



REGIONE LAZIO

Assessorato all'Ambiente e Cooperazione tra i Popoli
Direzione Ambiente e Cooperazione tra i Popoli
Area Difesa del Suolo

QUADERNO DI CANTIERE

**TERRA RINFORZATA RINVERDITA
DI VERSANTE**



REGIONE LAZIO

Assessorato all'Ambiente e Cooperazione tra i Popoli
Direzione Ambiente e Cooperazione tra i Popoli
Area Difesa del Suolo

QUADERNO DI CANTIERE

TERRA RINFORZATA RINVERDITA DI VERSANTE

QUADERNI DI CANTIERE

Volume 12: TERRA RINFORZATA RINVERDITA (di versante)

A cura di:

REGIONE LAZIO

Assessorato Ambiente e Cooperazione tra i Popoli: l'Assessore F. ZARATTI

Direzione Regionale Ambiente e Cooperazione tra i popoli: il Direttore R. DE FILIPPIS

Area Difesa del Suolo: il dirigente A. SANSONI

Responsabili: F. GUBERNALE, S. DE BARTOLI, G. FALCO

Redazione:

Autore: ROBERTO FERRARI

Progetto grafico: ESTER SABRINA FERRARI

Revisione e coordinamento tecnico e scientifico: F. GUBERNALE, S. DE BARTOLI, G. FALCO

Patrocinio:



**ASSOCIAZIONE
ITALIANA
PER LA
INGEGNERIA
NATURALISTICA**



REGIONE LAZIO

Coordinamento editoriale: F. Gubernale, S. De Bartoli, E. Ferrari

Realizzazione e stampa: EMILMARC s.r.l. - Roma

Tiratura copie: 2000

Finito di stampare nel 2006

Distribuzione gratuita

Da alcuni anni la Regione Lazio ha promosso in tutte le sedi istituzionali e professionali la conoscenza delle tecniche a basso impatto ambientale dell'Ingegneria Naturalistica con l'obiettivo di diffondere una nuova cultura di intervento sul territorio che insieme alla necessità di risolvere i problemi da un punto di vista tecnico ricerchi la conservazione massima possibile dell'ambiente ed anzi recuperi, ove possibile, le valenze naturalistiche e paesaggistiche del territorio.

Dopo i Manuali di ingegneria naturalistica e il Rapporto sul monitoraggio dei cantieri pilota nel Lazio sono lieto di presentare «I quaderni di cantiere». Questa pubblicazione, strutturata in diciotto quaderni (dodici già pronti ed altri sei in preparazione), rappresenta un ulteriore traguardo nel percorso della Regione Lazio. Rappresenta, inoltre, un'innovazione, in ambito editoriale, per il taglio prettamente operativo, rivolto in particolare a tutti gli addetti ai lavori che hanno il compito di progettare le opere e di seguirne l'esecuzione.

Ogni quaderno illustra una tecnica di ingegneria naturalistica, in particolare le diverse fasi di realizzazione, i materiali e le attrezzature necessarie, gli errori più frequenti in fase di realizzazione dei lavori e la manutenzione post-operam necessaria.

Voglio, inoltre, sottolineare l'elevata qualità tecnica di questa pubblicazione e la sua utilità nell'affermazione di questa disciplina, "I quaderni" saranno fondamentali strumenti per le imprese che dovranno realizzare opere di ingegneria naturalistica, per le maestranze e per i professionisti.

Filiberto Zaratti

Assessore Ambiente e Cooperazione tra i Popoli

Dieci anni di Ingegneria Naturalistica nel Lazio. Un percorso iniziato dalla Regione nel 1996 con l'emanazione di una semplice Deliberazione di Giunta, la 4340, in cui per la prima volta venivano enunciati i principi cui dovevano uniformarsi gli Enti nella realizzazione degli interventi di difesa del suolo, con l'obiettivo di assicurare la massima compatibilità ambientale nel territorio regionale.

Da allora la nostra Direzione Regionale, ha dato corso a molteplici iniziative e molte sono le attività maturate.

Così nel febbraio del 2002 è stato stampato e divulgato il primo Manuale di ingegneria naturalistica relativo alle sistemazioni idrauliche, giunto già alla terza ristampa, ripubblicato anche dal Ministero dell'Ambiente, e da Loro proposto anche nel proprio sito istituzionale su Internet come riferimento a tutti gli addetti ai lavori.

Quindi nel dicembre 2003 è stato presentato il secondo Manuale relativo ai settori del recupero di cave, discariche, rinaturalizzazione di scarpate stradali e ripascimento delle dune costiere, già ripubblicato per la seconda edizione.

A febbraio di quest'anno è stato presentato il terzo Manuale di ingegneria naturalistica rivolto alla sistemazione dei versanti soggetti a fenomeni gravitativi, completando un lavoro a tutto campo che, per tematiche trattate, credo sia un esempio unico in Italia.

A novembre è stato presentato all'Università della Tuscia il Rapporto sul monitoraggio dei cantieri pilota nel Lazio dove sono riportati ed analizzati i risultati delle attività di verifica e controllo operate sui cantieri.

Ma oltre a questi studi la nostra Direzione Regionale ha voluto dare seguito a tutta una serie di iniziative finalizzate alla divulgazione dei principi e delle tecniche di ingegneria naturalistica e di formazione degli addetti ai lavori.

In questa ottica si inseriscono:

- il corso di formazione per funzionari della Regione Lazio;
- la collaborazione con l'Ente Parco dei Monti Aurunci con l'attivazione di un vivaio di specie autoctone e la progettazione di una scuola di ingegneria naturalistica presso la sede del Parco che svolgerà attività di formazione professionale;
- le convenzioni stipulate con la Riserve Naturali che hanno dato luogo a giornate di studio e alla realizzazione da parte dei partecipanti di cantieri didattici su opere di Ingegneria Naturalistica.

In occasione del decennale dell'Ingegneria Naturalistica viene presentata l'ultima pubblicazione della Regione Lazio, forse la più originale: «I quaderni di cantiere». Questa pubblicazione, strutturata in diciotto quaderni (dodici già pronti ed altri sei in preparazione) presenta le principali tecniche di ingegneria naturalistica, nell'ottica del cantiere, illustrando in particolare le diverse fasi di realizzazione, i materiali e le attrezzature necessarie, gli errori più frequenti.

Ma tutto questo non lo consideriamo ancora un punto di arrivo, ma la base per proseguire la nostra azione con convinzione, con passione e professionalità, sapendo che ancora molto c'è da lavorare per diffondere una cultura di intervento che spesso, ancora oggi, è circondata da ostilità, imprecisione, inesattezze.

Raniero De Filippis

Direttore Direzione Regionale Assessore Ambiente e Cooperazione tra i Popoli

Nell'arco degli ultimi dieci anni si è svolta tra la Regione Lazio e l'AIPIN una fervida attività di collaborazione sulle tematiche dell'Ingegneria Naturalistica mediante convegni, corsi, cantieri scuola, commissioni tecniche, realizzazione di manuali, progettazione di interventi ed assistenza di cantiere, monitoraggi, ecc.

Si è formata negli anni sia da parte dei funzionari regionali che dei professionisti operanti nel Lazio una preparazione sempre più specifica sulle tecniche naturalistiche ed una nuova mentalità nell'affrontare i problemi delle sistemazioni idrauliche e della difesa del suolo nonché delle progettazioni di infrastrutture.

Sono ormai disponibili informazioni sulle tecniche di I.N., schede di analisi dei prezzi per le cinque province, schede di casistica di interventi eseguiti, ecc.

Tutti gli interlocutori dei procedimenti progettuali, autorizzativi e realizzativi stanno acquisendo esperienza sempre maggiore facendo tesoro anche degli inevitabili sbagli.

Restano ancora da affrontare alcune attività di specializzazione quali:

- manuali e corsi di livello avanzato sulla progettazione
- corsi di qualificazione per imprese
- manuali su settori specialistici (quale quelli in previsione: a) sul verde tecnico; b) sugli interventi di ricostruzione della biodiversità nelle aree naturali protette, reti ecologiche, deframmentazione di habitat, interventi di I.N. in paesi del terzo mondo, ecc.)
- monitoraggi e verifiche degli effetti nel tempo sia dal punto di vista funzionale che dell'habitat (realizzazione di linee guida e liste di controllo sui monitoraggi)
- acquisizione in genere di patrimonio di esperienza basata sulla moltiplicazione di realizzazioni di interventi

In questo contesto di attività bene si colloca l'iniziativa della Regione Lazio di promuovere questi "quaderni di cantiere" redatti in collaborazione con Roberto Ferrari, socio esperto AIPIN e veterano di cantieri di Ingegneria Naturalistica, condotti con dedizione pluridecennale, sia come cantieri scuola, sia in collaborazione con imprese nella realizzazione di opere spesso completamente sconosciute alle maestranze e sempre riadattate volta per volta alle situazioni locali. Saranno fondamentali strumenti per chi dovrà realizzare opere di I.N., ma anche per i professionisti meno esperti che vi potranno fare riferimento nei loro progetti.

Giuliano Sauli

Il Presidente Nazionale AIPIN

Note d'uso

di Francesco Gubernale

Immaginiamo di essere osservatori in un cantiere dove maestranze esperte, guidate da un altrettanto bravo direttore dei lavori, stanno eseguendo una tecnica di ingegneria naturalistica.

Immaginiamo, senza dare fastidio, di poterci muovere con disinvoltura da una parte all'altra dell'area dei lavori, di tendere l'orecchio alle istruzioni e alle raccomandazioni del direttore dei lavori, alle "dritte" degli operai mentre lavorano, rubando con gli occhi ogni possibile particolare utile..... e di riportare tutto ciò che ascoltiamo e vediamo su un blocco per appunti, facendo schizzi, prendendo foto, annotando impressioni, segnando a margine gli errori da evitare, i consigli da seguire.....

Questo incredibile blocco di appunti lo conserveremmo con grande gelosia. Domani potremmo cimentarci con maggiore perizia nella costruzione di quell'opera. Ogni dubbio verrebbe risolto dando un'occhiata ai nostri scritti, ai nostri disegni.

Ecco, questo avevamo in mente quando una sera, parlandone tra di noi (con Giovanni Falco e Simona De Bartoli, n.d.r.) ci chiedevamo di cosa avevamo bisogno, cosa altro potevamo proporre ai nostri tecnici dopo i tre Manuali.

Così sono nati i "quaderni di cantiere"; ed ecco che sfogliandoli, per ogni tecnica, troviamo detto:

cos'è;
dove, perché e quando si fa;
le attrezzature ed i materiali che servono.

Ma soprattutto troviamo illustrate e documentate con foto tutte le fasi operative di costruzione.

Sfogliando il quaderno l'opera si forma e si completa. Quando occorre, approfondimenti e note sugli errori più comuni ci fanno soffermare con attenzione su particolari fasi lavorative.

Per fare questo ci siamo rivolti a Roberto Ferrari, socio esperto dell'AIPIN (associazione che ci accompagna da 10 anni in questo nostro percorso sull'ingegneria naturalistica) che di cantieri ne ha fatti a decine (centinaia?), ed alla tecnica ed alla bravura di Ester Ferrari per rappresentare con immagini le nostre idee.

Forse qualcuno su qualche particolare o qualche procedura di realizzazione potrà eccepire su quanto da noi proposto. E' normale. Siamo pronti a raccogliere tutte le indicazioni che gli amici ci vorranno inviare per migliorare il nostro prodotto. Anzi sarebbe fantastico se anche le imprese, i loro capi cantieri, gli operai, cui questi quaderni sono particolarmente rivolti, ci contattassero mandandoci i loro suggerimenti, le loro impressioni.

Grazie a tutti.

Prefazione

di Roberto Ferrari

**Difendere il suolo contro ogni possibile evento idrogeologico
esce decisamente dal campo delle umane possibilità.**

L. Noé, M. Rossi Doria

Tutte le cose possono essere fatte bene o male, con una serie infinita e continua di sfumature intermedie tra un estremo e l'altro.

E l'Ingegneria Naturalistica non si sottrae a questa regola.

Pur con i limiti tecnici che la contraddistinguono, è conosciuta ed applicata in Italia come valida alternativa agli interventi tradizionali nella risoluzione di molteplici situazioni derivanti da problemi di dissesto del territorio. I risultati ottenuti in poco più di quindici anni vanno ben al di là del "solo" consolidamento del suolo, innescando processi di rinaturalizzazione, creando biodiversità, contribuendo alla formazione di corridoi ecologici.

Questo quando è fatta bene.

Tutto ciò ha portato, in questo breve intervallo temporale, ad una grande ma soprattutto veloce utilizzazione delle tecniche proprie di questa disciplina: gli interventi sul territorio nazionale sono oramai innumerevoli e coprono tutti gli ambienti e tutti gli ambiti in cui possono essere applicate le molteplici tipologie di cui la disciplina stessa si avvale. Ma proprio per questo successo così grande e rapido, sia a livello di pensiero che di applicazione, e forse causa esso stesso, molte delle opere e degli interventi eseguiti non risultano essere esenti da errori molto spesso determinanti per il raggiungimento dell'obiettivo prefissato. Nonostante l'ormai grande diffusione di manuali, linee guida, articoli, convegni ed addirittura corsi specifici sull'argomento, molti interventi risultano privi dei requisiti basilari per poter essere classificati come interventi di Ingegneria Naturalistica: le piante, peculiarità che contraddistingue e caratterizza questa disciplina dalle tecniche tradizionali, sono spesso del tutto assenti o secche o di specie non idonee; le strutture molte volte non risultano costruite seguendo le sperimentate metodologie che ne garantiscono la stabilità e la funzione; i materiali vengono talvolta utilizzati in modo improprio o non corretto.

Questo quando è fatta male.

Ma perché molte, troppe volte è fatta male?

La idonea esecuzione di un'opera o di un intervento di Ingegneria Naturalistica si avvale di alcune, per altro semplici, regole imprescindibili, che però, se non correttamente osservate, ne determinano l'insuccesso. La non conoscenza, il considerarla alla stessa stregua di un intervento tradizionale, non capirne le esigenze biologiche sono tra le cause più frequenti.

La gestione del sito d'intervento all'inizio, durante ed alla fine dei lavori, ad esempio, è di fondamentale importanza per l'evoluzione morfologica e biologica che il sito stesso avrà nel tempo. E soprattutto la pianta, l'elemento che contraddistingue un intervento di Ingegneria Naturalistica da uno tradizionale, se non viene inserita come parte strutturale delle opere e non se ne consente lo sviluppo nei modi dovuti o, peggio, muore, l'intervento è destinato a collassare, e soprattutto non possiamo più parlare di Ingegneria Naturalistica.

La "novità" rappresentata dal materiale vivo unitamente ad una scarsa conoscenza delle sue esigenze ne determinano spesso un errato utilizzo.

Le note che propongo rappresentano una guida per sbagliare di meno o comunque un suggerimento per un approccio corretto nella esecuzione e sono rivolte a chi si avvicina per la prima volta alla realizzazione pratica, ma non solo.

Si può dire che il testo sia stato didatticamente “collaudato” ancor prima di essere scritto, in quanto rappresenta gli argomenti trattati, e realizzati, durante le mie “lezioni” in corsi specifici ed i tanti cantieri: potrebbe essere infatti tratto da qualsiasi dei quaderni di appunti che vengono compilati durante le ore di esercitazioni pratiche nei cantieri didattici.

I metodi descritti in queste note, sebbene i più collaudati e seguiti, possono rappresentare una di altrettanto valide possibili soluzioni. La ricerca scientifica assieme alle numerose possibilità offerte dal mercato, rendono la descrizione di alcune fasi, procedure o materiali suscettibile di possibili variazioni.

Gli errori in cui si può incappare durante la realizzazione di un intervento di Ingegneria Naturalistica sono davvero tanti, ma analizzando il problema ci si rende conto che sono dovuti esclusivamente alla poca conoscenza della materia.

Naturalmente il fatto che questi interventi richiedano conoscenze ed esperienze in diversi campi talora poco conosciuti, aumenta la possibilità di errore, ma con un minimo di disponibilità e di apertura verso questi nuovi temi i successi non possono mancare. A conferma di ciò basti un’attenta osservazione di ciò che è stato realizzato sul territorio nazionale: addirittura sistemazioni spondali tradizionali in calcestruzzo demolite e sostituite con opere di Ingegneria Naturalistica.

In fin dei conti si tratta di osservare semplici regole naturali, spesso addirittura istintive, e sostituire la fredda abitudine con un po’ di quella sensibilità che gli organismi vivi richiedono, credendo soprattutto in ciò che si fa.

Ed ora, buon lavoro!

La perfezione non è di questo mondo.

Ma un’opera di Ingegneria Naturalistica eseguita bene e correttamente è sicuramente possibile.



(Foto R.Ferrari)

Cosa è

È una struttura di sostegno a gravità, costituita da elementi di contenimento e di rinforzo realizzati principalmente mediante reti e tiranti in metallo o materiali sintetici abbinati a (bio)feltri, (bio)(geo)stuoie o (bio)(geo)reti per il contenimento del materiale inerte di riporto.

Il paramento esterno presenta inclinazione massima di 60° rispetto all'orizzontale (valori maggiori di inclinazione non permettono la captazione dell'apporto minimo delle acque meteoriche indispensabili alla vegetazione) e funge da contenimento per il materiale di riempimento.

Nell'ambito di questa tipologia è possibile distinguere quattro gruppi o sistemi principali che, fermi restando i principi costruttivi e finalistici generali, si differenziano per i materiali utilizzati e per la realizzazione della struttura portante e che possono presentare variabili al loro interno sia di tipo costruttivo sia soprattutto di scelta e dimensionamento dei materiali utilizzati:

- Gruppo A) Terre rinforzate rinverdate in geosintetici

La struttura portante è costituita generalmente da geosintetici ripiegati a chiudere frontalmente il materiale utilizzato per il riempimento, formando strati sovrapposti con potenza non superiore a 65 cm. Il contenimento e la forma provvisoria durante le fasi di riempimento e costipamento (rullatura) nonché l'inclinazione finale vengono realizzati mediante casseri mobili. L'utilizzo di geosintetici a maglia larga garantisce un migliore sviluppo della vegetazione ma implica l'inserimento a tergo di (bio)feltri, (bio)(geo)stuoie o (bio)(geo)reti per il contenimento del terreno vegetale. Le caratteristiche tipologiche e dimensionali dei materiali utilizzati derivano dalle dimensioni finali dell'intervento, dettate dalle condizioni generali del sito e dalle verifiche di stabilità.



**Terra rinforzata rinverdi-
ta (di versante), Gruppo A.
Come si presenta la tipo-
logia appena terminata
la fase realizzativa di can-
tiere (post operam) (Foto
R.Ferrari).**

- Gruppo B) Terre rinforzate rinverdite in geosintetici e griglie (reti metalliche elettrosaldate) metalliche

La struttura portante è costituita generalmente da geosintetici ripiegati a chiudere frontalmente il materiale utilizzato per il riempimento, formando strati sovrapposti con potenza non superiore a 65 cm. La parete frontale di ciascuno strato è rinforzata in modo permanente da casseri fissi costituiti da pannelli di rete metallica elettrosaldata, eventualmente abbinata posteriormente a (bio)feltri, (bio)(geo)stuoie o (bio)(geo)reti per il contenimento del terreno vegetale, che ne determinano anche l'inclinazione finale. Le caratteristiche tipologiche e dimensionali dei materiali utilizzati derivano dalle dimensioni finali dell'intervento, dettate dalle condizioni generali del sito e dalle verifiche di stabilità.



Terra rinforzata rinverdita (di versante), Gruppo B. Come si presenta la tipologia appena terminata la fase realizzativa di cantiere (post operam) (Foto R.Ferrari).

- Gruppo C) Terre rinforzate rinverdite in griglie (reti metalliche elettrosaldate) ed armature metalliche

La struttura portante è costituita da due elementi, tiranti e pannelli, uniti mediante appositi attacchi con bulloni, assemblati e legati uno accanto all'altro a formare strati sovrapposti di potenza pari a 65 cm.

I tiranti sono costituiti da lamine in acciaio zincato ad aderenza migliorata, di lunghezza variabile.

I pannelli sono costituiti da rete metallica elettrosaldata con diametri differenziati, generalmente zincata, rivestita a tergo da (bio)feltri, (bio)(geo)stuoie o (bio)(geo)reti per il contenimento del terreno vegetale. Presentano una conformazione tale che al momento dell'unione ai tiranti assumono un'inclinazione di circa 63°.

La variabilità di lunghezza dei tiranti e quella relativa ai diametri della rete, consente un utilizzo ottimale degli elementi a seconda della loro ubicazione nell'intervento, aumentan-

done la capacità autoportante e limitando deformazioni strutturali; queste caratteristiche dimensionali vengono determinate dalle dimensioni finali dell'intervento, dettate dalle condizioni generali del sito e dalle verifiche di stabilità.



Terra rinforzata rinverdita (di versante), Gruppo C. Come si presenta la tipologia appena terminata la fase realizzativa di cantiere (post operam) (Foto R.Ferrari).

- Gruppo D) Terre rinforzate rinverdate in reti metalliche a doppia torsione
 La struttura portante è costituita da elementi in rete metallica a doppia torsione, generalmente zincata e/o plastificata, ripiegata in tre lembi che con l'aiuto di staffe metalliche triangolari di rinforzo assumono frontalmente un'inclinazione di circa 60°, rivestiti internamente da (bio)feltri, (bio)(geo)stuoie o (bio)(geo)reti per il contenimento del terreno vegetale, assemblati e legati uno accanto all'altro a formare strati sovrapposti di potenza pari a 65 cm.
 Le caratteristiche dimensionali degli elementi (lunghezza e profondità), quelle della rete (diametri dei fili e dimensioni delle maglie), nonché l'eventuale zincatura e/o plastificazione vengono determinate dalle dimensioni finali dell'intervento, dettate dalle condizioni generali del sito e dalle verifiche di stabilità.



Terra rinforzata rinverdita (di versante), Gruppo D. Come si presenta la tipologia appena terminata la fase realizzativa di cantiere (post operam) (Foto R.Ferrari).

Un'opportuna scelta dei materiali costituenti la struttura portante nonché quella relativa al materiale inerte di riporto da utilizzare per il riempimento consente di utilizzare questa tipologia anche in ambito fluviale.

Dove si fa

Viene inserita alla base di scarpate e pendii franosi anche in presenza di spinte interne (che comunque devono essere valutate e rese funzionalmente compatibili con le dimensioni della struttura stessa), nella costruzione di rilevati stradali, autostradali e ferroviari, nonché di terrapieni e rilevati paramassi od antirumore.

Non presenta limiti dimensionali costruttivi relativamente all'altezza.



Terra rinforzata rinverdita (di versante), s.l. Tipica situazione di dissesto risolvibile mediante questa tipologia di intervento (ante operam) (Foto R.Ferrari).



Terra rinforzata rinverdita (di versante), Gruppo D. Tipica situazione di dissesto risolvibile mediante questa tipologia di intervento (in opera) (Foto R.Ferrari).

Perché si fa

Questa tipologia consente la realizzazione di scarpate artificiali con inclinazioni maggiori dell'angolo di attrito proprio del materiale utilizzato per il riempimento e di conseguenza richiedono un ingombro basale molto modesto rispetto a scarpate con inclinazioni naturali.

Posta al piede delle aree soggette a dissesto, con la sua massa si contrappone ai movimenti gravitativi, blocca le masse a monte, svolgendo nel complesso azione stabilizzatrice e di consolidamento.

Lo stesso materiale vegetale vivo, una volta attecchito e sviluppato, svolge nel tempo un'efficientissima azione di consolidamento, mediante l'apparato radicale, e di drenaggio, mediante la traspirazione fogliare, per una profondità variabile e dipendente dalle specie vegetali utilizzate.

Vantaggi

- possibilità di realizzazione di scarpate con elevate pendenze (max 60°)
- limitato ingombro di base
- non dipendenza da angolo di attrito del materiale di riempimento utilizzato
- possibilità di raggiungimento di altezze notevoli
- ottima flessibilità che consente grande adattabilità alle condizioni morfologiche del sito
- elevata durata nel tempo
- elasticità strutturale
- permeabilità
- facilità di reperimento in zona del materiale vegetale vivo idoneo
- discreto inserimento paesaggistico-ambientale

Svantaggi

- i materiali costituenti la struttura portante non sono biodegradabili
- necessità di un terreno di fondazione con buone caratteristiche geotecniche
- movimentazioni di grandi volumi di materiale di riempimento
- necessario ampio utilizzo di mezzi meccanici (con conseguente creazione di piste d'accesso)
- non realizzabilità in siti di difficile accesso
- costi elevati

Quando si fa

Dovendosi utilizzare, durante la fase di realizzazione, materiale vegetale vivo, soprattutto derivato da specie atte alla riproduzione per via vegetativa (talee, verghe, astoni, ramaglie), è tassativamente necessario operare durante il periodo di riposo vegetativo (rami senza foglie).

Analogamente a quasi tutti gli interventi di Ingegneria Naturalistica che implicano l'utilizzo di tali materiali vegetali vivi, il periodo utile per l'esecuzione dei lavori può essere limitatamente ampliato stoccando gli stessi materiali vegetali vivi in acqua fredda leggermente corrente ($T_{max} 15^{\circ} C$) od in celle frigorifere ($T_{0-1^{\circ} C}$): questa possibilità deve però seguire ad una attenta analisi che tenga conto delle necessità delle specie utilizzate, delle caratteristiche del materiale destinato al riempimento

della struttura, dell'entità dello sfioramento dei limiti del periodo ottimale anche in rapporto alle caratteristiche morfologiche, topografiche e climatiche del sito di intervento.

Se è prevista solamente un'idrosemina, la realizzazione può essere effettuata in qualsiasi periodo, rimandando l'idrosemina stessa al periodo idoneo ottimale.

Cosa serve

La grande variabilità realizzativa offerta dai quattro gruppi principali non permette un elenco di attrezzatura preciso ed esaustivo onnicomprensivo di tutte le possibili situazioni. L'elenco di seguito riportato fa riferimento soprattutto alla realizzazione di Terre rinforzate rinverdite in griglie (reti metalliche elettrosaldate) ed armature metalliche (Gruppo C) e Terre rinforzate rinverdite in reti metalliche a doppia torsione (Gruppo D), che rappresentano forse le situazioni più frequenti e comunque le più complete.

Attrezzature

- mezzi meccanici (scavatore o pala o terna o ragno, camion, rulli vibranti di dimensioni e potenza diversi) (carburante), braghe o catene, ganci
- piastra vibrante (rana)
- generatore elettrico (carburante), cavo elettrico di idonea lunghezza, raccordi elettrici
- smerigliatrice angolare con attrezzatura di dotazione
- mola da taglio per ferro
- compressore aria
- graffettatrice pneumatica
- tenaglia
- chiavi per bulloni di idonea misura
- tronchese per filo di ferro
- livella a bolla
- mazzetta manico corto (1,5 kg)
- mazza manico lungo (5 kg)
- pala
- piccone
- motosega (carburante, olio) con attrezzatura di dotazione, lame di riserva, attrezzatura individuale antinfortunistica
- sega ad arco per legno
- coltello lama diritta
- cesoia manici lunghi
- forbice da giardinaggio
- metro snodabile (L 2 m)
- cordella metrica (L 20÷50 m)

Materiali

- materiale vegetale vivo autoctono (astoni di specie atte alla riproduzione vegetativa,

- specie arbustive a radice nuda o in fitocella)
- elementi del sistema adottato
- barre in tondino di ferro ad aderenza migliorata (L 2 m - Ø 30 mm)
- filo di ferro cotto o zincato (Ø 2 mm)
- punti metallici
- cunei di legno
- materiale inerte di riempimento (e di eventuale drenaggio)
- terreno vegetale
- (bio)feltro, (bio)(geo)stuoia o (bio)rete. **La scelta di questi materiali e le loro caratteristiche (tipo, origine, grammatura, dimensione delle maglie, ...) è di estrema importanza per l'attecchimento della componente vegetale viva e spesso è causa di insuccesso finale: ad una funzione di trattenimento del materiale di riempimento deve associare caratteristiche di permeabilità agli apparati radicali; pertanto deve essere attentamente vagliata e decisa in fase progettuale ed altrettanto attentamente controllata in fase esecutiva.**

Come si esegue correttamente

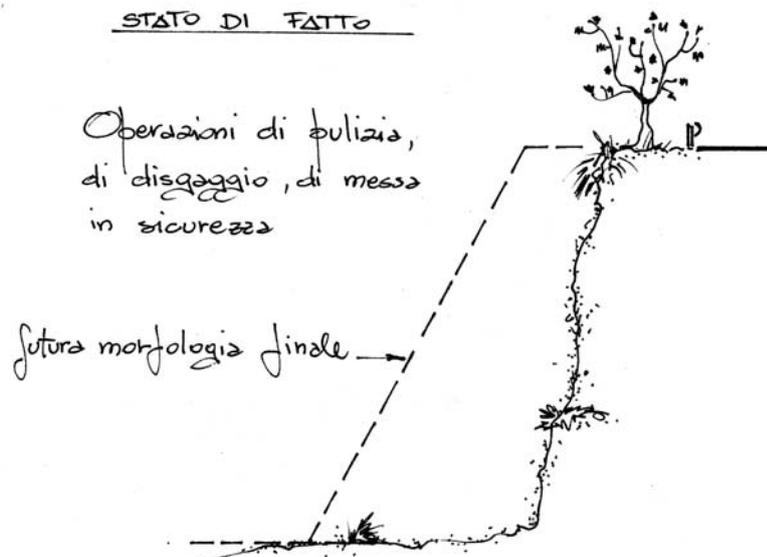
Considerate le varie alternative di montaggio delle varie strutture offerte dai quattro gruppi principali, nonché alla rapida e continua evoluzione tecnologica dei materiali e dei sistemi, non è possibile che un accenno alle principali fasi costruttive, rimandando per i particolari alle specifiche tecniche proprie di ciascun costruttore o fornitore. Di seguito si fa riferimento a scopo esemplificativo soprattutto alla realizzazione di Terre rinforzate rinverdite in griglie (reti metalliche elettrosaldate) ed armature metalliche (Gruppo C) e Terre rinforzate rinverdite in reti metalliche a doppia torsione (Gruppo D).

Gruppo C

Terre rinforzate rinverdate in griglie (reti metalliche elettrosaldate)

ed armature metalliche

Fase 1 - Viene considerata eseguita la preparazione preliminare del sito di intervento comprendente tutte le operazioni relative all'eventuale disboscamento, all'eventuale modifica morfologica, alla pulizia, al disgaggio, alla messa in sicurezza. Tali operazioni vengono effettuate mediante l'utilizzo del mezzo meccanico ed eventualmente completate manualmente (Dis. 1).

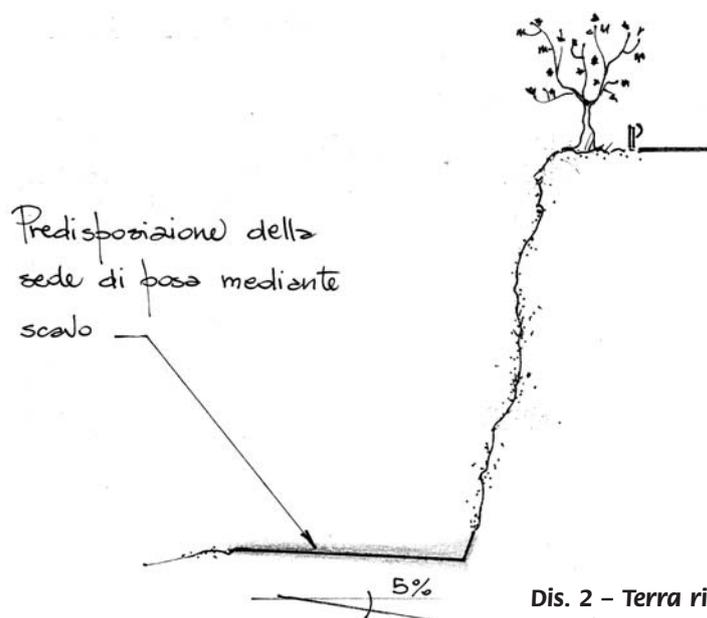


Dis. 1 - Terra rinforzata rinverdata (di versante), Gruppo C. Fase 1 - Ipotetica situazione di dissesto con evidenziati gli elementi morfologici più caratteristici (in tratteggio la futura morfologia finale) (sezione).



Terra rinforzata rinverdata (di versante), Gruppo C. Preparazione preliminare del sito di intervento (in opera) (Foto R.Ferrari).

Fase 2 - Predisposizione della sede di posa mediante scavo e preparazione del piano di appoggio della base della struttura che deve presentare andamento piano con superficie inclinata a reggipoggio di circa il 5%. Tale operazione viene effettuata mediante l'utilizzo del mezzo meccanico ed eventualmente completata manualmente (Dis. 2).



Dis. 2 – Terra rinforzata rinverdi-
ta (di versante), Gruppo C. Fase 2 (sezione).



Terra rinforzata rinverdi-
ta (di versante), Gruppo
C. Realizzazione del pia-
no di appoggio basale (in
opera) (Foto R.Ferrari).

Accorgimenti particolari

- Realizzare uno strato basale di idoneo spessore con materiale avente qualità e proprietà migliori, se il substrato non presenta le necessarie caratteristiche geotecniche.

ERRORI PIÙ FREQUENTI



Terra rinforzata rinverdita (di versante), s.l. Cedimento della parte basale a causa delle non idonee caratteristiche geotecniche del substrato (post operam) (Foto R.Ferrari).

- Predisporre gli eventuali sistemi drenanti nella parte basale e posteriore della struttura.
- Per agevolare e regolarizzare la posa della prima fila di pannelli è opportuna la realizzazione di un idoneo cordolo in ghiaia o sabbia compattata.

Fase 3 - Posa e fissaggio di un primo ordine di elementi, generalmente alla quota progettuale più bassa, mediante le seguenti modalità:

- posa di pannelli, uno accanto all'altro, nella loro posizione definitiva, in corrispondenza del cordolo;



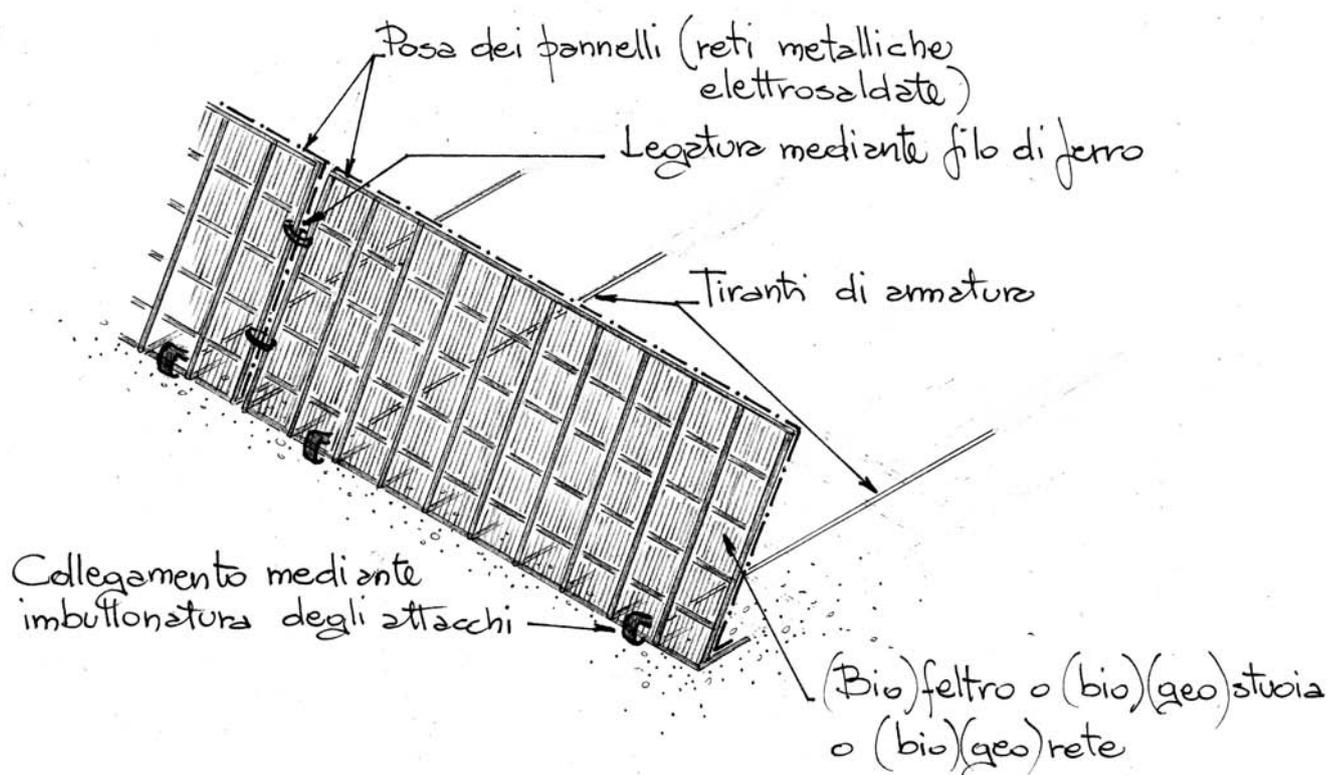
Terra rinforzata rinverdita (di versante), Gruppo C. Posa del primo ordine di elementi (in opera) (Foto R.Ferrari).

- legatura, lungo i lati, mediante filo di ferro;
- posa di attacchi (2 o 3 per pannello, a seconda delle necessità);
- posa di tiranti di armatura, perpendicolarmente al pannello;
- collegamento mediante imbullonatura degli attacchi ai tiranti.

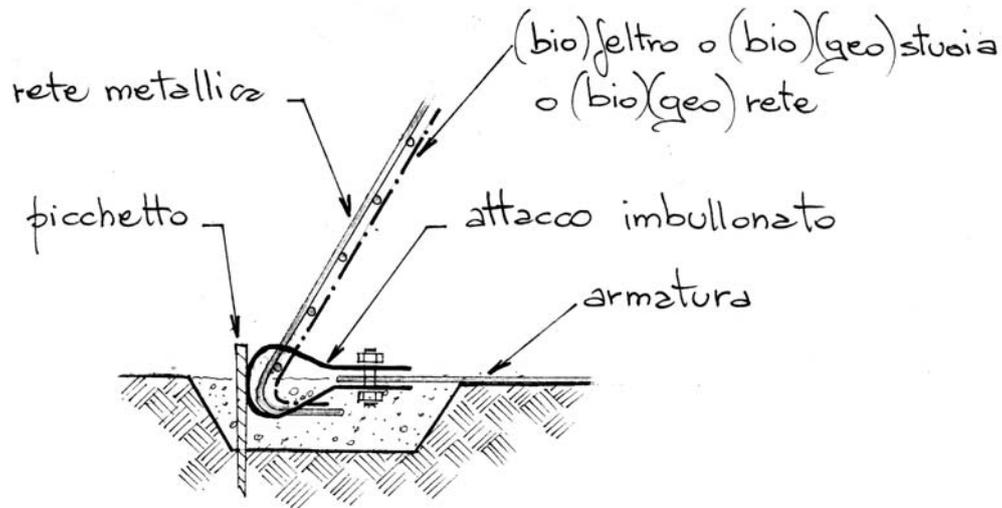


Terra rinforzata rinverdita (di versante), Gruppo C. Completamento della posa e fissaggio del primo ordine di elementi (in opera) (Foto R.Ferrari).

L'utilizzo del mezzo meccanico si limita alla movimentazione degli elementi più pesanti e ad assistenza in genere (Dis. 3).



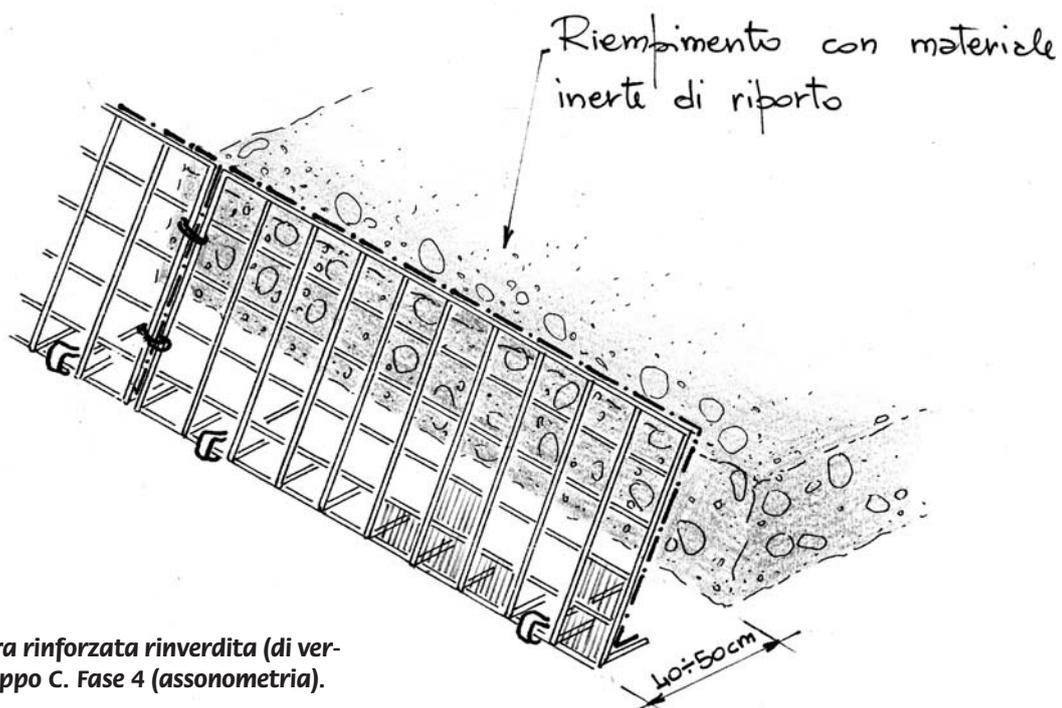
Dis. 3 – Terra rinforzata rinverdita (di versante), Gruppo C. Fase 3 (assonometria e particolare).



Accorgimenti particolari

- Per mantenere un allineamento regolare è consigliabile infiggere picchetti di tondino di ferro ad aderenza migliorata (L 40 cm - Ø 14 mm) in corrispondenza ed a contatto con la parte basale di ciascun pannello, onde evitare movimenti durante le operazioni.
- Se le caratteristiche geotecniche del sito lo fanno ritenere opportuno, è possibile infiggere barre di tondino ferro ad aderenza migliorata (L 2 m - Ø 30 mm), distribuite lungo l'allineamento ed a contatto con la parte basale del pannello o, meglio, dell'attacco.

Fase 4 - Riempimento del primo ordine di elementi con materiale inerte di riporto per uno spessore non superiore a 30 cm. Tale operazione viene effettuata mediante l'utilizzo del mezzo meccanico e completata mediante costipazione con rullo vibrante (Dis. 4).



Dis. 4 - Terra rinforzata rinverdita (di versante), Gruppo C. Fase 4 (assonometria).



Terra rinforzata rinverdita (di versante), Gruppo C. Realizzazione del primo strato di riempimento con materiale inerte di riporto del primo ordine di elementi (in opera) (Foto R.Ferrari).

Accorgimenti particolari

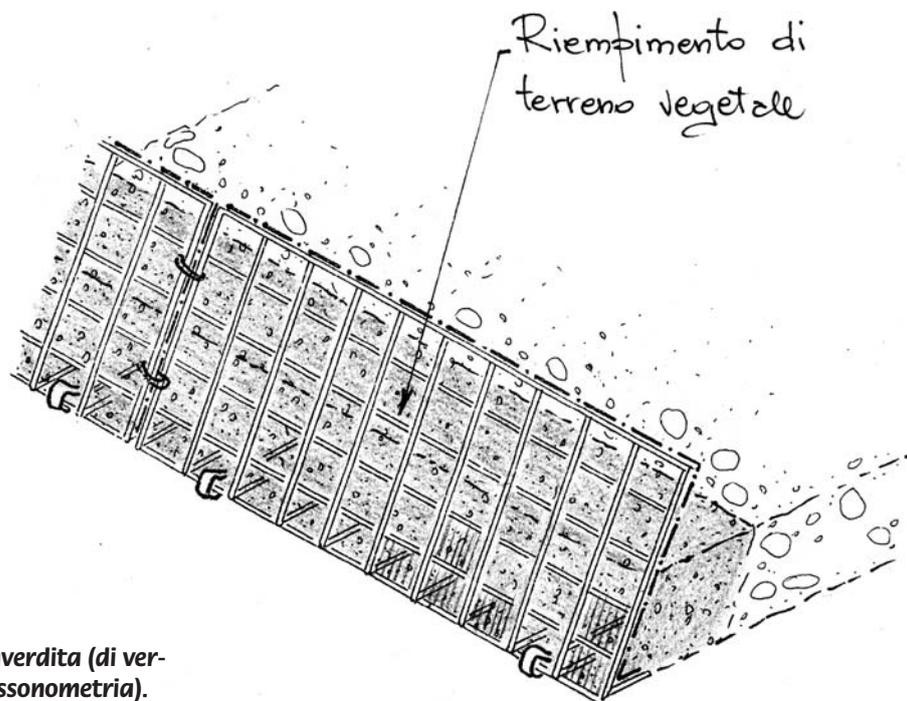
- Lasciare uno spazio di 40÷50 cm tra il lato interno dei pannelli ed il fronte del materiale di riempimento per consentire il successivo riempimento con terreno vegetale.
- Eseguire rullature accurate.



Terra rinforzata rinverdita (di versante) Gruppo C. Rullatura del primo strato di riempimento con materiale inerte di riporto del primo ordine di elementi (in opera) (Foto R.Ferrari).

- Evitare il transito di mezzi meccanici (in particolare i cingolati) direttamente sui tiranti.

Fase 5 - Sistemazione di terreno vegetale nello spazio tra il lato interno dei pannelli del primo ordine ed il fronte del materiale di riempimento (40÷50 cm) e per uno spessore pari a quello del materiale di riempimento stesso. Tale operazione viene effettuata mediante l'utilizzo del mezzo meccanico e completata manualmente (Dis. 5).



Dis. 5 – Terra rinforzata rinverdita (di versante), Gruppo C. Fase 5 (assonometria).

Accorgimenti particolari

- Costipare accuratamente il materiale mediante piastra vibrante o manualmente.

ERRORI PIÙ FREQUENTI

- Non utilizzare terreno vegetale.



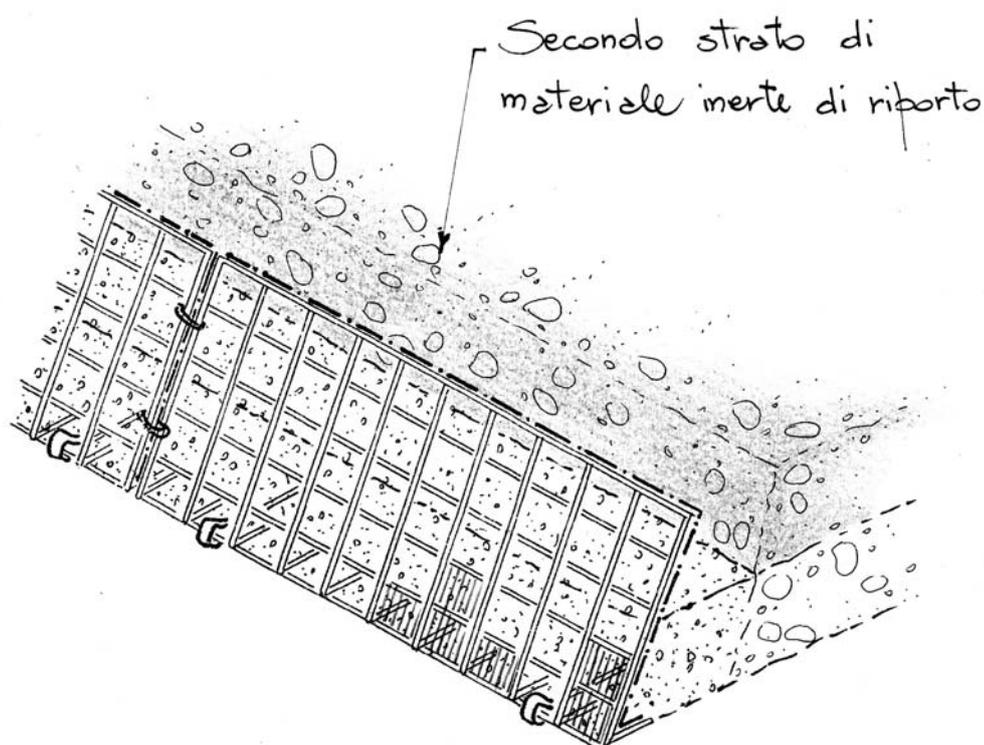
Terra rinforzata ?rinverdita (di versante), s.l. A causa del mancato utilizzo di adeguato spessore di terreno vegetale la vegetazione è impossibilitata ad attecchire: non può essere considerata un'opera di Ingegneria Naturalistica (post operam) (Foto R.Ferrari).



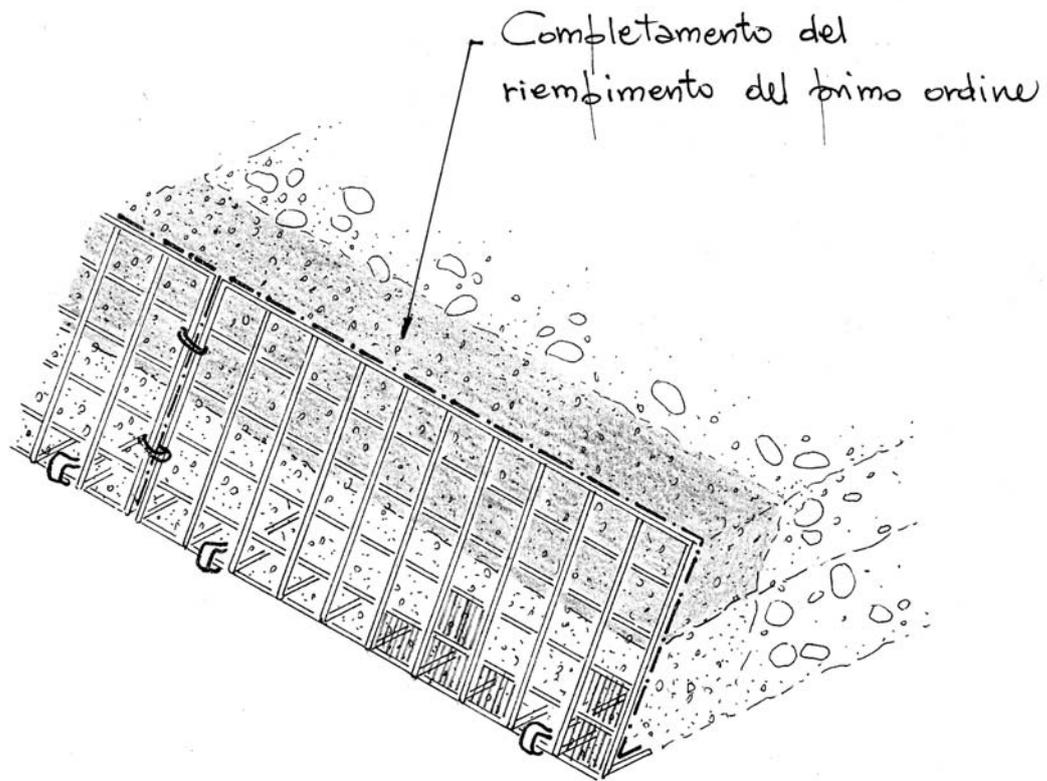
Terra rinforzata ?rinverdita (di versante), s.l. A causa del mancato utilizzo di adeguato spessore di terreno vegetale la vegetazione è impossibilitata ad attecchire: non può essere considerata un'opera di Ingegneria Naturalistica (post operam) (Foto R.Ferrari).

- Porre poca cura ed attenzione nella compattazione del terreno vegetale, che comporta deformazioni irreversibili della struttura.

Fase 6 - Completamento del riempimento del primo ordine mediante ripetizione delle Fasi 4 e 5, secondo le modalità e gli accorgimenti precedenti, sino al raggiungimento della sommità dei pannelli del primo ordine (Dis. 6, 7).



Dis. 6 – Terra rinforzata rinverdita (di versante), Gruppo C. Fase 6 (assonometria).



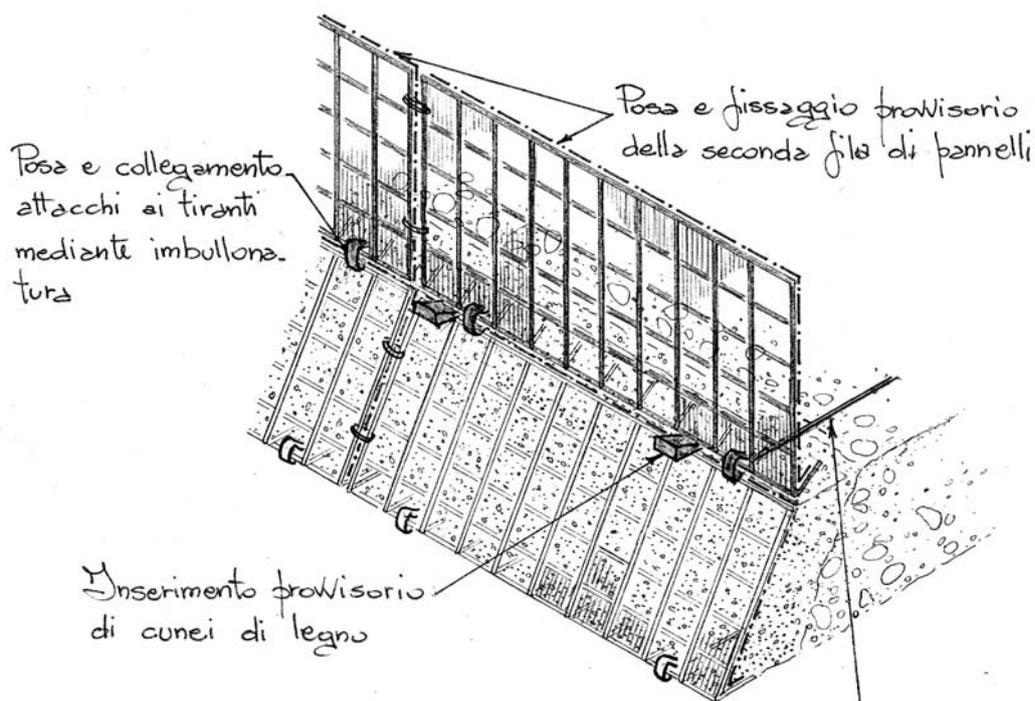
Dis. 7 – Terra rinforzata rinverdita (di versante), Gruppo C. Fase 6 (assonometria).



Terra rinforzata rinverdita (di versante), Gruppo C. Completamento del riempimento con materiale inerte di riporto del primo ordine di elementi (in opera) (Foto R.Ferrari).

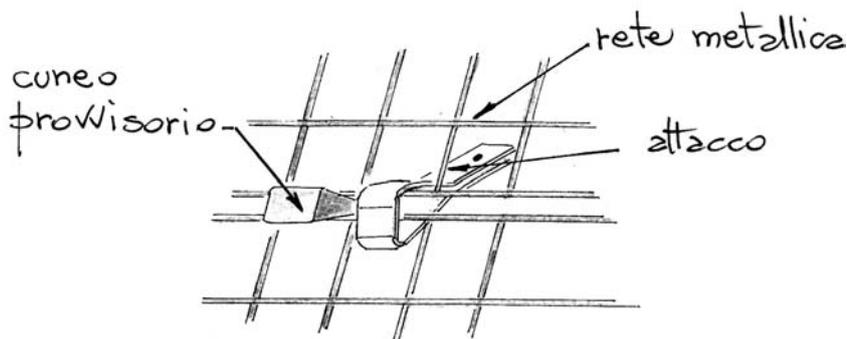
Fase 7 - Posa e fissaggio di un secondo ordine di elementi, mediante le seguenti modalità:

- posa e fissaggio provvisorio dei pannelli, uno accanto all'altro, in corrispondenza dell'estremità superiore di quelli del primo ordine (Dis. 8);
- legatura, lungo i lati, con le stesse modalità ed accorgimenti visti in precedenza (Dis. 8);
- posa degli attacchi (2 o 3 per pannello, a seconda delle necessità), collegando i due pannelli sovrapposti (Dis. 8);
- inserimento provvisorio di cunei di legno tra i due pannelli in maniera tale che quello superiore rimanga sollevato (Dis. 8 (particolare));
- posa dei tiranti di armatura, perpendicolarmente al pannello, con le stesse modalità ed accorgimenti visti in precedenza;
- collegamento mediante imbullonatura degli attacchi ai tiranti;
- ricoprimento dei tiranti con uno strato di materiale inerte di riporto per un loro bloccaggio provvisorio;
- completamento del riempimento con terreno vegetale relativo all'ordine sottostante e compattazione mediante piastra vibrante;



Dis. 8 - Terra rinforzata rinverdita (di versante), Gruppo C. Fase 6 (assonometria e particolare).

Posa di tiranti in armatura e bloccaggio provvisorio con uno strato di terreno



- sistemazione definitiva della posizione (inclinazione) della fila di pannelli;

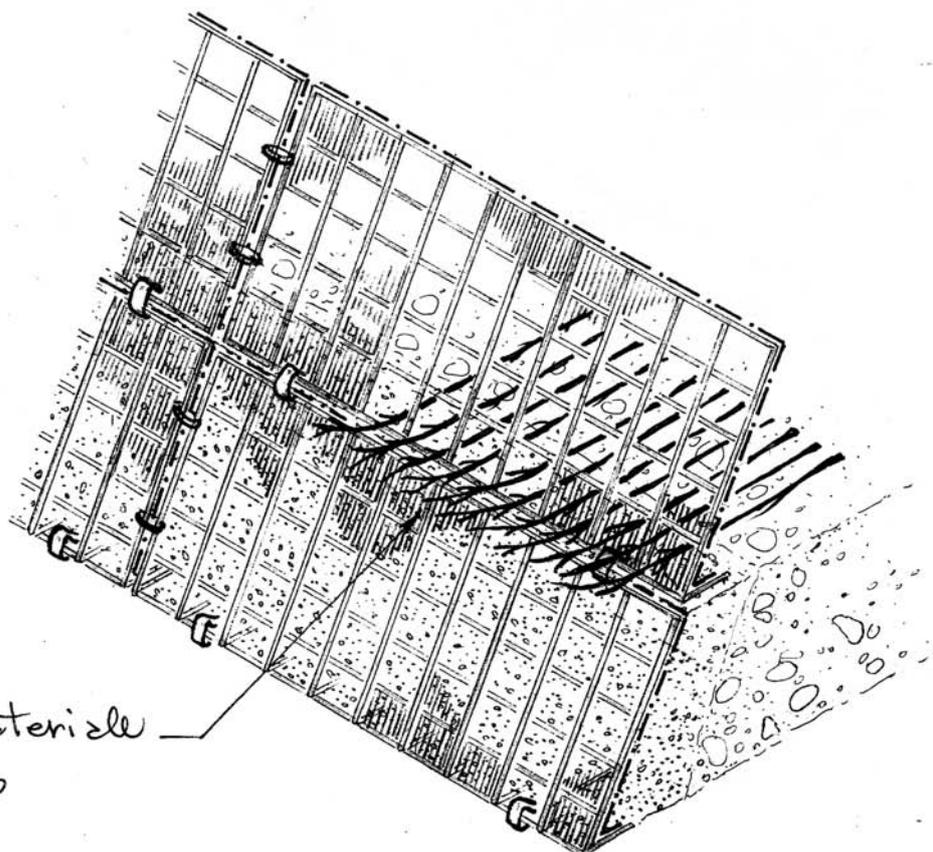


Terra rinforzata rinverdita (di versante), Gruppo C. Realizzazione di un secondo ordine di elementi (in opera) (Foto R.Ferrari).

Accorgimenti particolari

- inserire eventualmente parte del materiale vegetale vivo (astoni) derivato da specie autoctone atte alla riproduzione vegetativa, attraverso le maglie basali del secondo ordine di elementi. Tale operazione, peraltro estremamente utile ai fini del futuro consolidamento del materiale di riempimento, risulta non molto agevole e generalmente non viene effettuata, rimandando l'inserimento del materiale vegetale vivo (talee, esemplari a radice nuda od in fitocella) successivamente al completamento della struttura portante (Dis. 9).

Dis. 9 - Terra rinforzata rinverdita (di versante), Gruppo C. Fase 6 - Eventuale posa di materiale vegetale vivo (astoni) (assonometria).



Posa del materiale vegetale vivo

Fase 8 - Riempimento del secondo ordine con materiale inerte di riporto e terreno vegetale, secondo le modalità e gli accorgimenti precedenti.



Terra rinforzata rinverdita (di versante) Gruppo C. Completamento del riempimento con terreno vegetale del secondo ordine di elementi (in opera) (Foto R.Ferrari).

Fase 9 - Realizzazione di successivi ordini, secondo le modalità e gli accorgimenti precedenti, sino al raggiungimento dell'altezza finale della struttura, determinata dalle verifiche progettuali di stabilità e funzionalità dell'opera (Dis. 10).



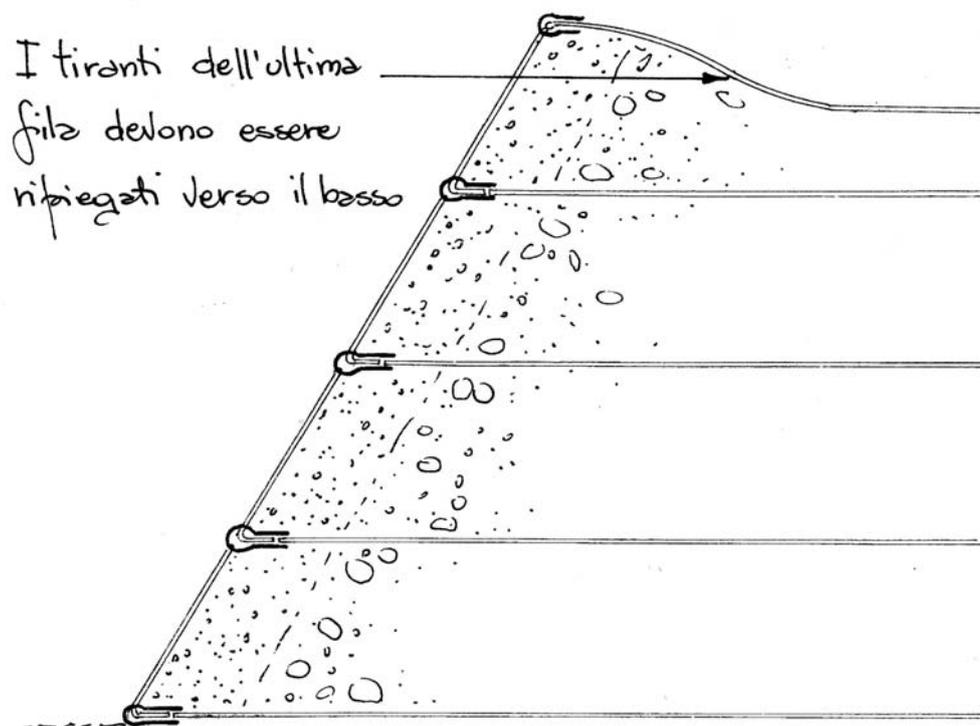
Terra rinforzata rinverdita (di versante), Gruppo C. Realizzazione di successivi ordini di elementi (in opera) (Foto R.Ferrari).

Terra rinforzata rinverdita (di versante), Gruppo C. Completamento della struttura mediante realizzazione di successivi ordini di elementi (in opera) (Foto R.Ferrari).



Accorgimenti particolari

- Prima del completamento del riempimento immergere nel corpo della struttura i tiranti imbulonati al lato superiore dei pannelli dell'ultimo ordine, ripiegandoli verso il basso (Dis. 10).



Dis. 10 – Terra rinforzata rinverdata (di versante), Gruppo C. Fase 9 - Posizionamento di tiranti alla sommità dei pannelli dell'ultimo ordine (sezione).

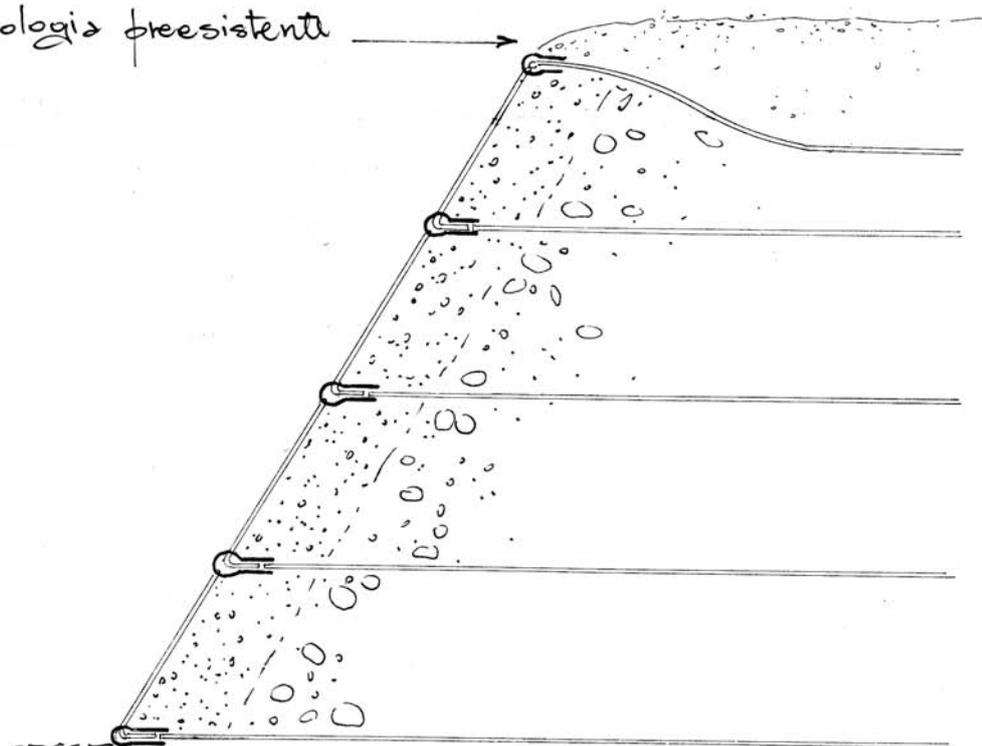
- Rimuovere i cunei di legno contestualmente all'avanzamento dell'innalzamento della struttura, mantenendoli provvisoriamente solamente nelle due ultime file realizzate.

ERRORI PIÙ FREQUENTI

- Sottovalutare l'importanza di un corretto costipamento del materiale di riempimento mediante rullatura, che comporta deformazioni irreversibili della struttura.
- Procedere nella costruzione della struttura, completandola, rimandando alla sua conclusione la posa del materiale vegetale vivo: questo comporta la preclusione dell'utilizzo di astoni vivi di lunghezza superiore allo spessore del terreno vegetale.
- Procedere nella costruzione della struttura, completandola, senza la formazione dello strato di terreno vegetale: questo comporta la preclusione all'attecchimento di qualsiasi tipo di materiale vegetale vivo, compreso quello derivante da idrosemina.

Fase 10 - Realizzazione di raccordi con la morfologia preesistente (nelle zone laterali e sommatale della struttura onde evitare pericolosi inneschi erosivi), asporto di detriti e scarti di lavorazione (eventuali residui organici quali rami, ramaglia, legno possono essere mischiati al materiale di riempimento, facendo però attenzione che non provochino il formarsi di pericolosi vuoti in fase di costipamento), pulizia totale del sito. Tali operazioni vengono effettuate mediante l'utilizzo del mezzo meccanico e completate manualmente (Dis. 11).

Realizzazione di raccordi con la
morfologia preesistente



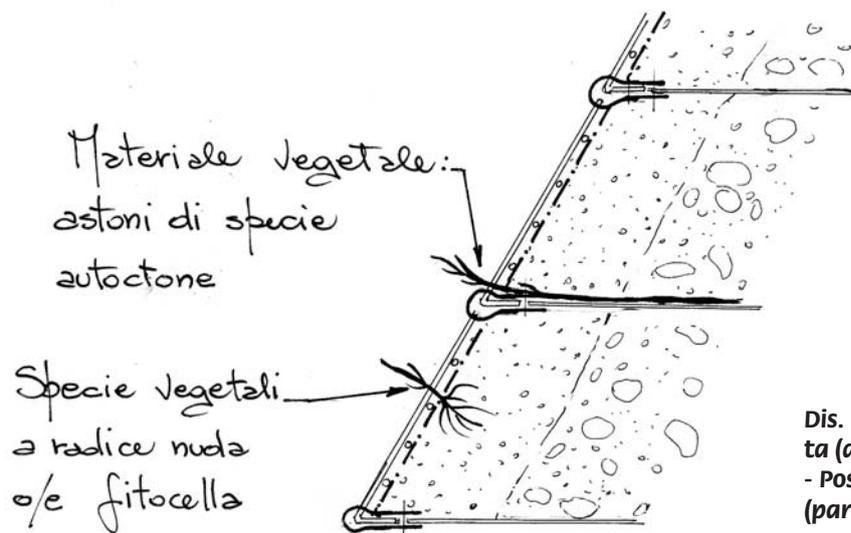
Dis. 11 – Terra rinforzata rinverdita (di versante), Gruppo C. Fase 8 (sezione).

ERRORI PIÙ FREQUENTI



Terra rinforzata rinverdita (di versante), s.l. Mancata realizzazione di raccordo con la morfologia preesistente (post operam) (Foto R.Ferrari).

Fase 11 - Posa di materiale vegetale vivo (talee) derivato da specie autoctone atte alla riproduzione vegetativa. Contemporaneamente è possibile la messa a dimora di specie vegetali autoctone a radice nuda e/o in fitocella. L'inserimento di talee (mediante infissione, con sporgenza esterna alla struttura per 10÷20 cm) e la messa a dimora di esemplari a radice nuda e/o in fitocella è possibile in qualunque punto della superficie del pannello, per una profondità interessante lo spessore di terreno vegetale. Generalmente viene eseguita un'idrosemina su tutta la superficie dell'intervento (Dis. 12).



Dis. 12 - Terra rinforzata rinverdita (di versante), Gruppo C. Fase 11 - Posa del materiale vegetale vivo (particolare; sezione).



A sinistra: Terra rinforzata rinverdita (di versante), Gruppo C. Posa del materiale vegetale vivo (specie vegetali autoctone in fitocella) (in opera) (Foto R.Ferrari).

In basso: Terra rinforzata rinverdita (di versante), Gruppo C. Posa del materiale vegetale vivo (specie vegetali autoctone in fitocella) (in opera) (Foto R.Ferrari).





Terra rinforzata rinverdita (di versante), Gruppo C. Esecuzione di idrosemina sull'intervento (in opera) (Foto R.Ferrari).



Terra rinforzata rinverdita (di versante), Gruppo C. Esecuzione di idrosemina sull'intervento (in opera) (Foto R.Ferrari).

Accorgimenti particolari

- A parte qualche caso particolare, le specie più utilizzate appartengono al genere *SALIX* (salice): evitare o perlomeno limitare l'utilizzo, tra quelle compatibili, di *SALIX ALBA* (salice bianco) che raggiunge con la crescita dimensioni notevoli influenzando negativamente la statica e gli equilibri della struttura.
- Reperire il materiale vegetale vivo in luoghi prossimi al sito di intervento e porlo in opera nel più breve tempo possibile. Se ciò non fosse realizzabile, attuare tutte le precauzioni possibili per mantenerlo in condizioni ottimali (riparo dal sole, dal vento, dal gelo, da condizioni di aridità) e perlomeno con la parte basale dei singoli elementi immersi in acqua, tenendo presente comunque che il tempo che intercorre tra la raccolta e la messa a dimora svolge un ruolo sfavorevole alla buona riuscita finale.

APPROFONDIMENTO

PRELIEVO, CONSERVAZIONE, PREPARAZIONE E POSA DI TALEE s.l.

Alcune specie vegetali posseggono la capacità di potersi replicare e sviluppare da rami o addirittura da parti di essi (capacità di riproduzione (o propagazione) vegetativa o riproduzione (o propagazione) agamica).



Giovane esemplare di SALIX ALBA sviluppatosi per riproduzione vegetativa da un ramo di circa 20 cm di lunghezza, risultato dallo scarto di lavorazione in un cantiere di Ingegneria Naturalistica (Foto R.Ferrari).

Nell'utilizzo pratico i singoli elementi, talee s.l., possono essere raggruppati in categorie in funzione delle diverse caratteristiche dimensionali e morfologiche. In base a queste diversità vengono impiegati con scopi e modalità spesso caratteristici per le varie tipologie e costituiscono, assieme a semi, rizomi, culmi, piante a radice nuda, piante in zolla, piante in fitocella, il materiale vegetale vivo indispensabile per interventi basati sull'Ingegneria Naturalistica.

Le specie più utilizzate appartengono ai generi SALIX (*S. ALBA* (salice bianco), *S. PURPUREA* (salice rosso), *S. ELAEAGNOS* (salice ripaiolo), *S. DAPHNOIDES* (salice barbuto), *S. PENTANDRA* (salice odoroso), *S. CINEREA* (salice cinerino), *S. APENNINA* (salice dell'Appennino) ed altre), TAMARIX (*T. GALLICA* (tamerice)), LABURNUM (*L. ANAGYROIDES* (maggiociondolo)), LIGUSTRUM (*L. VULGARE* (ligustro)) ed altri.

PRELIEVO

1) Effettuare il taglio rigorosamente durante il periodo di riposo vegetativo che, per quanto si possa indicativamente individuare tra Ottobre e Marzo, può variare anche si-

gnificativamente nei suoi limiti estremi dipendendo da parametri locali quali latitudine, quota, esposizione, clima, condizioni meteorologiche, nonché dall'ambito ecologico. Al momento del taglio, comunque, i rami non devono avere né foglie né fiorescenze (amenti nel genere *SALIX*).



Prelievo dal selvatico di materiale vegetale vivo (talee s.l.) (Foto R.Ferrari).

2) Eseguire il taglio alla base della ramificazione e, nelle specie arbustive quanto più possibile in prossimità del terreno.



Taglio di materiale vegetale vivo (talee s.l.): alla base della ramificazione (Foto N.Canovi).



Taglio di materiale vegetale vivo (talee s.l.): nelle specie arbustive, quanto più possibile in prossimità del terreno (Foto N.Canovi).

3) Eseguire il taglio in modo netto senza sbavature o scortecciamenti che comprometterebbero irrimediabilmente la vitalità; per questo motivo è consigliabile l'uso di motosega (anche per motivi legati al tempo di taglio) o di sega ad arco per legno. Assolutamente da evitare il taglio mediante coltello, accetta o simili, o la spezzatura a forza del ramo, in quanto tali pratiche danneggerebbero la pianta madre.

CONSERVAZIONE

- 1) Abbreviare il più possibile il tempo che intercorre tra il taglio e la posa definitiva.
- 2) Durante il trasporto prendere tutte le precauzioni possibili per evitare essiccamenti e disidratazioni mediante riparo da soleggiamenti e ventilazioni eccessive.
- 3) Nel periodo di stoccaggio in cantiere porre il materiale vegetale vivo all'ombra, con la parte basale immersa in acqua o quasi totalmente ricoperto da terreno umido. Da evitare comunque soleggiamenti, gelate e ventilazioni eccessivi.



Stoccaggio in cantiere di materiale vegetale vivo (talee ed astoni) con la parte basale immersa in acqua (Foto R.Ferrari).



Stoccaggio in cantiere di materiale vegetale vivo (astoni) in ombra e con la parte basale immersa in acqua (Foto R.Ferrari).



Stoccaggio in cantiere di materiale vegetale vivo (astoni) riparato da soleggiamenti, gelate e ventilazioni eccessivi (Foto R.Ferrari).

4) Evitare traumi quali scortecciature e sfibrature.

5) Nell'eventualità di un utilizzo non subitaneo del materiale vegetale vivo, stoccare e ricoprire con terriccio mantenuto umido o posare in "tagliola" con modalità del tutto simili ad analogo trattamento di piante a radice nuda. In tal caso il materiale vegetale vivo potrà essere utilizzato anche dopo diversi mesi, sottoforma di talea radicata, adottando in più le cure e le attenzioni usate per le piante a radice nuda.



Talea radicata di SALIX ALBA VITELLINA (Foto R.Ferrari).



Astone radicato di SALIX PURPUREA: secondo la destinazione d'uso potrà essere utilizzato in questa dimensione o suddiviso in porzioni di lunghezza inferiore (talee) (Foto R.Ferrari).

PREPARAZIONE

1) E' possibile preparare il materiale vivo prelevato in differenti " formati", a seconda della destinazione di utilizzo:

- talea (porzione di ramo, non ramificato, L 60÷70 cm, Ø min 2 cm)
- verga (getto flessibile, L min 150 cm, Ø min 2÷4 cm)
- astone (getto poco o non ramificato, diritto, L max disponibile, Ø min 4÷5 cm)
- ramaglia (parte terminale del ramo completo delle ramificazioni secondarie, generalmente derivanti dalla lavorazione per ottenere i tipi precedenti)

2) La preparazione può avvenire sia sul luogo di prelievo che, preferibilmente, sul sito di intervento.



Preparazione di materiale vegetale vivo (astoni) sul luogo di prelievo (Foto R.Ferrari).



Preparazione di materiale vegetale vivo (talee) sul sito di intervento (Foto R.Ferrari).

3) Effettuare le operazioni di diradamento dei rami secondari e di sfoltimento in generale mediante apposite forbici o cesoie da giardinaggio; possono essere utilizzati anche vari tipi

di coltelli pesanti a lama dritta e nel qual caso il movimento di taglio dovrà essere impresso seguendo il verso di crescita del ramo principale, tenendo impugnato quest'ultimo dall'estremità basale (parte più grossa), evitando così scortecciature che pregiudicherebbero l'attecchimento. Assolutamente da evitare la spezzatura a mano del ramo, in quanto tale pratica danneggerebbe irrimediabilmente le parti.

4) Effettuare i tagli necessari per ridurre i rami alle dimensioni utili mediante apposite forbici o cesoie da giardinaggio o coltelli pesanti a lama dritta, usando in quest'ultimo caso un ceppo di legno come base di lavoro; in tutti i casi i tagli dovranno essere impartiti ortogonalmente alla lunghezza del ramo, in modo netto, senza sfrangiature o scortecciamenti.

5) Nel caso si renda necessario, è possibile ricavare una punta nella talea all'estremità che verrà infissa (attenzione al verso di crescita), mediante coltello pesante a lama dritta con ceppo di legno come base di lavoro. Tale pratica è assolutamente inutile nel caso di utilizzo di verga, astone e ramaglia.



Preparazione di talee con punta (Foto R.Ferrari).

POSA

1) E' assolutamente indispensabile individuare il verso di crescita dei singoli elementi che andranno inseriti o posati secondo questo criterio.

Se determinare il verso di crescita è un'operazione elementare al momento del taglio dalla pianta madre, mano a mano che si procede nello sfoltimento, diradamento e rimpicciolimento del singolo ramo, è possibile che questo diventi sempre più difficile da individuare sino talvolta risultare arduo o dubbio in talee anche di lunghezza pari a 60÷70 cm. I caratteri più immediati ed utili per la corretta individuazione del verso di crescita sono:

- diversità di diametro alle estremità (generalmente il diametro più grande indica la parte basale e viceversa, ma non è un criterio infallibile, potendosi trovare anche diametri

pressoché uguali o addirittura invertiti).

- eventuali diramazioni secondarie (le tracce dei rami di ordine inferiore risultano essere buoni indicatori, essendo rivolti verso la parte sommitale, ma non sempre sono presenti).
- gemmazioni (hanno generalmente forma triangolare con il vertice rivolto verso l'alto e la base verso il basso).

2) Nella posa definitiva è determinante ai fini dell'attecchimento rispettare il verso di crescita.

- Le talee possono essere posate (assecondando il verso di crescita) sul substrato e poi ricoperte dal materiale di riempimento (talee senza punta), o inserite nel substrato o nelle strutture mediante battitura manuale con mazzetta (talee dotate di punta) e lasciate sporgere all'esterno per pochi centimetri.



In alto: posa di talee di SALIX DAPHNOIDES sul substrato (Foto R.Ferrari).

A sinistra: infissione di talee di SALIX DAPHNOIDES nella struttura (Foto R.Ferrari).

A destra: talea di SALIX ALBA infissa verticalmente nel substrato (Foto R.Ferrari).



- Le verghe e gli astoni vengono posati sul substrato od inseriti nelle strutture e poi ricoperti dal materiale di riempimento (utilizzando questi "formati" il riconoscimento del verso di crescita è più agevole). Vengono lasciate sporgere all'esterno per pochi centimetri.



Astoni di SALIX PURPUREA inseriti nella costruenda struttura, prima del loro definitivo dimensionamento che fornirà altro materiale vegetale vivo idoneo (Foto R.Ferrari).

- Le ramaglie vengono posate sul substrato od inserite nelle strutture anche caoticamente e poi ricoperte dal materiale di riempimento e possono essere utilizzate per tamponare irregolarità nel riempimento o come materiale ammendante.



Ramaglie di SALIX ALBA inserite nella struttura (Foto R.Ferrari).

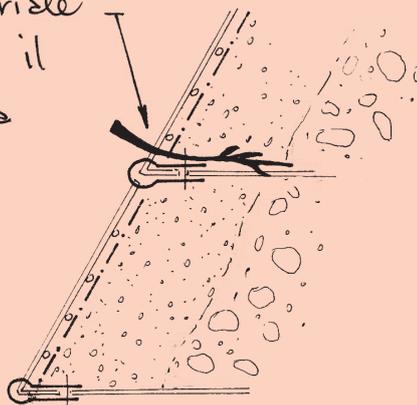


Un buon attecchimento compensa le cure e le attenzioni dedicate durante le delicate fasi della manipolazione del materiale vegetale vivo (Foto R.Ferrari).

ERRORI PIÙ FREQUENTI

- Operare al di fuori del periodo di riposo vegetativo.
- Utilizzare specie che non possiedono capacità di riproduzione vegetativa.
- Porre poca cura ed attenzione nella posa del materiale vegetale vivo, che deve rispettare il verso di crescita (Dis. 13).

La posa del materiale vivo non rispetta il verso di crescita

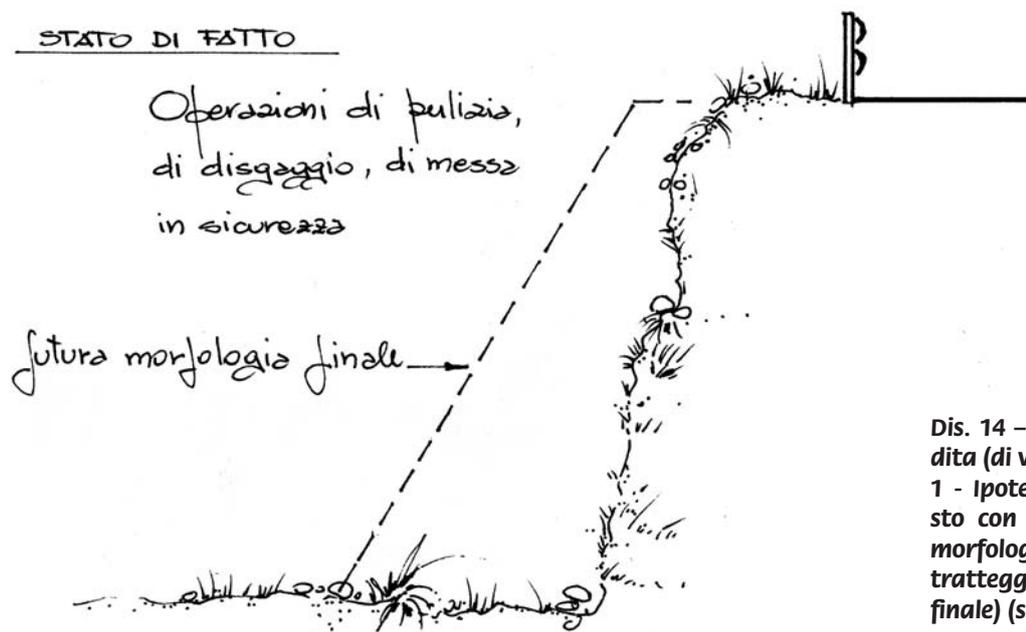


Dis. 13 – Terra rinforzata rinverdita (di versante), Gruppo C. Fase 11 - Posa non rispettosa del verso di crescita del materiale vegetale vivo (particolare; sezione).

Gruppo D

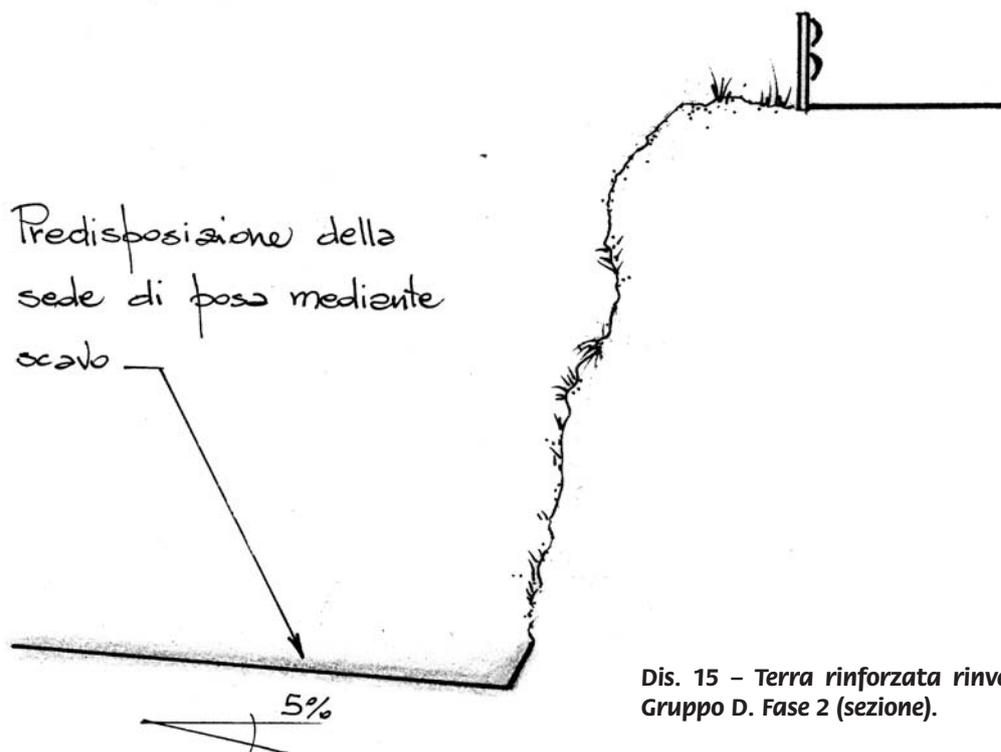
Terre rinforzate rinverdate in reti metalliche a doppia torsione

Fase 1 - Viene considerata eseguita la preparazione preliminare del sito di intervento comprendente tutte le operazioni relative all'eventuale disboscio, all'eventuale modifica morfologica, alla pulizia, al disgaggio, alla messa in sicurezza. Tali operazioni vengono effettuate mediante l'utilizzo del mezzo meccanico ed eventualmente completate manualmente (Dis. 14).



Dis. 14 – Terra rinforzata rinverdita (di versante), Gruppo D. Fase 1 - Ipotetica situazione di dissesto con evidenziati gli elementi morfologici più caratteristici (in tratteggio la futura morfologia finale) (sezione).

Fase 2 - Predisposizione della sede di posa mediante scavo e preparazione del piano di appoggio della base della struttura che deve presentare andamento piano con superficie inclinata a reggipoggio di circa il 5%. Tale operazione viene effettuata mediante l'utilizzo del mezzo meccanico ed eventualmente completata manualmente (Dis. 15).



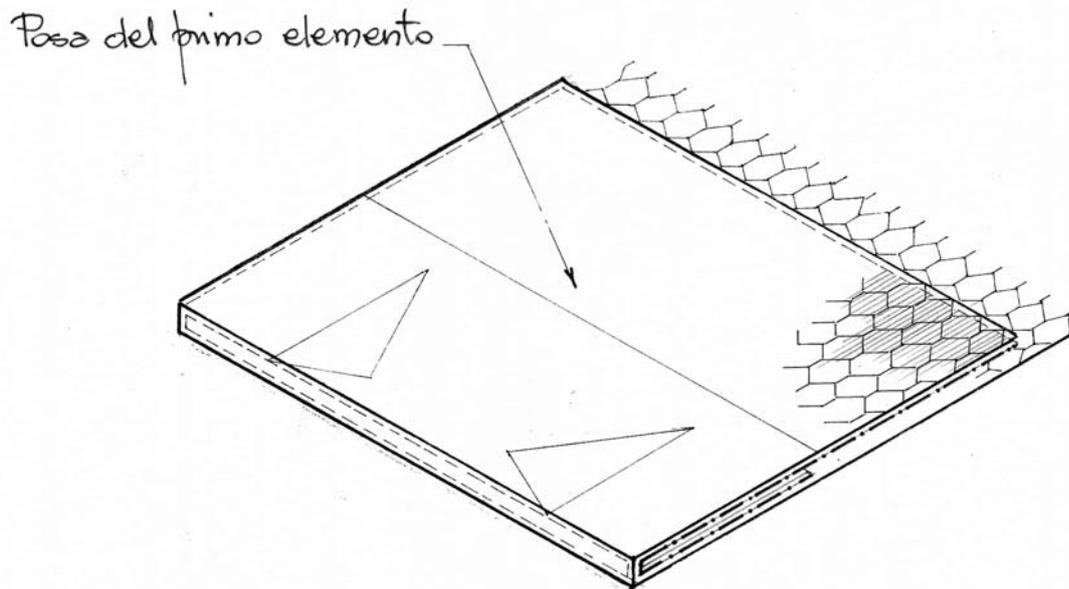
Dis. 15 – Terra rinforzata rinverdita (di versante), Gruppo D. Fase 2 (sezione).

Accorgimenti particolari

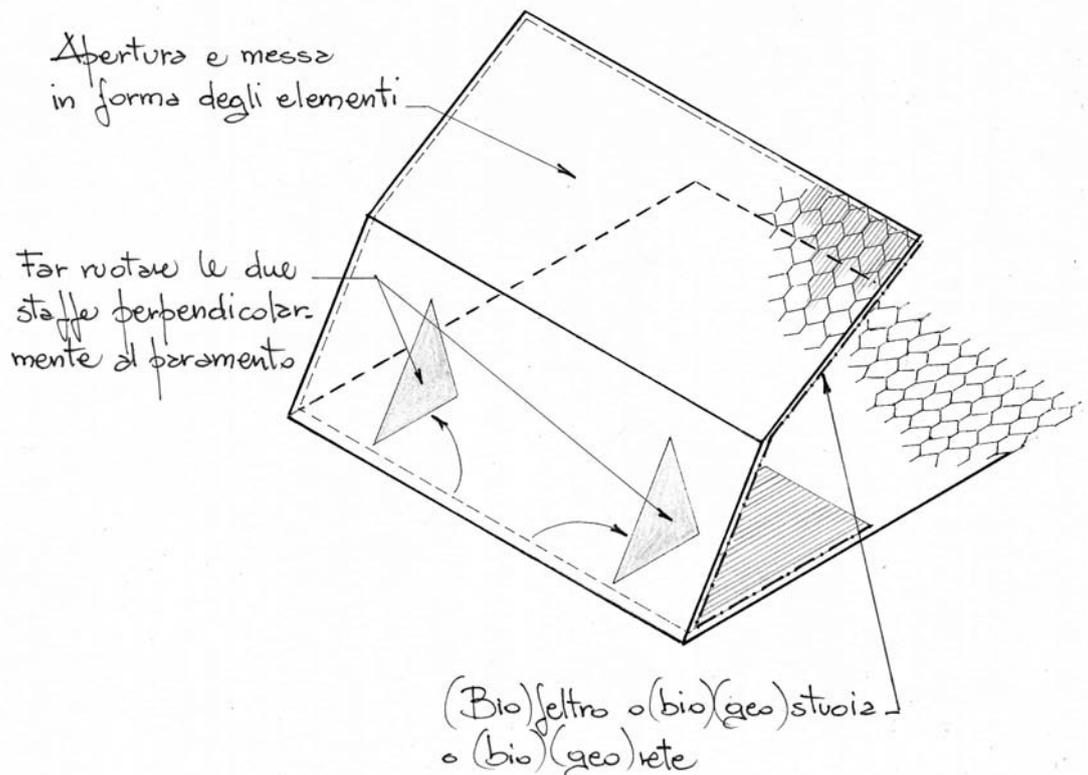
- Realizzare uno strato basale di idoneo spessore con materiale avente qualità e proprietà migliori, se il substrato non presenta le necessarie caratteristiche geotecniche.
- Predisporre gli eventuali sistemi drenanti nella parte basale e posteriore della struttura.

Fase 3 - Posa e fissaggio di un primo ordine di elementi, generalmente alla quota progettuale più bassa, mediante le seguenti modalità:

- apertura e messa in forma degli elementi (Dis. 16, 17);



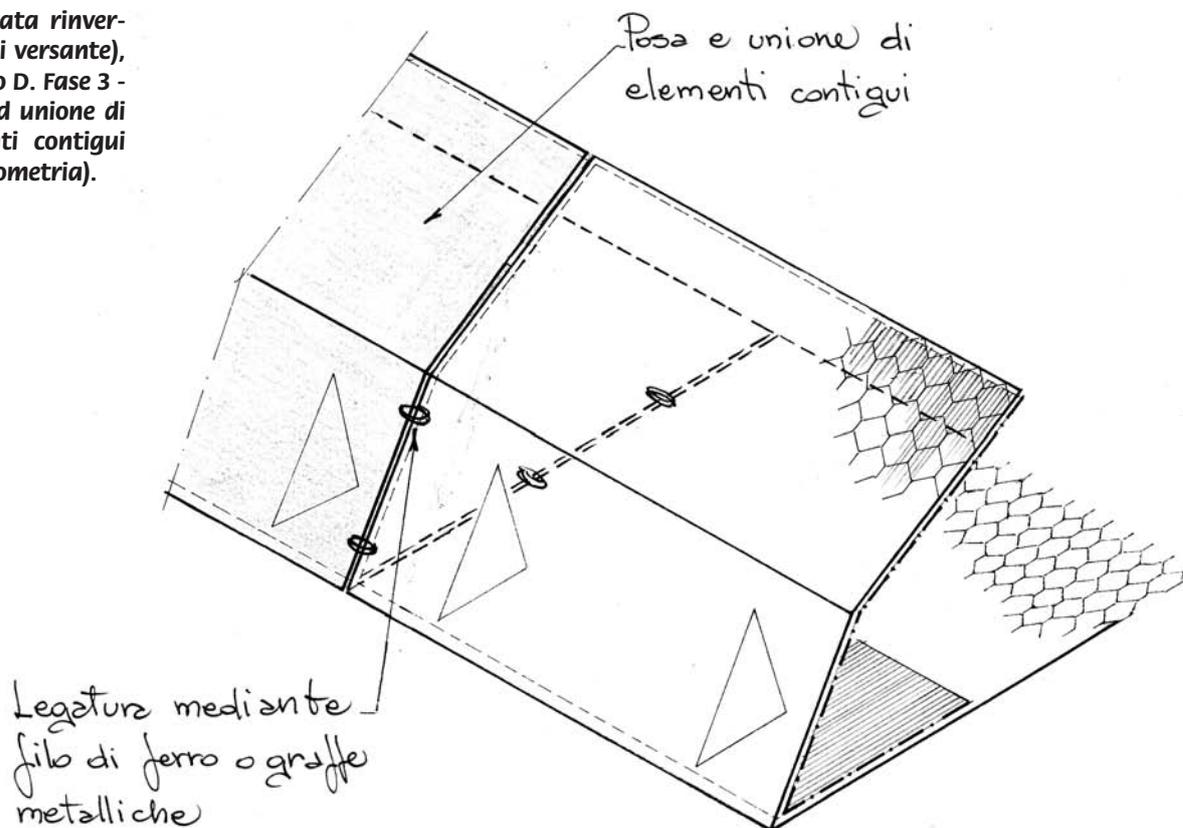
Dis. 16 – Terra rinforzata rinverdita (di versante), Gruppo D. Fase 3 - Apertura dell'elemento (assonometria).



Dis. 17 – Terra rinforzata rinverdita (di versante), Gruppo D. Fase 3 - Messa in forma dell'elemento (assonometria).

- posa di elementi, uno accanto all'altro, nella loro posizione definitiva;
- legatura, lungo i lati e lungo i lembi di rete che fungono da base a contatto con il substrato, mediante filo di ferro o graffe metalliche (Dis. 18).

Dis. 18 - Terra rinforzata rinverdita (di versante), Gruppo D. Fase 3 - Posa ed unione di elementi contigui (assonometria).

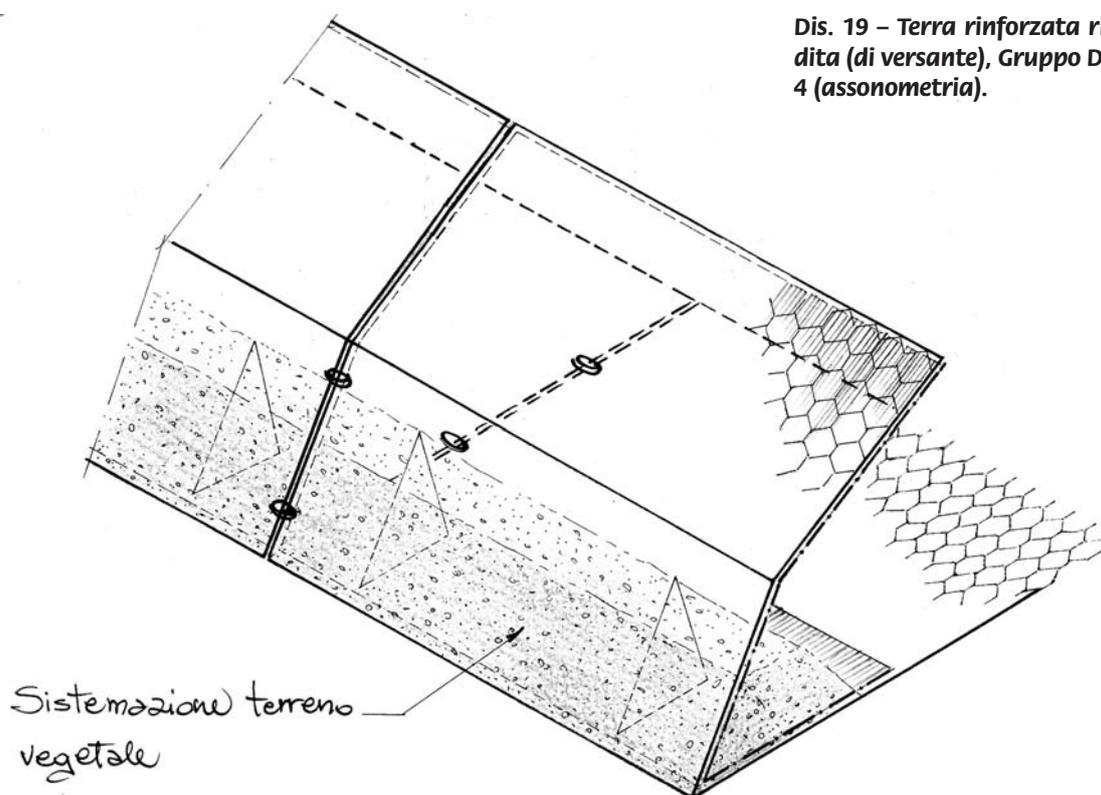


Terra rinforzata rinverdita (di versante), Gruppo D. Posa e fissaggio del primo ordine di elementi (in opera) (Foto R.Ferrari).

Accorgimenti particolari

- Per mantenere un allineamento regolare è consigliabile infiggere picchetti di tondino di ferro ad aderenza migliorata (L 40 cm - Ø 14 mm) in corrispondenza ed a contatto con la parte basale di ciascun pannello, onde evitare movimenti durante le operazioni.
- Se le caratteristiche geotecniche del sito lo fanno ritenere opportuno, è possibile infiggere barre di tondino ferro ad aderenza migliorata (L 2 m - Ø 30 mm), distribuite lungo l'allineamento ed a contatto con la parte basale del pannello.

Fase 4 - Sistemazione di terreno vegetale a contatto con la parte interna del paramento esterno, per una profondità di 30÷50 cm e per uno spessore pari a circa metà altezza del pannello frontale. Tale operazione viene effettuata mediante l'utilizzo del mezzo meccanico e completata manualmente (Dis. 19).



Dis. 19 - Terra rinforzata rinverdita (di versante), Gruppo D. Fase 4 (assonometria).

ERRORI PIÙ FREQUENTI

- Non utilizzare terreno vegetale.



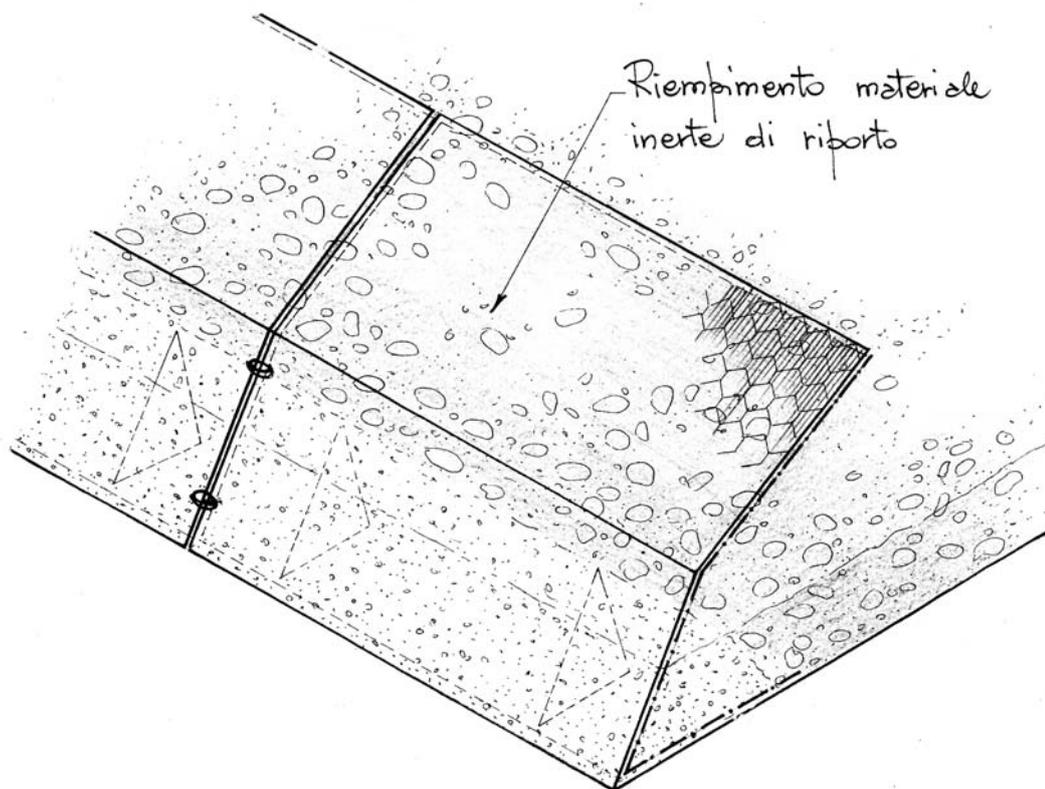
Terra rinforzata ?rinverdita (di versante), s.l. A causa del mancato utilizzo di adeguato spessore di terreno vegetale la vegetazione è impossibilitata ad attecchire: non può essere considerata un'opera di Ingegneria Naturalistica (post operam) (Foto R.Ferrari).



Terra rinforzata ?rinverdita (di versante), s.l. A causa del mancato utilizzo di adeguato spessore di terreno vegetale la vegetazione è impossibilitata ad attecchire: non può essere considerata un'opera di Ingegneria Naturalistica (post operam) (Foto R.Ferrari).

- Porre poca cura ed attenzione nella compattazione del terreno vegetale, che comporta deformazioni irreversibili della struttura.

Fase 5 - Riempimento con materiale inerte di riporto per uno spessore non superiore a 30 cm. Tale operazione viene effettuata mediante l'utilizzo del mezzo meccanico e completata mediante costipazione con rullo vibrante (Dis. 20).



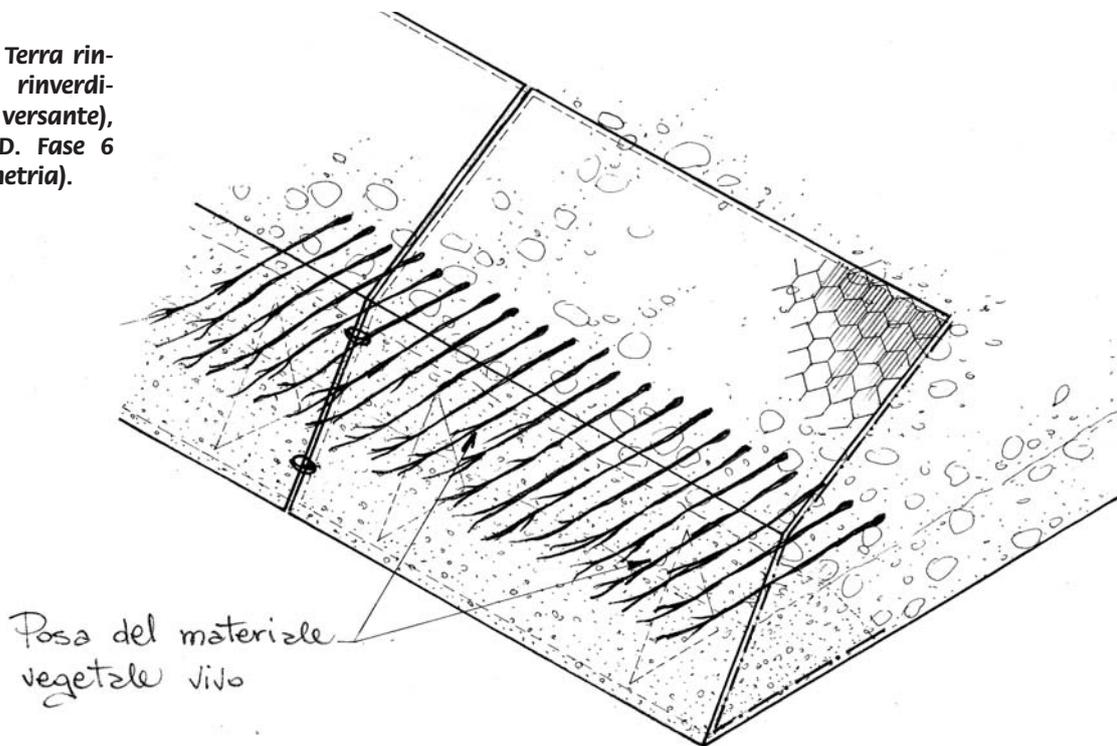
Dis. 20 – Terra rinforzata ?rinverdita (di versante), Gruppo D. Fase 5 (assonometria).

Accorgimenti particolari

- Eseguire rullature accurate.
- Evitare il transito dei mezzi meccanici (in particolare i cingolati) direttamente sui tiranti.

Fase 6 - Posa del materiale vegetale vivo (astoni) derivato da specie autoctone atte alla riproduzione vegetativa. Generalmente la profondità dell'opera non consente di raggiungere la parete dello scavo (substrato) con l'estremità posteriore degli astoni che comunque devono avere la lunghezza massima disponibile e sporgere esternamente alla struttura per 10÷20 cm; la densità ottimale è prossima a 10 elementi/m, ma può variare notevolmente. Contemporaneamente è possibile la posa di specie vegetali autoctone a radice nuda e/o in fitocella. La dislocazione degli astoni è possibile sia sulla superficie finale del riempimento di ciascun ordine sia, contestualmente al riempimento con materiale di riporto inerte ed analogamente all'inserimento delle talee ed alla la posa degli esemplari a radice nuda od in fitocella, in qualunque punto della superficie del pannello (Dis. 21).

Dis. 21 – Terra rinforzata rinverdi-
ta (di versante),
Gruppo D. Fase 6
(assonometria).



Accorgimenti particolari

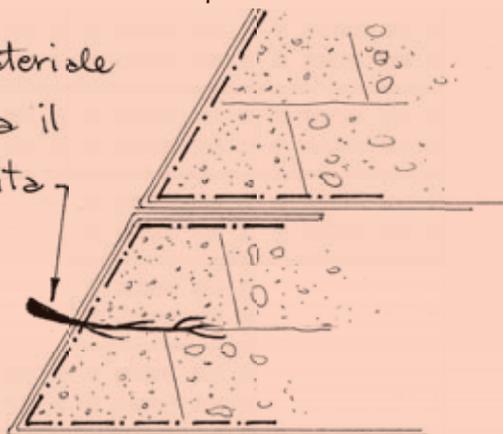
- A parte qualche caso particolare, le specie più utilizzate appartengono al genere *Salix* (salice): evitare o perlomeno limitare l'utilizzo, tra quelle compatibili, di *Salix alba* (salice bianco) che raggiunge con la crescita dimensioni notevoli influenzando negativamente la statica e gli equilibri della struttura.
- Reperire il materiale vegetale vivo in luoghi prossimi al sito di intervento e porlo in opera nel più breve tempo possibile. Se ciò non fosse realizzabile, attuare tutte le precauzioni possibili per mantenerlo in condizioni ottimali (riparo dal sole, dal vento, dal gelo, da condizioni di secco; parte basale dei singoli elementi immersi in acqua), tenendo presente comunque che il tempo che intercorre tra la raccolta e la messa a dimora svolge un ruolo sfavorevole alla buona riuscita finale.

(per altri dettagli vedere alla voce PRELIEVO, CONSERVAZIONE, PREPARAZIONE E POSA TALEE s.l. nel paragrafo Gruppo C Terre rinforzate rinverdite in griglie (reti metalliche elettrosaldate) ed armature metalliche)

ERRORI PIÙ FREQUENTI

- Operare al di fuori del periodo di riposo vegetativo.
- Utilizzare specie che non possiedono capacità di riproduzione vegetativa.
- Porre poca cura ed attenzione nella posa del materiale vivo, che deve rispettare il verso di

La posa del materiale vivo non rispetta il verso di crescita



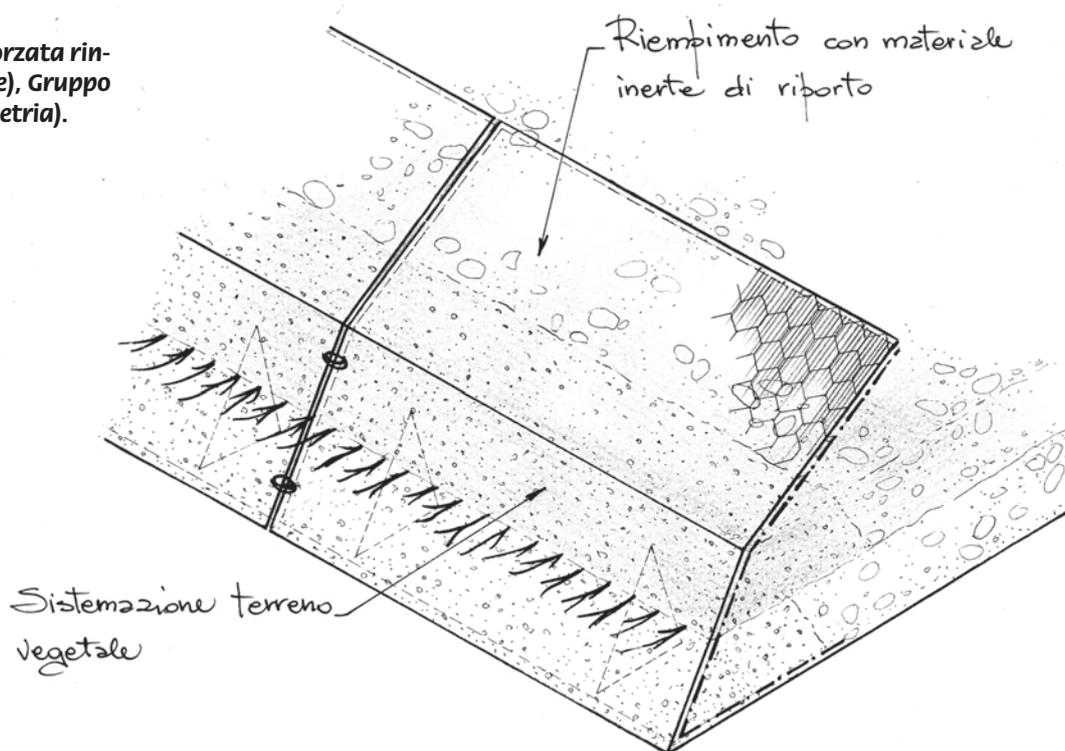
Dis. 22 – Terra rinforzata rinverdita (di versante), Gruppo D. Fase 6 - Posa non rispettosa del verso di crescita degli astoni vivi (particolare; pianta).

crescita (Dis. 22).

- Rimandare questa operazione, considerandola come secondaria o di completamento, a struttura finita e riempita (questa abitudine, purtroppo molto frequente, deriva da una errata valutazione in termini tempo/costi che privilegia l'idea di un risparmio: al contrario si rivela assolutamente inattuabile, sia dal punto di vista tecnico sia da quello biotecnico, con grande profusione di energie e risultati nulli).

Fase 7 - Sistemazione di terreno vegetale e riempimento con materiale inerte di riporto, secondo le modalità e gli accorgimenti precedenti, sino a raggiungimento dell'altezza del pannello frontale (Dis. 23).

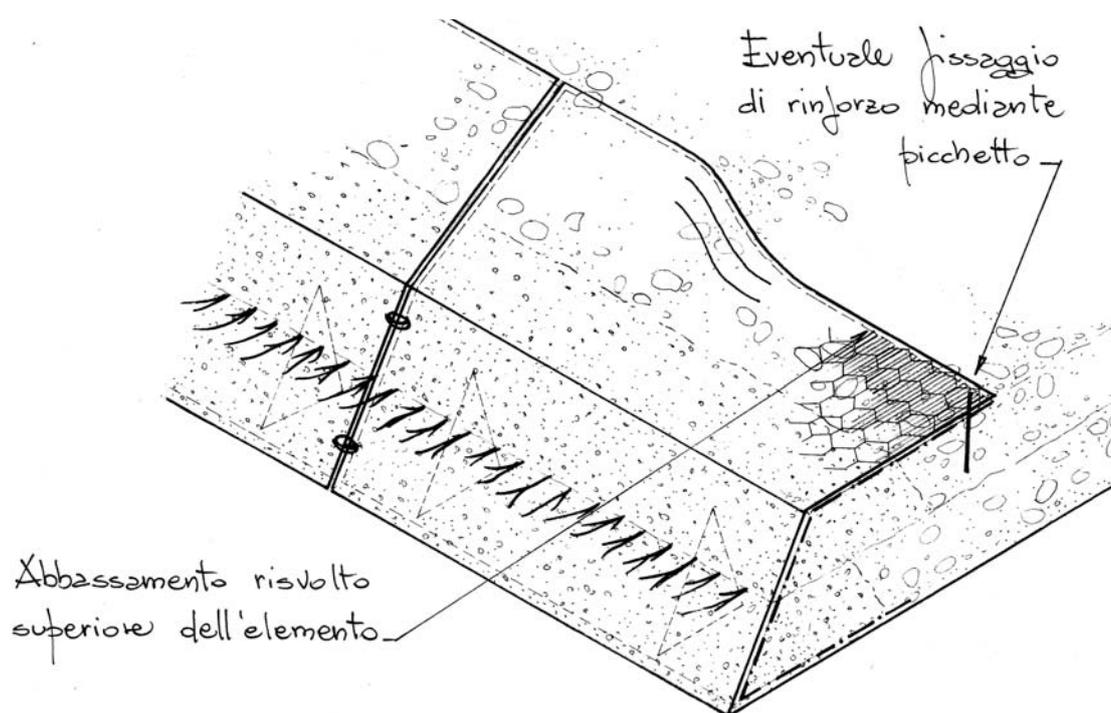
Dis. 23 – Terra rinforzata rinverdita (di versante), Gruppo D. Fase 7 (assonometria).





Terra rinforzata rinverdi-
ta (di versante), Gruppo D.
Completamento del riempi-
mento con materiale inerte
di riporto del primo ordine
di elementi (in opera) (Foto
R.Ferrari).

Fase 8 - Abbassamento del risvolto superiore dell'elemento sino al contatto con il materiale di riempimento e legatura con gli adiacenti secondo le modalità e gli accorgimenti precedenti; eventuale fissaggio di rinforzo mediante picchetti alle estremità (Dis. 24).



Dis. 24 - Terra rinforzata rinverdiata (di versante), Gruppo D. Fase 8 (prospettiva).

Fase 9 - Realizzazione di successivi ordini, fissando i singoli elementi a quelli dell'ordine sottostante, secondo le modalità e gli accorgimenti precedenti, sino al raggiungimento dell'altezza finale della struttura, determinata dalle verifiche progettuali di stabilità e funzionalità dell'opera (Dis. 25).

Terra rinforzata rinverdata (di versante), Gruppo D. Realizzazione di successivi ordini di elementi (in opera) (Foto R.Ferrari).



Terra rinforzata rinverdata (di versante), Gruppo D. Realizzazione di successivi ordini di elementi (in opera) (Foto R.Ferrari).



A sinistra: Terra rinforzata rinverdata (di versante), Gruppo D. Realizzazione di successivi ordini di elementi (in opera) (Foto R.Ferrari).

In basso: Terra rinforzata rinverdata (di versante), Gruppo D. Realizzazione di successivi ordini di elementi (in opera) (Foto R.Ferrari).





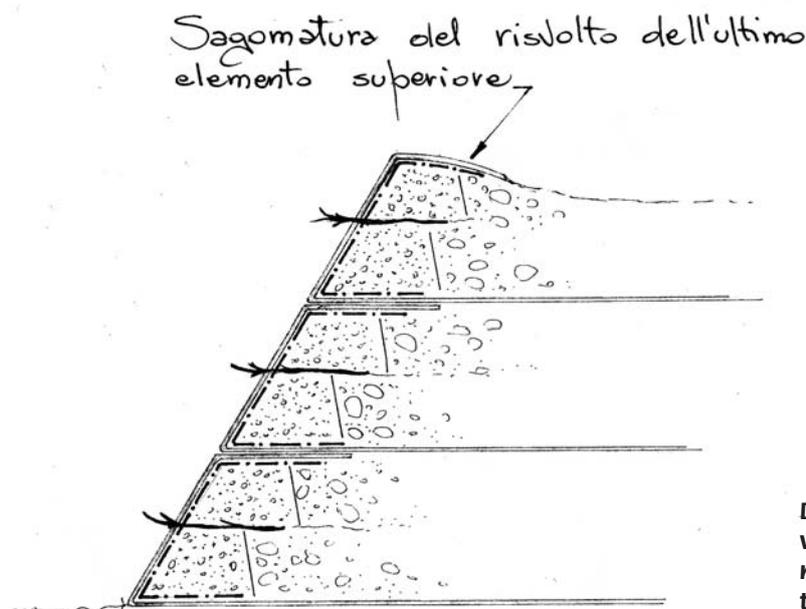
A sinistra: Terra rinforzata rinverdita (di versante), Gruppo D. Realizzazione di successivi ordini di elementi (in opera) (Foto R.Ferrari). A destra: Terra rinforzata rinverdita (di versante), Gruppo D. Realizzazione di successivi ordini di elementi (in opera) (Foto R.Ferrari).



Terra rinforzata rinverdita (di versante), Gruppo D. Esecuzione di prova geotecnica in situ (Prova di carico su piastra) per la verifica dei parametri di compattazione del materiale inerte di riporto utilizzato per il riempimento (in opera) (Foto R.Ferrari).

Accorgimenti particolari

- E' possibile ubicare il materiale vegetale vivo anche alla base della fila successiva di elementi, internamente agli stessi, prima della posa del primo strato di materiale riempimento.
- Prima del completamento del riempimento immergere nel corpo della struttura i risvolti superiori degli elementi dell'ultimo ordine, ripiegandoli verso il basso (Dis.25).



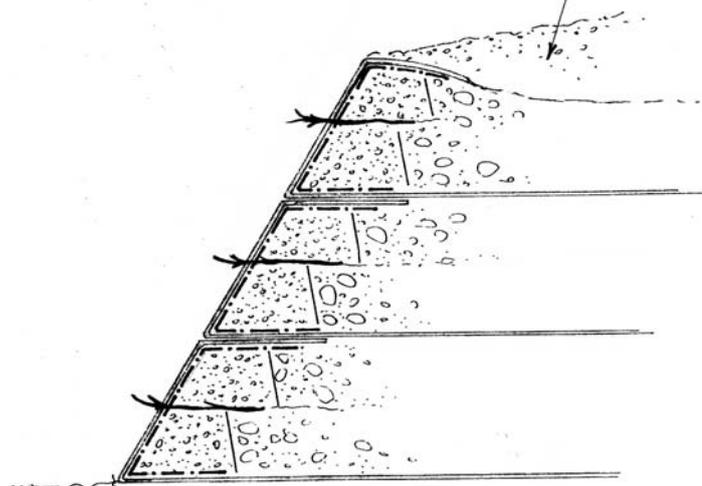
Dis. 25 – Terra rinforzata rinverdata (di versante), Gruppo D. Fase 9 - Posizionamento dei risvolti superiori degli elementi dell'ultimo ordine (sezione).

ERRORI PIÙ FREQUENTI

- Sottovalutare l'importanza di un corretto costipamento del materiale di riempimento mediante rullatura, che comporta deformazioni irreversibili della struttura.
- Procedere nella costruzione della struttura, completandola, rimandando alla sua conclusione la posa del materiale vegetale vivo: questo comporta la preclusione dell'utilizzo di astoni vivi di lunghezza superiore allo spessore del terreno vegetale.
- Procedere nella costruzione della struttura, completandola, senza la formazione dello strato di terreno vegetale: questo comporta la preclusione all'attecchimento di qualsiasi tipo di materiale vegetale vivo, compreso quello derivante da idrosemina.

Fase 10 - Realizzazione di raccordi con la morfologia preesistente (nelle zone laterali e sommatale della struttura onde evitare pericolosi inneschi erosivi), asporto di detriti e scarti di lavorazione (eventuali residui organici quali rami, ramaglia, legno possono essere mischiati al materiale di riempimento, facendo però attenzione che non provochino il formarsi di pericolosi vuoti in fase di costipamento), pulizia totale del sito. Tali operazioni vengono effettuate mediante l'utilizzo del mezzo meccanico e completate manualmente (Dis. 26).

Realizzazione di raccordi con la morfologia preesistente



Dis. 26 – Terra rinforzata rinverdata (di versante), Gruppo D. Fase 10 (sezione).

ERRORI PIÙ FREQUENTI



Terra rinforzata rinverdita (di versante), Gruppo B. Mancata realizzazione di raccordo con la morfologia preesistente (post operam) (Foto R.Ferrari).

Fase 11 - Generalmente viene eseguita un'idrosemina su tutta la superficie dell'intervento.



A sinistra: Terra rinforzata rinverdita (di versante), Gruppo D. Esecuzione di idrosemina sull'intervento (in opera) (Foto R.Ferrari). A destra: Terra rinforzata rinverdita (di versante), Gruppo D. Esecuzione di idrosemina sull'intervento (in opera) (Foto R.Ferrari).

Cosa succede dopo il cantiere

Appena terminata la realizzazione, la struttura è in grado di assolvere alle necessità per le quali è stata progettata e costruita: appesantimento al piede di scivolamento, azione di contropinta, contenimento a monte, drenaggio.

Evoluzione

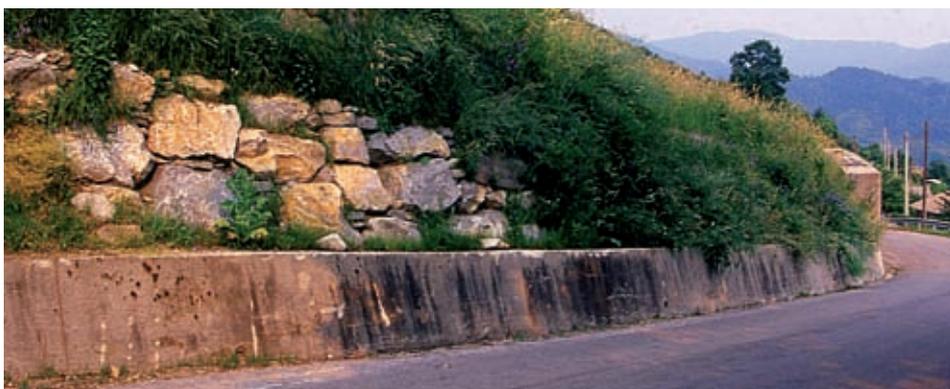
E' però nel tempo che la Terra rinforzata rinverdita si differenzia da analoghi interventi che non si avvalgono di componenti vegetali vivi.

Appena superato il periodo di riposo vegetativo, inizia l'emissione delle parti radicali (e di quelle aeree) dando il via a quel procedimento continuo di consolidamento della struttura e di interconnessione della stessa al substrato o, più comunemente, al materiale di riempimento retrostante allo strato di

terreno vegetale. Già nella prima stagione vegetativa i getti possono raggiungere lunghezze anche superiori al metro, testimoniando un perfetto attecchimento ed un idoneo sviluppo radicale, anche se questo dipende sia dalle specie impiegate sia da fattori esterni quali quelli legati all'ubicazione dell'intervento (substrato, quota, esposizione), nonché quelli climatici e meteorologici.



A sinistra: Terra rinforzata rinverdita (di versante), Gruppo C. Evoluzione a 10 anni dal completamento dell'intervento (post operam) (Foto R.Ferrari). A destra: Terra rinforzata rinverdita (di versante), Gruppo D. Evoluzione all'inizio della prima stagione vegetativa (post operam) (Foto R.Ferrari).



Terra rinforzata rinverdita (di versante), Gruppo D. Evoluzione all'inizio della prima stagione vegetativa (post operam) (Foto R.Ferrari).

Manutenzione

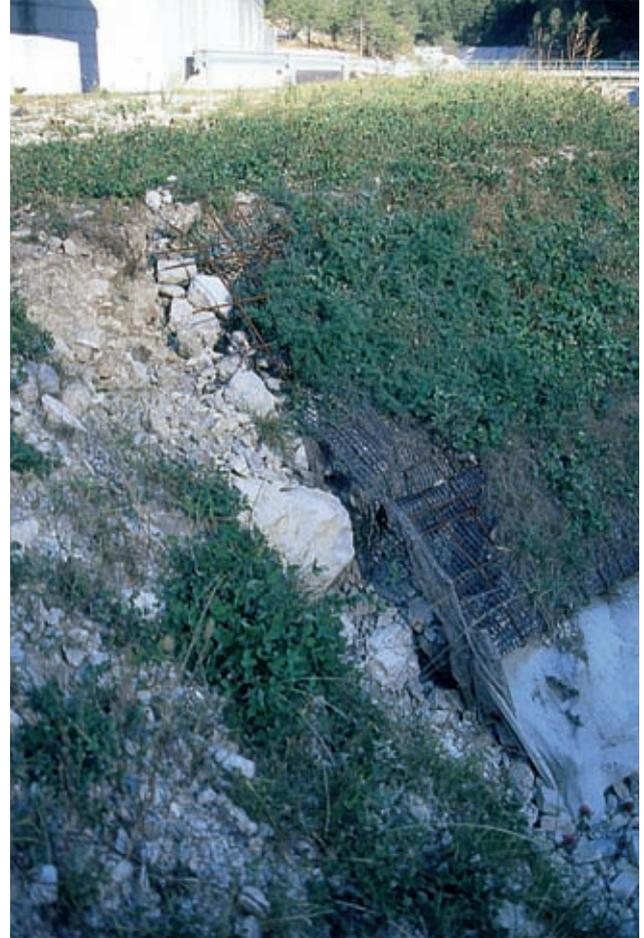
In particolar modo durante il primo anno dalla realizzazione è necessaria una manutenzione attenta e mirata.

Manutenzione ordinaria:

- irrigazione durante il periodo di cantiere
- irrigazione alla fine del cantiere
- potatura (durante gli idonei periodi, mediante sistemi non invasivi)
- sfalcatura (durante gli idonei periodi, mediante sistemi non invasivi)

Manutenzione straordinaria:

- ripristino di eventuali locali svuotamenti dovuti ad erosioni a seguito di forti precipitazioni



A sinistra: Terra rinforzata rinverdita (di versante), Gruppo C. Parziale svuotamento favorito da uno scarso attecchimento della componente vegetale (post operam) (Foto R.Ferrari). A destra: Terra rinforzata rinverdita (di versante), Gruppo B. Parziale svuotamento innescato dalla mancata realizzazione di adeguato raccordo con la morfologia preesistente (post operam) (Foto R.Ferrari).

- ripascimento di eventuali abbassamenti gravitativi dovuti a costipamento naturale
- sostituzione di parte del materiale vegetale originalmente vivo che non ha attecchito (relativamente agli astoni questi non possono essere sostituiti con altrettanti risistemati nella posizione utile ed ottimale a contatto con il substrato al retro della struttura o comunque in profondità, ma devono essere vicariati da talee più corte: questo comporta tempi più lunghi ed una minore efficacia nel consolidamento per opera dell'apparato radicale)
- diradamento
- eliminazione di specie infestanti
- irrigazione di soccorso durante periodi particolarmente critici

Insuccessi

Sempre durante il primo anno dalla realizzazione si vengono a determinare le maggiori possibilità di insuccesso non facilmente generalizzabili, ma comunque ascrivibili quasi sempre alla non osservanza delle necessità vitali del materiale vegetale vivo durante la sua manipolazione nella fase costruttiva e soprattutto quelle derivate da manutenzioni effettuate senza le dovute cure; da non sottovalutare inoltre i danni spesso irreparabili dovuti all'azione di animali selvatici e non.

-  quaderno 1 - Rivestimento vegetativo in rete metallica zincata e biostuoia
-  quaderno 2 - Gradonata viva
-  quaderno 3 - Viminata viva
-  quaderno 4 - Fascinata viva
-  quaderno 5 - Grata viva semplice
-  quaderno 6 - Palificata viva doppia
-  quaderno 7 - Palificata viva Roma
-  quaderno 8 - Repellente vivo di ramaglia a strati
-  quaderno 9 - Rullo spondale in fibra di cocco
-  quaderno 10 - Briglia viva in legname e pietrame
-  quaderno 11 - Gabbionata in rete metallica zincata rinverdita
-  quaderno 12 - Terra rinforzata rinverdita
-  quaderno 13 - cordonata viva
-  quaderno 14 - fascinata viva drenante
-  quaderno 15 - palizzata viva
-  quaderno 16 - palificata viva spondale con palo verticale frontale
-  quaderno 17 - materiali
-  quaderno 18 - attrezzature

Note: