

3. TECNICHE NATURALISTICHE PER LA SISTEMAZIONE DELLE COLTRI SUPERFICIALI DI TERRENO.

3.1 INTRODUZIONE

L'ingegneria naturalistica è una disciplina tecnico-scientifica che utilizza piante vive autoctone come materiale da costruzione, unite a materiali inerti quali pietrame e massi, terra, legname, ferro e acciaio, geosintetici e fibre naturali.

L'impiego delle tecniche naturalistiche ha generalmente finalità antierosive, stabilizzanti e di consolidamento. La funzione dei materiali inerti è quella di garantire l'efficienza delle opere per un periodo sufficiente al completo sviluppo dell'apparato radicale della vegetazione messa a dimora, dopodiché l'importanza degli elementi strutturali si riduce, in relazione anche alla durabilità dei materiali che li costituiscono.

L'utilizzo di queste tecniche di sistemazione del suolo si avvale di una lunga tradizione in Europa. Negli ultimi decenni, sono state riscoperte e implementate sulla base di anni di ricerca e pratica sul territorio e incentivate dalla necessità di utilizzare sistemi ecologicamente compatibili. Vengono applicate per la sistemazione di aree degradate e di versanti in frana, negli interventi idraulico forestali e per il reinserimento ambientale di infrastrutture, di cave e discariche, nelle sponde dei corsi d'acqua e nelle fasce costiere. Questi metodi hanno fornito una sicurezza tale da essere usati sia ad integrazione di tecniche tradizionali che a completa sostituzione delle opere di ingegneria civile.

La finalità delle tecniche di Ingegneria Naturalistica è perciò intervenire sull'ambiente senza indurre ulteriori elementi di instabilità, ma sfruttare le capacità naturali di piante, alberi, del materiale vegetale nel suo insieme con lo scopo di consolidare e proteggere dall'erosione le scarpate, ricostruire ecosistemi danneggiati, ricucire il paesaggio naturale.



Figg.3.1-3.2-3.3: Evoluzione nel tempo di una sistemazione spondale lungo un canale naturale a Verbania, effettuata con palificate di sostegno e rivegetata con talee e piantine.



Figura.3.4: intervento con palificata viva a doppia parete nel parco del Sacro Monte di Crea nel Monferrato (AL).



Figura.3.5: intervento con terra rinforzata e soprastante palificata viva a doppia parete nel parco del Sacro Monte di Crea.

3.2 MATERIALI UTILIZZATI NELLE TECNICHE DI INGEGNERIA NATURALISTICA

L'ingegneria naturalistica tende ad utilizzare in modo equilibrato materiali ed elementi strutturali vivi ed inerti, spesso associati per usufruire dei rispettivi vantaggi. I materiali utilizzati normalmente sono:

- materiale vegetale vivo;
- legname;
- pietrame;
- materiali ferrosi;
- geosintetici e fibre naturali.

La Storia evidenzia una lunga tradizione dell'utilizzo delle piante nella sistemazione e la progettazione sul territorio.

Basti citare Leonardo da Vinci (1452-1529), che propose degli interventi di difesa delle sponde affermando: "Le radici dei salici impediscono che le scarpate dei canali si disgreghino, e i rami dei salici che vengono disposti per traverso, cioè nel senso della lunghezza della scarpata e in seguito vengono tagliati alla base, diventano ogni anno più spessi, così da ottenere una sponda vivente da ogni singolo pezzo" (Schlüter, 1984, Florineth 2007).

Le "sistemazioni vive" sono state eseguite fino alla metà del Novecento per essere poi sostituite, dopo la seconda guerra mondiale, dal calcestruzzo. Negli ultimi decenni questa tendenza si è invertita e la coscienza sociale si sta sempre più dirigendo verso tecniche che sfruttano caratteristiche e proprietà di materiali vivi e rinnovabili.

3.2.1 Materiale vegetale vivo

Per una valida realizzazione delle opere di Ingegneria Naturalistica è fondamentale la scelta, il corretto utilizzo e l'attecchimento del materiale vegetale vivo. Un parametro importante nella loro selezione è l'appartenenza al biosistema in cui si interviene. Le specie utilizzate devono quindi essere autoctone, cioè tipiche della vegetazione locale, e devono possedere alcune proprietà biotecniche importanti, quali:

- *la capacità di protezione dall'erosione*: le piante, ricoprendo la superficie del suolo, diminuiscono l'impatto della pioggia battente sul terreno, che viene raccolta e assorbita lentamente o allontanata in modo graduale e naturale, senza provocare fenomeni di ruscellamento improvviso;
- *capacità di drenaggio del suolo*: la superficie del suolo vegetata traspira grandi quantità di acqua, drenando il suolo. Al drenaggio attivo operato dalla vegetazione consegue un miglioramento delle caratteristiche geotecniche dei terreni;
- *capacità di sviluppo dell'apparato radicale*: un vantaggioso rapporto tra lo sviluppo delle radici e la parte aerea della pianta, a favore delle prime, costituisce una caratteristica biotecnica importantissima. Un ulteriore vantaggio – che solo alcuni tipi di piante possiedono, è la capacità di attraversare suoli saturi d'acqua e di sospendere il loro apparato radicale al sottostante substrato.
- *elasticità del fusto e resistenza a flessione*: la presenza di piante in aree di esondazione superficiale contribuisce a ridurre la velocità di scorrimento dell'acqua e quindi la sua capacità erosiva. Questa caratteristica positiva si esaurisce in genere dopo una decina di anni dall'epoca della messa a dimora degli alberi, poiché si raggiunge un diametro critico, oltre il quale la pianta assume un comportamento rigido e diventa incapace di flettersi e resistere alle esondazioni. Una copertura vegetale troppo invecchiata diventa essa stessa un fattore di alimentazione del trasporto solido e quindi del potere erosivo del corso d'acqua;
- *resistenza allo strappo*: è la forza necessaria per sradicare la pianta dal terreno. Viene considerata come la misura della stabilità dell'unione terreno-radice e quindi l'aumento della stabilità apportata dalla singola pianta.
- *resistenza al taglio dell'apparato radicale*: L'aumento della resistenza a taglio dei terreni dovuto alla presenza della vegetazione avviene: per la stabilizzazione meccanica grazie all'effetto di armatura delle radici, aumento della coesione, formazione di aggregati grazie alle secrezioni radicali e all'attività microbiologica. In sostanza, per una maggior stabilità sono importanti le seguenti caratteristiche: la forma delle radici, la densità della penetrazione radicale, la massa delle radici, la resistenza alla trazione e al taglio, l'attività della flora e della fauna.
- *capacità di rigenerazione*: è la capacità che le piante hanno di germogliare nuovamente alla base del fusto pur essendo danneggiate o piegate. In particolare le latifoglie possiedono un'alta capacità rigenerativa.
- *capacità di adattamento*: le piante possiedono una capacità di adattamento nei confronti delle condizioni ambientali e climatiche. È importante sapere che le radici crescono cercando di raggiungere fonti d'acqua e di sostanze nutritive, pertanto non bisogna creare un ambiente superficiale umido e molto concimato.
- *resistenza alla sommersione*: ovvero la capacità di alcune piante di sopravvivere a lunghi periodi di inondazioni grazie alle loro radici acquatiche, la rapida crescita, produzione di semi con caratteristiche di galleggiabilità, ecc.
- *propagazione vegetativa*: è la capacità di alcune piante di dare origine ad elementi vegetali completi a partire da rami o talee messi a dimora nel terreno.
- *capacità di formazione di radici dai fusti interrati*: alcune piante legnose hanno la capacità di formare dei sistemi radicali, in aggiunta a quelli presenti, sulla porzione di fusto ricoperto di terra.

- *qualità ecologiche*: sono rilevanti soprattutto in ambito urbano per i loro molteplici benefici in termini di fruizione dell'ambiente, salubrità dell'aria, difesa dall'inquinamento acustico ecc.



Figura.3.6: costruzione di una palificata nella fase finale dell'intervento

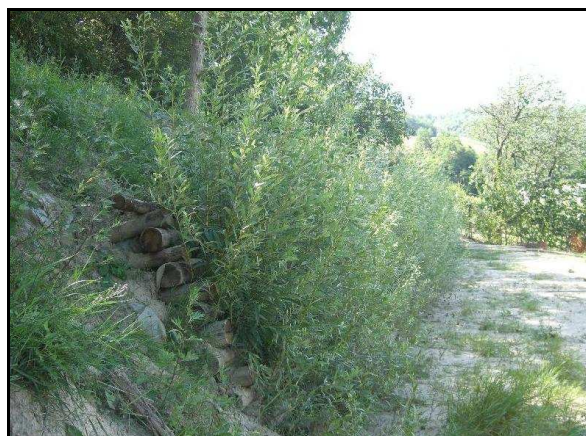


Figura.3.7: situazione dell'intervento a sei mesi dalla fine dei lavori

Come detto in precedenza la rivegetazione, dei siti oggetti d'intervento delle tecniche di Ingegneria naturalistica, è essenziale per un buona riuscita del lavoro. La ricostruzione della copertura vegetale può essere ottenuta impiegando specie erbacee, arbusti o alberi. Le prime sono distribuite sul terreno in miscugli di semi di generi diversi. In aggiunta alla semina si può intervenire con la messe a dimora di specie arbustive ed arboree. In alternativa alle piante provenienti da vivai si possono usare talee, astoni e ramiglia viva.

3.2.2 Legname

Uno dei fattori principali per la buona riuscita di un intervento di ingegneria naturalistica è lo sviluppo dell'apparato radicale delle piante, che vengono messe a dimora durante le lavorazioni di sistemazione, poichè le proprietà di resistenza a trazione e flessione delle radici e delle parti di fusto che vengono inserite nel terreno, vanno attivamente a modificare – positivamente – le caratteristiche geotecniche dei terreni e dei versanti sui quali si interviene. E' quindi intuitivo che tanto maggiore è la profondità dell'apparato radicale, tanto migliore sarà la risposta dell'opera. In linea generale, a seconda delle condizioni del terreno e delle caratteristiche delle piante legnose, *l'approfondimento dell'apparato radicale* si aggira tra un minimo di 0.3m per coperture erbose ed un massimo di 4m. Per quanto riguarda i pendii e le scarpate, è ragionevole pensare che la profondità media alla quale le radici sono ancora in grado di esercitare una funzione portante è pari a 2.0-2.5m. D'altra parte occorre considerare che le piante erbacee e legnose hanno bisogno di tempo per svilupparsi e rivegetare *realmente* i versanti, mentre le opere di sistemazione devono avere un efficacia immediata. Si devono così utilizzare materiali che si facciano carico di tutte le sollecitazioni trasmesse dal pendio alle opere durante il periodo transitorio che intercorre dalla fine dei lavori al completo sviluppo dell'apparato radicale.

Questi materiali possono idealmente suddividersi in tre categorie¹:

- materiali antierosivi di breve durata (1-5 anni):, reti in fibra naturale di juta, agave cocco;
- materiali strutturali di media durata (10-25 anni): tondame di larice, quercia, castagno, scortecciato, di diametro non inferiore a 20 cm;
- materiali con funzione di consolidamento superficiale o di fondazione o ancoraggio, di lunga durata (più di 25 anni): profilati, funi e reti metalliche zincate, massi, elementi di calcestruzzo.

¹ Manuale di ingegneria naturalistica e verde tecnico (Florineth, 2007)

Il legno impiegato è, in particolare, l'elemento che deve resistere almeno per il tempo necessario affinché le piante, sviluppate, possano affermare e svolgere in modo costante la loro funzione di consolidamento. Si può supporre che ciò avvenga nel giro di 10-15 anni. Nel 1994 "L'associazione austriaca per le ricerche sul legno" ha presentato una ricerca bibliografica sulla durata naturale e le caratteristiche meccaniche di legname come il castagno, quercia e robinia. In tabella di fig. 3.6 sono riportati i risultati riassunti brevemente. Nell'arco alpino il larice, autoctono, è considerato un ottimo legname per le opere strutturali e idrauliche. La reperibilità del legname è un importantissimo fattore da considerare al momento della scelta del toname da utilizzare. Il diametro dei pali non deve essere inferiore ai 20cm ed in particolare per le opere in ambito idraulico esso deve essere superiore o uguale a 30cm. Inoltre essi devono essere sempre scortecciati, per tutta la loro lunghezza e non devono essere presenti difetti del fusto come: eccentricità degli anelli di accrescimento, fessurazioni radiali, callosità, cipollature e marcescenze ed evidenza di attacco da parte di parassiti.

TIPI DI LEGNO	Resistenza a flessione (N/mm ²)	Resistenza a trazione (N/mm ²)	Modulo di elasticità (N/mm ²)	Durata
Castagno	63-77	86-136	8200-9000	molto durevole, bassa resistenza contro funghi e insetti nell'alburno e alta nel durame, non molto resistente agli agenti atmosferici, durevole in acqua.
Quercia	86-95	90-110	9700-13000	molto durevole, bassa resistenza contro funghi e insetti nell'alburno e alta nel durame, è resistente agli agenti atmosferici, durevole in acqua.
Robinia	118-150	120-148	11000-13600	molto durevole, anche in acqua, normalmente resistente contro funghi e insetti. Alloctona infestante

Tabella 3.6: durata naturale e caratteristiche meccaniche di tre tipi di legname,

In sostanza le caratteristiche di un buon legname da costruzione, nell'ambito delle opere di ingegneria naturalistica, sono da valutare in base al peso specifico o massa volumica, alla resistenza del legno alle sollecitazioni e alla durabilità nel tempo. In figura 3.8 è rappresentato del toname di castagno depositato in cantiere e pronto per l'uso.



Figura 3.8: toname di castagno presso un cantiere a Monastero di Lanzo (TO)

3.2.3 Pietrame

Un altro materiale utile nell'Ingegneria Naturalistica è il pietrame, che viene impiegato in molteplici situazioni, quali il consolidamento e la difesa spondale, il contenimento del piede dei versanti, come materiale per la fondazione di opere di sostegno o idrauliche oppure come materiale di riempimento di strutture in legno o di trincee col fine di incrementare il drenaggio delle acque di infiltrazione.

Per lo più si utilizzano ghiaie, ciottoli o massi reperibili in loco o da cave di prestito.

Nella selezione del materiale più idoneo per l'opera influiscono non solo la reperibilità del materiale nelle vicinanze del cantiere ma anche caratteristiche fisiche e chimiche di esso. In sostanza il pietrame non deve contenere tracce di amianto, dannoso per la salute; non deve essere facilmente frantumabile e proveniente da matrici rocciose molto tenere, e non deve presentare una forma troppo arrotondata e liscia, in quanto può causare problemi di instabilità nelle opere di difesa e di sostegno. Una rilevante caratteristica è il volume medio dei massi, in particolare nelle opere idrauliche come scogliere, soglie e rampe: esso non deve essere inferiore a $0,3-0,6 \text{ m}^3$. Nelle figure dalla 3.9 alla 3.14 si può vedere un esempio dell'impiego di questo materiale.



Figura 3.9 e 3.10: In alto a sinistra: pietrame utilizzato come riempimento di una palificata a doppia parete per potenziare l'effetto drenante dell'opera. .A destra: scogliera rivegetata con talee a sostegno del piede di un versante.



Figura 3.11 e 3.12: In alto a sinistra: scogliere in pietrame utilizzate per contenere il piede del versante, difendendo le sponde del torrente dall'erosione. .A destra: scogliera in massi costituente soglie di salto per un corso d'acqua caratterizzato da violente pulsazioni torrentizie.



Figura 3.13 e 3.14: In alto a sinistra: pietrame utilizzato per costituire una platea di dissipazione dell'energia cinetica dell'acqua. .A destra: scogliera in massi a fondazione di una palificata viva di sostegno a doppia parete.

3.2.3 Materiali ferrosi

Le opere di Ingegneria Naturalistica sono una complessa unione di differenti materiali che interagiscono tra loro rendendo solidale questa nuova struttura con il terreno sottostante. Un importante funzione in questo campo lo svolgono i materiali ferrosi, ovvero ferro ed acciaio. Essi possono essere impiegati in vari ambiti: la più immediata è quella della *giunzione di elementi strutturali*, nelle opere in legname. Sono barre in acciaio ad aderenza migliorata con un diametro che varia tra i 10-12mm e che possono essere facilmente modellati in cantiere per ottenere chiodi e graffe attraverso il taglio, la piegatura e l'appuntitura. Tali elementi sono applicati per battitura previa perforazione con trapano per evitare di danneggiare il legname; una seconda finalità è quella di creare elementi di *ancoraggio di strutture* al terreno, come i tondini e le barre ad aderenza migliorate, profilati e tubolari. Le barre hanno un diametro tra i 20 e i 32mm e vengono infissi o mediante battitura manuale, nel caso di terreni a granulometria fine e poco pietrosi, altrimenti mediante la spinta di mezzi meccanici o attraverso la trivellazione di un preforo; in fine possono svolgere anche la funzione di *rivestimento di scarpate* con l'utilizzo di reti in acciaio con maglie esagonali o romboidali. Le reti sono vincolate al terreno più resistente con barre e funi stabilizzando così le superfici e trattenendo anche ciottolame e piccoli volumi di roccia. Le maglie di ancoraggio delle reti hanno generalmente dimensioni variabili tra i 2m x 2m e i 3m x 3m. In figura 3.15 si può vedere questa tecnica applicata mentre in figura 3.16 un dettaglio dell'ancoraggio della maglia metallica.



Figura 3.15: sistemazione della porzione sommitale di una frana nel Sacro Monte di Crea nel Monferrato.



Figura 3.16: dettaglio dell'ancoraggio al terreno di una rete metallica, Sacro Monte di Crea.

3.2.3 Geosintetici e fibre naturali

I geosintetici e le fibre naturali sono prodotti prefabbricati, ma mentre i primi derivano dall'industria chimica, le fibre naturali sono materiali biologici. Tali materiali possono svolgere diverse funzioni, tra cui filtro, drenaggio, protezione dall'erosione, barriera idraulica, separazione, rinforzo, supporto allo sviluppo della vegetazione nella fase iniziale di crescita. In particolare sono utili in vario modo nel contenimento e stabilizzazione delle frane. I geosintetici si possono raggruppare, in modo semplificato, nelle seguenti categorie²:

- *Geotessili tessuti*: sono materiali plastici, caratterizzati da filamenti di polipropilene, poliestere etc., che si intrecciano tra loro a formare strutture con una trama e un ordito, costituendo così maglie molto fitte. Inoltre sono caratterizzati da un'elevata resistenza a trazione (da decine a centinaia di kN/m) e vengono impiegati per il rinforzo dei terreni e il miglioramento delle loro capacità portanti.
- *Geotessili non tessuti*: anche essi sono materiali plastici, ma in questo caso i loro filamenti sono organizzati in modo caotico, da cui la denominazione di non tessuto. Non possiedono particolari caratteristiche di resistenza a trazione ma hanno ottime capacità filtranti.
- *Georeti e geogriglie*: sono intrecci di nastri di materiale sintetico saldati tra loro a formare strutture a rete con maglie più larghe rispetto a quelle dei geotessili. Sono caratterizzati da un'elevata resistenza a trazione e sono impiegati per il rinforzo dei terreni e per l'incremento della loro capacità portante.
- *Geomembrane*: anche essi sono teli di materiale plastico, bituminoso o bentonitico, e vengono adoperati come impermeabilizzanti.

Le fibre naturali, chiamati anche *biotessuti*, sono materiali biologici, usualmente fibre di cocco, agave e juta, che si intrecciano per formare reti di maglie aperte. Essi sono biodegradabili e per questo sono anche la soluzione ottimale per lo sviluppo degli inerbimenti, nelle opere di sistemazione dei versanti, in quanto la degradazione incrementa la fertilità del terreno, trattengono le particelle fini e riducono l'evaporazione idrica, aiutando a mantenere un microclima umido. Contribuiscono nella ripartizione dei carichi e degli sforzi di trazione su ampie superfici, anche se con parametri caratteristici inferiori a quelli dei geosintetici, inoltre la loro efficacia si riduce nel tempo, ma viene sostituita dallo sviluppo della vegetazione erbacea.

Esistono molti altri tipi di geosintetici, ma si è scelto di annoverare quelli più comuni e più utilizzati nelle opere di Ingegneria Naturalistica. In figura 3.11 si può vedere un biotessile

² Ingegneria Naturalistica: nozioni e tecniche di base (Regione Piemonte)

in fibre di juta mentre in figura 3.12 una geomembrana utilizzata come impermeabilizzante.



Figura 3.17: fibre naturali di juta



Figura 3.18: geocomposito costituito da geomembrana con funzione di impermeabilizzante e geostuoia di supporto alla rivegetazione



Figura 3.19: fibre naturali di cocco in una biostuoia



Figura 3.20: rete a maglie aperte in fibre naturali di juta.

3.3 GESTIONE SELVICOLTURALE

Un importante ruolo nella buona riuscita di un intervento di Ingegneria Naturalistica viene svolto dalla componente vegetale, cioè quando un suo corretto utilizzo e attecchimento al suolo garantisce un soddisfacente risultato. Nei lavori di gestione della componente vegetale (selezione, taglio per miglioramento e messa a dimora di nuovi soggetti arbustivi ed arborei) devono essere eseguiti tutti i lavori di pulizia del terreno, accantonamento della terra di scotto, di taglio della vegetazione instabile, consolidamento e disgregazione di porzioni di roccia instabili, riprofilatura e rimodellamento di versanti colpiti da eventi franosi, approvvigionamento di acqua per le varie fasi di lavorazione, ecc.

Un'ulteriore fondamentale regola nella rivegetazione è quella di impiegare solo specie autoctone, ovvero tipiche della vegetazione locale, evitando di introdurre specie esotiche che sarebbero causa di inquinamento biologico. Inoltre la loro scelta deve essere fatta non solo secondo un criterio strettamente ecologico, ma anche funzionale, riferendosi alle caratteristiche biotecniche delle piante. Ciò non autorizza, di nuovo, l'impiego di specie alloctone anche più adatte o più resistenti in qualche caso specifico, poiché non si deve infrangere l'equilibrio naturale preesistente. È chiaro quindi, che la scelta del materiale vegetale deve privilegiare gli ecotipi locali, sfruttando così la loro miglior capacità di adattamento. La logica e l'esperienza suggeriscono anche, che una presenza di soggetti

appartenenti a specie diverse e aventi età e dimensioni differenti garantiscono una maggiore possibilità di buona riuscita dell'opera.

Non si devono tralasciare neanche le attività manutentive della vegetazione, che deve essere fatta con particolare cura. Non si deve attuare un brusco taglio delle piante arbustive e arboree, in quanto una forte diminuzione della copertura forestale favorisce fenomeni di ruscellamento incontrollato che sono una tra le cause di dissesti superficiali e talvolta anche profondi. La superficie boscata quindi, svolge un importante ruolo nella regimazione idrica, intercettando le acque meteoriche attraverso i rami, le foglie, il sottobosco, l'humus e il terreno che svolgono anche un efficace azione di evapotraspirazione. In sintesi la presenza di un bosco maturo con composizione plurispecifica e l'attuazione di cure selvicolturali periodiche possono evitare fenomeni di erosione del terreno. Gli accorgimenti principali da tenere a mente nella manutenzione dei versanti sono:

- Nelle operazioni di selezione, lasciare "in piedi" un numero sufficiente di alberi e piante per garantire la continuità della copertura e la disseminazione naturale;
- Effettuare il taglio periodico delle piante arboree;
- Effettuare piccole opere di drenaggio e consolidamento dove necessario.

Per quanto riguarda invece lo sviluppo di specie arbustive e arboree, di fondamentale importanza in un'opera di Ingegneria Naturalistica, esso può essere ottenuto a partire da seme, piante a radice nuda o in contenitore, oppure da parti di piante quali ad esempio talee, astoni o ramiglia viva. L'utilizzo delle talee di salice è molto diffuso nelle opere di Ingegneria Naturalistica, per la loro ottima capacità di crescere e creare così soggetti vegetali indipendenti in breve tempo. Una talea è un segmento di fusto separato dalla pianta madre capace di produrre a sua volta radici e di dar origine così ad un nuovo esemplare. È utile sapere che maggiore è il diametro del fusto maggiore è la riserva di nutrimento per la pianta e che comunque tale diametro non deve risultare inferiore a 2cm. Il periodo migliore per la loro messa a dimora è durante il cosiddetto riposo vegetativo, che corrisponde all'autunno e alla primavera, evitando periodi di gelate e quelli in cui il terreno è completamente saturo. In figura 3.21 si può vedere la messa a dimora di talee durante i lavori e in figura 3.22 si possono già vedere i primi germogli del fusto. Per quanto riguarda le tecniche e le accortezze da adottare nella fase di messa a dimora delle talee e quindi la rivegetazione della porzione di terra oggetto dell'opera, si analizzeranno nei capitoli successivi.



Figura 3.21: talee messe a dimora in una palificata a doppia parete.



Figura 3.22: i primi germogli del segmento di fusto, talea.

3.4 INERBIMENTI

Tra le tecniche utilizzate nell'Ingegneria Naturalistica per la sistemazione delle coltri superficiali del terreno, gli inerbimenti svolgono un ruolo importante, stabilizzando il suolo, proteggendolo dall'erosione superficiale e ricostruendo la vegetazione e le condizioni di fertilità. Esistono tre metodi di applicazione di tali tecniche: semina manuale o a spaglio, semina idraulica o idrosemina e le semine protette. In ciascuno di essi, la scelta delle specie erbacee deve avvenire in base al tipo di terreno, al clima e alla quota del sito di intervento. Inoltre, è buona regola utilizzare il materiale di scotico, ovvero gli strati più superficiali del terreno asportato durante la fase di rimodellamento dei versanti, in quanto è il più adatto a formare la superficie che sarà successivamente seminata.

Le semine sono normalmente effettuate tra l'inizio dell'autunno e l'inizio della primavera, esse sono quindi distinte in base alle differenti necessità da soddisfare e problematiche a cui far fronte.

La semina manuale, detta anche a spaglio è particolarmente adatta per terreni poco acclivi, con pendenze inferiori ai 30°, in cui bisogna spargere in modo uniforme nel terreno un miscuglio omogeneo di sementi, di origine certificata. Generalmente è prevista una quantità che varia tra 10 – 50 g/m² di sementi. Il terreno deve essere precedentemente preparato a ricevere tale strato, con l'asportazione dei ciottoli più grossi e se necessario con la concimazione. Il miscuglio deve essere adatto alle caratteristiche del sito di intervento e impiegato in giornate senza vento o piogge di forte intensità per non rischiare il dilavamento e quindi la non riuscita di questa fase dell'opera. È un'ottima soluzione seminare effettuando due passaggi ad angolo retto garantendo così una maggiore uniformità, inoltre non va dimenticato il fatto che l'interramento del seme è ideale nella quantità di 2-3 cm. A ultimazione di queste lavorazioni, è importante la bagnatura del terreno e il suo mantenimento in condizioni di umidità adeguate, almeno per le successive tre settimane. Nel caso in cui la crescita del manto erboso non dovesse essere uniforme è consigliabile provvedere alla risemina. Analizzando i risultati ottenuti con questa metodologia si può dire che, nel caso in cui il terreno non è fortemente pendente e soggetto a rischi di ruscellamento ed esposto a eccessivo vento, la copertura delle superfici è relativamente rapida, l'intervento è di facile realizzazione e di conseguenza i costi sono relativamente contenuti. D'altro canto però, la loro rapida crescita può intralciare lo sviluppo di eventuali altre specie arboree e arbustive; inoltre l'apparato radicale non si insinua molto in profondità, esso può raggiungere una altezza tra i 10 e i 30 cm.

La semina idraulica o idrosemina è particolarmente indicata per superfici ampie e in pendenza, terreni soggetti a fenomeni erosivi e con scarsa presenza di humus. Viene eseguita con attrezzature a pressione che distribuiscono un miscuglio di graminacee e leguminose ed eventualmente anche specie arbustive. Nello specifico le macchine irroratrici distribuiscono una miscela composta di acqua, sementi idonee nella quantità di 35 – 40 g/m², fertilizzanti a lenta cessione nell'ordine di 150g/m², collanti e sostanze miglioratrici del terreno come paglia, cellulosa, ecc. Perché tale composizione si mantenga omogenea le idrosemiatrici sono dotate di un agitatore meccanico all'interno della botte. Spesso, alle miscele sparse sul terreno da trattare, vengono aggiunte delle sostanze coloranti che fa sì che gli operatori si possano rendere conto di dove, come e quanto prodotto sia già stato irrorato.

La distribuzione della miscela di idrosemina, come nel caso della semina manuale, avviene previa pulitura della superficie oggetto dell'intervento, allontanando i massi più grossi ed eventualmente la concimazione. Allo stesso modo vale anche la regola di avere una miscela omogenea di specie erbacee autoctone e idonee al sito di intervento.

Nel caso in cui si rendesse necessario inerbire superfici particolarmente erosive e poco fertili, si può usufruire di una particolare miscela detta *mulch*, che è composta da fibre naturali di paglia, fieno, pasta di cellulosa, collanti, fibre di legno ecc. Questo tipo di semina è di notevole vantaggio in quei terreni che hanno una forte inclinazione, anche fino a 45°.

In ultima analisi la tecnica di idrosemina è vantaggiosa perché comporta una più rapida e sicura rivegetazione dell'area anche quando esse sono ripide e difficilmente percorribili, essendo i getti delle macchine irroratrici dell'ordine di una decina di metri. I svantaggi sono valutabili in un aumento delle spese economiche e dalla irraggiungibilità da parte

delle macchine di alcuni siti. Inoltre si deve fare attenzione alla qualità delle idroseminatrici, in quanto inadeguate pompe o ugelli possono danneggiare i semi.

In figura 3.23 – 3.24 si può osservare un intervento in terra rinforzata, un'opera di sostegno e di consolidamento profondo nei pressi del Sacro Monte di Crea nel Monferrato, in cui per l'inerbimento è stato scelto il metodo dell'idrosemina. I lavori sono stati finiti nella primavera del 2009 e la fotografia è stata scattata nel mese di aprile del 2010. Si può vedere un risultato soddisfacente e di buon inserimento coll'ambiente circostante.



Figura 3.23-3.24: terra rinforzata con inerbimento a idrosemina.



La semina con coltre protettiva, utilizzata anche essa in casi di particolare difficoltà in cui il terreno è notevolmente inclinato, povero di humus e soggetto a erosione, viene attuata con l'ausilio non solo delle miscele prima descritte, cioè con presenza di fibre naturali di paglia, fieno e di concime, ma anche di reti in polietilene fissate con picchetti di legno o talee. Queste ultime evitano così la dispersione della paglia e garantiscono un miglior mantenimento dell'umidità del terreno favorendo la germinazione.

Infine, si può dire che nelle tre metodologie prima descritte, la loro efficacia non è immediata, cioè all'ultimazione dei lavori non si ha una istantanea azione di difesa ma si deve aspettare un fisiologico periodo di crescita e maturazione dell'apparato radicale seminato. Inoltre si possono commettere errori che compromettono la buona riuscita dei lavori seminando fuori stagione, utilizzando sementi scadute, di qualità e numero di specie non conformi alla certificazione e in ultimo una quantità in grammi di semi per metro quadro non sufficiente.

3.5 CESPUGLIAMENTI CONSOLIDANTI

Con tale tecnica si interviene consolidando i pendii e scarpate mediante messa a dimora di materiale vegetale vivo, migliorando così la stabilità. Le tecniche di questo tipo sono le *gradonate vive* e le *cordunate vive*, che principalmente hanno le stesse modalità operative e differiscono per pochi particolari, pertanto nel seguito si farà riferimento alla sola denominazione di gradonata viva..

Gradonata viva.

La sua realizzazione ha inizio con uno scavo manuale o meccanico di una banchina con profondità minima di 50 cm. Essa deve avere una contropendenza del 10% circa e non deve essere realizzata perfettamente parallela alle curve di livello dei pendii, ma deve individuare una via di collettamento delle acque. In seguito vengono posizionate orizzontalmente talee e piantine, in ragione di circa 20 talee al metro e 5 piantine radicate al metro. La dimensione minima del diametro delle talee deve essere di 2 cm. In ultimo si ricoprono le banchine della terra di scavo, facendo attenzione a non ricoprire del tutto le talee, ma di lasciarle libere per pochi cm. Si deve fare attenzione affinché nella parte interrata non si creino sacche d'aria intorno al fusto.



Figura 3.25: esempio di una gradonata viva situata a Monastero di Lanzo (TO)

Questo procedimento deve avvenire per più ordini di gradonate, con interasse tra loro che va da 1,5 m a 3 m. tale lavorazione si esegue dalla base del pendio fino alla sommità.

In questo modo è possibile rivegetare scarpate e pendii che, attraverso lo sviluppo dell'apparato radicale, si consolidano in profondità, mentre la parte esterna al terreno collabora a ridurre il rischio di erosioni superficiali.

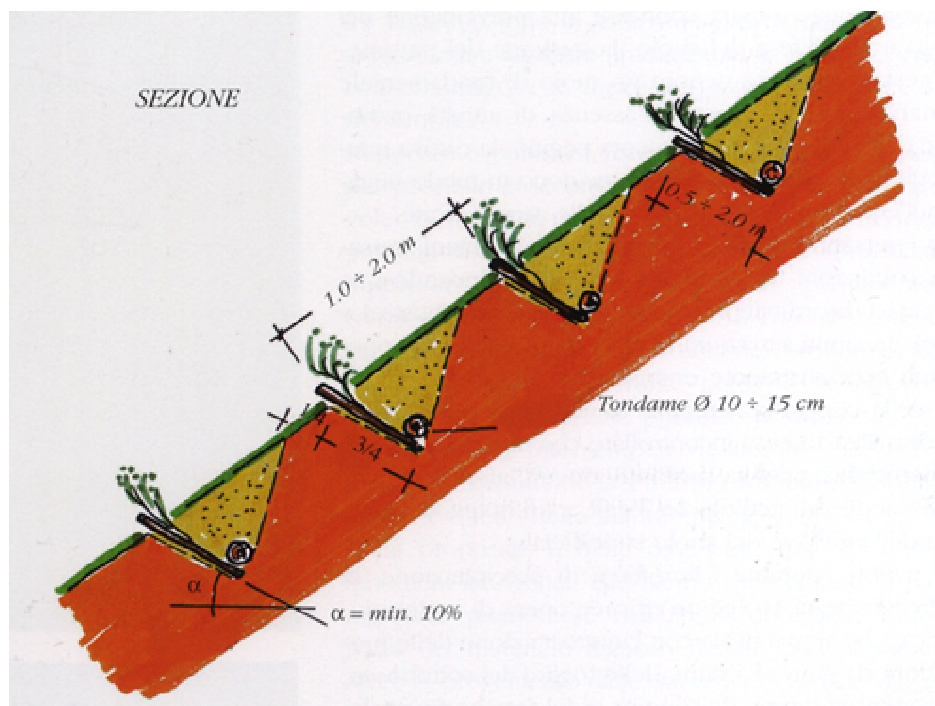


Figura 3.26: Schema di una gradinata viva, Interventi di sistemazione del territorio con tecniche di Ingegneria Naturalistica (Regione Piemonte 2003)

3.6 PALIFICATE SEMPLICI, GRATE VIVE E POSA DI MATERIALI ANTIEROSIVI

Tra le tecniche di sistemazione delle coltri superficiali si possono annoverare le *palificate semplici*, le *grate vive*, e l'utilizzo di *materiali antierosivi*. Si procederà con una analisi di esse.

3.6.1 Palificata semplice

La palificata semplice detta anche palizzata è normalmente inserita in un più ampio gruppo di opere in legname simili (stecconate, viminate etc.). Essa è utile per stabilizzare le porzioni più superficiali del suolo, attraverso una rete radicale ed elementi di ancoraggio facenti parte l'opera. Come si è detto in precedenza i materiali usati sono il legame, materiali metallici, geosintetici e fibre naturali, materiale vegetale vivo.

Per la realizzazione di questi interventi si utilizza tondame scortecciato di idonee dimensioni e durabilità, legate ovviamente alla specie arborea impiegata. Nell'arco alpino i legnami da adottare sono latifolia (castagno) o conifera (larice) con diametro minimo di 20 cm. Essi sono disposti perpendicolarmente alla linea di massima pendenza e legati ed ancorati mediante picchetti o piloti in legno o metallici, tondini in acciaio ad aderenza migliorata. Questi ultimi consentono una maggior profondità di infissione e capacità di penetrazione soprattutto in terreni grossolani e pietrosi. Generalmente è sufficiente una profondità di circa 1 m o 2 m, che va incrementato se necessario in funzione delle caratteristiche del terreno. Perché i piloti svolgano il lavoro per cui sono concepiti in queste strutture, vanno impiegati in numero di almeno tre per ogni metro di sviluppo lineare. Dal posizionamento del legname la palificata semplice ha caratteristiche e denominazioni diverse, in particolare esistono tre tipologie (figura 3.27):

- *Palificata semplice o palizzata*, che viene realizzata mediante un'unica fila di elementi orizzontali in legname a monte dei quali vengono messi a dimora le talee;
- *Palificata semplice a pali sovrapposti*, nella quale ci sono più file di pali e in base al loro numero cambia anche l'altezza della struttura. In ogni caso comunque essa non deve superare i 50 cm. Per motivi di durabilità del legname, tra le file di pali si possono inserire dei piccoli traversi, cunei o talee;
- *Palificata semplice a piloti incrociati*. Questa tipologia ha un elemento in più in quanto, nella struttura di ancoraggio, oltre al picchetto posizionato verticalmente rispetto all'inclinazione del versante si inserisce un secondo piloti sistemato con un'inclinazione di 90° rispetto alla massima linea di pendenza. Questa scelta costruttiva incrementa l'effetto di consolidamento del terreno.

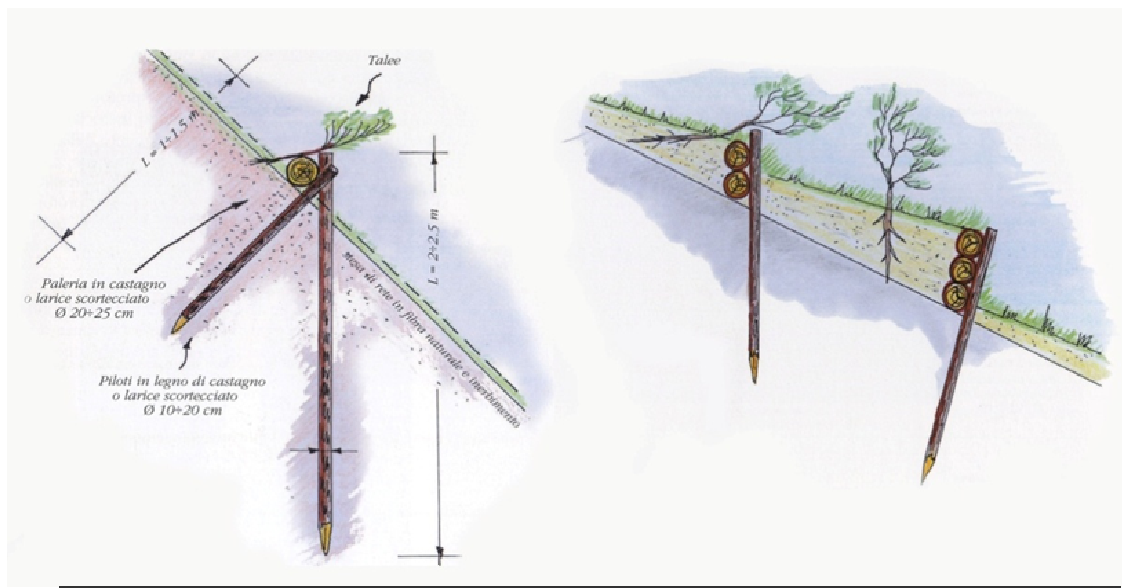


Figura 3.27: in ordine da sinistra a destra si riportano gli schemi in sezione di: palificata semplice con piloti incrociati e palificata semplice con pali sovrapposti (De Antonis e Molinari, Regione Piemonte 2003)

A palificata ultimata, a monte di essa vengono posizionate le talee. Per l'importanza che ha il materiale vegetale vivo nelle opere di Ingegneria naturalistica e quindi la sua gestione, si introducono alcuni accorgimenti e parametri fondamentali per la *messa a dimora di talee*.

Dopo la preparazione dei fusti da talee, che devono risultare esenti da traumi, marciumi e parassiti, devono essere immediatamente utilizzati affinché non ci sia eccessiva perdita di acqua. Quando questo non fosse possibile esistono dei metodi di conservazione del materiale, che può essere stoccato in celle frigorifere oppure in pozzi di acqua fredda continuamente cambiato, così che non si creino germogli prima della messa a dimora di tale materiale.

Per quanto riguarda il loro inserimento all'interno dell'opera di Ingegneria Naturalistica è importante ricordare che le talee vanno posizionate con giusta polarità, ovvero con la parte di fusto con diametro minore che guarda l'esterno dell'opera. Inoltre vanno messe preferibilmente orizzontalmente, avendo così una maggiore capacità di emettere radici rispetto alla talee messe in verticale. Risulta evidente quindi che i fusti vanno collocati, preferibilmente, in corso d'opera. Essi vanno inseriti nel terreno per almeno 80% della loro lunghezza, facendo attenzione a non far sporgere comunque la parte aerea per più di 5 cm, ritardando così il fenomeno di disidratazione. La potatura di tale parte della talea

deve essere un taglio netto con inclinazione verso il basso. Un ulteriore elemento che incide sul loro attecchimento è la buona qualità del terreno di riempimento che non deve essere eccessivamente pietroso e ben compattato affinché non si creino vuoti tra il fusto e il terreno.

Infine, le dimensioni minime che devono possedere le talee sono: un diametro di almeno 2 cm e la lunghezza non inferiore a 50 cm.

Le palificate semplici, così costruite, possono essere organizzate a formare una linea continua sul versante o meglio, dal punto di vista della gestione delle acque superficiali, disposte a linee alterne (figura 3.28).

Tra due ordini di palificate può essere utile la stesura di reti in fibra naturale, come juta, agave e cocco, per evitare l'erosione del terreno. Queste devono essere posate in modo tale che aderiscano perfettamente al terreno e alla superficie della palificata. Successivamente il terreno viene inerbito mediante idrosemina o semina manuale a spaglio.

Le fasi di esecuzione di tali opere sono³:

- Scavo di sbancamento per la realizzazione del piano di posa;
- Posa degli elementi longitudinali;
- Posizionamento di piloti verticali di ancoraggio;
- Disposizione per strati di talee;
- Riempimento a tergo della struttura;
- Eventuale ripetizione della successione operativa di cui sopra (palificate a pali sovrapposti).

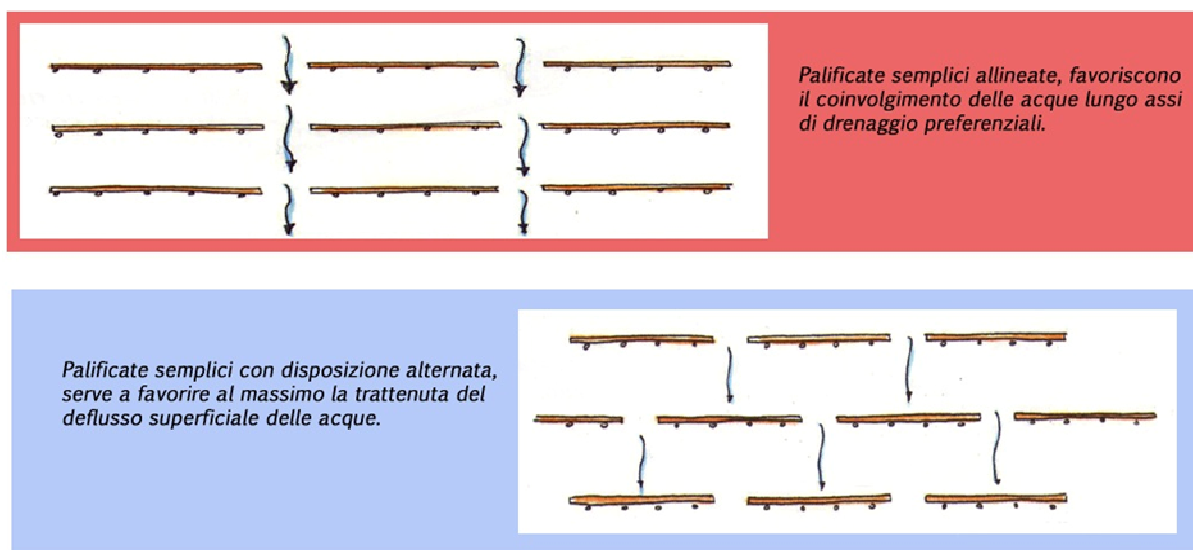


Figura 3.28: disposizione di palificate sui versanti (De Antonis e Molinari, Regione Piemonte 2003)

³ Ingegneria Naturalistica: nozioni e tecniche di base (Regione Piemonte)

3.6.2 Grate vive

Con riferimento alla stabilizzazione delle coltri superficiali di terreno, una efficace tecnica è quella delle *grate vive*. In figura 3.29 si riporta uno schema grafico. Esse sono particolarmente indicate in situazioni del terreno con elevata pendenza, dai 40° ai 60° e oltre, in cui le condizioni del terreno stesso e del contorno non permettono un rimodellamento della superficie per ridurne l'inclinazione. Inoltre sono un'ottima soluzione anche come protezione di superfici erose e di substrati sterili, che non possono essere inerbiti facilmente.

La struttura di questi interventi è caratterizzata da una serie di tronchi verticali e orizzontali che formano sul terreno una specie di tessitura a grandi maglie, dette anche camere. Il legname utilizzato deve essere idoneo e durabile (larice o castagno), quindi scortecciato e con un diametro non inferiore ai 20 cm. La loro lunghezza è generalmente compresa tra i 2 e i 6 m. I pali verticali sono posizionati aderenti alla scarpata, distanziati tra loro di 1-2 m. su di essi vengono fissati mediante bulloni, viti, legature o incastri i pali orizzontali. Le maglie così costituite possono avere le seguenti dimensioni: 1m x 1m; 1,5m x 1,5m; 1m x 2m; 1,5m x 2m.

L'appoggio di tali strutture è bene che avvenga su terreno resistente o su opere di sostegno come palificata a parete doppia, muri in pietrame o scogliere. Va detto anche che l'ancoraggio al terreno è un altro importante elemento, in quanto rende solidale l'opera al suolo e quindi efficiente. Gli ancoraggi possono essere in legno o in acciaio con una lunghezza non inferiore a 1,5m.

L'ultimo passo è quello dell'inerbimento mediante idrosemina e la messa a dimora di talee e piantine radicate nelle camere. Le talee devono avere lunghezza tale da raggiungere il terreno sottostante la grata. È chiaro che, prima di realizzare la struttura, il terreno deve essere pulito da cespugliame e massi di grandi dimensioni e quindi riprofilato. In taluni casi può essere necessario l'impiego reti antierosive, ed eventualmente reti elettrosaldate.

Le opere così descritte possono svilupparsi in altezze considerevoli, ma è bene che in presenza di pendenze oltre i 50° non si elevino oltre i 6-8 m.

TIPOLOGIE UTILIZZATE NELLA MESSA IN OPERA DI GRATE VIVE A CAMERA

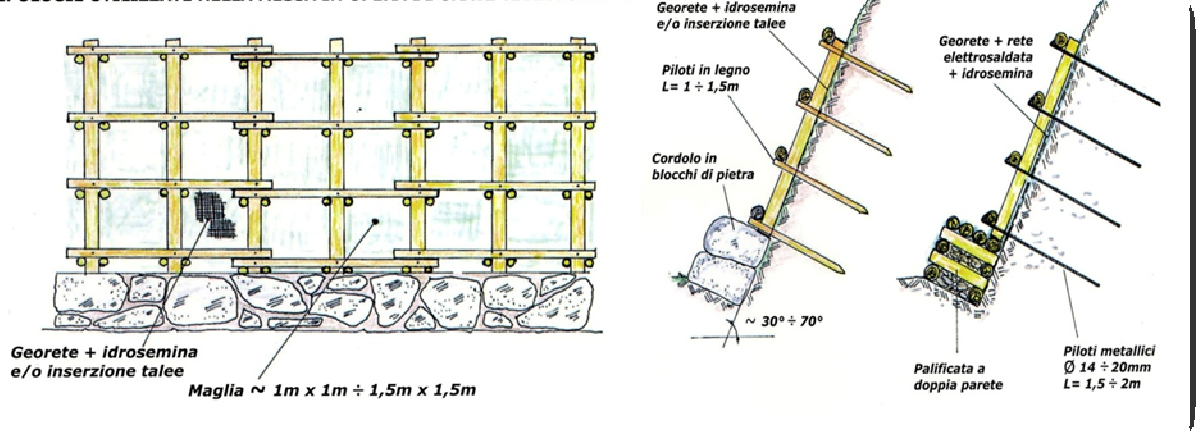


Figura 3.29: sche grafico di una grata viva, Manuale di Ingegneria Naturalistica, Regione Piemonte (2007)

In ultima considerazione, si può dire che tali strutture non sono opere di sostegno, ma contribuiscono alla stabilizzazione della parte più superficiale del terreno attraverso un miglioramento delle caratteristiche geotecniche, come la coesione e l'angolo di attrito. Ciò non toglie però che con lo sviluppo tecnologico degli ancoraggi essa può trasformarsi anche un'opera di sostegno e di contenimento delle spinte.

Nelle figure 3.32 e 3.33 si può osservare una grata viva, finita da pochi mesi e situata a Baldissero Torinese.



Figura 3.32: grata viva che poggia su una palificata a doppia parete di sostegno, Baldissero Torinese.



Figura 3.33: grata viva inerbita e piantumata con piantine radicate a Baldissero Torinese.

3.6.3 Posa di materiali antierosivi

Le reti in fibra naturale e sintetica vengono utilizzate nella generalità delle opere per le loro caratteristiche di proteggere il terreno sottostante da fenomeni di erosione. Il loro impiego su pendii e scarpate comporta la necessaria profilatura del terreno e pulitura da pietrami di grosse dimensioni. È evidente che l'appoggiarsi di tali reti sul suolo, richiede una superficie il più possibile priva di sporgenze o elementi che potrebbero danneggiarne l'integrità.

Il posizionamento di tali reti è di fondamentale importanza come anche creare e mantenere un contatto continuo con la superficie del terreno. Essi sono posati dall'alto verso il basso di un pendio e sovrapposti per almeno 10-20 cm. Per fissarli al terreno vengono usati dei vincoli come i picchetti, chiodature, staffe ad U, ecc., che devono essere in un numero tale da prevenire eventuali fenomeni di svuotamento. Inoltre i vincoli vanno infissi fino a raggiungere gli strati più compatti del terreno sottostante. In questo modo il materiale risulta ben fissato e non sarà possibile l'estrazione manuale.

In presenza di terreni idonei, ovvero facilmente penetrabili e terrosi, la funzione di vincoli può essere svolta anche da talee, se pur di grosse dimensioni: il loro diametro minimo deve essere di 5 cm. Essi vengono inseriti tra una maglia e l'altra avendo eseguito un preforo sul terreno. Le talee saranno opportunamente appuntite per agevolare l'inserimento nella cavità. Inoltre la parte aerea, come avviene per la più comune messa a dimora in posizione orizzontale, non deve superare i 5 cm. Come si è detto, la legatura tra i picchetti deve essere eseguita, mediante cavi o funi, in modo tale da garantire il contatto tra i teli e il terreno in ogni punto.

Se si rendesse necessario, è bene tenere presente che si potrebbero utilizzare, in aggiunta alle reti in fibra naturale, quelle metalliche, poste al di sopra delle prime. Gli ancoraggi di queste distinte strutture vanno progettate e realizzate in maniera disgiunta.

Casserature in tondini di acciaio ad aderenza migliorata possono essere invece impiegate qualora sia necessario ottenere sagome regolari del profilo del pendio. Tali casserature non hanno però alcuna funzione strutturale. (figure 3.34 e 3.35)

È bene tener presente che, la funzione antierosiva dei teli a fibra naturale è solo temporanea, infatti col passare del tempo tendono a degradarsi e quindi perdere quelle capacità che contribuivano alla stabilizzazione del terreno. Tuttavia, il compito di proteggere le superfici dall'erosione lo svolge successivamente il materiale vegetale vivo, che ha avuto il tempo sufficiente affinché l'apparato radicale cresca.



Figura 3.34: lavori ultimati in una frana al Parco del Sacro Monte di Crea (AL).



Figura 3.35: particolare di una terra rinforzata in cui è stato usato un materiale antierosivo e la casseraatura in ferro, Parco del Sacro Monte di Crea (AL).

È chiaro quindi che, nell'attesa che il materiale vegetale vivo raggiunga la maturazione delle radici, il materiale antierosivo posto sui versanti o pendii deve essere sufficiente ed efficiente. Ciò comporta una loro adeguata messa in opera e una accurata scelta della tipologia di materiali da impiegare. Nelle figure 3.36 e 3.37 si può notare una errata messa in opera di tali materiali antierosivi con conseguente perdita delle funzioni per cui è stata realizzata. L'acclività della parete è notevole, ciò rende quasi impossibile l'attecchimento dell'inerbimento ed inoltre gli ancoraggi della rete in fibra naturale utilizzata non sono in numero adeguato, come anche la disposizione dei moduli della rete. L'evidente conseguenza è l'erosione della parte superficiale di terreno, che la essa dovrebbe trattenere.



Figura 3.36: posa di reti in fibra naturale su un versante con pendenza troppo elevata, intervento fallito



Figura 3.37: particolare di erroneo modo di porre la rete in fibra naturale.

3.7 DRENAGGIO SUPERFICIALE CON CANALIZZAZIONI

Gli interventi di drenaggio sono distinguibili in due grandi gruppi: opere di drenaggio di tipo superficiale e opere di drenaggio di tipo profondo. In questo paragrafo si analizza la prima tipologia ed in particolare le *canalizzazioni*, per il drenaggio delle acque meteoriche.

Esistono vari metodi costruttivi di tali sistemi di drenaggio: ad esempio le canalette metalliche, le canalizzazioni in legname e pietrame, in terra, in tavolame di legno.

Canalizzazioni metalliche

Tali strutture sono aperte e il materiale principale utilizzato è la lamiera di acciaio corrugato e zincato di forma semicircolare, ancorata al suolo mediante tirafondi. Tale elemento viene posizionato in uno scavo adeguatamente situato ed eseguito affinché non ci sia pericolo di sifonamento. L'ancoraggio della struttura avviene mediante picchetti in acciaio o, per una migliore funzionalità, barre filettate e cementate a fondo foro e quindi imbullonate.

I rinfilanchi in terra devono essere opportunamente eseguiti, cioè il profilo del semicerchio non deve affiorare sulla superficie del suolo, e inoltre tale terreno va rivegetato con la messa a dimora di talee di specie arbustive e arboree. Esse favoriscono così la stabilizzazione dell'opera, l'inserimento nell'ambiente e il mascheramento della struttura. Va menzionato anche l'utilizzo delle reti in fibra naturale o sintetica per il raccordo dell'opera con il terreno circostante. Nella figura 3.38 si può osservare un intervento di sistemazione di un versante con l'inserimento di un muro di contenimento e di una canaletta metallica che non è eseguita correttamente, in quanto il reinterro laterale della struttura non è idoneo e la vegetazione quasi inesistente. Il distacco tra profilato metallico e muro non permette la raccolta delle acque superficiali. Mentre in figura 3.39 è riportato un corretto intervento di tale tipologia.



Figura 3.38: canaletta metallica messa in opera in maniera non corretta



Figura 3.39: canalizzazione in acciaio corrugato eseguita correttamente

Canalizzazioni in legname e pietrame

Tali tipologie di canalizzazioni si utilizzano per capacità di trasporto solido non elevate. Esse hanno sezione trapezia e vengono realizzate come segue. Il primo passo da compiere è ovviamente lo scavo della sezione di progetto con mezzi meccanici o manuali. I primi elementi che vanno posizionati sono i pali scortecciati in legno durabile di latifolia o conifera autoctona (castagno o larice di diametro minimo 20 cm) che sono infissi nel terreno con angolazione dettata dalla parete dello scavo. Ad essi vengono fissati longitudinalmente con chiodi o cambre tondami di legno all'altezza di fondo alveo e quella di sponda, hanno lunghezza variabile tra i 2m e i 4m. Successivamente nelle aree così delimitate vengono disposti lastroni o blocchi di pietrame. I vuoti creati da questi ultimi vengono riempiti con materiale terroso che andrà inerbito. Infine la struttura può essere irrigidita ulteriormente inserendo, nella parte alta della struttura, un traverso in legno ad interassi variabili da uno ad alcuni metri. In figura 3.40 si riportano due tipologie di canalette in legname e pietrame.



Figura 3.40: canalizzazioni in legname e pietrame.

Canalizzazioni in terra

Nel caso di pendenze del suolo e velocità del flusso d'acqua non elevate è più appropriato l'uso di canalette in terra. Esse a loro volta si distinguono in due tipi:

- *Canalizzazioni in terra*, rivestite mediante reti in fibra naturale e sintetiche e rivegetate con semina;
- *Canalizzazioni in terra inerbita e impermeabilizzata*.

L'impermeabilizzazione avviene mediante l'uso di geomembrane in HDPE (polietilene ad alta densità) o bituminose. Inoltre lo scavo e le pareti laterali vengono consolidate con georeti e rivegetate. La superficie vera e propria di deflusso, in linea teorica, non è rivegetata, ma esiste la necessità di proteggere dai raggi solari anche queste aree. Geostuoie o geocelle presenti in commercio sono di aiuto, in quanto ricariate di terreno possono essere inerbite. Tale inerbimento protegge le reti sottostanti dai raggi solari. In figura 3.41 si riportano alcune immagini delle geocelle.

In linea generale l'inclinazione longitudinale delle canalette in terra non deve essere inferiore al 2% e non risultare superiore al 10%.

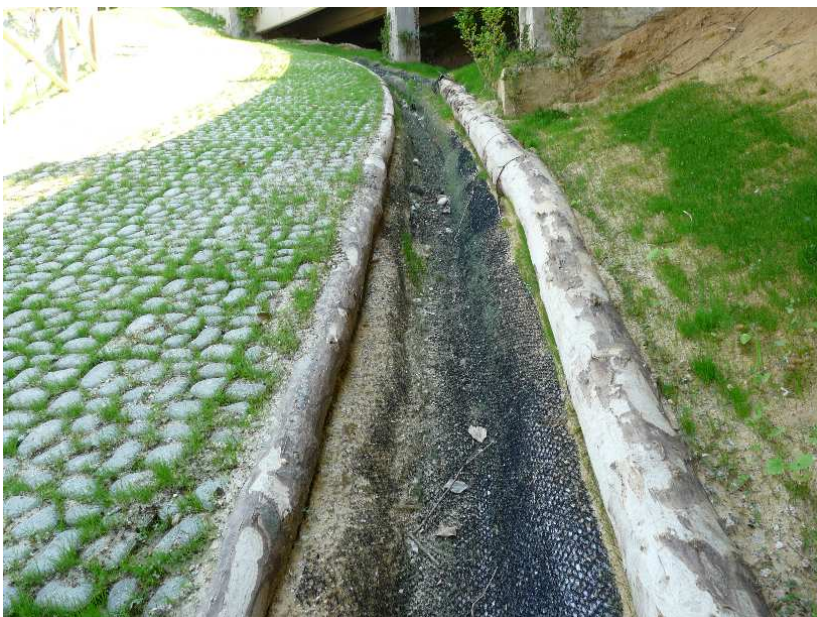
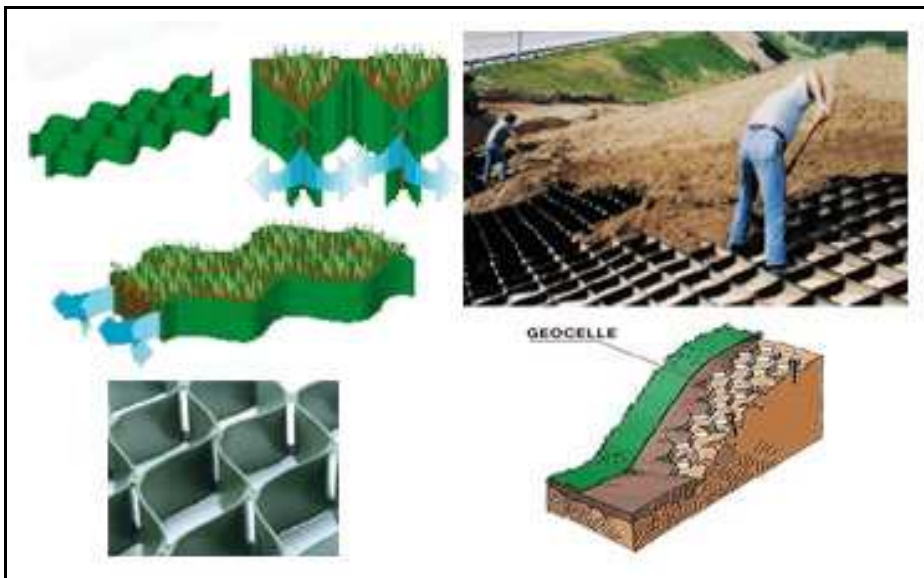


Figura 3.41: Schemi e figure di geocelle e canalizzazioni impermeabilizzate costituite da geomembrane e geostuoie (geocompositi).

Canalette in tavolame e legname

Quest'ultima tipologia di canaletta descritta, si può dire che è di raccordo tra un altro sistema di drenaggio e la destinazione finale dell'acqua, quali un ruscello od un rio. Infatti la funzione delle canalette in tavolame e legname è quella di raccogliere e smaltire le acque provenienti da altri sistemi di drenaggio. La sua struttura è abbastanza rigida, tale da rendere necessaria la costruzione di pozzetti di collegamento tra i vari tratti che costituiscono la canalizzazione. Come le altre opere che abbiamo visto finora il legname usato deve essere durabile e di specie idonea (castagno o larice) e con uno spessore minimo di 5 cm. Tale materiale deve essere esente da difetti come nodi, aperture o fessurazioni. La costruzione avviene innanzitutto eseguendo lo scavo di posa della canaletta, successivamente si montano gli elementi che la costituiscono, secondo lo schema progettuale. Inoltre la struttura va ancorata al suolo con piloti in metallo o in legname, in alternativa si possono usare anche picchetti o profilati (tubolari) in acciaio ad aderenza migliorata.

In conclusione a ciò che si è detto sulle opere di drenaggio superficiale, è importante notare che la capacità di smaltimento delle sezioni di deflusso sopra citate e la durata dell'intera struttura sono fortemente legate, ad un attento esame delle pendenze in fase di progettazione ed esecuzione, e da una periodica attività di manutenzione. In figura 3.43 si può notare come un'opera costruita nel 1998, al giorno d'oggi lasciata a se stessa risulti poco funzionale nel caso di portate d'acqua ad elevati volumi. In figura 3.42 si può invece vedere l'opera a pochi giorni dall'ultimazione lavori.



Figura 3.42: canalette in tavolame di legno, a pochi giorni dall'ultimazione lavori (ca. 1998).

Figura 3.43: canalette in tavolame di legno, situazione nella primavera del 2010

