio a.m. D= 22 mm L =1,5 m.
Dimensioni dell'intervento		H = 3-7 m L = 500 m
Specie vegetali impiegate	Talee	*Salix purpurea*
	Piante radicate	*Crataegus monogyna, Cornus sanguinea, Spartium junceum*
Soggetto realizzatore		Ente FS
Periodo d'intervento		Febbraio 1990
Osservazioni		L'intervento ha garantito la stabilizzazione della scarpata con l'avvio di una evoluzione spontanea che ha portato in 12 anni da situazioni erbacee iniziali dominate da leguminose (erba medica e lupinella) a fitocenosi a prevalenza di specie erbacee spontanee, con sviluppo arbusti alti fino a 4 metri

Scarpata con copertura a lupinella (aprile 1990)

La stessa scarpata a giugno 2002

SCHEDA MONITORAGGIO INTERVENTI I.N.

Data 3/06/200		Compilatore Paolo Cornelini
Provincia Comune Località		Arezzo Linea ferroviaria DD AV Roma-Firenze tra S.Giovanni Valdarno e Figline Valdarno
Altitudine		140 m slm
Esposizione		W
Inclinazione della scarpata		32°
Aspetti vegetazionali dell'area		Ambito agricolo
Lineamenti geomorfologici		Rilevato ferroviario
Obiettivo dell'intervento		Barriera visiva vegetale antiabbagliamento tra Autosole e linea DD Roma-Firenze
Tipologie dell'intervento		Siepe arbustiva sempreverde , popolamenti arborei, cespuglieti autoctoni
Dimensioni dell'intervento		L = 3,6 Km
Specie vegetali impiegate	Talee	Nessuna
	Piante radicate	*Ligustrum japonicum. Prunus laurocerasus, Prunus spinosa, Crataegus monogyna, Spartium junceum, Cornus sanguinea, Acer campestre, Fraxinus ornus, Ostrya carpinifolia, Sorbus domestica*
Soggetto realizzatore		Ente FS
Periodo d'intervento		Primavera 1991
Osservazioni		L'intervento, concordato con la soc. Autostrade, è stato basato su una siepe sempreverde che, vista l'impossibilità per problemi ecologici, dell'impiego di specie autoctone, è stata realizzata con *Ligustrum japonicum e Prunus laurocerasus.;* la siepe si presenta in doppio filare , per tratti di 200 m., intervallati da formazioni arbustive (*Prunus spinosa, Crataegus monogyna, Spartium junceum, Cornus sanguinea*) e arboree autoctone (*Acer campestre, Fraxinus ornus, Ostrya carpinifolia, Sorbus domestica).* In alcuni punti, a causa degli incendi e delle carenze di manutenzione, si osservano fallanze.

Barriera visiva con siepe sempreverde

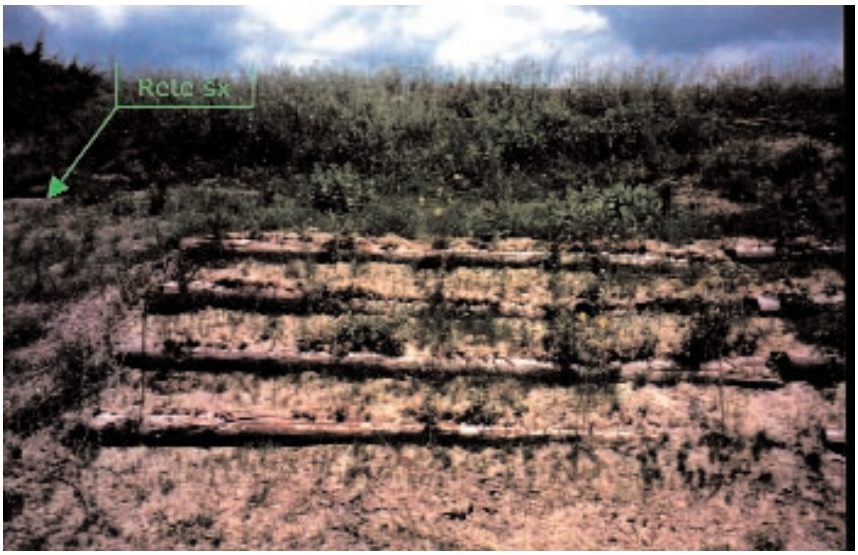
Tratto con alberi autoctoni

SCHEDA MONITORAGGIO INTERVENTI I.N.

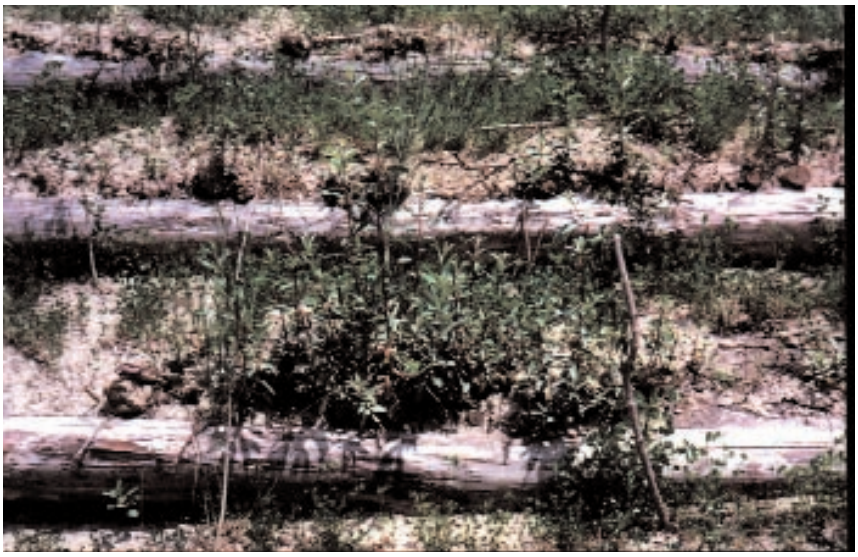
Data 31/05/2002		Compilatore: Chiara Milanese
Provincia Comune Località		Viterbo Bagnoregio Strada Provinciale Valle di Bagnoregio tra il 9° e il 10° km
Altitudine		200 m s.l.m.
Esposizione		S-SO
Inclinazione del versante		25°÷30°
Aspetti vegetazionali dell'area		Area agricola: campi coltivati a cereali e pascoli.
Lineamenti geomorfologici		Argille e sabbie argillose grigie con intercalazioni conglomeratiche. Dimensioni complessive della scarpata oggetto d'intervento: H = 7m; L = 19m
Obiettivo dell'intervento		Consolidamento della scarpata stradale soggetta a movimento franoso superficiale. Miglioramento del deflusso delle acque superficiali.
Tipologie dell'intervento		Grata viva; Fascinata viva drenante; Viminata seminterrata; Rivestimento vegetativo con rete zincata a doppia torsione e paglia
Materiali impiegati		Grata Tondame di castagno (ø = 15 cm); tondini in acciaio aderenza migliorata (ø = 14 mm); graffe (l = 30 cm); pozzolana. Fascinata Fascine di *Salix alba* (= 30 cm); tondini in acciaio aderenza migliorata (ø = 14 mm; l = 1m); filo di ferro cotto (ø = 2 mm). Viminata Paletti di castagno (ø = 8 cm; l = 1,5 m); ramaglia viva (ø = 2-4 cm). Rete zincata Rete zincata (6 x 8 cm); staffe a U (= 14 mm); miscela di sementi erbacee (*Medicago sativa, Festuca sp. , Lolium multiflorum*).
Dimensioni dell'intervento		Grata: H = 4m; L = 9m; Fascinata: L = 13m; Viminata: L = 15m; Rete zincata a sx della grata: H = 6m, L = 4m; Rete zincata a dx della grata: H = 6m, L = 6m;
Specie vegetali impiegate	Talee	*Salix alba*
	Piante radicate	*Crataegus monogyna; Cornus mas; Spartium junceum*.
Soggetto realizzatore		Provincia di Viterbo Assessorato Ambiente e Assessorato Lavori Pubblici Settore Strade
Periodo d'intervento		20-22 marzo 2002

Osservazioni	La grata presenta un buon attecchimento. La fascinata sembra non aver attecchito alla data del sopralluogo e le talee della viminata hanno cacciato solo in prossimità dei paletti. Ciò probabilmente è dovuto allo stress idrico subito dalle piante e dall'impiego di talee di S*alix alba* prese in un periodo di avanzato stato vegetativo. Le superfici protette dalla rete zincata mostrano coperture intorno al 75%. La lunghezza dei getti di salice è di circa 30-40 cm. Le piantine arbustive messe a dimora hanno una percentuale di attecchimento pari al 100%. La copertura complessiva dell'intervento si aggira intorno al 50%.

Scarpata ante-operam con linea di frattura e direzione del movimento franoso



Scarpata post-opera



Particolare dei getti di *Salix* della grata viva

SCHEDA MONITORAGGIO INTERVENTI I.N.

Data 11 aprile 2002		Compilatore: Paolo Cornelini
Provincia Comune Località		Roma Roma GRA Roma uscita 33
Esposizione		EST
Inclinazione del versante		60° alla base (terra rinforzata)
Aspetti vegetazionali dell'area		Prati in ambito peri urbano
Lineamenti geomorfologici		Scarpata di tufi litoidi
Obiettivo dell'intervento		Consolidamento al piede della scarpata
Tipologie dell'intervento		Terra rinforzata con griglia metallica e geosintetici
Dimensioni dell'intervento		L=160 m H=4-6m.
Specie vegetali impiegate	Talee	Nessuna
	Piante radicate	Nessuna. E' stata effettuata una idrosemina con miscuglio commerciale a graminacee e leguminose
Periodo d'intervento		
Osservazioni		Copertura erbacea 40% circa

Prospettiva della terra rinforzata

Primo piano con inerbimento

SCHEDA MONITORAGGIO INTERVENTI I.N.

Data 11 aprile 2002	Compilatore: Paolo Cornelini
Provincia Comune Località	Roma Roma GRA Roma presso uscita Aurelia
Esposizione	OVEST
Inclinazione del versante	50°
Aspetti vegetazionali dell'area	Area urbana con ville e giardini
Aspetti geomorfologici	Scarpata stradale tufacea alta circa 20 m.
Obiettivo dell'intervento	Sistemazione antierosiva superficiale per protezione del giardino della villa sovrastante. Trattasi di intervento provvisorio in attesa dei lavori di ampliamento della corsia GRA
Tipologie dell'intervento	Pulizia della scarpata, ceduazione delle robinie Rimodellamento morfologico e leggero scoronamento Sistemazione con stuoia in paglia fissata con picchetti acciaio a U, D =8 cm, circa 4/mq comprese le giunzioni Semina normale sotto la stuoia e idrosemina con ammendanti e collante sopra Viminate morte sporgenti fuori terra 50-70 cm con verghe (D=2-5 cm.) L= 3 m. e passoni di castagno (D =8-10 cm.) L= 1,5 m posti a interasse 1/ m
Dimensioni dell'intervento Specie vegetali impiegate	S= 1700 mq L =200 m x 14-20 m di H Miscuglio di sementi (graminacee e leguminose) commerciale Non sono stati impiegati arbusti in quanto opera provvisoria
Soggetto realizzatore	Coop. Sociale Progetto Natura Parco di Veio per conto ENAS
Periodo d'intervento	Febbraio-marzo 2002
Osservazioni	La regimazione idraulica avviene lungo le viminate che sono in leggera pendenza. Si osserva un inizio della copertura erbacea Non sono stati impiegati arbusti in quanto opera provvisoria Il lavoro nel complesso sembra ben realizzato

Vista dell'intervento con il GRA

Biostuoia con viminate morte

Particolare della biostuoia e della viminata morta

Picchetto a U in acciaio per l' ancoraggio della biostuoia

SCHEDA MONITORAGGIO INTERVENTI I.N.

Data 11 aprile 02	Compilatore: Paolo Cornelini
Provincia Comune Località	Roma Fiumicino Autostrada Roma-Fiumicino tratto ANAS
Altitudine	10 m slm
Aspetti vegetazionali dell'area	Prati e pascoli
Lineamenti geomorfologici	Alluvioni recenti, limi, terre nere palustri, depositi eluviali, suoli prevalentemente sabbiosi da materiale piroclastico rimaneggiato.
Obiettivo dell'intervento	Regimazione idraulica delle acque di scolo del rilevato autostradale
Tipologie dell'intervento	Geostuoia tridimensionale intasata con ghiaino e bitume a freddo Idrosemina sotto e sopra con miscuglio commerciale a graminacee e leguminose
Dimensioni dell'intervento	Lunghezza circa 10 Km. Larghezza 2,5 m
Specie vegetali impiegate	Miscuglio commerciale a graminacee e leguminose
Soggetto realizzatore	Caldani Piante srl per conto ANAS
Periodo d'intervento	Novembre 1999-novembre 2000
Osservazioni	Il fosso si presenta inerbito con coperture del 90%, Le specie erbacee spontanee stanno sostituendo quelle del miscuglio originario

Il fosso verde ad aprile 2002

Lavori in corso giugno 2000 foto Polverino

Un tratto di fosso appena ultimato giugno 2000 foto Polverino

Bitumatura in corso dicembre 1999 foto Polverino

Tratto ultimato dicembre 1999 foto Polverino

Vista del fosso a manutenzione effettuata aprile 2002

SCHEDA MONITORAGGIO INTERVENTI I.N.

Data 23/05/2002		Compilatori: Chiara Milanese, Paolo Prosperi
Provincia Comune Località		Roma Roma Villa Sciarra
Esposizione		Est
Inclinazione del versante		30°
Aspetti vegetazionali dell'area		Parco urbano
Lineamenti geomorfologici		Scarpata su rilevato in villa storica su substrato tufaceo.
Obiettivo dell'intervento		Consolidamento di scarpata interna al parco urbano
Tipologie dell'intervento		Palificata doppia rinverdita
Materiali impiegati		Pali di castagno (ø $\cong$ 20 cm); tondini in acciaio ø = 14 mm per le chiodature.
Dimensioni dell'intervento		H palificata = 1,5 m L 130 m
Specie vegetali impiegate	Talee	*Salix eleagnos; Salix caprea; Salix alba; Salix purpurea*
	Piante radicate	*Cornus mas; Rhamnus alaternus; Prunus spinosa; Arbutus unedo; Viburnum lantana; Ligustrum vulgare; Cotoneaster sp.; Phillyrea latifoglia; Prunus avium; Pistacia lentiscus;Vitex agnus-castus; Spartium junceum; Corylus avellana; Crategus laevigata; Celtis australis; Laurus nobilis; Myrtus communis.*
Soggetto realizzatore		Comune di Roma
Periodo d'intervento		Autunno 1999
Osservazioni		L'attecchimento delle piante radicate e delle talee è stato quasi totale con copertura del 95% I getti delle talee sono di circa 3 m.

Vista d’insieme dell’intervento

Primo piano della palificata viva

SCHEDA MONITORAGGIO INTERVENTI I.N.

Data 31/05/02		Compilatori: Chiara Milanese - Paolo Prosperi
Provincia Comune Località		Rieti A1 Km. 505 direzione Orte
Esposizione		Est
Inclinazione del versante		Rilevato autostradale con pendenza di circa 30°
Aspetti vegetazionali dell'area		Ambito rurale con popolamenti di querce al contorno
Lineamenti geomorfologici		Rilevato autostradale su sabbie gialle e livelli conglomeratici
Obiettivo dell'intervento		Rinverdimento del rilevato
Tipologie dell'intervento		Messa a dimora di alberi
Materiali impiegati		alberi
Dimensioni dell'intervento		L=1.5 Km H=6-8m
Specie vegetali impiegate	Talee	Nessuna
	Piante radicate	*Acer campestre, Prunus avium*
Soggetto realizzatore		Autostrade
Periodo d'intervento		
Osservazioni		La copertura erbacea del rilevato autostradale è pari a circa l'80%. Le specie dominanti sono le seguenti: *Ailanthus altissima, Papaver rhoeas, Echium vulgare, Avena barbata, Dactylis glomerata, Malva silvestris, Stachys officinalis, Lolium multiflorum, Chrysantemum segetum, Melitotus alba, Festuca rubra* Gli alberi sono stati messi a dimora a metà dell'altezza del rilevato.

Scarpata stradale con piantagione di *Acer campestre e Prunus avium*

SCHEDA MONITORAGGIO INTERVENTI I.N. - LAZIO 2

Data 16/05/2002		Compilatori: Paolo Cornelini, Chiara Milanese, Paolo Prosperi
Provincia Comune Località		Roma Castelmadama Km 30.600 dell'autostrada A24 Roma-L'Aquila direzione L'Aquila
Esposizione		EST
Inclinazione del versante		circa 35°
Aspetti vegetazionali dell'area		Ambito agricolo forestale
Lineamenti geomorfologici		Scarpata in trincea a calcari detritico organogeni e brecciole calcaree
Obiettivo dell'intervento		Protezione della sede autostradale
Tipologie dell'intervento		Rete zincata a doppia torsione con inerbimento spontaneo
Materiali impiegati		Rete zincata a doppia torsione
Dimensioni dell'intervento		H = 30 m L = 300 m
Specie vegetali impiegate	Talee	Nessuna
	Piante radicate	Nessuna
Periodo d'intervento		
Osservazioni		La scarpata presenta una copertura erbacea con individui arborei- arbustivi di piccole dimensioni (2-4 m), concentrati in modo particolare nella parte sommitale. La rete ha comportatoto, in molti tratti, una protezione antierosiva trattenendo gli strati di alterazione superficiale in posto e favorendo la colonizzazione da parte delle specie vegetali spontanee. La copertura vegetale complessiva si attesta intorno al 40%. Le specie principali presenti sono *Avena barbata, Ampelodesmos mauritanicus, Rubus ulmifolius, Ferula communis, Spartium junceum, Fraxinus ornus, Verbascum sp., Cercis siliquastrum, Rosa canina*

Vista d'insieme della scarpata con la rete zincata

Particolare dell'intervento con in primo piano *Ampelodesmos mauritanicus*

SCHEDA MONITORAGGIO INTERVENTI I.N.

Data 17/05/2002		Compilatori: Paolo Cornelini, Chiara Milanese, Paolo Prosperi
Provincia Comune Località		Roma Roviano Km 40 dell'autostrada A24- Roma-L'Aquila, direzione Roma
Esposizione		OVEST
Inclinazione del versante		Circa 40°
Aspetti vegetazionali dell'area		Ambito forestale: i popolamenti al contorno sono costituiti dalle specie tipiche dei boschi misti termo-mesofili della fascia basale montana.
Lineamenti geomorfologici		Versante a calcari affioranti e marne calcaree con substrato incoerente, ciottoloso
Obiettivo dell'intervento		Protezione sede stradale
Tipologie dell'intervento		Rete zincata a doppia torsione
Materiali impiegati		Rete zincata a doppia torsione
Dimensioni dell'intervento		H = 40-50 m L = 400 m
Specie vegetali impiegate	Talee	Nessuna
	Piante radicate	Nessuna
Osservazioni		La scarpata è caratterizzata da una copertura vegetale scarsa pari a circa il 15%. Non si rileva la presenza di solchi erosivi e la vegetazione tende a colonizzare le aree sopra la scarpata, ove la riduzione di pendenza consente l'accumulo di terreno. La rete ha comportato, in alcuni tratti, una protezione antierosiva trattenendo gli strati di alterazione superficiale in posto e favorendo la colonizzazione da parte delle specie vegetali spontanee. La colonizzazione, ove presente, è avvenuta tramite He*licrisum italicum* (individui sparsi), *Euphorbia characias* ed arbusti pionieri di *Spartium junceum;* nelle situazioni più mature si trovano *Fraxinus ornus e Cornus sanguinea.* La rete non risulta sufficientemente appressata alla scarpata.

Vista d'insieme dell'intervento

Colonizzazione in atto da parte *di Euphorbia characias* ed arbusti pionieri *di Spartium junceum*

SCHEDA MONITORAGGIO INTERVENTI I.N.

Data 17/05/2002		Compilatori: Paolo Cornelini, Chiara Milanese, Paolo Prosperi
Provincia Comune Località		Roma S.Cesareo Km 578 autostrada A1 direzione Napoli (ponte 359)
Esposizione		EST
Inclinazione del versante		50÷55°
Aspetti vegetazionali dell'area		Ambito agricolo (seminativi e noccioleti)
Lineamenti geomorfologici		Scarpata in trincea di tufo litoide di varia origine
Obiettivo dell'intervento		Trattasi di rinverdimento spontaneo
Tipologie dell'intervento		Rinverdimento spontaneo
Materiali impiegati		Nessuno
Dimensioni dell'intervento		L 100 m; H = 1214 m
Specie vegetali impiegate	Talee	Nessuna
	Piante radicate	Nessuna
Soggetto realizzatore		AUTOSTRADE
Osservazioni		La copertura vegetale totale è pari al 100%. Lungo la scarpata si possono individuare due fasce parallele, a partire dalla cunetta: • Fascia erbacea: larga 24 m, soggetta a manutenzione tramite sfalcio. La copertura è pari al 100% e le specie vegetali dominanti sono: *Avena barbata, Dactylis glomerata, Artemisia vulgaris, Festuca sp., Vicia villosa, Anthemis tintoria, Chelidonium majus* e *Bromus gussonei.* • Fascia arbustivo-arborea: larga 810 m, è lasciata all'evoluzione spontanea ed è strutturata in due strati: uno arbustivo (H = 2-4 m) con *Cytisus scoparius, Corylus avellana e Rubus ulmifolius* ed uno arboreo a dominanza di *Populus Nigra*.

Prospettiva della scarpata

SCHEDA MONITORAGGIO INTERVENTI I.N.

Data 17/05/2002		Compilatori: Paolo Cornelini, Chiara Milanese, Paolo Prosperi
Provincia Comune Località		Roma Valmontone Altezza Uscita Valmontone autostrada A1
Altitudine		290 m s.l.m.
Esposizione		OVEST ed EST
Inclinazione del versante		Rilevato autostradale con pendenza di circa 30°
Aspetti vegetazionali dell'area		Ambito urbano
Lineamenti geomorfologici		Rilevato autostradale su pedosuoli: facies pedogenizzate di lapilli policromi.
Obiettivo dell'intervento		
Tipologie dell'intervento		Barriera visiva vegetata.
Materiali impiegati		Bandoni in lamiera, pali in legno trattati.
Dimensioni dell'intervento		H barriera = 4-6 m L barriera = 400-500 m
Specie vegetali impiegate	Talee	Nessuna
	Piante radicate	*Quercus ilex, Robinia pseudacacia*
Soggetto realizzatore		AUTOSTRADE
Periodo d'intervento		1990 circa
Osservazioni		La barriera è costituita da una struttura in lamiera e pali in legno trattati con un filare arboreo anteriore rivolto verso la carreggiata autostradale a *Quercus ilex*, ed uno posteriore a *Robinia pseudacacia.*

Vista posteriore della struttura con esemplari di *Robinia pseudacacia*

Vista anteriore della struttura con esemplari di *Quercus ilex*

SCHEDA MONITORAGGIO INTERVENTI I.N.

Data 17/05/2002		Compilatori: Paolo Cornelini, Chiara Milanese, Paolo Prosperi
Provincia Comune Località		Frosinone Km 602 dell'autostrada A1, direzione Roma (ponte 370).
Esposizione		OVEST
Inclinazione del versante		Alla base ove si trova la terra rinforzata circa 60°; sulla scarpata sovrastante circa 50°
Aspetti vegetazionali dell'area		Ambito agricolo, principalmente seminativi.
Lineamenti geomorfologici		Trincea di tufi vulcanici rimaneggiati, incoerenti o litoidi (pozzolane e peperini) H scarpata = 8 20 m;
Obiettivo dell'intervento		Consolidamento scarpata stradale
Tipologie dell'intervento		Gabbionate al piede con geotessuto e riempimento di inerti + terra rinforzata con geosintetici sovrastante
Materiali impiegati		Geosintetici tridimensionali, gabbioni in rete metallica
Dimensioni dell'intervento		H tot = 5 m; H gabbioni = 2 m L tot 300 m H singolo strato terra rinforzata = 0.6 m
Specie vegetali impiegate	Talee	Nessuna
	Piante radicate	Nessuna
Soggetto realizzatore		Caldani Piante srl
Periodo d'intervento		1986
Osservazioni		La colonizzazione vegetale è assente nei gabbioni. Nelle zone superiori (terra rinforzata e scarpata) domina uno strato erbaceo spontaneo con copertura pari al 100% e presenza di isolati individui di *Robinia pseudacacia* Le specie erbacee dominanti sono: *Bromus gussonei, Sinapis sp., Silybum marianum, Avena barbata, Raphanus raphanistrum, Festuca sp., Dactylis glomerata, Agropyron repens, Lolium italicum.*

Vista d’insieme dell’intervento

Particolare del gabbione e della terra rinforzata superiore

Prospettiva dell'intervento

SCHEDA MONITORAGGIO INTERVENTI I.N.

Data 17/05/2002		Compilatore: Paolo Cornelini, Chiara Milanese, Paolo Prosperi
Provincia Comune Località		Frosinone Km 633 dell'autostrada A1, direzione Napoli.
Altitudine		125 m s.l.m.
Esposizione		EST
Inclinazione del versante		Scarpata subverticale
Aspetti vegetazionali dell'area		Ambito agricolo, periurbano.
Lineamenti geomorfologici		Trincea con marne alternate ad arenarie grigie giallastre
Obiettivo dell'intervento		Schermatura vegetale dell'intervento di stabilizzazione con spritzbeton tirantato
Tipologie dell'intervento		Barriera visiva vegetata alla base della scarpata subverticale
Materiali impiegati		Specie arboree e arbustive
Dimensioni dell'intervento		H barriera visiva = 4-5 m Spessore barriera visiva = 5-6 m H parete con spritzbeton = 10-12 m
Specie vegetali impiegate radicate	Talee	Nessuna
	Piante	*Laurus nobilis, Acer campestre, Ligustrum japonicum, Cornus sanguinea, Spartium junceum,Hedera helix.*
Soggetto realizzatore		AUTOSTRADE
Osservazioni		Le siepi presentano piante ben sviluppate d'altezza media pari a 4-5 m; La copertura complessiva è pari al 100%

Barriera visiva vegetata

Vista laterale della siepe

SCHEDA MONITORAGGIO INTERVENTI I.N.

Data 17/05/2002		Compilatori: Paolo Cornelini, Chiara Milanese, Paolo Prosperi
Provincia Comune Località		Frosinone Frosinone Km 628 dell'autostrada A1, direzione Napoli (vicino uscita Frosinone).
Altitudine		200 m s.l.m.
Esposizione		EST
Inclinazione del versante		Circa 50°
Aspetti vegetazionali dell'area		Ambito agricolo, periurbano.
Lineamenti geomorfologici		Scarpata con argille, argille marnose con alternanze di arenarie grigie giallastre gradate in banchi.
Obiettivo dell'intervento		Consolidamento al piede della scarpata autostradale
Tipologie dell'intervento		Muro cellulare in elementi prefabbricati
Materiali impiegati		Elementi in conglomerato cementizio, posizionati in modo alternato e riempiti con materiale sciolto
Dimensioni dell'intervento		H muro = 4-5 m L muro = 80 m
Specie vegetali impiegate	Talee	Nessuna
	Piante radicate	Nessuna
Soggetto realizzatore		AUTOSTRADE
Osservazioni		Rinverdimento spontaneo di specie infestanti negli elementi scatolari. Copertura vegetale negli elementi scatolari = 100% Copertura vegetale complessiva = 50% Specie dominanti presenti: *Avena barbata, Papaver rhoeas, Populus nigra, Robinia pseudacacia, Spartium junceum.*

Prospettiva del muro cellulare

Primo piano degli elementi scatolari con rinverdimento spontaneo

SCHEDA MONITORAGGIO INTERVENTI I.N.

Data 17/05/2002		Compilatori: Paolo Cornelini, Chiara Milanese, Paolo Prosperi
Provincia Comune Località		Frosinone Anagni Linea AV Roma-Napoli altezza Stazione FS Anagni
Esposizione		EST
Inclinazione del versante		Pendenza rilevato ferroviario circa 30°
Aspetti vegetazionali dell'area		Ambito agricolo
Lineamenti geomorfologici		Rilevato della linea AV Roma-Napoli H 10m
Obiettivo dell'intervento		Protezione al piede e sistemazione antierosiva superficiale
Tipologie dell'intervento		Protezione con materassi in pietrame al piede, idrosemina sul rilevato;
Materiali impiegati		Materassi in rete metallica e pietrame
Dimensioni dell'intervento		H scarpata con idrosemina = 7 m , H materasso = 3 m L indefinita
Specie vegetali impiegate	Sementi Talee	Sementi per idrosemina Nessuna
	Piante radicate	Nessuna
Soggetto realizzatore		TAV
Osservazioni		Sulla scarpata idroseminata è presente uno strato erbaceo con una percentuale di copertura vegetale media del 90%. Il cotico erboso è composto in particolare da graminacee tra le quali le specie dominanti sono *Festuca sp., Dactyilis glomerata, Avena barbata, Bromus gussonei.*

Vista prospettica del rilevato ferroviario

SCHEDA MONITORAGGIO INTERVENTI I.N.

Data 23/05/2002		Compilatori: Chiara Milanese, Paolo Prosperi
Provincia Comune Località		Roma Roma Stazione FS Roma Tuscolana
Esposizione		Sud - ovest
Inclinazione del versante		30° circa
Aspetti vegetazionali dell'area		Ambito urbano
Lineamenti geomorfologici		Scarpata ferroviaria su pozzolane violacee e rosse in massa, con abbondanti proietti coriacei bruni e rossigni
Obiettivo dell'intervento		Protezione antierosiva superficiale
Tipologie dell'intervento		Stuoia di paglia e rete di plastica
Materiali impiegati		Stuoia di paglia e rete di plastica
Dimensioni dell'intervento		H 6-8 m L = 200 m
Specie vegetali impiegate	Talee	Nessuna
	Piante radicate	Nessuna
Soggetto realizzatore		Ente FS
Periodo d'intervento		Febbraio 2002
Osservazioni		La ricolonizzazione vegetale sta avvenendo in modo spontaneo, in assenza di interventi di semina. Le specie dominanti sono le seguenti: Specie erbacee: *Sambucus ebulus; Parietaria diffusa; Avena barbata; Bromus gussonei; Fumaria officinalis ; Malva sylvestris; Mercurialis annua; Diplotaxis tenuifolia.* Specie arboree/arbustive: *Ailanthus altissima; Robinia pseudacacia; Paliurus spina-christi; Rubus ulmifolius.* La non perfetta aderenza al suolo della stuoia per carenza d'ancoraggi ha determinato in alcuni tratti un fenomeno di sollevamento della stuoia stessa da parte delle specie erbacee ed arbustive sottostanti La copertura vegetale attuale sulla stuoia è pari a circa il 20% e la vegetazione è distribuita in modo piuttosto uniforme sulla superficie.

Vista d’insieme della scarpata ferroviaria

Primo piano dell’intervento

Particolare della biostuoia

SCHEDA MONITORAGGIO INTERVENTI I.N.

Data 23/05/2002		Compilatori: Chiara Milanese, Paolo Prosperi
Provincia Comune Località		Roma Roma Stazione FS di Villa Bonelli
Esposizione		Sud
Inclinazione del versante		60° (terra rinforzata)
Aspetti vegetazionali dell'area		Ambito urbano
Lineamenti geomorfologici		Rilevato ferroviario su alluvioni recenti
Obiettivo dell'intervento		Consolidamento scarpata ferroviaria
Tipologie dell'intervento		Terra rinforzata con griglia metallica e geosintetici
Materiali impiegati		Griglia metallica a maglia quadrata di tondini di ferro (= 6 mm) Geosintetico Terra di riempimento
Dimensioni dell'intervento		L'intervento si divide in due parti: 1. Terra rinforzata sulla scarpata ferroviaria (H scarpata ext.= 4 m; H scarpata lato treno= 1.5 m; L = 60 m; S = 60°) 2. Terra rinforzata sulla rampa di accesso alla stazione(H = 5,6÷1.4 m; L = 30 m; S = 60°)
Specie vegetali impiegate	Talee Piante radicate	Nessuna Nessuna
Soggetto realizzatore		Ente FS
Periodo d'intervento		
Osservazioni		Per entrambi gli interventi il rinverdimento è spontaneo ed è molto scarso sul fronte, circa il 5%, mentre è piuttosto abbondante sulla parte sommitale e basale delle scarpate dove la pendenza minore consente un accumulo di terreno. Le specie dominanti rilevate sono le seguenti: *Avena barbata; Senecio vulgaris; Fumaria officinalis ; Sonchus oleraceus; Parietaria diffusa; Lolium perenne; Medicago sativa; Anchusa hybrida; Onobrychis viciifolia;Coleostephus myconis; Hordeum leporinum; Orizopsis miliacea; Andryala integrifolia, Sorghum halepense*

Terra rinforzata di sostegno del rilevato ferroviario

Sommità della terra rinforzata con inerbimento spontaneo

22.2 Schede monitoraggio cave

P. Cornelini, N. Ferranti, C. Milanese, P. Prosperi

Le 10 schede allegate sono una rielaborazione delle schede di monitoraggio compilate nel giugno 2002 da P. Cornelini, N. Ferranti, C. Milanese, P. Prosperi.

SCHEDE DI MONITORAGGIO CAVE

CAVA DI CALCARE IN LOCALITA' COLLE LARGO DEL COMUNE DI GUIDONIA (ROMA)	1
Ditta esecutrice:	Buzzi – Unicem
Periodo di intervento:	I lavori di recupero iniziati nel 1979 si sono conclusi nel 1986
Estensione dell'intervento:	La superficie di cava interamente recuperata e di 44 Ha.
Litologia interessata:	Calcare giurassico (massiccio)
Tipologia di cantiere estrattivo:	Cava di monte, culminale, a sviluppo chiuso
Metodo di coltivazione:	Splateamento su più gradoni, con abbattimento mediante perforazione e sparo Gradoni: alzata : 15/20 m pedata : 30 m
Riassetto morfologico:	Rimodellamento dei fronti finali di cava suddivisi in gradoni, mediante diminuzione di alzata (7 m.) e pedata (15 m.); ricolmamento con sterili calcarei ed argillosi provenienti dagli altri cantieri di Colle Grosso e Cesi Grande fino ad avere un profilo continuo a 30/35° di pendenza generale. Totale movimenti di terra per il riassetto morfologico: mc. 760.000
Altitudine	Quota max : 195 m s.l.m. Quota min : 138 m s.l.m.
Esposizione	Esposizione prevalente:Nord - Ovest
Aspetti vegetazionali dell'area	Area agro - pastorale
Finalità del recupero	Naturalistica con ritorno alla situazione ante operam
Tipologie dell'intervento di recupero	Piantagioni di *Quercus cerris* (7 Ha), *Pinus pinea*, *Spartium junceum*, *Nerium oleander*. Semina a spaglio con *Medicago sativa* (specie preparativa per il terreno e con funzioni antierosive) e con idrosemina di un miscuglio di erbacee (*Festuca arundinacea*, *Festuca pratense*, *Festuca rubra*, *Lolium perenne*, *Poa pratensis Trifolium repens*)
Materiali impiegati	Terreno misto, terreno vegetale, piante radicate, sementi

Specie vegetali impiegate	**Talee**	
	Piante radicate	*Quercus cerris (7 Ha), Quercus robur, Quercus ilex, Cerris siliquastrum, Pinus pinea, Spartium junceum, Nerium oleander*
Osservazioni sulla situazione attuale		La copertura, essenzialmente erbacea, è pari al 70% e le specie principali sono le seguenti: *Avena barbata, Bromus madritensis, Vulpia sp,. Galega officinalis, Dactylis glomerata, Eryngium ametistinum, Plantago lanceolata, Papaver rhoeas, Psoralea bituminosa, Trifolium stellatum, Phalaris bulbosa, Trifolium campestre, Foeniculum vulgare, Silene sp.,Raphanus raphanistrum, Anthemis arvensis, Galactites tomentosa, Dasypyrum villosum, Aegilops geniculata, Echium italicum, Inula viscosa, Spartium junceum.* Le specis dominanti sono: *Avena barbata, Bromus madritensis e Vulpia sp.* Nella zona del margine superiore della cava si trovano popolamenti spontanei a *Rubus ulmifolius e Spartium junceum* con rari esemplari di *Ulmus minor*

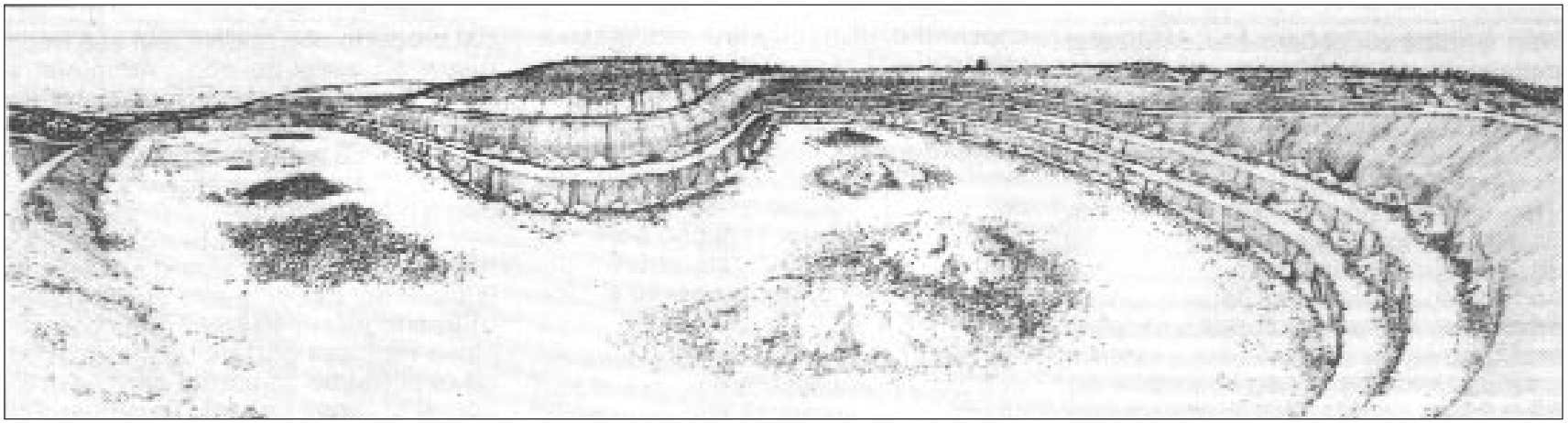


Fig. 1a - Prospetto dei fronti di abbandono e del piazzale a fine lavori estrattivi

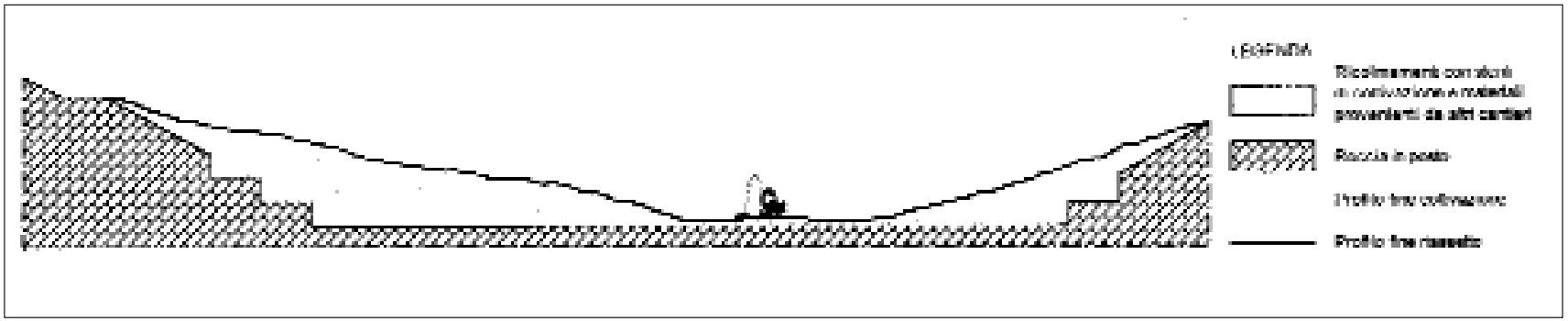


Fig. 1b - Sezione tipo dopo i lavori di riassetto morfologico

CAVA DI CALCARE IN LOCALITA' COLLE LARGO DEL COMUNE DI GUIDONIA (ROMA) 1

Foto 1a - Cantiere estrattivo in corso di coltivazione

Foto 1b - Situazione attuale a recupero avvenuto

CAVA DI CALCARE IN LOCALITA' S. BRUNO DEL COMUNE DI SEGNI (RM)	2
Ditta esecutrice:	ITALCEMENTI S.p.a.
Periodo di intervento:	I lavori di vengono portati avanti a mano a mano che le coltivazioni raggiungono i profili di abbandono su parte dell'area autorizzata. Gli impianti vegetazionali riportati nella documentazione fotografica risalgono al 1990-93
Estensione dell'intervento:	La superficie della cava attualmente recuperata è pari a 5 Ha circa.
Litologia interessata:	Calcare
Tipologia di cantiere estrattivo:	Cava di monte, a mezza costa, a sviluppo aperto
Metodo di coltivazione:	In parte a gradoni multipli, in parte a splateamento su più gradoni con abbattimento mediante perforazione e sparo Gradoni alzata: 20 m. pedata: 5-8 m.
Riassetto morfologico:	Vengono effettuati sulla pedata dei gradoni dei riporti di cappellaccio e terreno vegetale prelevati dalla scopertura della cava di spessore pari a 23 m.
Altitudine	Quota max = 560 m s.l.m. Quota min = 370 m s.l.m.
Esposizione	Esposizione prevalente = Nord
Aspetti vegetazionali dell'area	Ambito forestale: Esposizione est: Lecceta con *Fraxinus ornus, Ostrya carpinifolia, Quercus cerris, Acer sp., Cercis siliquastrum.* Nell'esposizione nord si ha una notevole presenza anche di *Castanea sativa*
Finalità del recupero	Naturalistico
Tipologie dell'intervento di recupero	Idrosemina; piantagione di specie arboree ed arbustive sui gradoni; trattamento di invecchiamento su parte delle alzate dei gradoni

Materiali impiegati		Terreno vegetale, semi, piante radicate.
Specie vegetali impiegate	**Talee**	
	Piante radicate	*Quercus ilex, Quercus cerris, Quercus robur, Castanea sativa, Acer campestre, Pyracantha coccinea*
Osservazioni sulla situazione attuale		Si rileva la presenza di un impianto d'irrigazione sui gradoni. Nell'area degli interventi originali, la vegetazione spontanea di contorno ha ricominciato a colonizzare i gradoni più alti. Le specie erbacee dominanti sono: *Avena barbata, Bromus gussonei, Trifolium stellatum.*

CAVA DI CALCARE IN LOCALITA' S. BRUNO DEL COMUNE DI SEGNI (RM) | **2**

Foto 2a - Situazione attuale: si notano le sistemazioni del fronte a gradoni, i riporti di terreno di scoperta e vegetale, l'attecchimento di essenze arbustive ed erbacee, nonchè, in parte il trattamento di invecchiamento delle alzate dei gradoni superiori

Foto 2b - Particolare aree rivegetative

CAVA DI SABBIA SILICO-FELDSPATICA "MUNICIPIO" IN COMUNE DI PRIVERNO (LT)	3
Ditta esecutrice:	Accornero S.p.a.
Periodo di intervento:	L'intervento di recupero è stato realizzato dal 1989 al 1994
Estensione dell'intervento:	La superficie di cava, totalmente recuperata, ha un'estensione di 25 Ha.
Litologia interessata:	Sabbie eoliche gialle e rosse, silico-feldspatiche, appartenenti alla "duna antica"
Tipologia di cantiere estrattivo:	Cava di pianura, a sviluppo chiuso
Metodo di coltivazione:	Splateamento su più gradoni con abbattimento mediante mezzi meccanici (escavatori)
Riassetto morfologico:	• suddivisione delle scarpate finali in gradoni (alzata: m. 10, pedata: m. 5-8; pendenza 35°-45°); • ridistribuzione degli sterili di coltivazione e del terreno di scopertura preventivamente accantonato e stoccato sui gradoni e scarpate finali per un totale di ca. 400.000 mc. (pendenza media dopo il riassetto 33-37°); • messa in opera di canalette di drenaggio in acciaio corrugato (m. 450).
Altitudine	Quota max: 150 m. s.l.m. Quota min: 75. m. s.l.m.
Esposizione	Esposizione prevalente: Sud-Ovest
Aspetti vegetazionali dell'area	Ambito forestale di macchia mediterranea con significative presenze di *Quercus suber*
Finalità del recupero	Naturalistico con ritorno alla situazione ante-operam
Tipologie dell'intervento di recupero	Semina a prato di essenze erbacee a scopo consolidante ed antierosivo mediante idrosemina e messa a dimora di piantine arboree ed arbustive tipiche della macchia mediterranea in numero di 65.000 (600 essenze arboree per ettaro e 2.000 di cespugliato per ettaro)
Materiali impiegati	Terreno misto (cappellaccio e sterili di coltivazione), sementi

Specie vegetali impiegate	**Talee**	
	Piante radicate	*Quercus suber, Quercus ilex, Quercus robur, Cercis siliquastrum, Phillyrea* sp., *Myrtus communis, Arbutus unedo, Pistacia lentiscus, Genista sp., Crataegus oxyacantha*
Osservazioni sulla situazione attuale		Le specie legnose presenti, sono le seguenti: *Quercus suber, Quercus robur, Quercus ilex, Robinia pseudacacia, Pinus pinea, Spartium junceum, Cistus sp., Arundo donax, Myrtus communis, Phillyrea latifolia, Arbutus unedo, Citysus scoparius, Crataegus oxyacantha.* Sul fondo della cava si ha la presenza di: *Populus nigra e Salix alba*. La copertura da parte della vegetazione arboreo-arbustiva è mediamente pari al 90%. Tra le essenze erbacee si rinvengono: *Festuca arundinacea, Dactylis glomerata, Bromus inermis, Poa pratensis, Phleum pratense, Trifolium* sp.

Foto 3a - Cantiere estrattivo in corso di coltivazione

Foto 3b - Riassetto morfologico: realizzazione della gradonatura nelle scarpate finali e messa in opera delle canalette di drenaggio

Foto 3c - Fase intermedia di recupero

Foto 3d - Situazione attuale

MINIERA DI SABBIA SILICO-FELDSPATICA "RIPA o MUCCHI" IN COMUNE DI PRIVERNO (LT)	4
Ditta esecutrice:	SIBELCO S.p.a.
Periodo di intervento:	Il recupero delle aree estrattive esaurite è iniziato 25 anni fa e prosegue a mano a mano che la coltivazione perviene ai profili di abbandono di scarpate e piazzali. Ogni anno, a settembre, si effettuano gli interventi di idrosemina e gli impianti forestali.
Estensione dell'intervento:	allo stato attuale ca. 10 Ha.
Litologia interessata:	sabbie eoliche gialle e rosse, silico-feldspatiche appartenenti alla "duna antica"
Tipologia di cantiere estrattivo:	miniera di pianura a sviluppo chiuso
Metodo di coltivazione:	Splateamenti successivi con ribasso dei piazzali mediante particolari mezzi meccanici (scraper)
Riassetto morfologico:	• Suddivisione della scarpata finale in gradoni (alzata 10 m., pedata 5-7 m., pendenza 40°); • Riempimenti con argille (scarti di lavorazione) e terreno vegetale precedentemente accantonato e stoccato
Altitudine	Quota min: 20 m s.l.m. Quota max: 75 m s.l.m.
Esposizione	Zona pianeggiante
Aspetti vegetazionali dell'area	Ambito forestale di macchia mediterranea con significative presenze di *Quercus suber*
Finalità del recupero	Naturalistico con ritorno alla situazione ante-operam
Tipologie dell'intervento di recupero	Semina a prato di essenze erbacee a scopo consolidante ed antierosivo mediante idrosemina e piantagione di specie arboree tipiche della macchia mediterranea
Materiali impiegati	Terreno misto (cappellaccio e scarti di lavorazione), terra vegetale, reti di juta, picchetti metallici ricurvi di 30 cm, semi, piante (sono state impiegate oltre 8000 piantine).

Specie vegetali impiegate	**Talee**	
	Piante radicate	*Quercus ilex, Quercus suber, Quercus pubescens, Pinus pinea, Arbutus unedo, Pistacia lentiscus, Cytisus scoparius, Ligustrum sp.*
Osservazioni sulla situazione attuale		Le piantine messe a dimora hanno un'altezza di 40 cm.; dopo la messa a dimora si effettuano le cure colturali, per i primi 2/3 anni. In particolare si svolgono le operazioni di diserbo manuale, con cimazioni ed irrigazione. L'impianto di irrigazione è fisso e l'irrigazione viene effettuata da maggio a settembre, con cadenza di tre - quattro volte alla settimana. Le reti di juta tendono a degradarsi nel giro di due anni circa. L'impianto di *Pinus pinea* riguarda solo i primi gradoni recuperati molti anni fa, successivamente è stata fatta la scelta di impiego di specie mediterranee per attuare una migliore ricucitura con la realtà vegetazionale circostante. Le specie utilizzate nell'idrosemina sono un mix di graminacee e leguminose effimere che preparano il terreno all'ingresso delle specie erbacee spontanee più adatte al sito. Le specie erbacee dominanti sono le seguenti: *Anthemis arvensis, Coniza canadensis, Cistus salvifolius, Euphorbia sp., Andryala sp, Avena barbata, Briza maxima, Trifolium campestre, Vicia villosa, Inula viscosa, Chenopodium album, Cynosorus echinatus, Carduus nutans, Hypericum perforatum.* Si ha anche la presenza di una specie arbustiva spontanea: *Heliantemum* sp., e di canne: *Arundo donax*, La copertura della vegetazione erbacea è pari al 75%, quella arboreo arbustiva al 15%; nella parte alta dei gradoni il pino copre anche il 90% del suolo. Il costo dell'intervento di recupero compresa l'irrigazione e le cure colturali è pari a 5,70 €/m^{-2}.

Foto 4a - Situazione attuale: vista delle scarpate recuperate (la coltivazione prosegue nel piazzale di base)

Foto 4b - Particolare recupero

Foto 4c - Particolare: rete in geostuoia ed essenze erbacee

Foto 4d - Particolare: un irrigatore fisso

CAVA DI LAPILLO VULCANICO IN LOCALITA' TERRAROSSA DEL COMUNE DI VALENTANO (VT)	5
Ditta esecutrice:	POZZOLANA MONTENERO S.a.s.
Periodo di intervento:	L'intervento di recupero è terminato negli anni 1997-1998
Estensione dell'intervento:	4 Ha ca.
Litologia interessata:	Vulcaniti vulsine
Tipologia di cantiere estrattivo:	Cava di monte a mezza costa, a sviluppo aperto
Metodo di coltivazione:	A gradoni multipli, con abbattimento iniziale a mano, poi con mezzi meccanici (escavatore)
Riassetto morfologico:	• Suddivisione delle scarpate finali a gradoni (alzata m. 10, pedata m. 5/6, pendenza 60°).
Altitudine	Quota max: 590 m s.l.m. Quota min:500 m s.l.m.
Esposizione	Esposizione prevalente: Est – Nord - Est
Aspetti vegetazionali dell'area	Ambito urbano con robinieti ; sulla sommità del Monte Saturnina, e al contorno della cava si rinviene una vegetazione con bosco ceduo di *Castanea sativa.*
Finalità del recupero	Recupero della cava anche a fini paesaggistici considerata la vicinanza con l'abitato di Valentano.
Tipologie dell'intervento di recupero	Sui gradoni sono state messe a dimora due filari di piante, con pane di terra, sfalsati tra loro. Il lavoro di gradonamento e piantagione è stato effettuato contestualmente all'abbandono della parte di cava non più oggetto di scavo e alla prosecuzione del fronte di scavo a quote ed in aree diverse. Per quanto concerne la messa a dimora delle piantine, questa è stata effettuata nei periodi di settembre-ottobre o in alternativa marzo-aprile e sono state concimate per due o tre anni dopo la messa a dimora. Non è stato riportato terreno vegetale in quanto il substrato a lapillo risulta naturalmente ricco di azoto.
Materiali impiegati	

Specie vegetali impiegate	**Talee**	
	Piante radicate	*Robinia pseudacacia*
Osservazioni sulla situazione attuale		

CAVA DI LAPILLO VULCANICO IN LOCALITA' TERRAROSSA DEL COMUNE DI VALENTANO (VT)	5

Foto 5a - Vista generale del fronte cava e del piazzale e recupero avvenuto

Foto 5b - Particolare degli impianti forestali

CAVA DI SABBIA E GHIAIA IN LOCALITA' POGGIO CAPORALE DEL COMUNE DI GROTTE SANTO STEFANO (VT)	6
Ditta esecutrice:	MARCELLINI S.r.l.
Periodo di intervento:	anni 1995-96
Estensione dell'intervento:	La superficie totale della cava, interamente recuperata, è di ca. 6 Ha.
Litologia interessata:	Ghiaie e sabbie
Tipologia di cantiere estrattivo:	Cava di pianura, a fossa
Metodo di coltivazione:	Splateamento su un gradone con abbattimento mediante mezzi meccanici (escavatore)
Riassetto morfologico:	• Rimodellamento realizzato mediante ricolmamento dello scavo (fossa) con spessori di materiale fino ad un massimo di 15 m. in modo da pervenire ad una morfologia finale costituita da una scarpata a monte ed un terreno quasi pianeggiante a valle (10°-15° max di pendenza). • I materiali di riporto sono gli sterili di coltivazione, il cappellaccio ed il terreno vegetale accantonati e stoccati ad inizio cantiere. • La scarpata, a monte, finale, ha una altezza di ca. 10/15 m. ed una pendenza di 35-40°.
Altitudine	Quota max: 176 m s.l.m. Quota min: 160 m s.l.m.
Esposizione	Esposizione prevalente: Nord-Ovest
Aspetti vegetazionali dell'area	Ambito agro- forestale costituito da formazioni a prevalenza di cerro (*Quercus cerris*) in consociazione con *Quercus pubescens, Ostrya carpinifolia, Fraxinus ornus*, e sottobosco a *Prunus spinosa, Crataegus monogyna, Acer campestre* ed ingressioni di *Robinia pseudacacia* nelle zone di margine.
Finalità del recupero	Recupero della cava e ripristino per uso agricolo.
Tipologie dell'intervento di recupero	

<table>
<tr><td colspan="2">Materiali impiegati</td><td>Sterili di coltivazione, cappellaccio, terreno vegetale di scoperta</td></tr>
<tr><td rowspan="2">Specie vegetali impiegate</td><td>Talee</td><td></td></tr>
<tr><td>Piante radicate</td><td></td></tr>
<tr><td colspan="2">Osservazioni sulla situazione attuale</td><td>L’area, recuperata all’uso agricolo, è di proprietà della stessa società estrattiva, ed è stata coltivata fino alla passata stagione; attualmente il terreno è a riposo.
Il rinverdimento delle scarpate circostanti è avvenuto spontaneamente in particolare si riscontrano:
Zona pianeggiante a riposo colturale: Medicago sativa, Papaver rhoeas, Silene alba, Convolvulus arvensis, Avena barbata, Lolium perenne, Dactylis glomerata.
Zona depressa compresa tra parte pianeggiante e scarpata: in questa zona si è instaurata spontaneamente una vegetazione igrofila a Populus nigra e Salix alba.
Zona di scarpata: la copertura vegetale pari al 100% è costituita principalmente da specie erbacee quali, Holcus lanatus, Hypericum perforatum, Clematis vitalba, Daucus carota, Picris hieracioides, Silene alba, e da esemplari arbustivi di Cornus sanguinea.</td></tr>
</table>

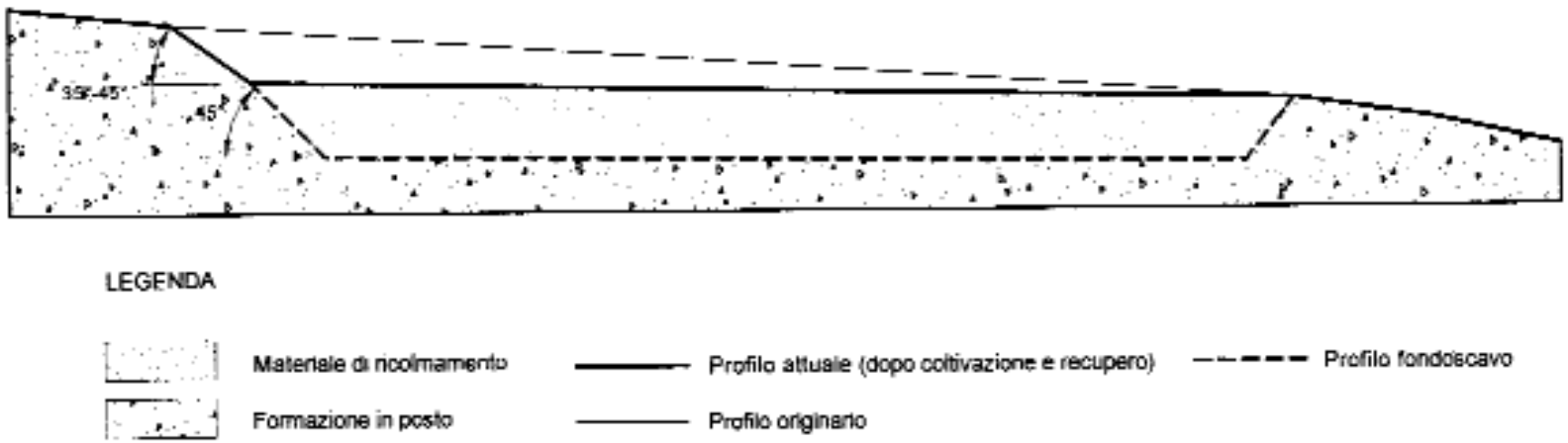


Fig. 6a - Schema sezione tipo

CAVA DI SABBIA E GHIAIA IN LOCALITA' POGGIO CAPORALE 6

Foto 6a - Situazione attuale: a sinistra la scarpata, al centro l'area di cava ricolmata e destinata ad uso agricolo

Foto 6b - Particolare della scarpata e delle aree sub-pianeggianti

CAVA DI TUFO IN LOCALITA' PIANA PERINA DEL COMUNE DI RIANO (RM)		7
Ditta esecutrice:		CAVE RIUNITE S.r.l.
Periodo di intervento:		1985-1991
Estensione dell'intervento:		8 Ha non unitari
Litologia interessata:		Tufo giallo
Tipologia di cantiere estrattivo:		Cava di monte, a mezza costa, a sviluppo aperto
Metodo di coltivazione:		Splateamenti successivi, con taglio mediante apposite macchine tagliatrici a dischi dentati
Riassetto morfologico:		Riporto di terreno di scoperta e vegetale sui piazzali di cava
Altitudine		Quota max: 100 m. s.l.m. Quota min: 40 m. s.l.m.
Esposizione		Prevalente: Nord-Ovest
Aspetti vegetazionali dell'area		Area agro-pastorale
Finalità del recupero		Recupero agricolo dei piazzali di cava
Tipologie dell'intervento di recupero		Impianto di noci da frutto e da legno
Materiali impiegati		Terreno composto (cappellaccio, sfridi di coltivazione, terreno vegetale), piante, sementi
Specie vegetali impiegate	**Talee**	
	Piante radicate	*Juglans regia, J. nigra (40%)*

Osservazioni sulla situazione attuale	La zona recuperata è stata adibita a coltura agricola; 8 Ha sono stati piantumati con noci da frutto e da legno (sesto 7x7, ma distribuzione irregolare delle due specie). La vicinanza con il fosso di Piana Perina assicura un buon apporto idrico. Al di sotto dei noci e su altri 20 Ha è stata seminata erba medica, che si accompagna a piante spontanee di rucola, *Malva sylvestris, Verbascum* sp., *Silene vulgaris, Foeniculum vulgare, Hypochoeris radicata.* Sul pendio incolto vegetano inoltre *Inula viscosa, Rubus* sp., *Artemisia vulgaris, Chrozophora tintoria, Cichorium intybus.* Sulle sponde del fosso ed in prossimità di una vallecola tra la zona recuperata e la cava, anche per superficialità della falda, si ri trovano *Populus nigra, P. alba, Salix alba, Sambucus nigra, S. racemosa, Valeriana* sp., *Clematis vitalba.* La vegetazione naturale ancora presente su alcuni speroni di roccia non soggetti a sfruttamento minerario ospitano *Spartium junceum, Quercus ilex, Q. pubescens, Fraxinus ornus, Ulmus minor, Crataegus monogyna, Erica scoparia, Cistus* sp., *Hedera helix.*

Foto 7a - Sistemazione del piazzale di cava a coltura agricola (noci da frutto e da legno)

Foto 7b - Vegetazione dei fronti di cava dismessi e delle aree circostanti

CAVA DI ARGILLA IN LOCALITA' VALLERICCA DEL COMUNE DI ROMA (RM)		8
Ditta esecutrice:		FORNACI D.C.B. S.r.l.
Periodo di intervento:		anni '70
Estensione dell'intervento:		2 Ha
Litologia interessata:		Argilla
Tipologia di cantiere estrattivo:		Cava di pianura, a fossa
Metodo di coltivazione:		Mediante escavatore a fune (drag-line)
Riassetto morfologico:		Rimodellamento del fondo cava e delle scarpate con mezzi meccanici
Altitudine		Quota max: 120 m. s.l.m. Quota min: 55 m. s.l.m.
Esposizione		Prevalente: Nord
Aspetti vegetazionali dell'area		Area agricola
Finalità del recupero		Laghetto di pesca sportiva ed area ricreativa
Tipologie dell'intervento di recupero		Impianti erbacei e di specie arboree ed arbustive lungo le sponde laghetto
Materiali impiegati		Piante radicate
Specie vegetali impiegate	**Talee**	
	Piante radicate	*Populus nigra var. italica*, *Tilia* sp., *Platanus* sp., *Pyracanta coccinea*

Osservazioni sulla situazione attuale	L'area della ex cava ricade nel Parco Naturale della Marcigliana; una depressione scavata circa 40 anni fa nella zona a valle per fini estrattivi, adiacente alla strada, successivamente riempita di acqua ed è stata, in seguito a ciò, adibita a laghetto di pesca sportiva. Le acque meteoriche provenienti dalle colline sovrastanti attraverso un impluvio, prima di immettersi nel laghetto, vengono filtrate da un canneto a *Phragmites australis* spontaneo. Intorno al laghetto è stata attrezzata un'area per pic-nic. Sulle rive del laghetto nascono *Rubus* sp., e *Lythrum salicaria*.

CAVA DI ARGILLA IN LOCALITA' VALLERICCA DEL COMUNE DI ROMA (RM) 8

Foto 8a - Vista generale del sito estrattivo recuperato a laghetto per pesca sportiva e spazio ricreativo per pic-nic

CAVA DI CALCARE IN LOCALITA' MONTE PENNINO DEL COMUNE DI NOCERA UMBRA (PG)		9
Ditta esecutrice:		OMYA S.p.a.
Periodo di intervento:		I lavori di recupero sono iniziati congiuntamente all'inizio della coltivazione del nuovo cantiere nel 2000.
Estensione dell'intervento:		La superficie di cava recuperata al 2003 è di Ha. 3
Litologia interessata:		Calcare massiccio
Tipologia di cantiere estrattivo:		Cava di monte, a mezza costa, a sviluppo aperto
Metodo di coltivazione:		Splateamento su un gradone, con abbattimento mediante perforazione e sparo (preminaggio)
Riassetto morfologico:		• Rimodellamento della scarpata finale a microgradoni (alzata max 1,50 m. x 2,50 m. max di pedata, pendenza 30°40°). • Riporti di terreno vegetale misto a sterili di coltivazione precedentemente accantonati e stoccati sui microgradoni fino a completo riempimento.
Altitudine		Quota max: 1.350 m. s.l.m. Quota min: 1.050 m. s.l.m.
Esposizione		Prevalente: Nord
Aspetti vegetazionali dell'area		Pascoli montani e bosco con presenza di faggio, carpino nero, orniello, acero di monte, sorbo montano
Finalità del recupero		Naturalistico con ritorno alla situazione ante-operam
Tipologie dell'intervento di recupero		Semina di essenze erbacee mediante idrosemina ed impianto di essenze arboree
Materiali impiegati		Terreno composto (cappellaccio, sterili di coltivazione, terreno vegetale), piante, sementi
Specie vegetali impiegate	**Talee**	
	Piante radicate	*Acer pseudoplatanus, Fagus sylvatica*

Osservazioni sulla situazione attuale	La metodologia di coltivazione adottata consente (vedi foto 9a) uno sfasamento temporale minimo tra coltivazione, riassetto e rivegetazione del versante; i microgradoni riempiti danno inoltre la possibilità di un profilo continuo nella scarpata finale celando completamente così i segni dell'attività estrattiva. Le essenze erbacee rinvenute sono: *Festuca arundinacea, Festuca ovina, Festuca rubra, Lolium perenne, Onobrychis viciifolia.* Gli impianti arborei contemplano la maggior parte delle specie autoctone locali.

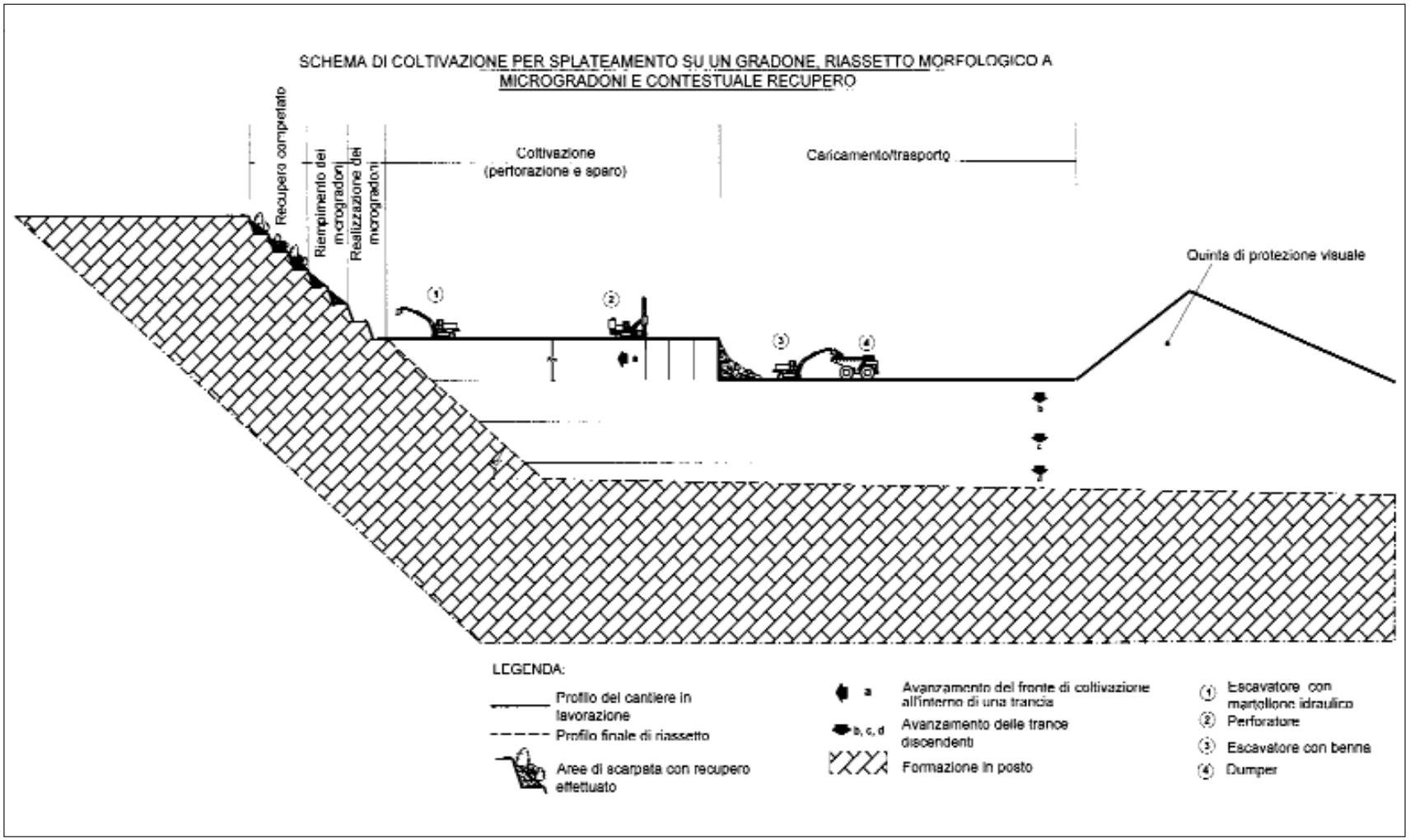

SCHEMA DI COLTIVAZIONE PER SPLATEAMENTO SU UN GRADONE, RIASSETTO MORFOLOGICO A MICROGRADONI E CONTESTUALE RECUPERO
Recupero completato
Riempimento dei microgradoni
Realizzazione dei microgradoni
Coltivazione (perforazione e sparo)
Caricamento/trasporto
Quinta di protezione visuale
LEGENDA:
Profilo del cantiere in lavorazione
Profilo finale di riassetto
Aree di scarpata con recupero effettuato
Avanzamento del fronte di coltivazione all'interno di una trancia
Avanzamento delle trance discendenti
Formazione in posto
Escavatore con martellone idraulico
Perforatore
Escavatore con benna
Dumper

Fig. 9a

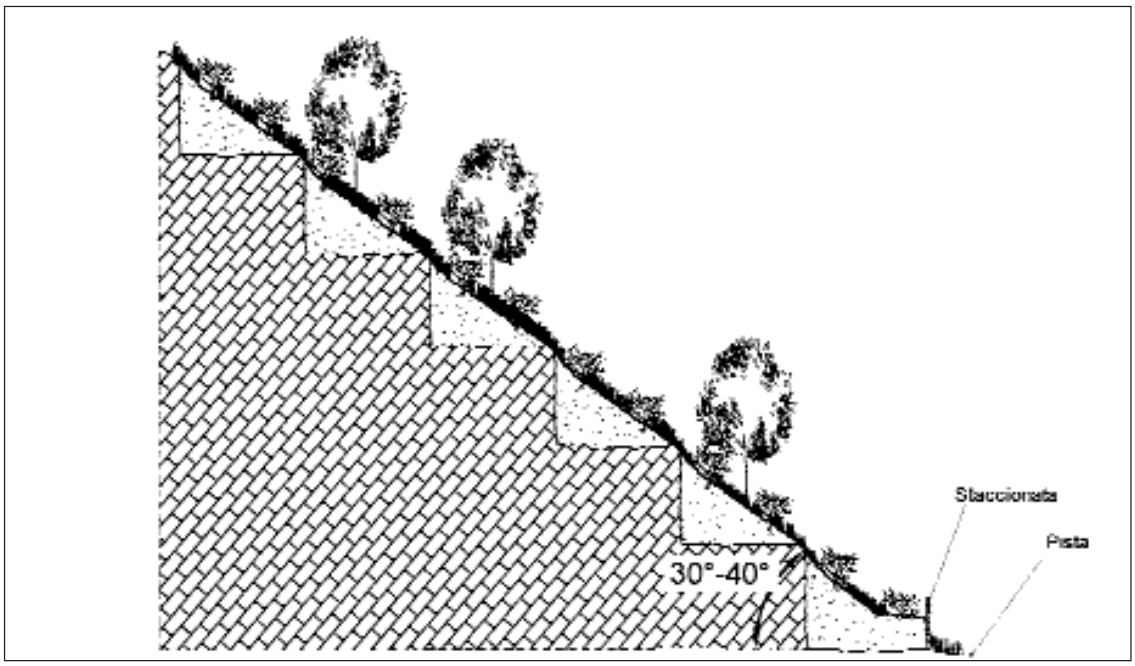


Fig. 9b - Suddivisione della scarpata finale in microgradoni

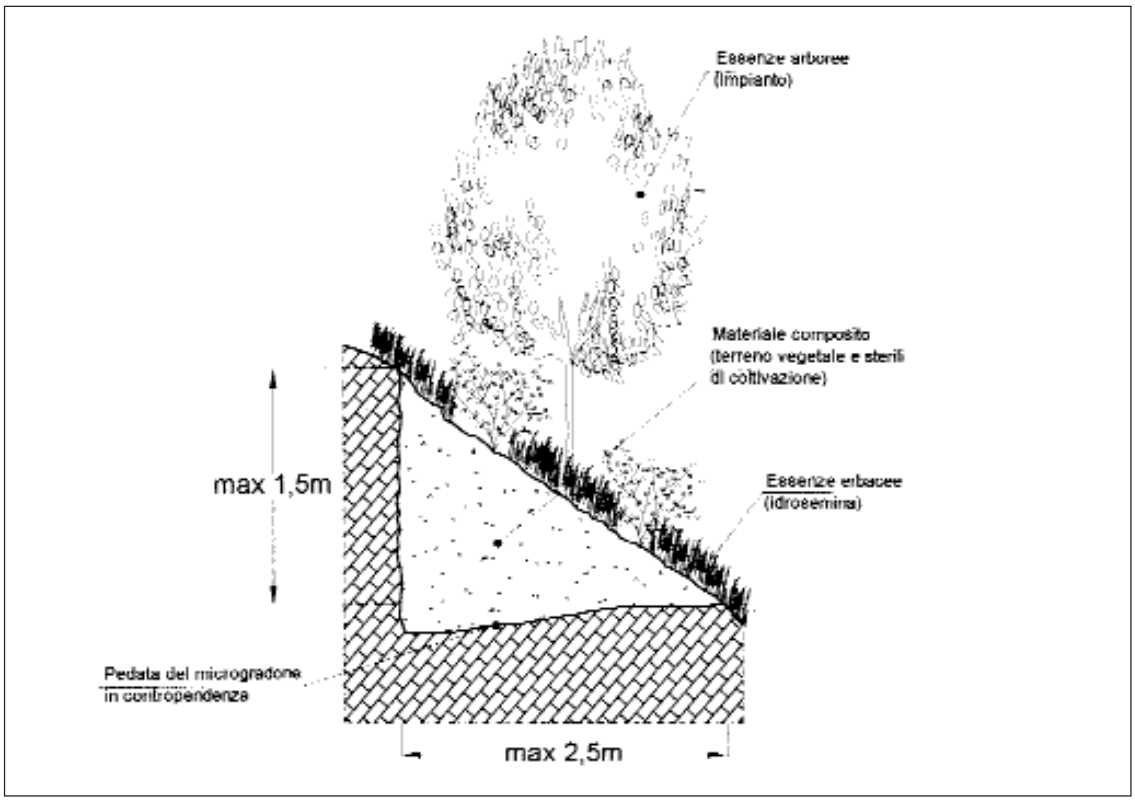


Fig. 9c - Particolare microgradone

Foto 9d - Cantiere estrattivo in laavorazione; si nota a monte la scarpata finale già rinverdita, al centro i microgradoni riempiti in attesa degli impianti vegetali, in basso il piazzale di cava ed i microgradoni in corso di realizzazione con l'escavatore

Foto 9e - La medesima area di intervento di cui sopra a recupero completato

CAVA DI DETRITO CALCAREO IN LOCALITA' CORVIANA DEL COMUNE DI S. SEVERINO (MC)	10
Ditta esecutrice:	MAROZZI BRUNO E MIRELLA S.n.c.
Periodo di intervento:	2001-2002
Estensione dell'intervento:	mq. 8.700
Litologia interessata:	Detriti di falda (calcarei)
Tipologia di cantiere estrattivo:	Cava di monte, a mezza costa, a sviluppo aperto
Metodo di coltivazione:	Splateamenti successivi
Riassetto morfologico:	Regolarizzazione della scarpata finale a profilo continuo (pendenza generale 30°35°)
Altitudine	350 m. s.l.m.
Esposizione	Prevalente: Nord-Est
Aspetti vegetazionali dell'area	Bosco ceduo (*Quercetalia pubescensis petraea)*
Finalità del recupero	Naturalistico e forestale
Tipologie dell'intervento di recupero	Zollatura e trapianto di parte delle specie arboree presenti in loco prima dell'attività estrattiva; semina a spaglio delle erbacee.
Materiali impiegati	Terreno misto, cappellaccio, terreno vegetale, piante autoctone trapiantate, sementi, viminate.

Specie vegetali impiegate	**Talee**	
	Piante radicate	*Quercus pubescens (40%), Ostrya carpinifolia (10%), Fraxinus ornus (10%), Carpinus betulus (10%), Quercus cerris (10%), orbus aria (10%), Acer obtusatum (10%)*
Osservazioni sulla situazione attuale		Per le essenze erbacee sono state effettuate semine a spaglio in periodo autunnale alla dose di 0,04 Kg/mq di un miscuglio che comprende specie quali *Festuca pratensis (24%), Festuca rubra (15%), Arrhenatherum elatius (10%)m Poa pratensis (10%), Dactylis glomerata (5%), Trifolium repens (4%), Lotus cornicolatus (4%), Phleum pratense (3%), Achillea millefolium (2%), Agrostis tenuis (2%), Lathyrus pratensis (2%), Medicago lupulina (2%), Onobrichis viciifolia (2%), Sanguisorba minor (2%), Trifolium pratense (2%), Anthyllis vulneraria (1%), Carum Carvi (1%), Cynosurus cristatus (1%), Trisetum flavescens (1%), Vicia sativa (1%), Dau cus carota (0,8%), Chrysanthemum leucanthemum (0,8%).* I trapianti di essenze arboree hanno avuto un attecchimento pari a ca. il 90%

Foto 10a - Sezione trasversale

Foto 10b - Particolare intervento a lavori appena eseguiti

22.2.1 Riqualificazione di un'area degradata di ex cava

PROGETTO: "*Recupero della ex cava di Meana: intervento di riqualificazione ambientale nella Riserva Naturale regionale Tevere-Farfa" Regione Lazio.* (finanziato dall'Unione Europea nell'ambito del programma Life Natura 1997). Progettazione e Direzione Lavori: geologo G. Bovina, geologo C. Callori di Vignale, architetto M. Mari.

UBICAZIONE GEOGRAFICA: La Riserva Naturale Regionale Tevere-Farfa, è situata in Provincia di Roma, nel territorio dei Comuni di Nazzano e Torrita Tiberina, lungo il basso corso del Fiume Tevere. L'area della Riserva è estesa per circa 700 ettari, la metà dei quali è occupata dalle anse del fiume, dal Lago di Nazzano e dal tratto terminale del torrente Farfa, che confluisce nel Tevere in riva sinistra, a circa 1500 metri dalla diga ENEL.

E' situata a margine dell'area romana, 50 km a nord della capitale, ed è vicina ad importanti vie di comunicazione, quali l'autostrada A1 Roma-Firenze e la ferrovia Roma-Firenze.

Il sito d'intervento è ubicato in riva destra al fiume, in prossimità della diga ENEL che costituisce il limite meridionale della Riserva.

INQUADRAMENTO FISICO AMBIENTALE DELL'AREA: Il bacino lacustre di Nazzano ha origine dallo sbarramento del Tevere realizzato negli anni 1953-1955 dall'ENEL per scopi idroelettrici. Le modificazioni indotte sull'alveo fluviale e sulle aree ripariali hanno portato alla formazione di un invaso di circa 300 ettari, con caratteri morfologici, paesaggistici e naturalistici tipici di un ambiente lacustre.

La Riserva Naturale Regionale "Tevere Farfa" è sorta nel 1979 con lo scopo di tutelare tale ecosistema che, pur creato artificialmente, ha acquistato una rilevanza naturalistico ambientale importante per la vita di numerosi organismi, ed in particolare per la sosta e la nidificazione dell'avifauna acquatica che segue la direttrice migratoria del corso del Tevere.

Anche la vegetazione ripariale assume un aspetto monumentale, simile all'antica foresta umida di pianura che un tempo ricopriva questi territori.

In questo contesto si inserisce la ex cava di Meana che ha estratto inerti in alveo fino a circa 10 anni fa. L'areale d'intervento, di circa 8 ettari adiacente alla riva del fiume, veniva utilizzato come zona di trattamento e stoccaggio del materiale lavorato. Si presenta quindi come una spianata pressoché sterile, dal piano di sedime costituito da ciottolame di diversa pezzatura a giacitura caotica, sovrastante i sedimenti alluvionali limo argillosi. I settori marginali interni sono occupati da una serie di vasconi in arginatura naturale, morfologicamente più depressi, utilizzati come bacini di decantazione del materiale fine presente nelle acque di lavaggio.

OBIETTIVI DEL PROGETTO: le strategie che hanno guidato la stesura del progetto sono sinteticamente così riassumibili:

- Restituire l'area alla naturale evoluzione, ricucendo una continuità ambientale con le fasce contigue, permettendo la ricolonizzazione da parte della numerosa fauna presente;
- Recuperare un'area degradata all'interno di una Riserva di elevata valenza ambientale;
- Costruire un "laboratorio" di carattere scientifico e didattico, a servizio della sperimentazione, della fruizione e della didattica;
- Inserire l'area della cava in un complesso e più esteso sistema di servizi messo in atto dall'Ente gestore della Riserva;
- Utilizzo di tecniche realizzative a bassa energia ed impatto nullo.

Su queste basi la progettazione ha previsto la realizzazione di un neoecosistema umido paranaturale, in cui si è riprodotto – a scala ridotta – l'ambiente fluviale in tutte le sue componenti: la sorgente da cui nasce il fiume con i meandri, i raschi, le pozze e le rapide, le aree di esondazione, le pozze stagionali per gli anfibi, l'immissione nel lago ed il fosso emissario. L'intera area è percorsa da un sentiero di visita corredato da pannellistica illustrante i diversi habitat, la vegetazione e la fauna.

REALIZZAZIONE DELL'INTERVENTO:

La progettazione esecutiva è stata preceduta da uno studio delle componenti ambientali del sito: analisi floristico vegetazionale, faunistica, idrologica ed idrogeologica e da un rilievo topografico di grande dettaglio. Dall'indagine conoscitiva si sono ricavati gli elementi necessari alla progettazione:

- L'alimentazione idrica avviene per gravità, attraverso un tubo sotterraneo che pesca nel Tevere, e che emerge mascherato con blocchi di arenaria (la sorgente) a 12 metri di distanza dalla riva. Una saracinesca applicata al tubo di mandata permette di controllare il flusso di acqua. Poiché il livello del fiume Tevere è regolamentato dalla gestione della diga, al sistema di alimentazione è accoppiata una pompa elettrica sommersa che entra in funzione solamente quando il battente idraulico è inferiore al tubo di derivazione.
- Il "fiume" si sviluppa per una lunghezza di 350 metri su un dislivello di soli 80 cm tra il punto di ingresso (la sorgente) ed il punto di uscita (canale emissario). Scorre fino all'immissione nel "lago" con andamento meandriforme, interrotto da raschi e rapide; a lato sono state create due aree di esondazione che si allagano sia naturalmente, durante la stagione umida, che in modo indotto agendo sulla saracinesca. Il tal modo è possibile

creare, a scopi didattici, l'effetto straripamento del "fiume" nelle fasce ripariali. Per la tenuta idraulica si è utilizzata argilla di cava spalmata, per uno spessore di 20 cm, sull'alveo scavato. Dato l'esiguo dislivello si è posto particolare cura, in fase realizzativa, nella verifica della livelletta topografica allo scopo di trasferire nella realtà quanto calcolato al centimetro sul progetto.

- Il "lago" è stato ricavato dal rimodellamento di uno dei vasconi di decantazione del lavaggio, con rive sinuose e pareti a tratti verticali, ottenendo una superficie bagnata di circa 1400 mq ed una profondità massima di 1 metro. L'impermeabilizzazione è stata fatta con manti bentonitici protetti da uno spessore di 30 cm di materiale inerte. Una soglia di tracimazione, costituita da una canaletta in legno e pietra attraverso l'argine, permette all'acqua di fuoriuscire dal lago ed allagare un folto bosco igrofilo esistente al margine dell'area di intervento.
- Per interrompere la monotonia altimetrica dell'area, al contorno del sistema fluviale sono stati realizzati due rilievi utilizzando, come ossatura inerte, il materiale di sbancamento ricoperto da uno spessore di 50 cm di terreno vegetale per favorire il reimpianto delle specie vegetali. Si è creata in tal modo la "collina delle farfalle", con piante arbustive ospiti per diverse farfalle ed insetti e la "collina del bosco misto" con elementi arborei tipici della successione ripariale.
- A completamento della sistemazione morfo-idraulica, finalizzato ad una fruizione didattica, è stato realizzato un sentiero lungo 750 metri, dal fondo in asfalto ecologico e con pendenze idonee ad una percorrenza anche per disabili. Il camminamento è corredato da pannelli che illustrano i diversi ambienti attraversati. All'ingresso dell'area un piccolo anfiteatro in terra, con le gradinate contenute da viminate, viene utilizzato come aula didattica all'aperto.

DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA

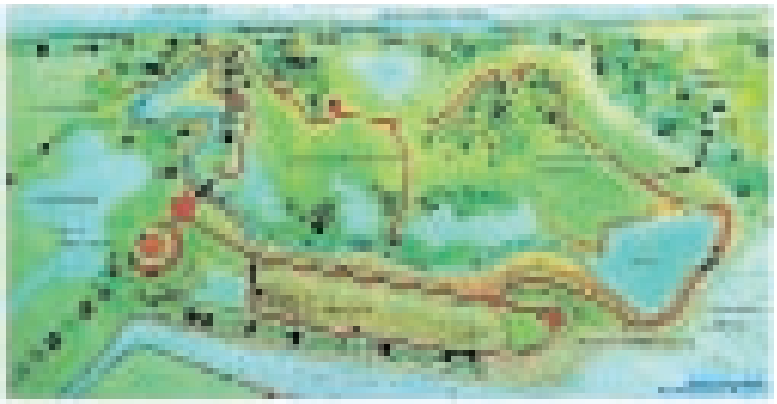


Fig. 22.2.1.1 - Planimetria generale di progetto

Foto 22.2.1.1 – Vista panoramica dell'area prima dell'intervento.
Al centro il filare di pioppi nel vestito invernale.

Foto 22.2.1.2 – Stessa panoramica della foto 1 a 3 anni dall'intervento.
Sullo sfondo il filare di pioppi. Al centro un meandro del "fiume", sommerso dalla ricca vegetazione spontanea.

Foto 22.2.1.3 – Vista panoramica di un'area di esondazione in fase di allagamento

Foto 22.2.1.4 – Stessa panoramica della foto 3 dopo 3 anni dall'intervento. Sulla sinistra la "collina delle farfalle"

Foto 22.2.1.5 – Vista di un'area di esondazione appena allagata. Sullo sfondo un'ansa del "fiume" e l'aula anfiteatro

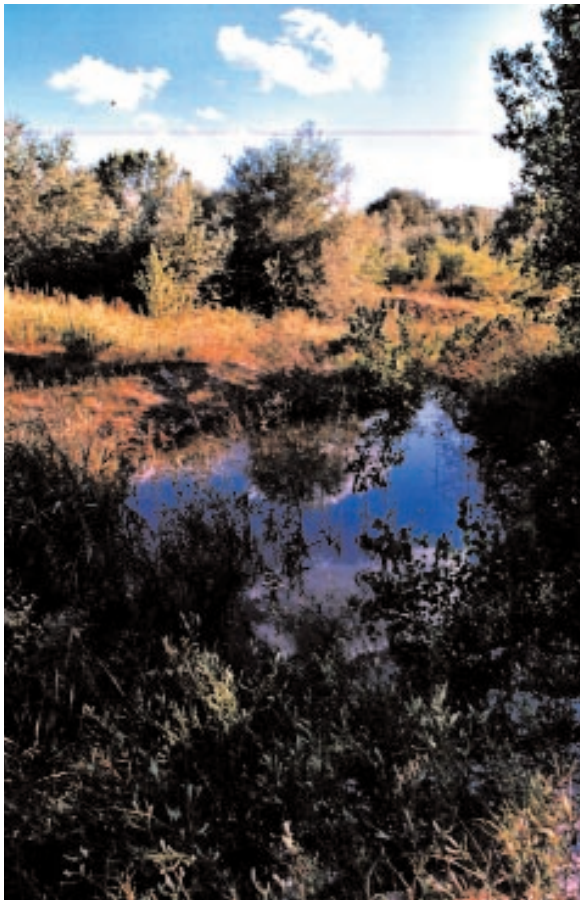


Foto 22.2.1.6 – Stessa visuale della foto 5 dopo 3 anni dall'intervento

22.3 Schede interventi costieri

SCHEDA MONITORAGGIO INTERVENTI I.N.

Data 05/05/2003		Compilatore Paolo Cornelini, Aleandro Tinelli
Provincia Comune Località		Roma Fiumicino Oasi WWF di Macchia Grande
Altitudine		2-5 m slm
Esposizione		
Inclinazione del versante		
Aspetti vegetazionali dell'area		Macchia mediterranea, lecceta , canneti
Lineamenti geomorfologici		Area lagunare con dune
Obiettivo dell'intervento		Sperimentazione di tecniche IN in cantiere didattico AIPIN Consolidamento spondale a protezione dell' osservatorio rialzato sullo stagno di Focene Opere di ripopolamento anfibi nello stagno didattico artificiale
Tipologie dell'intervento		• messa a dimora di specie legnose radicate e di talee • trapianto dal selvatico di piccoli lembi di canneto e di ammofileto • rullo spondale con fascine e zolle di canne con biofeltro • repellente di ramaglia a strati
Materiali impiegati		Pali di eucalipto D 15 cm biofeltro
Dimensioni dell'intervento		Circa 10 m di consolidamento spondale
Specie vegetali impiegate	Talee	*Tamarix sp.pl.* Rizomi di *Phragmites australis*
	Piante radicate	
Soggetto realizzatore		Cantiere didattico AIPIN
Periodo d'intervento		Marzo 1998
Osservazioni		Il lavoro rappresenta uno dei primi interventi di consolidamento spondale in ambito mediterraneo lagunare che ha visto il largo impiego delle tamerici e la sperimentazione del legno di eucalipto

Lavori di realizzazione di repellente di ramaglia a strati per il ripopolamento anfibi nello stagno didattico (marzo 1998)

Trapianto di ammofila (marzo 1998)

Lavori di realizzazione del rullo spondale con fascine e zolle di canne (marzo 1998)

L'area dopo 1 anno (marzo 1999)

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	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	1,00	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	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	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	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			**€/m^2**	**52,52**	**€/m^2**	**49,84**	**€/m^2**	**52,59**	**€/m^2**	**52,95**	**€/m^2**	**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	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	9,20	€/m2	8,82	€/m2	9,21	€/m2	9,26	€/m2	9,77
SICUREZZA 6%	€/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	**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			**€/m²**	**86,47**	**€/m²**	**83,13**	**€/m²**	**86,55**	**€/m²**	**87,01**	**€/m²**	**91,41**

PER SPESE GENERALI IL 14 % (ex delibera 37/2000 autorità vigilanza LLPP)			€/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	9,86	€/m2	9,48	€/m2	9,87	€/m2	9,92	€/m2	10,42
SICUREZZA 6%			€/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	**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			**€/m²**	**3,48**	**€/m²**	**3,24**	**€/m²**	**3,49**	**€/m²**	**3,52**	**€/m²**	**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			**€/m³**	**226,36**	**€/m³**	**219,61**	**€/m³**	**223,43**	**€/m³**	**223,98**	**€/m³**	**228,95**

PER SPESE GENERALI IL 14 % (ex delibera 37/2000 autorità vigilanza	€/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	25,81	€/m3	25,04	€/m3	25,47	€/m3	25,53	€/m3	26,10
SICUREZZA 6%	€/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	**300,89**	€/m3	**291,92**	€/m3	**296,99**	€/m3	**297,73**	€/m3	**304,33**

ELENCO PREZZI (fonte AIPIN)	
01.00.00	**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)**

01.01.00	**ROMA**		
	Operaio specializzato	€/ora	20,37
	Operaio qualificato	€/ora	19,02
	Operaio comune	€/ora	17,47
01.02.00	**LATINA**		
	Operaio specializzato	€/ora	18,30
	Operaio qualificato	€/ora	17,23
	Operaio comune	€/ora	15,96
01.03.00	**VITERBO**		
	Operaio specializzato	€/ora	20,29
	Operaio qualificato	€/ora	19,10
	Operaio comune	€/ora	17,47
01.04.00	**RIETI**		
	Operaio specializzato	€/ora	20,50
	Operaio qualificato	€/ora	19,29
	Operaio comune	€/ora	17,74
01.05.00	**FROSINONE**		
	Operaio specializzato	€/ora	23,01
	Operaio qualificato	€/ora	21,61
	Operaio comune	€/ora	19,77

02.00.00 NOLI

02.01.00 AUTOMEZZI

02.01.01	**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
02.01.02	**Autocarro con gru semovente** e pianale ribaltabile, compreso consumi, carburante e lubrificante		
	- portata da 61 q a 150 q	€/ora	49,00

02.02.00 MACCHINE ED ATTREZZATURE DA CANTIERE

02.02.01	**Escavatore** con attrezzatura frontale, cingolato o gommato, compreso consumi, carburante e lubrificante		
	- con motore da 111 Hp a 160 Hp	€/ora	41,30
02.02.02	**Pala caricatrice** cingolata o gommata compreso consumi, carburante e lubrificantearticolata		
	- con motore da 81 Hp a 110 Hp	€/ora	41,30
02.02.03	**Rullo compressore** statico o vibrante a piastre con pari effetto, anche gommato, compreso consumi, carburante e lubrificante		

	- 6t - 8t	€/ora	25,80
02.02.04	**Terna**	€/ora	41,30
02.02.05	**Ragno meccanico**	€/ora	41,30
02.02.06	**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

02.03.00 ATTREZZATURE EDILI

02.03.01	**Compressore** con pistola perforatrice		
	- capacità da 2000 a 4000 l	€/ora	18,60
02.03.02	**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
02.03.03	**Piastra vibrante**	€/ora	5,10
02.03.04	**Autocestello**	€/ora	56,80

02.04.00 MACCHINE ED ATTREZZATURE AGRICOLO-FORESTALI

02.04.01	**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
02.04.02	**Motosega a catena**, compreso consumi, carburante e lubrificante	€/ora	3,20
02.04.03	**Idroseminatrice**, compreso consumi, carburante e lubrificante		
	- portata oltre 4 m^3 di organico	€/ora	36,10
02.04.04	**Pompa irroratrice** per bitume	€/ora	25,80
02.04.05	**Verricello**	€/ora	6,20

02.04.06	**Generatore con trapano**	€/ora	4,30

03.00.00 MATERIALI

03.01.00 INERTI E TERRE

03.01.01	**Ghiaino e ghiaia**		
	- diam. 10-15 mm	€/kg	1,24
	- diam. 30-60 mm	€/m^3	11,90
03.01.02	**Inerte terroso-sabbioso**	€/m^3	10,30
03.01.03	**Terreno vegetale**	€/m^3	10,10
03.01.04	**Tout venant sabbioso sciolto**	€/m^3	22,90
03.01.05	**Pietrame**		
	- pietrame di riempimento	€/m^3	6,60
	- massi per scogliera	€/m^3	20,70

03.02.00 BITUMI E CONGLOMERATI BITUMINOSI

03.02.01	**Bitume**	€/Kg	1,00

03.03.00 CALCESTRUZZI E MALTE PRECONFEZIONATE

03.03.01	**Malta pronta** a base cementizia		
	- cementizia	€/Kg	0,80
	- antiritiro	€/Kg	0,90
03.03.02	**Muro cellulare**		
	- moduli prefabbricati in cls	€/cad	56,00

03.04.00 MATERIALI METALLICI

03.04.01	**Acciaio** Fe B 44 K tondo ad aderenza migliorata		
	- diam. 14 mm - 28 mm	€/Kg	0,60
03.04.02	**Picchetto metallico**		
	- diam. 14 mm, L = 1,5 m	€/Kg	0,80
03.04.03	**Rete elettrosaldata** in acciaio ad aderenza migliorata Fe B 44 K		
		€/Kg	2,00
		€/m^2	4,00
03.04.04	**Chiodi**		
		€/cad	1,40
		€/kg	0,60
	- spezzoni di acciaio appuntiti	€/cad	0,80
03.04.05	**Barra con asola**		
		€/cad	2,60
	> 60 cm	€/cad	1,90
	> 80 cm	€/cad	2,80

03.04.06	**Filo di ferro**		
	- diam 3 mm	€/kg	0,80
03.04.07	**Punti metallici**		
		€/cad	0,30
		€/kg	0,60
03.04.08	**Zanche o cambre o staffe**		
	- in acciaio	€/kg	5,00
03.04.09	**Fune di acciaio** zincato		
	- diam. 12 mm	€/m	2,00
	- diam. 16 mm	€/m	5,00
	- diam. 20 mm	€/m	7,00
03.04.10	**Morsetto serrafune d'acciaio**		
		€/cad	1,80
03.04.11	**Puntale in ferro**		
		€/cad	1,00
03.04.12	**Rete metallica**		
		€/m^2	3,90
	- con rivestimento in PVC	€/m^2	1,00
03.04.13	**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
03.04.14	**Flangia e dado**		
		€/cad	1,60
03.04.14	**Piloti**		
		€/cad	10,00
		€/kg	1,10
03.04.15	**Barre**		
	- lisce	€/cad	2,00
	- filettate	€/cad	4,00
03.04.16	**Putrelle HEB 180**		
		€/cad	0,80

03.05.00 GEOSINTETICI E BIOSTUOIE

03.05.01	**Geostuoia tridimensionale** in materiale sintetico		
		€/m^2	6,80
03.05.02	**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

03.05.03	**Geostuoia tridimensionale** in materiale sintetico prebitumata a caldo	€/m^2	33,60
03.05.04	**Biofeltro** in cocco	€/m^2	3,60
03.05.05	**Biorete** in cocco	€/m^2	3,60
03.05.06	**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
03.05.07	**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
03.05.08	**Rete in fibra naturale di juta**	€/m^2	2,50
03.05.09	**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
03.05.10	**Geocelle a nido d'ape**	€/m^2	15,50
03.05.11	**Geotessuto**	€/m^2	6,70

03.06.00 LEGNAMI E MATERIALI LEGNOSI

03.06.01	**Legname scortecciato**		
	- di castagno diam. 20-25 cm L=4-5 m	€/m^3	114,60
	- pino nero da opera	€/m^3	64,60
03.06.02	**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
03.06.03	**Ramaglia**		
	- di salice arbustivo L = 2 - 2,5 m, diam. 2 - 5 cm	€/cad	0,80
	- di conifere	€/kg	0,04
03.06.04	**Verghe da intreccio**		
	- di salice vivo	€/cad	0,80
03.06.05	**Verghe morte**		
	- L= 2,00 m, diam. 3 cm	€/cad	0,20
03.06.06	**Paglia**	€/ql	10,30

03.06.07	**Pertiche di castagno**		
		€/kg	0,10
03.06.08	**Traverse ferroviarie in legno**		
		€/cad	1,80

03.07.00 PIANTE, SEMENTI, CONCIMI

03.07.01	**Talee di salice o tamerice**		
		€/cad	0,80
03.07.02	**Pianta in vasetto o zolla**		
	- arbusto	€/cad	6,50
	- albero	€/cad	12,20
03.07.03	**Sementi**		
	- miscela di sementi	€/kg	3,60
03.07.04	**Concime**		
	- fertilizzanti organici	€/kg	0,50
	- ammendanti	€/kg	1,00
03.07.05	**Varie per semina**		
	- collante organico	€/kg	2,40
	- per idrosemina a spessore	€/kg	13,20
03.07.06	**Canna palustre** dal selvatico		
	- culmi di canna	€/cad	
	- rizomi e cespi	€/cad	
	- zolle	€/cad	1,40
03.07.07	**Materiali accessori per piantagioni**		
	- dischi in biofeltro per pacciamatura	€/cad	1,30
	- palo tutore	€/cad	1,30
	- impianto irrigazione	€/m^2	12,90
03.07.08	**Tappeto erboso pronto**		
		€/m^2	8,20
03.07.09	**Ramaglia di conifere**		
		€/cad	0,90

APPENDICE B

BIBLIOGRAFIA

CAPITOLO 7
COLUMELLA - *De Re Rustica* 12 libri, Einaudi, 1977
CATONE IL CENSORE - *De Agricoltura,* Mondadori, 2000
VIRGILIO - *Le Georgiche,* Mondadori, 1980
CESARE - *De Bello Gallico,* BUR, 1974
N.B.: I passi latini citati sono liberamente tradotti dall'autore.

CAPITOLO 8
Capitoli 8.1 e 8.2
ACCORDI B. "Lineamenti strutturali del Lazio e dell'Abruzzo meridionale" Memorie della Società Geologica Italiana, v.4, 1964.
ACCORDI B. "La componente traslativa nella tettonica dell'Appennino laziale-abruzzese" Memorie della Società Geologica Italiana, v.5, 1966.
ACCORDI G., CARBONE F. "Carta delle litofacies del Lazio-Abruzzo ed aree limitrofe". CNR – Progetto Finalizzato Geodinamica. Quaderni de "La ricerca scientifica" n°114. Roma, 1988.
AA.VV. "Guide geologiche regionali: il Lazio". A cura della Società Geologica Italiana. BE-MA Editrice, 1993.
BERSANI P., BENCIVENGA M., PIOTTI A. "Caratterizzazione degli eventi di piena del Fiume Tevere a Roma dal 1921 al 1995". L'ACQUA, Associazione Idrotecnica Italiana, 1-2 1999.
BIGI G., COSENTINO D., PAROTTO M. " Modello litostratigrafico-strutturale della Regione Lazio"" Regione Lazio -–Università La Sapienza. 1988.
BONI C., BONO P., CAPELLI G. "Carta idrogeologica del territorio della Regione Lazio (scala 1:250.000)" Assessorato Programmazione, Ufficio Parchi e Riserve Naturali della Regione Lazio – Dip. Scienze della Terra Università La Sapienza di Roma, 1988.
BONI C., BONO P., CAPELLI G. "Schema idrogeologico dell'Italia Centrale" Memorie della Società Geologica Italiana, v. 35, 1988.
BONI C., PETITTA M., PREZIONI E., SERENI M. "Genesi e regime di portata delle acque continentali del Lazio". CNR (Centro di studio per il Quaternario e l'evoluzione ambientale) – Università La Sapienza. Roma, 1993.
Bosellini A. "Introduzione allo studio delle rocce carbonatiche". Ed. Bovolenta, Ferrara, 1991.
COSENTINO D., PAROTTO M. "Assetto strutturale dei Monti Lucretili settentrionali" Geologica Romana, v.25, 1986.
DE RITA D., FUNICIELLO R., PAROTTO M. "Carta geologica del complesso vulcanico dei Colli Albani. Scala 1:50.000" CNR, P.F.Geodinamica – Gruppo Nazionale per la Vulcanologia. Roma, 1988
DE RITA D., DI FILIPPO M., SPOSATO A. "Geological map of the Sabatini volcanic complex". C.N.R. Progetto Finalizzato Geodinamica, v.114, Roma 1993.
FUNICIELLO R., PAROTTO M. "Il substrato sedimentario nell'area dei Colli Albani: considerazioni geodinamiche e paleogeografiche sul margine tirrenico dell'Appennino Centrale". Geologica Romana, v.17, 1978.
PAROTTO .M, PRATURLON A. "Structural model of Italy: geological summary of the Central Appennines". C.N.R. Quaderni de "La ricerca scientifica", Roma 1975.
SERVIZIO IDROGRAFICO E MAREOGRAFICO NAZIONALE – PRESIDENZA DEL CONSIGLIO DEI MINISTRI: DIP. PER I SERVIZI TECNICI NAZIONALI "Superficie dei bacini idrografici del compartimento di Roma (Ing. M. Bencivenga)", ROMA 1999.

Capitolo 8.3
AA.VV., 1996 – Quaderno n.2: *Ambienti di particolare valore naturalistico del Lazio* - Regione Lazio Assessorato alla Cultura.
BLASI C., 1994 - *Fitoclimatologia del Lazio* - Regione Lazio Assessorato Agricoltura, Foreste, Caccia e Pesca, Usi Civici
PIGNATTI S., 1995 - *Ecologia vegetale* – UTET
PIGNATTI S., 1998 – *I boschi d'Italia* – UTET

Capitolo 8.4
ABBATE G., AVENA G.C., BLASI C.,.VERI L.,1987 – *Studio delle tipologie fitosociologiche del M.te Soratte (Lazio) e lo-*

ro contributo nella definizione fitogeografica dei complesi vegetazionali centro appenninici. C.N.R., Collana P. F. "Promozione della Qualità dell'Ambiente", AQ/1/125, Roma.
ABBATE G., BLASI C., FASCETTI S., MICHETTI L., FILESI L.., 1989 - *La vegetazione del parco suburbano Valle del Treja*. Regione Lazio, Dip Biol. Vegetale Univ. "La Sapienza" – Roma. Tip. Borgia. Roma.
ANZALONE B., 1986 - *La flora vascolare spontanea delle rive del Tevere e suoi affluenti entro Roma.* Ann. Bot. (Roma), 44, suppl. 4: 1-46.
ANZALONE B.,1984 – *Elenco preliminare delle piante vascolari spontanee del Lazio* Quaderno Lazionatura n.5.
AVENA G.C., BLASI C., SCOPPOLA A., 1980 - *Indagini ecologico-fitogeografiche sulle zone umide interne del Lazio. 1: Relazione tra lo stato chimico-fisico delle acque e ele comunità macrofitiche della Bonifica Pontina*. Ann. Bot. XXXIX (1): 31-101
BLASI C., FILESI L., ABBATE G., CORNELINI P., 1990 - *La vegetazione forestale dei M. Cimini. Documents phytosociologiques.* N.S. Vol. XII. Camerino
BRAUN BLANQUET J., ROUSSINE N. E NEGRE R., 1952 - *Les groupements végétaux de la France Méditerranéenne*. C.N.R.S. Montpellier.
CORBETTA F., ABBATE G., FRATTAROLI A. R., PIRONE G. F., 1998 - *S.O.S. verde*. Edagricole.
MONTELUCCI G., 1976-77 - *Lineamenti della vegetazione del Lazio*. Ann. Bot. (Roma), XXXV-XXXVI:1-107
OBERDORFER E., 1977 – *Suddeutsche Pflanzngeseleschften*. 3 voll.. Stuggart.
PEDROTTI GAFTA , 1996 –*Ecologia delle foreste ripariali e paludose dell'Italia* Università di Camerino
PIGNATTI S., 1982 - *Flora d'Italia*. 3 voll. Edagricole. Bologna.
PIGNATTI S., 1998 – *I boschi d'Italia*. UTET. Torino.
QUADERNI REGIONE LAZIO, 1996 - *Quaderno n.2: Ambienti di particolare valore naturalistico del Lazio* - Regione Lazio Assessorato alla Cultura
SCOPPOLA A., BLASI C., ABBATE G., MICHETTI L., SCAGLIUSI E., KUZMINSKY E. E ATINORI F., 1990 - *La vegetazione della caldera del Lago di Vico*. Regione Lazio, Dip Biol. Vegetale Univ. "La Sapienza" – Roma. Tip. Borgia. Roma.
SPADA F., 1995 - *Memoria illustrativa alla Carta della Vegetazione della Riserva Naturale Regionale Tevere - Farfa*.

Capitolo 8.5
ANZALONE B., 1967 - *Vegetazione costiera laziale* Ann. Bot. Vol XXVII
Autori vari, 1996 - *Ambienti di particolare interesse naturalistico del Lazio* Regione Lazio Ass. Cultura e Dip. Biol. Veget. Univ. La Sapienza Roma
Autori vari, 1998 - *Flora e vegetazione del Parco Nazionale del Circeo*- Min. Polit. Agric. –Parco Nazion. Circeo
LUCCHESE N., PIGNATTI S. , 1990 – *Sguardo sulla vegetazione del Lazio marittimo* In " *Ricerche ecologiche , floristiche e faunistiche sulla fascia costiera mediotirrenica italiana*" Acc. Naz. Lincei Quad. 264
MULDER C., 1993 - *Ecologia del paesaggio dunale mediotirrenico* Verde Ambiente n.3
NAPOLEONE I, 1970 - *Osservazioni sulla flora e vegetazione delle dune di Castelporziano* (Roma) Ann. Bot. Vol XXX
MARINUCCI C., VERI L., BRUNO F., 1980 - *Lineamenti fitosociologici della duna del Parco Nazionale del Circeo* Ann. Bot. Vol XXXIX

CAPITOLO 9

AIPIN, Associazione Italiana Per l'Ingegneria Naturalistica – sezione Bolzano, Alto Adige – "*Reperimento del materiale vegetale*" tratto da H.M. Schiechtl e Celso Pagnoncini della scuola forestale intercantonale di Maienfeld (CH), 1995.
AIPIN, Associazione Italiana Per l'Ingegneria Naturalistica – sezione Bolzano, Alto Adige – "*Corso di specializzazione sulle caratteristiche biotecniche delle piante utilizzabili in Ingegneria Naturalistica*". Bolzano, 22-23 giugno, 1995.
ANZALONE B. , 1984 - *Elenco preliminare delle piante vascolari spontanee del Lazio* Regione Lazio e S.B.I.
Autori Vari – Regione Toscana – Giunta regionale, Dipartimento Politiche Territoriali e Ambientali. Aprile 2000. *Principi e linee guida per l'ingegneria Naturalistica*, vol. 1*: Processi territoriali e criteri metodologici*. Edizione Regione Toscana, Firenze.
Autori Vari, 1993 – Regione Emilia Romagna, Assessorato all'ambiente – Regione Veneto, Assessorato Agricoltura e Foreste. *Manuale Tecnico di Ingegneria Naturalistica*. Bologna, 1993.
CHIATANTE D., SARNATARO M., FUSCO S., DI IORIO A., SCIPPA G., 2003 - *Modification of root morphological parameters an root architecture in seedlings of Fraxinus ornus e Spartium junceum growing on slopes*. Plant Biosystems 1/03
DALLARI D., LARANCI P., AMATO M., PETRELLI M., SCARASCIA-MUGNOZZA G. 2003 – *Il recupero ecologico di ambienti degradati: capacità di radicazione e proprietà biotecniche di arbusti e alberi mediterranei*. (in stampa)
FARINA *A.*, 1993. "*L'ecologia dei sistemi ambientali*". CLEUP Editrice – Padova.
FLORINETH F. 2002 "*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
FLORINETH F. et Al., 1993. "*Prove di forza*". Acer 2/03
FLORINETH F., 2003. "*Consolidamento dei versanti franosi con tecniche d'ingegneria Naturalistica*". Verde Ambiente 6/93.
GAMS H., 1939. "*Die Wahl zur künstlichen Berasung und Bebuschung von Bachbetten, Schutthängen und Straßenböschungegen geeigneter Pflanzen des Alpengebietes*".

GAMS H., 1940. "*Die natürliche Begrünung von Fels – und Schutthängen in den Hochalpen*. Forschungsarbeiten aus dem Straßenwesen, Berlino.
GAMS H., 1941. "*Die ökologischen und biozönotischen Voraussetzungen der Lebendverbauung. Forschungsdienst, Organ der deutschen Landwirtschaft*".
GREENWAY D. R., 1987. "*Vegetation and slope stability*", in "Slope stability" a cura di M. G. Anderson e K.S Richards, J. Wiley et Sons, New York, 1987.
HACKETT W. P., 1970. "*The influence of auxine, catechol and methanolic tissue estract on root initiation in aseptically cultured shoot apices of the yuvenile and adult form of Hedera helix L. Jour*". Amer. Soc. Hort., 95.
HAISSIG B. E., 1972. "*Meristematic activity during adventitious root primordium development. Influence of endogenous auxin and applied gibberellic acid*". Plant Physiology, 49.
KUTSCHERA L., 1960. "*Wurzeletlas – mitteleuropäischer Ackerunkräuter und Kulturpflanzen*". DLG – VERLAGS – GMBH. Francoforte, 1960.
KUTSCHERA L., SOBOTIK M., 1997. "*Bewurzelung von Pflanzen in den verschiedenen Lebensräumen*". Stapfia 49, 1997.
LACHAT B., 1991. "*Le cours d'eau – Conservation, entretien et amenagement*". Consiglio d'Europa, Strasburgo, 1991.
PAIERO P., SEMENZATO P., URSO T., 1996. "*Biologia vegetale applicata alla tutela del territorio*". Regione Autonoma Friuli Venezia Giulia – Università di Padova, dip. Territorio e sistemi agro – forestali. Edizioni Progetto Padova, 1997.
PALMERI F., 2003 - *Manuale di Ingegneria naturalistica* della Provincia di Terni
PADULA M. – Studio degli apparati radicali di *Quercus cerris* e di suoli della Foresta di Sabaudia (Parco Nazionale del Circeo) in "*Flora e vegetazione del Parco Nazionale del Circeo*" Ed. Min. Polit. Agric., 1998
PIROLI S., - "*Quali materiali per quali opere*" da: Regione Liguria – Assessorato Edilizia, Energia e Difesa del Suolo. Opere d'Ingegneria Naturalistica e recupero ambientale. Genova.
SAULI G., CORNELINI P., PRETI F., 2002. "*Manuale d'Ingegneria Naturalistica applicabile al settore idraulico*". Regione Lazio – Punto Stampa S.r.l., Roma, febbraio 2002.
SCHIECHTL H. M., 1973 - "*Bioingenieria forestale- basi - materiali da costruzione vivi - metodi*". Edizione Castaldi, Feltre,1973.
SCHIECHTL H. M., 1992 - "*I salici nell'uso pratico*". Edizioni Arca, 1992.
SCHIECHTL H. M., STERN R., 1994 - "*Ingegneria Naturalistica – Manuale delle costruzioni idrauliche*". Edizioni ARCA Gardolo, Trento, 1994.
SILVA J., REGO F. e MARTINS-LOUCAO M. , 2003 - *Root distribution of Mediterranean woody plants*. Plant Biosystems 1/03
THIMANN, K. V., KOEPFLI J. B., 1935. "*Identity of the growth promoting and root forming substances of plants*". Nature, 135.
WENT F. V., 1935 - "*Hormones involved in root formation*". Proc. 6th Int. Bot. Cong., 2.

Capitolo 9.1
ARRIGHETTI A, ARRIGHETTI D., 1976 - *Il margine del bosco*. Manfrini editori
AA.VV., 2001 - *Propagazione per seme di alberi e arbusti della flora mediterranea*. manuale ANPA
AA.VV., 2003 - *Biodiversità e vivaistica forestale*. Manuale APAT
BROWSE P. McM., 1982 - *Riprodurre le piante*. Zanichelli editore
GORDON A.G., ROWE D.C.F., 1982 - *Seed manual for ornamental trees and shrubs*. Forestry Commission Bullettin (London)
GRADI A., 1980 - *Vivaistica forestale*. Edagrcole.
MARTINI F., PAIERO P., 1984 - *I salici d'Italia*. Edizioni Lint Trieste
ROSELLI G., 1988 - *Propagazione vegetativa*. In "Miglioramento genetico vegetale. Patron Editore, Bologna.
SCHIECHTL H. M., 1985 – *Bioingegneria forestale*. Edizioni Castaldi-Feltre
VEZZOSI C., 1985 - *Vivaistica ornamentale*. Edagricole.

CAPITOLO 10
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., 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., ALLIEGRO M., 2000 - *Ecocrib Programma di calcolo di palificate vive e muri cellulari*
BRUZZESE A., ALLIEGRO 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 conv. Prov, Teramo: Opere in grigio, opere in verde
CORNELINI P., ZOCCOLI G., 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., BARNESCHI M., 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.
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.

CAPITOLO 13

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. (1997) - *Riqualificazione ambientale in aree mediterranee - II parte*. Verde Ambiente n. 1 - Genneio/Febbraio
AA.VV. (1998) – *Norma Tecnológica NTJ 12S: parte 1 Obras de bioíngeniera Tecnicas de estabilización de taludes* Collegi Oficial d'Enginyers Tècnics Agrícoles i perits Agrícoles De Catalunya
AA.VV. (1999) – *Norma Tecnológica NTJ 12S: parte 2 Obras de bioíngeniera Tecnicas de estabilización de taludes* Collegi Oficial d'Enginyers Tècnics Agrícoles i perits Agrícoles De Catalunya
AA.VV. (2001) – *Norma Tecnológica NTJ 12S: parte 3 Obras de bioíngeniera Tecnicas de estabilización de taludes* Collegi Oficial d'Enginyers Tècnics Agrícoles i perits Agrícoles De Catalunya
AA. VV. (2000) - *Principi e linee guida per l'ingegneria naturalistica.* Vol. 1 e 2. Regione Toscana
AA.VV. (2001) – *Manual de Técnicas de Ingeniería Naturalística en Ambito Fluvial.* Gobierno Vasco Departamento De Transportes y Obras Públicas
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.
ANPA (2001) - *Atlante delle opere di sistemazione dei versanti.*
BEGEMANN W., SCHIECHTL H.M. (1986) – *Ingenieurbiologie*. *Handbuch zum ökologischen Wasser – und Erdbau*. Bauverlag GMBH. Weisbaden und Berlin
BUR della LOMBARDIA 9 Maggio 2000 1° supplemento straordinario al n. 9 *Deliberazione Giunta Regionale 29 febbraio 2000* - N. 6/48740 Approvazione direttiva "Quaderno opere tipo di ingegneria naturalistica
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., (2001) - Una nuova tipologia. La palificata viva tipo "Roma". Acer 1/2001 pp. 70 - 73
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.
MACCAFERRI SpA (1994) – *Analisi prezzi di capitolato per formazione opere in gabbioni, materassi reno, terramesch, geomac, italmac-net*.
Ministero dell'Ambiente (Roma Settembre 1997) - *Linee guida per capitolati speciali per interventi di ingegneria naturalistica e lavori di opere a verde*.
Mulder C. (1993) - *Ecologia del paesaggio dunale mediotirrenico*. Verde Ambiente n. 3, Maggio/Giugno
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.

PALMERI F. ET AL, 2003 - *Manuale tecnico di Ingegneria Naturalistica della Provincia di Terni. Applicabilità delle tecniche, limiti e soluzioni.* PTCP Provincia di Terni
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 zones* - 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. (2002) – *Manuale di Ingegneria Naturalistica Applicabile al settore idraulico* – 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
SBB CFF FFS.
ZEH H. (1993) – *Ingenieurbiologische Bauweisen*. Studienbericht Nr. 4, 1993.

CAPITOLO 19

Capitolo 19.2

BONDESAN A., FABBRO V., ARDONE V., 2003 - *L'evoluzione del ripascimento artificiale del litorale di Pellestrina. Analisi della variazione granulometrica delle sabbie conseguente l'intervento.* "Geologia dell'Ambiente" Periodico della SIGEA, 1/2003, pp.57-62.
COPPO S., 2003 - *Impatto ambientale delle opere di difesa costiera*. "Geologia dell'Ambiente" Periodico della SIGEA, 1/2003, pp. 54-56.
PICCIOLI L., 1923 - *Selvicoltura*, U.T.E.T., Torino, p. 298.
SENNI L., 1934 - *Consolidamento delle dune e frangivento*, "Nuovi Annali dell'Agricoltura", a. XIV, pp. 81-132.
SENNI L., 1950 - *Consolidamento delle dune e frangivento*, "Monti e Boschi", n. 10/11, pp. 492-499.

Capitolo 19.4

Bo WALLEN, 1980 – *Change in structure and function of Ammophila during primary succession*. Oikos 34: 227-238.
ELDERED R. A. & MAUN M. A., 1982 – *A multivariate approach to the problem of decline in vigour of Ammophila:* Can. J. Bot. 60: 1371-1380.
HOPE-SIMPSON J.F. & JEFFERIES R. L., 1966 – *Observations relating to vigour and debility in marram grass (Ammophila arenaria*) L. pagg. 271-274
HIUSKES H. L. & HARPER J. L., 1979 – *The demography of leaves and tillers of (Ammophila arenaria) in a dune sere* – Ecologia Plantarum pagg. 435-446.
MAUN M. A., 1985 – *Population biology of Ammophila breviliguata and calamovilfa longifolia on Lake Huron sand dunes. Habitat, growth form, reproduction and establishment*. Can. J. Bot. 63: 13-124.
PIGNATTI, 1993 – *Dry Coastal Ecosystems of Italy – Dry Coastal Ecosystem, Polar Regions and Europe.* Edited by Eddy van der Maarel. Elsiever pagg. 379-390.

CAPITOLO 21

CORNELINI P., FILESI L., PAOLELLA A., BLASI C., 1990 - *Indagini e considerazioni per il recupero delle aree ipostradali libere*. Verde Ambiente n.2 : 31-41
CORNELINI P., 1992 - *Problematiche ed esempi concreti relativi all'uso delle specie autoctone negli interventi di ripristino in ambito ferroviario*. Verde Ambiente suppl. n.6 : 22-29
CORNELINI P., SAULI G., 1991 - *Mantenimento della diversità biotica negli interventi di rinaturalizzazione con tecniche di ingegneria naturalistica*. Atti Convegno Soc. Ital. di Ecologia" La diversità biotica nella valutazione di impatto ambientale "L'Aquila 29 maggio: 75-82
CORNELINI P., 1992 - *Problematiche ed esempi concreti relativi all'uso delle specie autoctone negli interventi di ripristino in ambito ferroviario*. Verde Ambiente suppl. n.6: 22-29
CORNELINI P., 1994 - *Valore e potenzialità naturalistiche delle scarpate ferroviarie* Ingegneria ferroviaria n.3: 1-7
CORNELINI P., 1994 - *Evoluzione della vegetazione erbacea dei rilevati ferroviari.* in: Ferrari, Manes, Biondi: *Alterazioni ambientali ed effetti sulle piante*. Edagricole, Bologna: 261 - 279
CORNELINI P., PETRELLA P., 1997 - *Indagini floristiche negli impianti ferroviari di Roma* Ingegneria ferroviaria n.3: 110-116
CORNELINI P., 2001 - *Monitoraggio e sperimentazione di interventi di rivegetazione di scarpate in ambito mediterraneo* Atti conv. EFIB AIPIN "Interventi di rivegetazione e ingegneria naturalistica per infrastrutture lineari - Tarvisio 14-16 giugno 2001

Finito di stampare nel mese di dicembre 2003