

4 TECNICHE NATURALISTICHE PER LA REALIZZAZIONE DI OPERE DI SOSTEGNO E CONSOLIDAMENTO PROFONDO.

4.1 INTRODUZIONE

Nel capitolo precedente si sono analizzate tutte quelle tecniche utili per la sistemazioni delle coltri superficiali. Si esaminano ora le opere naturalistiche che sfruttano al meglio le potenzialità dei materiali inerti e vivi descritti nei capitoli precedenti. Si andranno quindi ad analizzare più in dettaglio le tecniche per la realizzazione delle palificate di sostegno, delle terre rinforzate e per il drenaggio a varia profondità.

4.2 PALIFICATE DI SOSTEGNO AD UNA E A DUE PARETI

Tali opere sono dette anche palificate vive di sostegno e costituiscono una evoluzione delle palizzate semplici. Se le palificate di sostegno ad una parete contribuiscono al consolidamento superficiale dei versanti, le palificate doppie (o a cassone) hanno la capacità di sostenere coltri di una certa importanza, tanto che possono essere paragonabili a un muro a gravità. In ordine di capacità di sostegno si studiano prima le palificate ad una parete.

4.2.1 Palificate vive di sostegno ad una parete

L'elemento di novità principale introdotto con queste opere è il *traverso*, ovvero un palo trasversale di castagno o larice, con un diametro minimo di 20-25 cm, che viene infisso nel terreno, da cui deriva la denominazione di *palificata ad infissione* (figura 4.1). I traversi vengono posizionati tra i pali orizzontali sovrapposti che vengono chiamati anche correnti. Tale struttura è ancorata alla base da pali di legno o tondini in acciaio ad aderenza migliorata con diametro minimo di 32 mm.

Lo scavo di sbancamento, che è necessario in quasi tutte le opere, qui può essere di ridotte dimensioni, soprattutto rispetto a quello da effettuare per la realizzazione di una palificata a doppia parete. Quindi la scelta tra le due, oltre che sulle capacità di sostegno, ricade anche sulle limitazioni in campo operativo di determinate lavorazioni, come appunto può essere lo spazio per la movimentazione delle macchine di scavo.

In questi interventi il materiale vivo è dato dall'inserimento di talee o piantine radicate che vengono messe a dimora tra le varie file di correnti sovrapposti. Infatti lo spazio residuo individuato tra la scarpata e la parete in legno viene riempito con materiale terroso, che deve essere sufficientemente fertile affinché i fusti delle talee e le radici delle piantine possano attecchire. Le specie arbustive ed arboree impiegate devono essere ad elevata capacità vegetativa ed in numero sufficiente, ovvero minimo 20 talee e 5 piantine radicate per m² di palificata esterna.

Le fasi costruttive per la realizzazione di tali opere si possono riassumere come segue:

- *Scavo di sbancamento*, che viene effettuato con una lieve contropendenza verso monte della scarpata, che può variare tra 5° e 20°;
- *Posa degli elementi longitudinali*, cioè pali di legno con lunghezza che varia tra i 3m e i 6m aventi un diametro non inferiore a 20-25 cm. Tali elementi si collegano tra loro mediante incastro e chiodature con tondini o cambre in acciaio ad aderenza migliorata con diametro di 12-16 mm. Gli elementi in acciaio vanno posizionati previa foratura del legno con punte da trapano di diametro 10-14 mm, per non danneggiare il materiale legnoso (figure 4.2 e 4.3);
- *Posa degli elementi trasversali e loro collegamento ai correnti*, che avviene tramite chiodi o cambre. I traversi sono posizionati ad un interasse che va da 1m a 2m con disposizione allineata o alternata. È importante sottolineare che per la stabilità dell'opera è bene creare appositi incastri tra gli elementi lignei, non solo tra corrente e corrente ma anche tra correnti e traversi. Per una maggiore efficacia del lavoro è più indicata l'infissione direttamente sul versante, così da non movimentare il terreno e non far perdere ad esso quelle caratteristiche di addensamento che eventualmente possiede in condizioni indisturbate, e che quindi favoriscono la stabilità dell'opera. Per far ciò i pali devono essere preparati, ovvero appuntiti ed eventualmente rinforzati con punte metalliche. In ogni caso è meglio creare un preforo nel terreno con una trivellatrice portatile a rotazione;

- *Eventuale posizionamento di piloti verticali di ancoraggio.* Essi possono essere tondini in acciaio ad aderenza migliorata di diametro minimo 32 mm, profilati a T o tubolari che vengono posizionati anteriormente ai correnti, o pali in legno con diametro minimo di 10 cm e altezza prossima o uguale a quella di tutta la struttura. I pali in legno usati come ancoraggio verticale vanno collocati posteriormente ai correnti e giunti tramite chiodi, cambre o staffe;
- *Riempimento,* che viene effettuato con il terreno di scavo (spesso addizionato di terra fertile) a strati, per ogni fila di correnti e traversi posizionati.
- *Messa a dimora delle talee e/o piantine radicate,* evitando che si creino vuoti tra terreno e il materiale vegetale vivo. Per una buona riuscita dell'opera bisogna rispettare poche ma fondamentali regole, per quanto riguarda la messa dimora di talee e piantine radicate. Il terreno sul quale vanno posizionate deve essere fine e se necessario migliorato per renderlo più fertile. Le talee devono avere una lunghezza tale da uguagliare la profondità della struttura e devono essere sistemate con un'inclinazione di 5-20° ed essere così in linea con la pendenza della struttura stessa. Inoltre non devono sporgere all'esterno per più di 5 cm. Le piantine radicate invece devono essere interrate fino al colletto radicale.



Figura 4.1: intervento in un versante con palificata di sostegno ad una parete

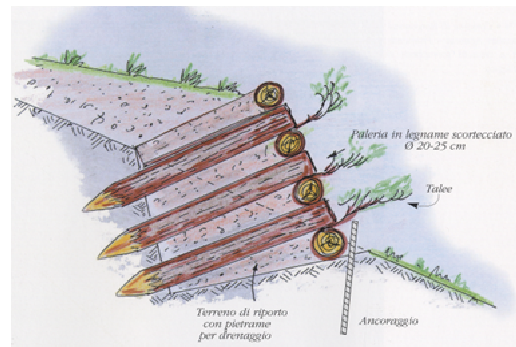


Figura 4.2: Schema di una palificata viva di sostegno ad una parete.

Interventi di sistemazione del territorio con tecniche di Ingegneria Naturalistica (Regione Piemonte 2003)

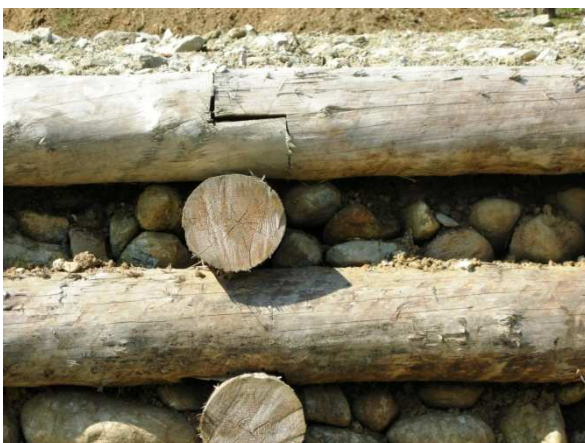


Figura 4.3: traversi in posizione allineata con incastro a sedia dei correnti



Figura 4.4: particolare di un incastro a sedia di correnti e di giunzione con tondino in acciaio ad aderenza migliorata tra i correnti e il traverso

In ultima analisi si può dire che le palificate di sostegno ad una parete possono raggiungere altezze maggiori rispetto alle palificate semplici e che, rispetto alla palificata a doppia parete, oltre a un minor volume di terreno sbancato, si risparmia maggiormente sul materiale in quanto si usa una quantità minore di legname, a discapito però della capacità di contenimento e di sostegno.

Bisogna inoltre dire che si hanno migliori risultati nel caso in cui sia possibile l'infissione meccanica dei traversi nel versante e quando si utilizzano montanti verticali o piloti che stabilizzano la struttura. Inoltre maggiore è la lunghezza e la dimensione degli ancoraggi e dei traversi, maggiore è la stabilità e la capacità di consolidamento della struttura.

L'ambito d'impiego di tali opere è solitamente circoscritto al consolidamento di scarpate a monte di tracciati stradali e al consolidamento spondale di corsi d'acqua.

4.2.2 Palificate vive di sostegno a doppia parete

Di queste opere si può dire che sono autoportanti e paragonabili ad un manufatto a gravità, in quanto sono formati da un cassone di pali di legno riempiti di materiale terroso e vegetale (figura 4.5). Sono utili per la ricostruzione di versanti danneggiati da frane, svolgendo una funzione di sostegno e contenimento al piede. I materiali impiegati sono i medesimi delle opere precedentemente citate.

In breve : tondame di castagno e larice con diametro minimo non inferiore a 20 25 cm, materiale vegetale vivo e terroso, materiali ferrosi ed eventuali reti in fibre naturali o sintetiche.

Lo spessore minimo della struttura si incrementa ed arriva ad 1 m, tipico è la dimensione di 1,5 m. Per la stabilità dell'opera, la sua altezza non deve superare il doppio della base, con l'eccezione nel caso di *palificate a gradoni* (figura 4.6).

Esse sono il risultato di più palificate unite e sovrapposte in altezza con un salto in profondità, che però non interrompe la continuità della struttura. Tale meccanismo conferisce alla struttura una maggior resistenza al ribaltamento, permettendo di raggiungere altezze maggiori.

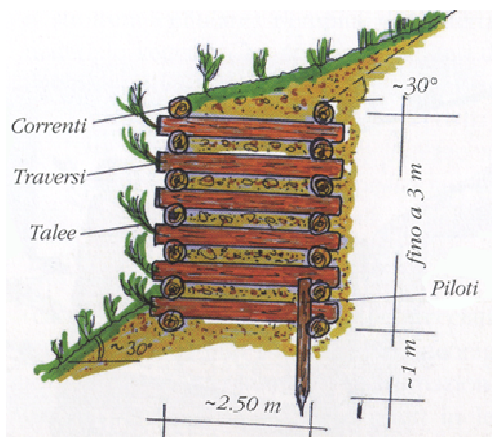


Figura 4.5: schema di una palificata di sostegno a doppia parete (Manuale Regione Piemonte 2003).

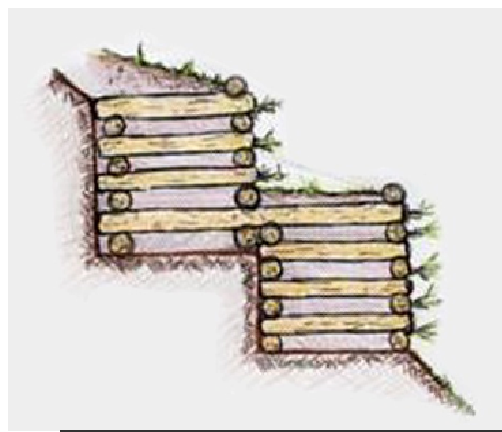


Figura 4.6: schema di una palificata a gradoni a doppia parete (Manuale Regione Piemonte 2003).

Gli ancoraggi a terra, come anche nelle altre strutture, sono particolarmente importanti. Possono essere costituiti da pali in legno o in acciaio in funzione del terreno e del contributo alla capacità di sostegno che essi devono dare. In determinate occasioni può risultare efficace l'utilizzo di fondazioni profonde, quali micropali trivellati, soprattutto in quelle situazioni in cui il terreno adatto alla fondazione si trova a profondità maggiori rispetto alla quota di imposta della fondazione.

Per quanto riguarda il materiale di riempimento, esso può provenire dallo scavo effettuato in cantiere o proveniente dall'esterno, se il primo non dovesse risultare idoneo. In caso di necessità di un miglioramento delle funzioni drenanti può essere aggiunto al

terreno materiale ghiaioso o ghiaioso-sabbioso, eventualmente avvolto in geotessile non tessuto con specifica funzione filtrante. In taluni casi è previsto il riempimento delle palificate solo con pietrame di grossa dimensione. In presenza di terre prevalentemente fini esiste il rischio di svuotamento della palificata, che va contrastato con l'impiego di georeti rivestendo l'interno del paramento di valle.

Le fasi della costruzione di queste opere possono essere riassunte come segue, precisando che le caratteristiche fisiche e meccaniche dei materiali sono assimilabili a quelle delle palificate di sostegno ad una parete:

- *Scavo di sbancamento* per il piano di posa della struttura con contropendenza di 5-20°;
- *Posa degli elementi longitudinali*;
- *Ancoraggio alla base della struttura*, anteriormente al corrente interno e/o esterno;
- *Posa degli elementi trasversali e loro fissaggio*. La disposizione dei traversi in forma alternata contribuisce ad aumentare le caratteristiche di rigidità della struttura, mentre se disposti in forma allineata risulta più agevole il riempimento meccanico se eseguito dopo il montaggio della struttura;
- *Riempimento e rivegetazione della struttura*.

Va chiarito che il contributo al consolidamento dei versanti, che tali strutture apportano, va scemando col trascorrere del tempo, in quanto si innescano meccanismi di degradazione del legname.

Tuttavia, contemporaneamente a ciò entra in gioco il materiale vegetale che nel frattempo, se scelto in maniera adeguata, messo a dimora a regola d'arte e continuamente mantenuto, ha sviluppato l'apparato radicale che può sostituire efficacemente la struttura lignea.

L'efficacia e la funzionalità di tali tecniche risultano migliori rispetto alle più tradizionali tecnologie (muri, scogliere, gabbioni) in quanto:

- sopportano piccoli assestamenti del terreno, sono quindi opere più flessibili;
- non necessitano di importanti strutture di fondazione con la conseguente riduzione dell'impegno di materiali e finanziario;
- possono essere messe in opera a varie quote, anche su pendii di difficile accesso;
- sono in generale più leggere e quindi non aggravano ulteriormente i carichi sul terreno;
- consentono numerose varianti costruttive, soddisfacendo meglio le necessità richieste per l'opera;
- si inseriscono in modo eccellente nell'ambiente.

È evidente però, che in caso di necessità e di valutata utilità, tali opere possono essere integrate con le tecniche ingegneristiche più tradizionali (figura 4.7 e 4.8).



Figura 4.7: palificata di sostegno a doppia parete integrata con muro in pietra (Germagnano - TO).



Figura 4.8: particolare di raccordo della palificata nel cambio di direzione (Germagnano - TO).

I limiti di applicabilità di tali opere sono attribuibili alla funzione di contenimento e sostegno quando il pendio determini spinte considerevoli. Le suddette strutture possono però essere affiancate a tecniche tradizionali, che potranno dare maggiore resistenza all'insieme dell'opera. Si possono citare i micropali che per la loro conformazione consentono alla struttura di ancorarsi su coltri di terreno più resistenti, e i tiranti che aumentano la resistenza alle spinte dell'acqua e del terreno impresse sulla palificata. Nelle opere di Ingegneria Naturalistica, i tiranti sono di barre d'acciaio ad aderenza migliorata e vengono posizionati ortogonalmente alla parete della palificata con un'inclinazione rispetto all'orizzontale che varia tra i 30° e i 45°.

Inoltre per quanto concerne la funzione di difesa spondale, in presenza di correnti veloci e con trasporto solido tali opere possono essere soggette allo svuotamento e/o alla disarticolazione della struttura. La pratica però dimostra che se le tecniche sono utilizzate in modo adeguato su un territorio predisposto a riceverle i risultati sono più che soddisfacenti, anche in tale ambito.

4.3 TERRE RINFORZATE

Le terre rinforzate sono opere notevolmente flessibili e di conseguenza si prestano bene a soddisfare diverse esigenze, come: la necessità di contenere e consolidare pendii franati, realizzare strutture atte a proteggere da cadute di massi e valanghe, ricostruire versanti con recupero di scarpate anche molto ripide; e formare barriere antirumore.

La struttura di tali opere è immaginabile come una sovrapposizione di strati di terreno, che si possono identificare come "cuscini". Tali strati di terreno sono realizzabili grazie alla presenza di geosintetici (geotessuti o geogriglie), che costituiscono l'elemento di contenimento e rinforzo degli strati di terreno (per spessori variabili tra i 50 cm e i 80 cm). Il geosintetico è un geotessile tessuto a maglie chiuse o, per una migliore prestazione, l'unione di una geogriglia interna con funzione strutturale e di una rete in fibra naturale esterna con funzione di trattenuta della frazione di terreno con granulometria fine e di supporto alla rivegetazione. I geotessuti rappresentano l'armatura del terreno. Tale terreno, che generalmente proviene dallo scavo effettuato nel luogo d'intervento o anche recuperato esternamente, deve essere selezionato con cura e deve essere compattato con rullo vibrante o con benna dell'escavatore.

Possiamo quindi distinguere due casi:

- *Terre rinforzate realizzate con geotessile tessuto*, in cui il paramento esterno viene realizzato mediante il rivestimento della superficie del rilevato con reti in fibra naturale di juta, agave o cocco e successivamente inerbito con idrosemina, che deve essere adeguatamente miscelata con sostanze organiche. Tali versanti non devono superare i 45° di inclinazione in quanto si rischierebbe l'instabilità della struttura e il non attecchimento dell'inerbimento. Nelle figure dalla 4.10 e 4.12 si può vedere una non adeguata messa in opera di tali strumenti.
- *Terre rinforzate realizzate con geogriglie in combinazione con reti in fibra naturale*, in tal caso se si utilizzano anche casseri metallici a perdere è possibile la realizzazione di versanti con pendenze anche maggiori di 45°, in quanto la rivegetazione è agevolata e la stabilità della struttura è migliore. Per un risultato ottimale è indicato l'impiego di talee di specie arbustive ad alta capacità vegetativa.



Figura 4.10-4.11: fasi di costruzione di terre rinforzate:

in alto con esecuzione corretta e presenza di tutti i materiali costituenti il manufatto;

in basso con errata esecuzione per assenza del geosintetico di rinforzo e di impianto drenante, profondità ridotta del manufatto e messa in opera senza compattazione.

In figura 4.11 si nota in particolare l'assenza del geotessile, fondamentale perché si possano realizzare i risvolti di rinforzo dei vari strati che compongono la terra rinforzata.



Figura 4.11: terra rinforzata con geotessile tessuto. Opera realizzata con erronee scelte costruttive



Figura 4.12: particolare del geotessile tessuto e della rete in fibra naturale impiegate.

Nelle figure 4.11 e 4.12 si vede un'altra opera eseguita con errati criteri. Infatti, risalta subito all'occhio l'elevata acclività di tale rilevato con la seguente difficoltà di attecchimento dell'inerbimento. Inoltre, è assolutamente sbagliata la posa della rete in fibra naturale immediatamente dopo la stesura del geotessile tessuto a maglia fitta, in quanto quest'ultima non permette l'attecchimento della semina. La soluzione adeguata sarebbe immettere uno strato di terreno di riporto tra il geotessile tessuto e la rete in fibra naturale, oppure l'impiego di geogriglie o geocelle che per la loro conformazione a maglia aperte trattengono il terreno e permettono un buon attecchimento della semina. Nelle figure 4.13 e 4.14 si vede una valida realizzazione di un'opera in terra rinforzata.



Figura 4.13: terra rinforzata con impiego di geogriglie correttamente eseguita.

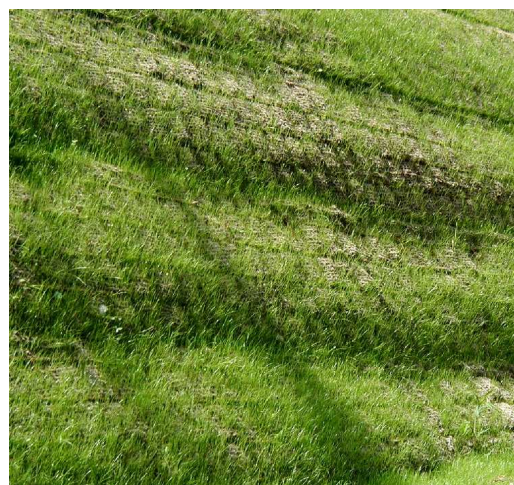


Figura 4.14: opera finita, corretto inerbimento.

Si può quindi dire, che dal punto di vista funzionale e quindi della problematica che la terra rinforzata va a bilanciare, esistono due grandi famiglie di opere, ovvero:

- Realizzazione di rilevati in terra rinforzata con utilizzo di geotessili tessuti;
- Consolidamenti di pendii in terra rinforzata con utilizzo di geogriglie.

Analizzando il primo degli interventi (figura 4.15) si possono identificare le seguenti fasi operative (Manuale di Ingegneria Naturalistica, Regione Piemonte 2003):

1. Innanzitutto come *attività preliminari*, necessari e utili ai lavori sono il taglio della vegetazione e la realizzazione di un tracciato dell'area di accesso al cantiere. Inoltre è bene fare un'attenta analisi del sito, individuando eventuali linee di

- impluvio che possono attivare fenomeni di ruscellamento. Si potrebbero rendere necessari opere di drenaggio come canalizzazioni e pozzetti.
2. Il passo immediatamente successivo è lo *scavo di sbancamento*. Il materiale derivante da tale operazione potrà essere riutilizzato durante i lavori se idoneo, oppure miscelato per renderlo più omogeneo e compatibile con le richieste di progetto. Nel caso di affioramenti rocciosi si devono effettuare opere di profilatura con l'impiego di cariche esplosive o martelli demolitori.
 3. Di seguito si interviene con la realizzazione del *piano di fondazione* dove la struttura deve appoggiare. È prevista la stesura di un geotessile non tessuto con buone resistenza al punzonamento, visto che immediatamente al di sopra, se si ritenesse necessario, si posiziona una platea di fondo in massi di pietra naturale, con un volume che va tra i $0,3 \text{ m}^3$ ad 1 m^3 . Tale struttura va ancorata al terreno. Se le spinte del terreno in prossimità del piano di fondazione dovessero essere troppo elevate, in tal caso si renderebbe utile l'impiego di calcestruzzo RBK $> 200 \text{ Kg/cm}^2$. In entrambe le scelte progettuali occorre porre attenzione al drenaggio delle opere e allo smaltimento delle acque.
 4. Consecutivamente alla realizzazione del piano di fondazione si prosegue con la *costruzione del rilevato* con la stesura e collegamento degli strati di geotessile tessuto in polipropilene ad alta resistenza a trazione ($50\text{-}400 \text{ KN/m}$). Si realizzano i cosiddetti "cuscini" riempiendo man mano il geotessile con il terreno precedentemente selezionato. Le pareti degli strati sono stabilizzate da casseri in legno rimovibili o da casseratura a perdere in acciaio elettrosaldato. Ogni piano va compattato con rullo vibrante semovente e se necessario consolidato con ancoraggi a puntoni o iniezioni di malta cementizia.
 5. L'ultima lavorazione riguarda la *rivegetazione*. La superficie più esterna del rilevato va coperta con materiale utili all'attecchimento del materiale vegetale vivo, come le reti in fibra naturale di juta, agave o cocco con resistenza a trazione non inferiore di $5\text{-}15 \text{ KN/m}$. la minima larghezza delle maglie varia tra $4\text{-}5 \text{ mm}$ e la massa aerica è di 150 g/m^2 . In fine si inerbisce l'area con semina idraulica fino a conseguire la completa copertura delle superfici esposte.

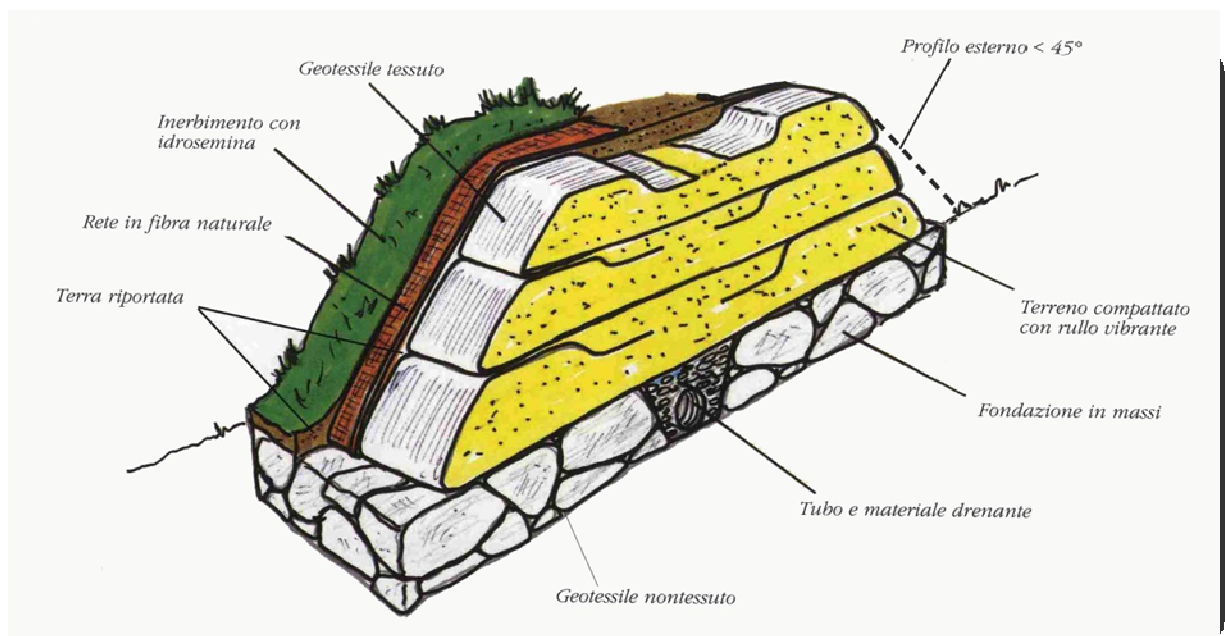


Figura 4.15: schema di terra rinforzata con geotessili tessuti, (Manuale Regione Piemonte 2003).

In merito al consolidamento di pendii (figura 4.16), le tecniche usate prevedono anche l'utilizzo delle terre rinforzate, e il procedimento costruttivo si organizza come segue:

1. Naturalmente la prima lavorazione riguarda lo *scavo di sbancamento*, le dimensioni del quale sono vincolate dal progetto e dalla lunghezza degli ancoraggi. Una grande importanza la rivesta anche la linea di pendenza del versante, sempre secondo progetto;
2. Introducendo un elemento fondamentale per tali opere, si passa al *posizionamento del cassero* che sorreggerà il terreno in fase di compattazione. Tale struttura può essere in tavole di legno rimovibile o a perdere in tondini di ferro ad aderenza migliorata. In questo ultimo caso i tondini possono avere diametri di 8-10-12 mm con maglie che vanno da 15cm a 20cm. Il cassero deve essere sagomato con l'inclinazione del versante;
3. Di seguito si rinforza il terreno con la *stesura della geogriglia*, che viene dimensionata in funzione alla lunghezza della base del versante, all'altezza dei vari strati di terreno e quindi al loro numero ed in fine ad una lunghezza L_r che è la lunghezza del risvolto del geotessile. Quindi la lunghezza totale del materiale da posare è la somma delle dimensioni appena citate;
4. Immediatamente dopo si passa alla *stesura della biostuoia*, una rete in fibra naturale di cocco, juta o agave, che è utile perché trattiene il terreno a granulometria fine e contemporaneamente fornisce un supporto all'inerbimento. Tale materiale va steso sul paramento di facciata dell'opera, considerando però non solo l'area del paramento ma anche il risvolto laterale della biostuoia, che deve essere almeno di 15 cm;
5. Il cassero posizionato può essere deformato e aperto nella fase di compattazione del terreno, per evitare ciò si posizionano delle *staffe di rinforzo* in tondini di ferro;
6. Successivamente si *posa il materiale di riempimento*, che deve avere buone caratteristiche di resistenza al taglio e deve essere bagnato e compattato strato per strato. Si deve fare attenzione agli strati più superficiali e vicini al fronte del pendio, in quanto si richiedono qualità specifiche al terreno perché possa essere di più rapida e migliore rivegetazione. In generale questo strato è di 20-30 cm e viene utilizzato della terra di scotico oppure proveniente dall'esterno del cantiere;
7. In fine si risvolta con particolare cura la geostuoia e la geogriglia che erano state adagiate temporaneamente sul cassero, coprendo la sommità del pendio e picchettandole all'estremità per almeno 15 cm. È evidente che l'ultima lavorazione riguarda l'inerbimento con idrosemina.

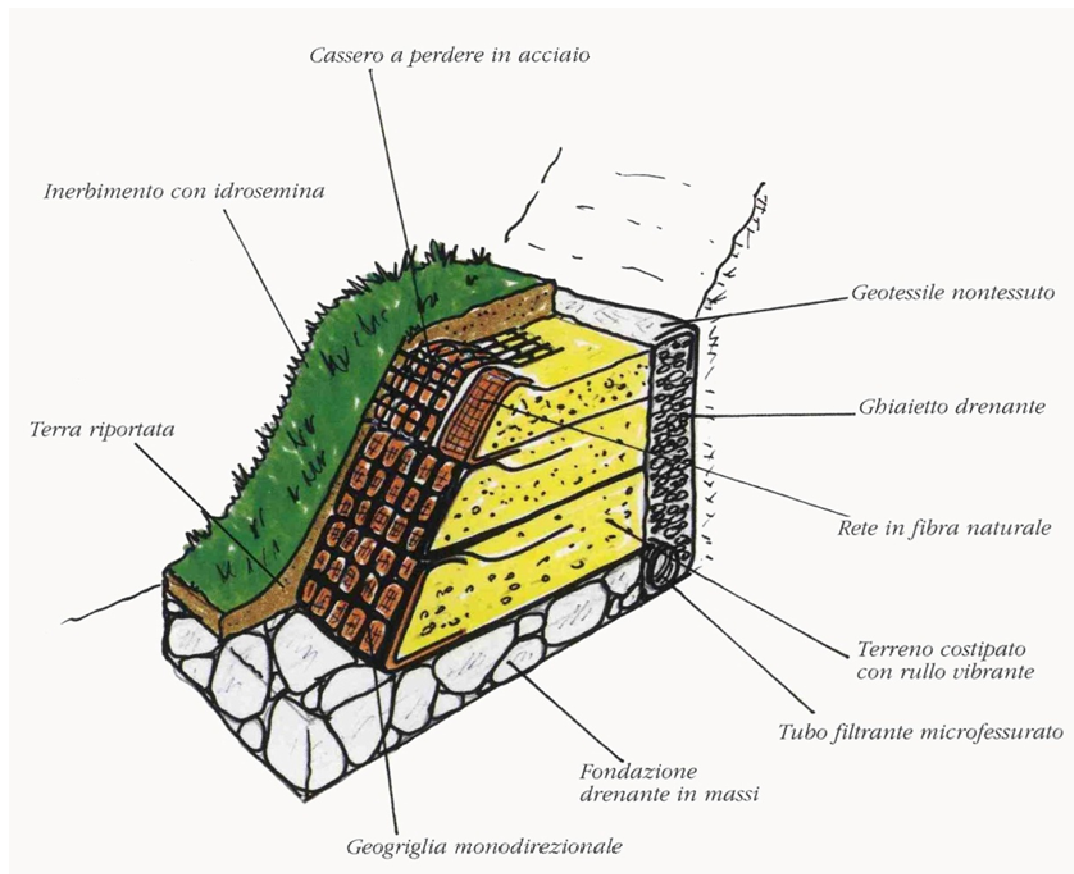


Figura 4.16: schema di terra rinforzata impiegata per il consolidamento di pendii, (Manuale Regione Piemonte 2003).

Esaminando tali strutture, risulta facile giungere alla conclusione che sono opere di elevata flessibilità consentendo deformazioni ed assestamenti del terreno, hanno una buona capacità drenante ed un'ottima capacità di resistenza ad elevate energie cinetiche d'impatto.

Non bisogna però tralasciare la costruzione di tutte quelle opere atte all'intercettazione e drenaggio delle acque. Infatti se lo smaltimento delle acque non fosse efficiente si rischierebbe di destabilizzare la struttura. Come in qualsiasi opera si deve verificare la sua stabilità realizzando indagini geotecniche.

Nelle figure 4.17 e 4.18 si può vedere una struttura in terra rinforzata con la particolarità dell'utilizzo di una rete metallica al posto delle geogriglie più normalmente utilizzate, con il vantaggio di dover risvoltare meno materiale in quanto l'aggancio della rete metallica risulta più efficiente anche con pochi cm di interrimento.



Figura 4.17: localita di Montaldo Roero, intervento con terra rinforzata

Figura 4.18 particolare del risvolto della rete metallica

4.3 DRENAGGIO A VARIA PROFONDITA'

questo genere di strutture sono in grado, a seconda delle loro caratteristiche costruttive, della loro sezione di deflusso e della profondità alla quale vengono messe in opera, di intercettare l'acqua nel sottosuolo e di convogliarla lungo vie preferenziali come impluvi o corsi d'acqua. Questo sistema permette di controllare ed evitare i meccanismi di destabilizzazione del terreno che avvengono per scivolamento planare dovuto proprio alla presenza d'acqua nel sottosuolo, che forma delle superfici di scorrimento e quindi di instabilità del versante. Inoltre si abbassano la quota delle falda acquifera riducendo il rischio di saturazione del terreno. Le tecniche più utilizzate sono: le trincee drenanti, cunei filtranti e fascinate drenanti (figura 4.19).

Trincea drenante

È la più classica delle opere di drenaggio, utilizzata molto anche in campo edilizio. Lo scavo può variare da 1m ad alcuni metri di profondità, eseguito con ragno meccanico o con escavatori cingolati. Le pareti sono rivestite di geotessile non tessuto con caratteristiche filtranti sul quale viene appoggiato un tubo in polietilene microfessurato, incaricato di raccogliere ed incanalare l'acqua. Tali elementi vengono poi ricoperti da un materiale ghiaioso drenante con varia granulometria, affinché l'acqua possa filtrare fino al tubo dreno. In fine il tutto viene avvolto con il risvolto del geotessile e chiuso definitivamente lo scavo. Nel caso di scavi di dimensioni minori, a causa dell'inaccessibilità del sito, il tubo microfessurato può anche essere semplicemente posizionato sul fondo di tale scavo che è stato rivestito precedentemente da un geocomposito a struttura tridimensionale e drenante. La tela di geocomposito verrà ripiegata sul tubo e il volume dello scavo riempito di materiale terroso.

Cuneo filtrante

Tale soluzione è precisamente un'opera in legname, ovvero una palificata a doppia parete riempita con materiale ghiaioso. Alla sua base si pone una canaletta in lamiera ondulata o in terra impermeabilizzata che riceve l'acqua convogliata dalla parete in legno e pietrame. Tale struttura si definisce "passiva", mentre "attiva" è la medesima struttura alla quale sono impiantate talee di specie arbustive ad alta capacità di assorbimento di acqua e di evapotraspirazione, svolgendo anche essa il compito di drenaggio delle acque del sottosuolo.

Drenaggio con fascinate

Prima di esaminare la suddetta tipologia di drenaggio è utile menzionare che esiste un'opera di stabilizzazione superficiale del terreno che impiega la stessa tecnica, e dalla quale si è evoluta per un'opera drenante.

La struttura di consolidamento superficiale si può ritenere complementare alle palificate di sostegno, se pur con una minor capacità portante. Essa se disposta parallelamente alle curve di livello possiede la capacità di catture l'acqua, mentre se posta in linea con la massima pendenza del versante ha effetto drenante. La fascinata è un insieme di talee e ramiglia lunga unite tra loro, che vengono poste su una banchina non molto profonda (30.50 cm) con uguale larghezza e ancorata da picchetti di legno della lunghezza di 1m ed un diametro non inferiore a 5cm. In fine interrata e lasciato allo scoperto solo una parte dei rami.

A differenza della struttura appena descritta, per il sistema drenante la profondità dello scavo è maggiore e si aggiunge un nuovo elemento, ovvero il tubo in polietilene microfessurato. Tale tubo è posto sul fondo dello scavo rivestito da un geotessile non tessuto. Inoltre le fascinate che riempiono lo scavo sono di ramiglia morta, a differenza dell'opera di consolidamento superficiale, e di pietrame se reperibile in sito. La parte più superficiale viene coperta di fascinate di materiale vegetale vivo e di terra. Ovviamente il tutto va ancorato al terreno con tirafondi.

Le opere così realizzate hanno una grande capacità di assorbire i movimenti di assestamento del terreno e quindi risultano notevolmente elastiche e flessibili.

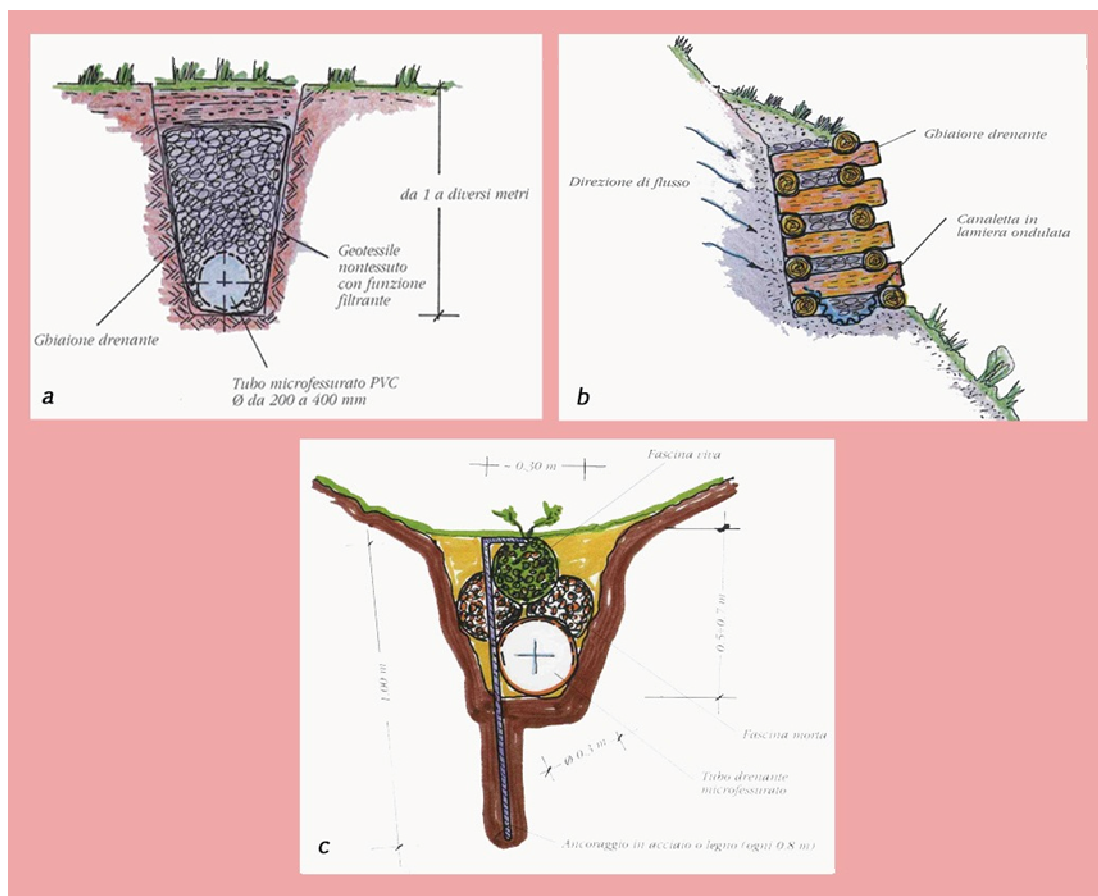


Figura 4.19: a) trincea drenante, b) cuneo filtrante, c) drenaggio con fascinate, (Manuale Regione Piemonte 2003).

Esistono ulteriori tipologie e sistemi di drenaggio che sono nate sfruttando le capacità e le caratteristiche di materiali innovati. Tra di essi si possono citare le trincee drenanti con pannelli leggeri di materiale sintetico. Nel fondo dello scavo di sbancamento viene posto un telo impermeabile (geomembrana) e al disopra i pannelli sintetici legati tra loro ed interrati. I pannelli sono costituiti da un geotessile non tessuto di rivestimento, che ingloba una gabbia metallica che a suo volta contiene il nucleo drenante di resina sintetica (figura 4.20).

Sulla scia dell'innovazione, un altro sistema di più recente sviluppo si basa sulle elevate prestazioni idrauliche e meccaniche di un elemento cilindrico. Tale componente è prefabbricato e realizzato con un intelaiatura interna a spirale di acciaio zincato con uno spessore di 8-10 mm e di diametro minimo di 400 mm. Esternamente è rivestito da una georete drenante con maglia romboidale in HDPE abbinata ad un geotessile nontessuto in polipropilene. Un ulteriore vantaggio oltre all'efficacia e all'efficienza è l'assenza di qualsiasi tipo di materiale al suo interno (figura 4.21).



Figura 4.20: pannelli di materiale sintetico utilizzati nelle trincee drenanti con tecnologie innovative.



Figura 4.21: posa di un elemento cilindrico di recente sviluppo per il drenaggio a varia profondità del terreno.

Come si è visto esistono differenti tipologie che possono essere messe in opera, con la possibilità di integrarsi tra di loro dando origine a strutture miste ,le quali possono adattarsi meglio alle diverse esigenze e raggiungere risultati superiori.