

Facoltà di Scienze Matematiche, Fisiche e Naturali

Elaborato realizzato per il corso
Dinamica della vegetazione ed ecologia del paesaggio

“ Opere di consolidamento di ingegneria naturalistica.

Campo sperimentale – prototipo loricata”

CAMILLA LINARI



Relatore: Ing. Nat. Cornelini Paolo

Anno Accademico 2013/2014

1.DEFINIZIONI, OBIETTIVI, FUNZIONI ED AMBITI DELL'INGEGNERIA NATURALISTICA

Definizioni

L'ingegneria naturalistica è una disciplina tecnica che utilizza le piante vive, o parti di esse, come materiale da costruzione nella realizzazione di interventi particolarmente efficaci per la sistemazione dei corsi d'acqua e delle loro sponde, dei versanti ed altre situazioni. La sua azione è prevalentemente orientata a limitare l'azione erosiva causata da agenti meteorici, alla stabilizzazione di scarpate e di superfici degradate da fattori naturali (dissesto idrogeologico) o antropici (cave, discariche, opere infrastrutturali). Tali tecniche sono caratterizzate da un basso impatto ambientale e si basano essenzialmente sulle caratteristiche biotecniche di alcune delle specie vegetali impiegate, caratteristiche che sono sintetizzabili nella capacità di sviluppo di un considerevole apparato radicale e nell'elevata capacità e velocità di propagazione vegetativa. Queste qualità sono direttamente funzionali ad una efficace azione di trattenimento delle particelle di terreno e ad una più veloce e diffusa ricolonizzazione vegetale degli ambienti degradati. A questi materiali vivi possono essere affiancati negli interventi sia materiali biodegradabili di origine naturale (legname, piante o loro parti, talee, fibre di cocco, juta, paglia, legname, biostuoie, ecc.) che altri materiali quali pietrame, ferro o prodotti di origine sintetica in diverse combinazioni (geotessili, ecc.). Recentemente la definizione è stata rivista dall'AIPIN (Associazione Italiana per l'Ingegneria Naturalistica).

Con il termine di Ingegneria Naturalistica si intende una tecnica ingegneristico-costruttiva orientata alla biologia che si avvale di nozioni della biologia e dell'ecologia del paesaggio, nelle opere di consolidamento e mantenimento delle scarpate, versanti, sponde, golene, argini, discariche, cave, ecc. vengono utilizzate piante autoctone e parti di esse come elementi costruttivi vivi in modo tale che, insieme al suolo, diano il contributo principale alla stabilizzazione e raggiungano l'obiettivo della massima biodiversità possibile. Nella fase iniziale, a volte, si rende necessario la combinazione con materiali da costruzione morti.

Ingegneria = poiché si utilizzano dati tecnici e scientifici a fini costruttivi, di consolidamento e antierosivi;

Naturalistica = in quanto tali funzioni sono legate ad organismi viventi, in prevalenza piante di specie autoctone, con finalità di ricostruzione d'ecosistemi naturaliformi ed all'aumento della biodiversità.

Obiettivi

L'utilizzo delle tecniche di ingegneria naturalistica punta sostanzialmente alla ricostituzione di nuove unità ecosistemiche- biosistemi naturaliformi- in grado di autosostenersi mediante processi naturali. Questo determina ripercussioni positive sul miglioramento delle caratteristiche geopedologiche, idrogeologiche, idrauliche, vegetazionali, faunistiche e paesaggistiche del territorio. L'ingegneria naturalistica consente quindi di effettuare una serie di operazioni a tutela del territorio per la conservazione del suolo, soprattutto in funzione del controllo dell'erosione, causa – effetto fondamentale del lento progressivo depauperamento dei suoli. Tra gli obiettivi troviamo anche l'aumento della complessità, della diversità – eterogeneità del “sistema di ecosistemi” e l'aumento della connettività (connessione reale) nel sistema.

Funzioni

Le principali funzioni che l'ingegneria naturalistica svolge sono:

- Funzione ecologica, di creazione e/o ricostruzione di ambienti paranaturali o naturaliformi. Gli interventi di rinverdimento e di piantagione innescano una serie di processi ecosistemici, possono modificare la scala temporale entro cui compie la successione naturale, riducendo i tempi necessari al raggiungimento dell'efficacia e stabilità attesa. Inoltre tra le varie funzioni è compreso il miglioramento delle caratteristiche chimico-fisiche del terreno e corsi d'acqua, il recupero di aree degradate, ecc.
- Funzione tecnica: azioni combinate volte al consolidamento e alla copertura del terreno, alla riduzione dell'erosione spondale, alla protezione del terreno dall'erosione, ecc.
- Funzione estetico-paesaggistica: inserimento di opere e costruzioni nel paesaggio, protezione dal rumore, ecc.

- Funzione socio-economico: beneficio sociale indotto dalla realizzazione di opere soprattutto in zone svantaggiate e di montagna, corretta gestione economica delle risorse naturali e risparmio economico ottenibile rispetto alle tecniche tradizionali, sia sui costi di costruzione che di manutenzione. Questa funzione è attiva soprattutto quando tutto il processo è funzionante e collaudato (questo è il motivo per cui vengono creati campi sperimentali come quello di Albano Laziale).
- Funzione di sviluppo dell'occupazione: i cantieri di ingegneria naturalistica possono costituire un valido "integratore" per l'economia locale, in ragione dell'elevata manodopera da impiegare.

Ambiti d'intervento

Le tecniche di ingegneria naturalistica possono essere applicate nei seguenti settori:

- Tutela del suolo: sistemazione di frane, consolidamento, bonifica e riqualificazione ecologica di versanti naturali soggetti a dissesti idrogeologici.
- Sistemazioni idrauliche spondali: consolidamento e riqualificazione ecologica di sponde di corsi d'acqua, laghi ed invasi, costruzione di briglie e pennelli.
- Sistemazione di porti, coste, dune, lagune. Consolidamento dei litorali soggetti ad erosione.
- Consolidamento e stabilizzazione delle scarpate in ambito stradale e ferroviario.
- Ricostituzione di habitat. Ripristino di cave e discariche.
- Realizzazione di coperture verdi: dal verde pensile alla riduzione delle superfici impermeabilizzate.

2.APPORTO DELLA VEGETAZIONE

Il contributo della vegetazione alla stabilizzazione dei versanti è conosciuto. L'instabilità dei versanti è conseguenza del concorso di vari fattori che influiscono sul bilancio delle forze che agiscono sui terreni: forze che tendono a far muovere l'ammasso (forze agenti) e forze che si oppongono al movimento (forze resistenti).

Le forze agenti sono: 1) peso del terreno (particelle di terreno + acqua); 2) sovraccarichi di piante, manufatti, neve, ecc.; 3) spinta dell'acqua di filtrazione; 4) azioni sismiche. Esse generano sforzi di taglio che tendono a romperlo.

Le forze resistenti sono invece rappresentate dalla resistenza al taglio del terreno, nelle sue componenti attrito, coesione e forze esterne stabilizzanti. Le piante hanno la capacità di influire positivamente sulla stabilità dei versanti, in quanto modificano sia le condizioni idrologiche del versante che le caratteristiche meccaniche del terreno. Esistono due effetti diversi sul terreno derivanti dalla presenza delle radici:

1. Le radici più sottili permeano fittamente il terreno e lo legano in una massa compatta;
2. Le radici principali penetrano invece in profondità e sono in grado di ancorarsi in un substrato più stabile costruito da terreno più addensato o roccia fratturata.

La densità radicale varia con la profondità in funzione della morfologia dell'apparato radicale (Figura 1), che può essere:

- fascicolato, cioè caratterizzato da una distribuzione uniforme fino alla profondità massima raggiunta;
- fittonante, cioè caratterizzato da una densità che decresce linearmente fino alla massima profondità;
- sistema di tipo superficiale caratterizzato da una distribuzione che decresce secondo una funzione esponenziale, di potenza e logaritmica.

Apparati radicali

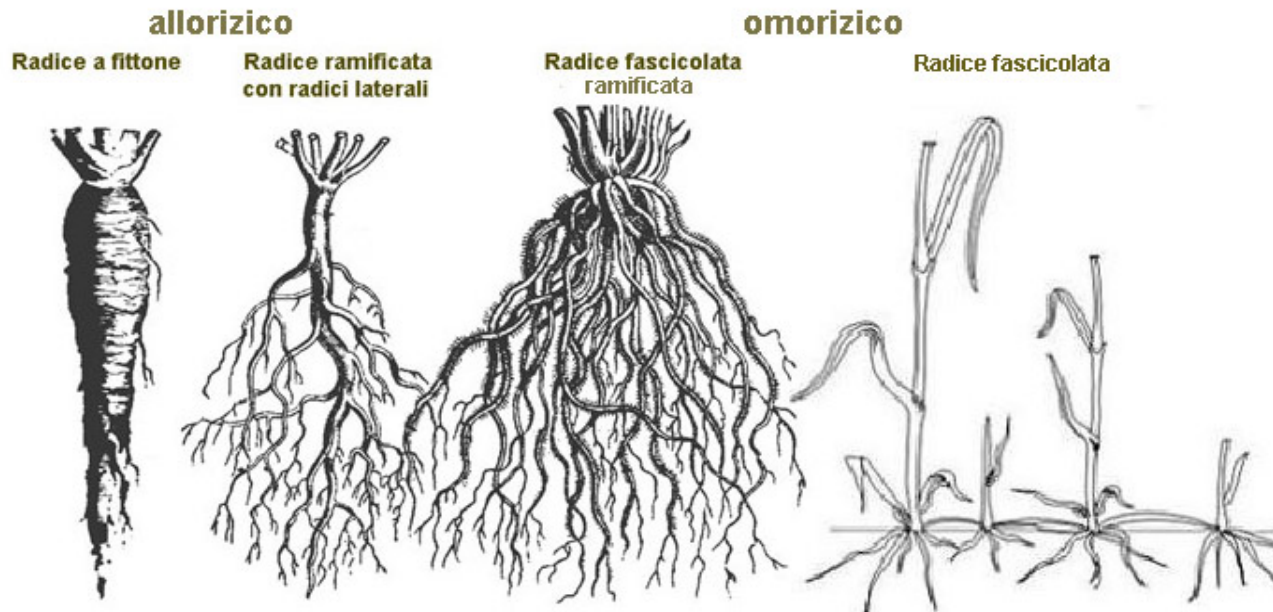


Figura 1. Tipologie di radici.

3.ASPETTI DELL'IMPIEGO DEL LEGNAME NELL' INGEGNERIA NATURALISTICA

Uno degli aspetti più delicati riguardanti la realizzazione di opere di ingegneria naturalistica è il reperimento o l'acquisto di legname per la realizzazione delle stesse. Molto spesso la fase di reperimento e scelta del legname viene sottovalutata dagli operatori di settore. Le importantissime problematiche ad essa legate possono essere:

- Necessità della conoscenza delle principali caratteristiche tecnologiche del legname, per scegliere legname con assenza di difetti che possono pregiudicare la resistenza del legname alle previste sollecitazioni,
- Opportunità di conoscere le principali norme di classificazione del legname, per poter impiegare correttamente lo stesso,
- Opportunità di conoscere le principali regole di classificazione del legname, per la misurazione e vendita dello stesso.

4.LE GIUNZIONI SU LEGNAME NELLE OPERE DI INGEGNERIA NATURALISTICA

Per consentire il collegamento tra i vari elementi strutturali in legname, si utilizzano, generalmente, i seguenti elementi: chiodi, graffe, tondini, bulloni da legno. Questi elementi possono essere elementi trasversali – longitudinali oppure longitudinali.

-Chiodi (Figura 2): il legno, nel passato, veniva assemblato principalmente mediante l'uso di chiodi di dimensioni variabili, in base alla classe diametrica del legname, caratteristiche del legno, stato di umidità del legno.



Figura 2. Chiodi

-Tondini in ferro (Figura 3): per l'assemblaggio di elementi lignei di diametro elevato, si impiegano generalmente tondini in ferro acciaioso, che consentono una maggiore lunghezza d'infissione e permettono di legare più elementi della struttura lignea.



Figura 3. Tondini di ferro.

-Graffe (Figura 4): la chiodatura è spesso accompagnata e completata tramite l'uso di graffe in ferro di lunghezza variabile, impiegate per il collegamento reciproco degli elementi longitudinali.

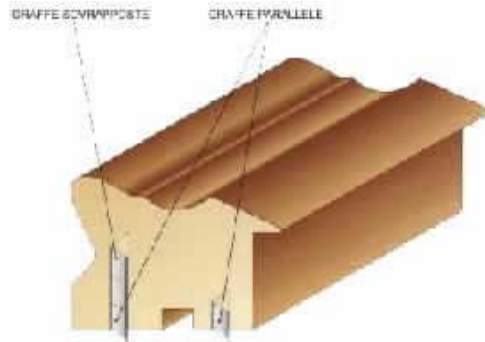


Figura 4. Graffe.

-Bulloni da legno (Figura 5): impiegato per il collegamento di grossi spessori (oltre i 10 cm), mentre per spessori più modesti è stato sostituito da chiodature ed incollaggi. Il bullone è costituito da un gambo spesso 10-30 mm avvitato ad un dado e dalla parte opposta una rosetta o rondella, essa ha la funzione di ripartire le sollecitazioni agenti sulla struttura lignea



Figura 5. Bullone e dado da legno.

5. OPERE DI INGEGNERIA NATURALISTICA

Palizzata viva di versante (1) e di sponda (2).

- 1) Sono opere di contenimento superficiale, da impiegare nella sistemazione di scarpate in frana, con l'obiettivo di stabilizzarne il terreno coinvolto nei suoi strati superficiali. Consentono un discreto consolidamento in ragione della profondità raggiunta dal sistema di ancoraggio e dallo sviluppo dell'apparato radicale delle piantine e delle talee messe a dimora (Figura 6). Si utilizza tondame scortecciato disposto perpendicolare alla linea di massima pendenza, appoggiato a valle a picchetti in legno.

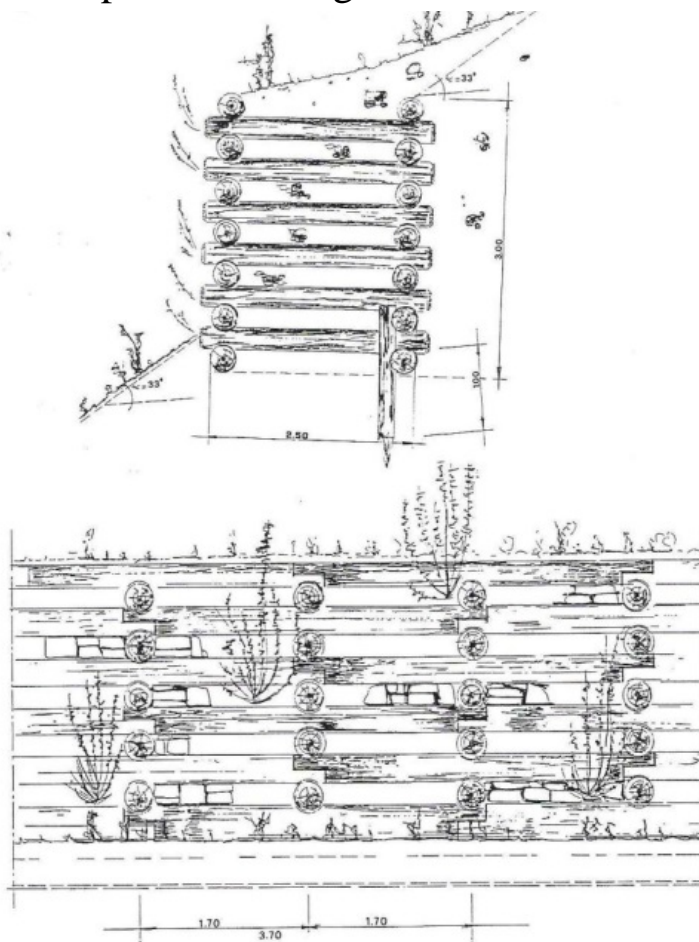


Figura 6. Palizzata viva.

- 2) Le palizzate vive di sponda sono utilizzate per opere di consolidamento di parti sub verticali in erosione di sponda e sono realizzate in legno e, in alcuni casi, quando le forze in gioco lo richiedono, sono costruite mediante l'infissione verticale di putrelle in ferro a doppia T di adeguato spessore e lunghezza 4-5 m e traverse in materiale legnoso.

Gradonata. La tipologia d'opera, adatta per la stabilizzazione di movimenti franosi superficiali la cui profondità non dovrebbe superare i 2 m, prevede la realizzazione di banchine orizzontali o sub orizzontali (gradoni), costituite da uno scavo inclinato a reggi poggio di circa 5° - 10° , nel quale viene posto a dimora materiale vegetale vivo autoctono (talee, arbusti, fitocelle). Viene realizzata su scarpate e pendii franosi, anche in ambito stradale e ferroviario con inclinazioni minori di 40° rispetto all'orizzontale. Il materiale vegetativo svolge un'azione di consolidamento e di drenaggio, mentre i filari orizzontali o poco inclinati prevengono l'erosione superficiale, favorendo la riduzione idrica e il deflusso controllato.

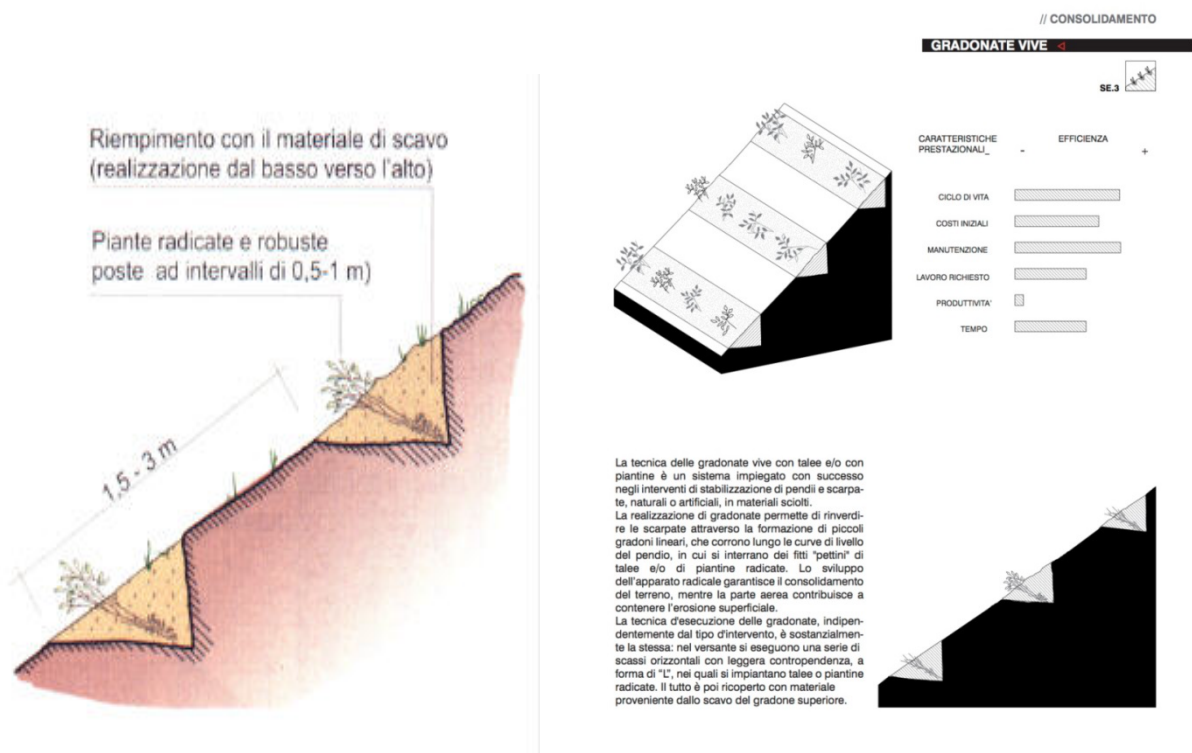


Figura 7. Gradonata viva.

Grata viva (Figura 8). Le grate vive, o grate a camera, in legname rappresentano una valida tecnica di sistemazione delle scarpate, anche nel caso in cui abbiamo elevati valori di acclività (da 40° a 60°) e non siano possibili interventi di rimodellamento del pendio, per ridurne l'inclinazione, onde permettere l'impiego di altre tipologie. La sua funzione consiste nel consolidamento di strati di terreno instabili con uno spessore non maggiore a 50 cm, troppo ripidi per le gradonate vive. La struttura agisce come sostegno

fino a quando non si siano sviluppati gli elementi vivi ed i loro apparati radicali, che consolidano i versanti.

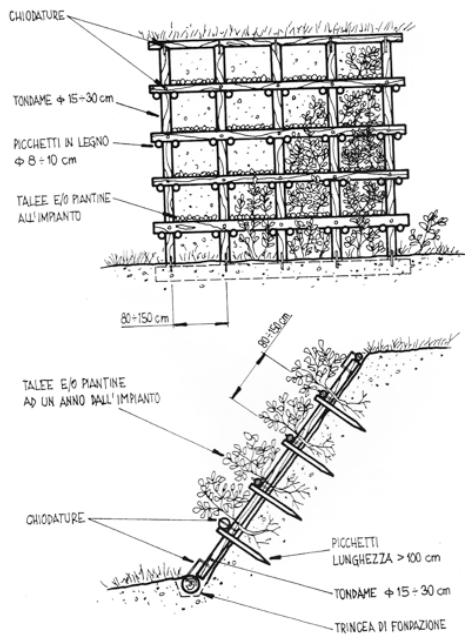


Figura 8. Grata viva.

Briglia. La briglia in legname o in legname e pietrame (Figura 9) viene realizzata trasversalmente al corso d'acqua e rinverdita mediante l'inserimento delle fascine vive di salici o talee di specie con capacità di propagazione vegetativa, nelle camere sopra il livello medio dell'acqua e nelle parti laterali della briglia. La costruzione del cassone di contenimento avviene mediante incastro e incastellatura dei pali in legno che vengono tra loro fissati con chiodi di ferro acciaioso.

Per garantire stabilità alla struttura, le spalle della briglia dovranno essere abbondantemente inserite in profondità nelle sponde dell'alveo. Gli spazi saranno riempiti con pietrame. La gaveta viene rivestita con tondame di legno intero o tagliato a metà.



Figura 9. Briglie in legname o in pietrame.

Palificata viva (Figura 10). Le palificate vive in legno (palificata viva semplice, palificata viva doppia, palificata viva Roma, palificata viva Vesuvio, palificata viva *latina*) sono tra le opere più caratteristiche dell'ingegneria naturalistica da impiegare nel consolidamento di scarpate di versante o spondali; tali palificate realizzano una terra rinforzata dai tronchi e dalle piante, ove la funzione della struttura in legno è soprattutto quella di rendere stabile il fronte anteriore per consentire una pendenza di 60° , con risparmio di spazio rispetto alla scarpata in terra che si disporrebbe con una pendenza di 30° circa.



Figura 10. Palificata viva latina, campo sperimentale 2010 Albano Laziale.(JemmBuild s.r.l.)

La palificata viva di sostegno tipo Loricata.

La palificata viva *loricata*, dal latino *lorica*, corazza, vuole rappresentare il punto di incontro tra la palificata viva e la terra rinforzata rinverditata, unendo in positiva sinergia le migliori caratteristiche strutturali ed ambientali delle due tipologie.

E' una struttura mista acciaio-legno che utilizza una armatura metallica prefabbricata (ricavabile da una elaborazione delle strutture metalliche a monoancoraggio di largo impiego sul mercato), quale base di appoggio sul fronte anteriore dei tronchi orizzontali di contenimento del cuneo di terra, rinverdito con arbusti autoctoni e/o talee.



Figura 11. Loricata, campo sperimentale 2009 Albano Laziale. (JemmBuild s.r.l.)

Si tratta di una palificata nata dal principio applicato con gli ombrelli da neve che in un primo tempo sono stati anche impiegati per il contenimento di frane e poi sono stati mutuati per realizzare questa tipologia di palificata. È costituita da una struttura di acciaio e tondami di castagno o larice riempita di terra e arbusti. Si caratterizza per la modularità della parte in acciaio, prefabbricata, con rapidità realizzativa e resistenza maggiore delle palificate tradizionali in legname. Questa trova il suo campo di applicazione nel consolidamento di pendii instabili o sponde di corsi d'acqua, anche nei casi di interventi urgenti.

La struttura (Figura 12) in acciaio a monoancoraggio è costituita da un paramento anteriore realizzato con due travi in acciaio a forma di croce di S. Andrea, con gli estremi della X collegati verticalmente da travi in acciaio,

sulle quali vanno appoggiati i tronchi; dal centro della X si diparte un gambo centrale metallico con funzione di tirante rigido collegato alla base posteriore ad un ancoraggio a piastra realizzato con tronchi o materiale inerte (Figura 17). Quattro funi controvento di diametro 16 mm possono rinforzare ulteriormente la struttura e conferirle una caratteristica forma piramidale. I parametri anteriori metallici hanno dimensioni varie da 2 m di larghezza per 2,5 di altezza, a circa 3 m di larghezza per 3,5 di altezza. I tondami di castagno o larice del diametro di 20-25 cm vanno fissati, paralleli tra loro (Figura 12), sul fronte anteriore metallico con collegamenti in acciaio (Figura 13) e posti ad una distanza tra loro tale da consentire l'equilibrio del terreno di riempimento nelle finestre. Il fronte anteriore deve avere un'inclinazione di 60° per garantire la miglior stabilità del terreno di riempimento e la crescita delle piante. L'intera struttura va riempita con l'inerte ricavato dallo scavo e potrà venire ammendato, se necessario. Negli interstizi tra i tondami orizzontali vanno collocate talee legnose di salici, tamerici od altre specie adatte alla riproduzione vegetativa, nonché piante radicate di specie arbustive pioniere.



Figura 12. Struttura in legno della Loricata, campo sperimentale 2009 Albano Laziale. (JemmBuild s.r.l.)



Figura 13. Collegamenti in acciaio.(JemmBuild s.r.l.)

La palificata viva *loricata* presenta i seguenti vantaggi funzionali:

- È di facile e rapida realizzazione grazie all'assemblaggio di elementi metallici prefabbricati e di tronchi di legno
- Rispetto alle palificate vive:
 - E' una struttura più resistente grazie alla componente metallica e, in caso di necessità, è possibile sostituire i tronchi decomposti del fronte anteriore.
 - Gli elementi strutturali sono molto più leggeri, meno ingombranti e facilmente trasportabili.
 - Non sono necessarie le chiodature del legno che viene fissato con semplici avvitature
 - Tutta l'organizzazione del cantiere è semplificata.
- Rispetto alle terre rinforzate rinverdite:
 - Il contenimento del cuneo di terra anteriore non è affidato a reti metalliche o strutture sintetiche, ma, grazie alla minore pendenza del fronte anteriore (60°), ai tronchi, come nella palificata viva.
 - è facilissima da rinverdire con arbusti autoctoni in quanto la struttura viene riempita, come le palificate, con terra di coltivo sostenuta sul fronte anteriore dai tronchi di legno.

Una volta riempita di terra e piante, l'armatura metallica non si vede più, ma si vedono solo i tronchi di legno del fronte anteriore (Figura 14) e le piante e

l'opera viene percepita come una palificata viva, con un inserimento paesaggistico ottimale.



Figura 14. Tronchi di legno del fronte anteriore.(Camilla Linari)

Le principali precauzioni per una ottimale realizzazione :

- La pendenza anteriore della struttura metallica non deve superare i 60°.
- Gli elementi di ancoraggio dei tronchi alla struttura vanno distanziati tra loro in funzione del diametro dei tronchi stessi affinché il terreno sia in equilibrio tra i due correnti.
- Per una maggior praticità realizzativa il riempimento con la terra e le piante va effettuato a strati alla fine della posa del primo corrente, per una miglior compattazione della terra per evitare la formazione di vuoti.

6. CAMPO SPERIMENTALE 17 MARZO 2009, “MESSA IN OPERA DELLA PALIFICATA *LORICATA*”, ALBANO LAZIALE Via Massimetta.

La palificata *loricata* è stata ideata dall' Ing.dott.Nat. Paolo Cornellini con la collaborazione delle soc. JemmBuild e Betonform che hanno creduto nel progetto e reso possibile la realizzazione dei prototipi.

I giunti metallici di collegamento tra la struttura metallica ed i tronchi sono stati studiati dal Geom. Ettore Marrone.

Descrizione della prima realizzazione nel mese di marzo 2009, nell'ambito del cantiere sperimentale AIPIN LAZIO- JemmBuild nel Parco dei Castelli Romani, presso Roma.

Prima realizzazione della palificata <i>loricata</i> nell'ambito del cantiere sperimentale AIPIN LAZIO-Jemm build nel Parco Regionale dei Castelli Romani (RM)
Direzione lavori: Ing.dott.Nat. Paolo Cornelini, Geom.Ettore Marrone.
Provincia/ Comune : Roma/ Albano
Altitudine slm /Esposizione 300 /SW
Lineamenti vegetazionali Vigneti e pinete a <i>Pinus pinea</i>
Substrato litologico Materiali piroclastici superficiali sciolti
Obiettivo dell'intervento Realizzazione di prototipi della palificata <i>loricata</i>
Tipologie e dimensioni dell'intervento Palificata viva <i>loricata</i> (h 2.15 L 8 m e h 2.50 m L 10 m)
Materiali morti impiegati Struttura a monoancoraggio Tronchi di castagno D. 18-20 cm , L 5 m e L 4 m;
Specie vegetali impiegate <i>Myrtus communis</i> , <i>Viburnum tinus</i> , <i>Spartium junceum</i> , <i>Phillyrea latifolia</i> e <i>Cistus salvifolius</i>
Impresa esecutrice Jemmbuild srl
Periodo dei lavori Dicembre 2008

Tabella 1. Descrizione prima realizzazione della *loricata*.(Paolo Cornelini)



Figura 15. Lineamenti vegetazionali, vigneti.(Camilla Linari)

Dove ci troviamo?

A **Sud-ovest** del lago di Albano in provincia di Roma.

Il campo è situato in una zona pianeggiante a 300 m s.l.m., con clima mediterraneo e su un substrato vulcanico con materiali piroclastici sciolti.

L' **uso del suolo** della zona ci mostra: colture permanenti, frutteti, vigneti e in prevalenza zone artificiali.

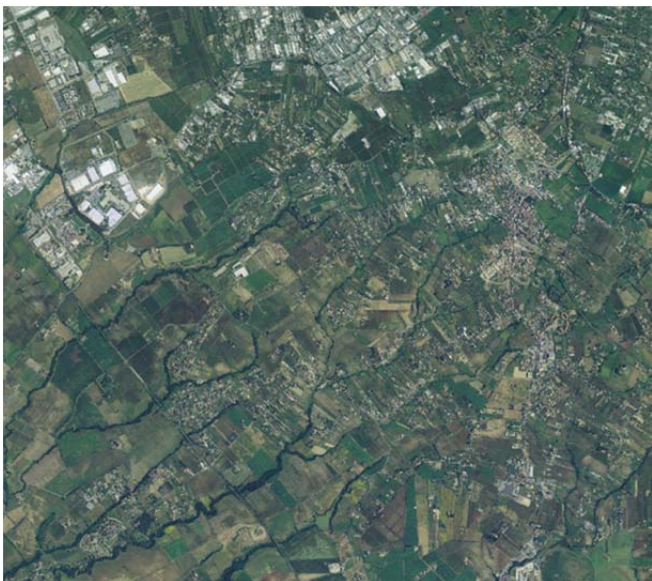


Foto aerea 1. Foto aerea dell'area del campo sperimentale.

I lavori sono iniziati nel dicembre del 2008 con la costruzione delle strutture in acciaio (Figura 16) che compongono la *loricata*.



Figura 16. Struttura in acciaio a croce di Sant'Andrea. Figura 17. Tirante centrale metallico e funi. (JemmBuild s.r.l.)

Il 13 marzo 2009 ha inizio la realizzazione dei prototipi della palificata *loricata* in Via Massimetta. La terra viene lavorata per raggiungere inclinazioni ottimali che consentano una buona stabilità (60°) vengono poi posizionate le strutture in acciaio e ancorate al versante. Il primo piano con tronchi longitudinali (correnti) e montante vengono appoggiati sul terreno per tutta la loro lunghezza e risultano quasi completamente interrati, il posizionamento avviene su terreno stabile o sulla fondazione realizzata.



a



b



c



d

Figura 18 (a,b,c,d). Preparazione del terreno e ancoraggio della struttura in acciaio.(JemmBuild s.r.l.)

Il riempimento è effettuato sempre progressivamente, mano a mano che vengono poste in opera le linee di correnti e montanti; questo permette il corretto costipamento del terreno tramite il mezzo meccanico ed a mano ad opera degli operai. Il materiale di riempimento (Figura 20) è quello derivante dagli scavi eseguiti per l'imposto. Per migliorare le condizioni di drenaggio si prevede l'aggiunta di ciottolame, ghiaia e sabbia. È opportuno che anche le piantine e le talee vengano messe in opera al procedere in altezza, facendo bene attenzione a non danneggiarle con le operazioni successive. Il rinverdimento (Figura 19) con specie erbacee e arbustive autoctone negli interstizi è assolutamente fondamentale per il controllo dell'erosione superficiale, esse con il tempo andranno a sostituire la struttura fino a garantire un supporto al terreno retrostante.



Figura 19. Rinverdimento dell'opera. (JemmBuild s.r.l.)



Figura 20. Riempimento della struttura. (JemmBuild s.r.l.)

Insieme ai prototipi della *loricata* vengono realizzate anche strutture a monoancoraggio rinverdite (Figura 21).



Figura 21. Strutture a monoancoraggio rinverdite. (JemmBuil s.r.l.)



Figura 22. Prototipo *loricata* e struttura a monoancoraggio rinverdita nel 2009. (JemmBuild s.r.l.)

A distanza di un anno nel 2010 la situazione si presentava così:



Figura 23 . Prototipo loricata a distanza di un anno dalla realizzazione. Marzo 2010 (a) Luglio 2010 (b). (JemmBuil s.r.l.)



Figura 24. Struttura rinverdita versante sud 2010. (JemmBuild s.r.l.)



Figura 25. *Loricata* versante sud 2010. (JemmBuild s.r.l.)

7.CAMPO SPERIMENTALE – PROTOTIPI PALIFICATA LORICATA E STRUTTURE A MONOANCORAGGIO RINVERDITE

31 LUGLIO 2014



Figura 26. Campo sperimentale Albano Laziale, Via Massimetta. (Camilla Linari)

1) Palificata Loricata alta con esposizione Nord



Figura 27. Versante nord, *loricata* alta. (Camilla Linari)

Altezza H= 3 m ; lunghezza L= 8 m

Bassa diversità, sono presenti solo arbusti con una copertura del 90 %:

-*Arbutus unedo*, con diametri massimi $d= 3-4$ cm e altezza media $h= 1,5$ m. Posizione in ombra.

-*Rhamnus alaternus*, specie dominante con diametri massimi $d= 5-10$ cm e altezza media $h= 2-3$ m.

-*Spartium junceum*, con diametri massimi $d= 4-5$ cm e altezza media $h= 2,5-3$ m.



Figura 28. Copertura del 90 %, struttura in legno ancora visibile. (Camilla Linari)

Prototipo loricata alta esposizione Nord

Specie	Altezza(m)	Diametro(cm)	Copertura (indice Braun Blanquet)
<i>Arbutus unedo</i>	1,5	3-4	1
<i>Rhamnus alaternus</i>	2-3	5-10	5
<i>Spartium junceum</i>	2,5-3	4-5	1

Tabella 2. Dati rilievo fitosociologico della *loricata* nord.

Struttura rinverditata con esposizione Nord



Figura 29. Struttura rinverditata nord: *Salix alba*. (Camilla Linari)

Altezza H= 3m ; Lunghezza L= 16m

Rinverdimento con talee di *Salix alba* che ora hanno una copertura del 100%. Ogni individuo ha raggiunto un'altezza media h= 4-5 m e un diametro massimo d= 8-10 cm.

Struttura a monoancoraggio rinverditata con esposizione Nord

Specie	Altezza(m)	Diametro(cm)	Copertura (indice Braun Blanquet)
<i>Salix alba</i>	4-5	8-10	5

Tabella 3. Dati rilievo fitosociologico della struttura rinverditata nord.

2)Palificata Loricata bassa con esposizione Sud



Figura 30. Versante sud, *loricata* bassa. (Camilla Linari)

Altezza H= 2,5 m ; lunghezza L= 8 m

Presenza di arbusti autoctoni mediterranei con copertura del 100%:

-*Arbutus unedo*, individuo nell'ombra con altezza media h=1 m e diametro massimo d=1 cm.

-*Pistacia lentiscus*, altezza media h= 2 m e diametro massimo d= 2-3 cm.

-*Rhamnus alaternus*, dominanza quasi assoluta con altezza massima h= 3-3,5 m e diametro medio d = 3-8 cm.

-*Spartium junceum*, con altezza massima h= 2 m e diametro medio d= 1,5 cm.

Loricata bassa con esposizione Sud

Specie	Altezza(m)	Diametro(cm)	Copertura (indice Braun Blanquet)
<i>Arbutus unedo</i>	1	1	1
<i>Rhamnus alaternus</i>	3-3,5	3-8	5
<i>Spartium junceum</i>	2	1,5	1
<i>Pistacia lentiscus</i>	2	2-3	1

Tabella 4. Dati rilievo fitosociologico della *loricata* sud.

Strutture a monoancoraggio rinverdite con esposizione Sud



Figura 31. Struttura rinverdita sud: *Pistacea lentiscus*, *Phillyrea angustifolia*, *Rhamnus alaternus*, *Spartium junceum*.

Altezza H= 2-3 m ; lunghezza L= 16 m

Rinverdimento con copertura del 100%. Le specie presenti sono:

- Pistacia lentiscus*, altezza h= 1 m e diametro d= 1 cm.
- Phillyrea angustifolia* altezza h= 2 m e diametro d= 1 cm.
- Rhamnus alaternus*, altezza h= 4 m e diametro d= 8-10 cm.
- Spartium junceum*, altezza h= 2-3 m e diametro d= 3 cm.

Strutture a monoancoraggio rinverdite con esposizione Sud

Specie	Altezza(m)	Diametro(cm)	Copertura (indice Braun Blanquet)
<i>Pistacia lentiscus</i>	1	1	1
<i>Rhamnus alaternus</i>	4	8-10	5
<i>Spartium junceum</i>	2-3	3	1
<i>Phillyrea angustifolia</i>	2	1	1

Tabella 5. Dati rilievo fitosociologico della struttura rinverdita sud.

8. RIQUALIFICAZIONE, RECUPERO AMBIENTALE, INGEGNERIA NATURALISTICA ED ECOLOGIA DEL PAESAGGIO.

Spesso recupero, ripristino, restauro e riqualificazione ambientale vengono usati attribuendo loro significati diversi. Molte azioni però sono comuni e propedeutiche a qualsiasi intervento di recupero o riqualificazione:

- eliminazione delle cause che determinano l'alterazione,
- conoscenza delle caratteristiche fitoclimatiche, geomorfologiche e vegetazionali,
- uso di specie e consociazioni vegetali coerenti con la serie di vegetazione locale.

Riqualificazione: eliminazione delle cause che hanno determinato il degrado senza ulteriori interventi o come premessa di una nuova destinazione d'uso di tipo non naturalistico.

Recupero: interventi finalizzati al restauro strutturale e funzionale di una fitocenosi o di un morfotipo, interventi di recupero capaci di attivare l'evoluzione naturale di forme e vegetazione autoctone con il modellamento morfologico e impianto di cenosi pioniere.

L'approvazione della legge sulla compatibilità ambientale e una più diffusa coscienza ambientalista hanno favorito l'esecuzione di interventi di ripristino e di recupero ambientale. Negli ultimi dieci anni sono aumentati gli interventi di bioingegneria. Il problema attuale è quello di valutare se sia sempre possibile considerare naturalistico un intervento di bioingegneria dato che, senza dubbio, questo è uno dei motivi dell'attuale sviluppo e della attenta considerazione di queste tecniche da parte degli operatori. La stessa Società italiana di ecologia pone l'attenzione di ecologi e paesaggisti sul fatto che gli interventi di bioingegneria possono servire da alibi ecologico per operazioni di semplice abbellimento e di decorazione.

La visione ecologica del paesaggio porta l'uomo a non essere in contrapposizione con la natura, solo se inserita in questo contesto l'ingegneria naturalistica non rischia di diventare un alibi, ma anzi assume una certa importanza quando è necessario ottenere la copertura

vegetale in ambiti ad elevata artificializzazione. La conoscenza e la classificazione della vegetazione, la ricostruzione del dinamismo a breve e lungo termine, il riconoscimento della serie di vegetazione sono pertanto gli elementi di base per l'ingegneria naturalistica.

9. CONCLUSIONI.



Le opere di ingegneria naturalistica vengono sempre più utilizzate grazie al loro basso impatto ambientale, o addirittura positivo, e i costi ridotti (Tabella 6). È importante però che queste opere siano collaudate ed è per questo motivo che nascono progetti come quello del campo sperimentale ad Albano Laziale.

Questa iniziativa permette di osservare l'evoluzione naturale delle opere, fare studi diretti e valutazioni complessive e coinvolgere studenti nella realizzazione. Il campo sperimentale, a distanza di 5 anni dalla realizzazione, ha dato risultati positivi come si può dedurre dalla struttura completamente intatta e dal rilievo della vegetazione: 5 sono le specie radicate e le strutture a monoancoraggio rinverdite mostrano una copertura del 100%.

PALIFICATA LORICATA - ANALISI DEI COSTI

Oggetto	Unità di misura	Quantità	Prezzo elementare	Importo
A) MANODOPERA:				
Operaio specializzato	ora	0.25	25.49	6.37
Operaio qualificato	ora	0.25	24.40	6.10
Operaio comune	ora	0.25	20.73	5.18
<i>tot</i>				17.66

B) NOLI:				
Autocarro	ora	0.05	56.40	2.82
Scavatore	ora	0.25	31.97	7.99
Motosega a catena	ora	0.20	3.20	0.64
Generatore con avvitatore	ora	0.25	4.50	1.13
<i>tot</i>				12.58

C) MATERIALI:				
Struttura acciaio a monoancoraggio	cad	0.10	490.00	49.00
Struttura di fondazione (n°1 piastra 115x125x18 cm)	cad	0.10	120.00	12.00
Attacchi in acciaio per i tronchi completi di centine e bulloneria	cad	1.40	15.00	21.00
Pali di castagno scortecciati	ml	2.8	15.00	42.00
Terreno di riempimento	mc	2	10.00	20.00
Arbusti	cad	3.6	6.50	23.40
Talee	cad	6.00	0.80	4.80
<i>tot</i>				172.20

PREZZO DI APPLICAZIONE AL Mq				202.43	
spese generali				14%	28.34
utile impresa				10%	23.08
TOT GENERALE EURO/Mq				253.85	

Tabella 6. Analisi dei costi della palificata *loricata*.

10.BIBLIOGRAFIA

Blasi C., Padella A., “Progettazione Ambientale. Cave, fiumi, strade, parchi, insediamenti.”

Cornelini Paolo, “La palificata *viva loricata*, opera di consolidamento di ingegneria naturalistica a struttura metallica”.

Menegazzi G., Palmieri F. (2007), “Il dimensionamento delle opere di Ingegneria Naturalistica”, REGIONE LAZIO Direzione Infrastrutture, Ambiente e Politiche Abitative.