

APPUNTI
DEL

SEMINARIO

DI

INGEGNERIA NATURALISTICA

PROF. F. FLORINETH

TORINO, 17 - 22 FEBBRAIO 1997

Le capacità biotecniche delle piante

5

1. CAPACITÀ TECNICHE	5
1.1 Copertura della superficie	5
1.2 Evapotraspirazione	5
1.3 Consolidamento del terreno	5
1.4 Rapporto ipo/epigeo	6
1.5 Protezione da erosione	6
1.6 Resistenza all'estirpamento	6
1.7 Resistenza al taglio	6
2. CAPACITÀ BIOLOGICHE	6
2.1 Capacità pollonifera	6
2.2 Capacità di adattamento	6
2.3 Resistenza all'allagamento	7
2.4 Riproduzione vegetativa	7
2.5 Emissione di radici avventizie da pianta intera	7
2.6 Attecchimento	7

Interventi di ingegneria naturalistica sui rivi

9

3. FUNZIONE DELLA VEGETAZIONE RIPARIALE	9
4. OPERE DI PIANTAGIONE	9
5. COPERTURA DIFFUSA CON SALICI	10
5.1 Calcolo approssimativo della forza di trascinamento (τ)	11
6. FASCINATA VIVA	12
6.1 Fascinata di sponda con massi:	12
6.2 Gabbionata cilindrica e fascinata spondale:	13
6.3 Fascinata sommersa	13
6.4 Parete con fascinate	13
7. RIBALTA VIVA	13
8. VIMINATA VIVA	14
9. TERRE RINFORZATE CON GRADONATE	15
10. PROTEZIONE SPONDALE CON CEPPEAIE	15
11. PALIFICATA SPONDALE	16
11.1 Palificata spondale con fascinate vive	16
11.2 Palificata di sostegno a gradini	17
11.3 Palificata viva di sostegno a due pareti	17
11.4 Palificata di sostegno ad una parete	18

L'ingegneria Naturalistica si occupa di opere di consolidamento utilizzando le piante. Quando si utilizzano piante per motivi ornamentali si tratta di una tecnica differente che viene definita "tecnica vegetativa".

LE CAPACITÀ BIOTECNICHE DELLE PIANTE

E' fondamentale per una corretta riuscita degli interventi di I.N. saper scegliere la pianta giusta in funzione del sito su cui si opera. Occorre tener conto dei seguenti caratteri:

1. CAPACITÀ TECNICHE

1.1 COPERTURA DELLA SUPERFICIE

Le piante intercettano la pioggia con la conseguente riduzione del deflusso. Con un deflusso più lento si ha una minor erosione superficiale del suolo.

erosione (l/mq*anno)	terreno
≅ 1200	superficie ripida priva di vegetazione
≅ 300	superficie piana priva di vegetazione
≅ 20	inerbimento (paglia e bitume) dopo un anno; il secondo anno si ha un aumento seguito da un nuovo azzeramento.

1.2 EVAPOTRASPIRAZIONE

Su zone molto umide traspira di più un prato paludoso, tagliato 2-3 volte all'anno che un bosco di latifoglie.

Anche su suoli molto secchi la presenza di vegetazione crea suolo.

Se il suolo è molto "duro" (argilloso e ripido) già con poca acqua si possono creare dei piani di scivolamento. Se ci sono le piante ciò non avviene e si stabilizza.

1.3 CONSOLIDAMENTO DEL TERRENO

Per la scelta della pianta da utilizzare è importante conoscere l'apparato radicale delle diverse specie. Va molto bene impiegare diverse specie di piante con apparati radicali differenti.

Specie	caratteristiche dell'app. radicale
<i>Graminacee</i>	30-40 cm di profondità ma molto fitto
<i>Leguminose</i>	2-3 m ma molto estese
<i>Festuca pratensis</i>	fino a 1.5 m e molto estese anche in superficie
<i>Anthyllis vulneraria</i>	radici a "chiodi" molto profonde
<i>Medicago sativa</i>	fino a 4m con diametri pari a 4-5 cm
<i>Tussilago farfara</i>	radicazione estensiva ed anastomosi
<i>Alnus glutinosa</i> ,	molto profondo attraversa anche le falde acquifere
<i>A. incana</i>	In confronto con <i>A. glutinosa</i> media profondità
<i>Salix pentandra</i>	attraversa anche le falde acquifere
<i>Fraxinus</i>	superficiale sfugge la falda acquifera
<i>Populus</i>	sfugge la falda acquifera

Le piante con rizomi sono molto importanti per la copertura che forniscono impedendo l'erosione superficiale.

La radicazione è inversamente proporzionale alla concimazione: dove il suolo è concimato le radici sono meno profonde. Infatti i prati concimati slittano più facilmente in caso di pioggia in quanto le radici sono meno efficaci.

Negli inerbimenti quindi non serve concimare, ma occorre scegliere le piante adatte.

1.4 RAPPORTO IPO/EPIGEO

Le radici in genere sono almeno metà dell'apparato aereo.

Salix glabra ed altri salici hanno un volume ipogeo superiore all'apparato aereo soprattutto su terreni molto magri (Schiechl)

Su gradonate vive in Alto Adige per *Salix purpurea* è stato misurato un rapporto basso pari a 0.11-0.5.

1.5 PROTEZIONE DA EROSIONE

Quando si procede alla posa di piante lungo l'alveo, per ridurre l'erosione, occorre fare attenzione alla riduzione di deflusso che ne segue, in quanto si possono avere riduzioni fino al 70% (su rivi molto stretti). Se si impiegano piante occorre allargare la sezione idraulica.

1.6 RESISTENZA ALL'ESTIRPAMENTO

E' la forza a cui possono resistere. Dipende dalla radicazione e varia pertanto da specie a specie.

Inoltre dipende dal suolo: più è magro più la talea è resistente.

Le leguminose hanno maggiore resistenza.

Medicago sativa arriva a 3250 N!! (Occorrono circa 5 persone per estirparla).

Salix caprea 4660 - 6830 N

S. purpurea (3-7 anni) 870 - 17320 N

S. eleagnos 670 - 11390 N

S. alba 11930 - 12800 N

1.7 RESISTENZA AL TAGLIO

E' una caratteristica importante sui pendii franosi.

Si misura come pressione laterale massima con un sovraccarico di 20 KN/mq ($= \tau_{20}$).

Dipende dalla saturazione d'acqua del terreno.

$\Delta \tau$ è la differenza tra suolo con o senza radici. Se le radici sono profonde si arriva al 55% di aumento.

2. CAPACITÀ BIOLOGICHE

2.1 CAPACITÀ POLLONIFERA

Il taglio ceduo rinnova, ringiovanisce e mantiene l'elasticità.

2.2 CAPACITÀ DI ADATTAMENTO

Le radici crescono in funzione dell'ambiente. Si adattano alle condizioni meteorologiche (infatti se il vento è forte le radici sono maggiori). In ambiente urbano se le piante vengono fissate e vincolate avranno un apparato radicale meno resistente

possono posare o in verticale o orizzontale. Per alcune specie del genere *Carex* si tagliano gli stoloni e poi si interrano.

BULBILLI: *Poa bulbosa viviparum*, *Cardamine bulbifera*, *Polygonum viviparum*, *Dentaria*.

La divisione vegetativa dei cespi è molto importante dove in alta quota non si ha la produzione di semi.

In genere tutte le graminacee e soprattutto: *Agrostis schraderiana*, *Poa sp.*, *Festuca sp.*, *Koeleria*, *Nardus stricta*.

Si tagliano un germoglio con radice o un piccolo cespo. Si divide a mano poi si pone in una fitocella.

Ad esempio *Agrostis schraderiana* può crescere di 50 cm in un anno.

INTERVENTI DI INGEGNERIA NATURALISTICA SUI RIVI

Nei fiumi sistemati con i metodi classici manca la vegetazione riparia. Occorre imporsi con le amministrazioni che non vogliono spendere soldi per la vegetazione riparia.

3. FUNZIONE DELLA VEGETAZIONE RIPARIALE

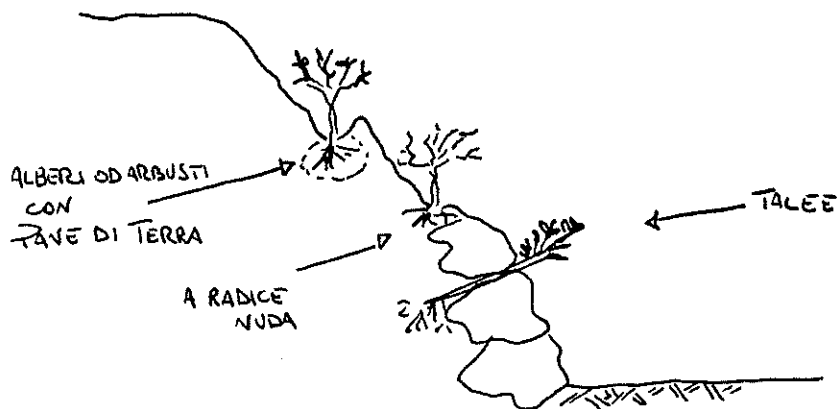
- Funzione ponte tra ambiente acquatico e ambiente terrestre
- Varietà paesaggistica
- Riduzione della velocità dell'acqua in piena e protezione dall'erosione delle scarpate (in seguito alla riduzione della velocità occorre garantire il deflusso allargando la sezione idraulica); la protezione migliore è garantita dalle specie "elastiche"
- Zona filtro: protegge l'acqua da concimi, pesticidi provenienti dalle colture prossime ai corsi d'acqua
- Filtrazione chimica: esistono studi condotti a Massa Carrara da Giuseppi e Sansoni sulla filtrazione di fosfati e azoto
- Si riduce la velocità e il detrito deposita arricchendo la varietà dei microambienti acquatici, creando nuove nicchie ecologiche
- Aumenta la disponibilità nutritiva per gli animali fluviali, creando così un aumento della varietà; è provato che le foglie di ontano rispetto a quelle di salice cadute in acqua favoriscono specie diverse
- Crea ombra riducendo l'escursione termica, favorendo la presenza di ittiofauna (molto sensibile a brusche variazioni di temperatura)
- Ha valore ricreativo
- E' importante per la produzione di legname.

4. OPERE DI PIANTAGIONE

Si parla sovente di difese elastiche. Si costruiscono con massi ciclopici e talee.

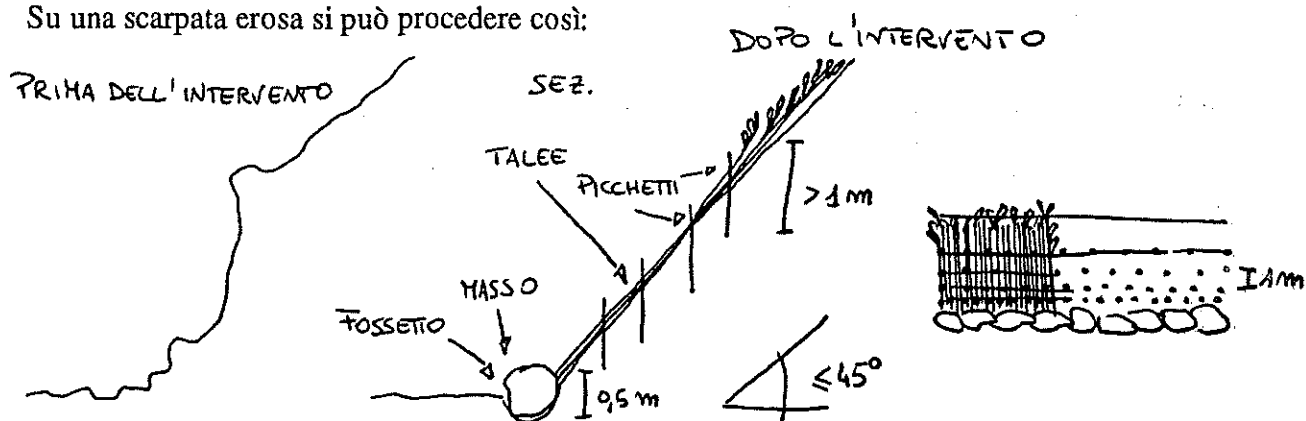
Le talee si infiggono tra i massi utilizzando un martello (battendo con attenzione), in seguito all'apertura di buchi con il palanchino. Alle talee deve essere fatta la punta (dalla parte giusta: ciò dalla parte basale!!).

Nella parte superiore dell'argine si può procedere all'infissione di alberi ed arbusti utilizzando materiale a radice nuda o con pane di terra (*Salix caprea*, ontani,...)

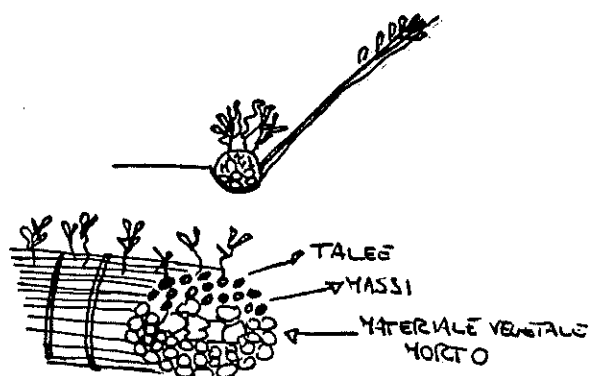
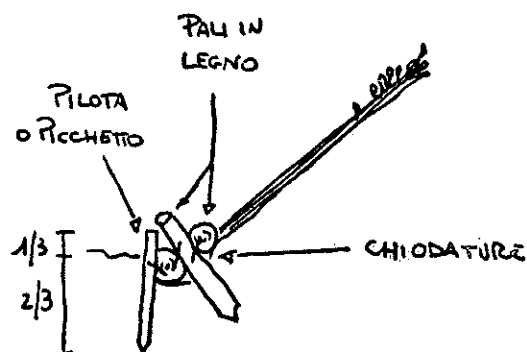


5. COPERTURA DIFFUSA CON SALICI

Su una scarpata erosa si può procedere così:



1. Si scorona e si rimodella la sponda
2. Si crea un fossetto alla base
3. Su tutta la scarpata si pongono dei picchetti in legname a file parallele più fitte in basso dove la forza di trazione è maggiore, infiggendoli a 90° con il terreno o in verticale, per una profondità minima di 1m; la distanza tra le file non deve superare 1m.
4. Si posano, in verticale ed affiancati, gli astoni di salice, lunghi almeno quanto la scarpata; se non sono lunghi a sufficienza si sovrappongono
5. Gli astoni vengono legati tra di loro e vincolati ai picchetti mediante un filo di ferro zincato o con una corda di cocco (ovviamente meno resistente)
6. Si effettua il consolidamento al piede, scegliendo in base alla disponibilità di manodopera e materiale tra:
 - massi: utilizzando massi con diametro pari o superiore a 0.5m
 - legname: si mette un pilota, o picchetto, interrato per almeno 2/3 della lunghezza, mediante un martello pneumatico o un escavatore. poi si procede nella posa del legname come da disegno, chiodando i diversi elementi tra di loro. Dove il livello dell'acqua può alzarsi di più la palificata può essere costruita di due piani. Si utilizzano pali in castagno, larice, robinia, quercia, sempre scortecciati per aumentarne la durata. Se nel corso d'acqua esiste un trasporto solido con grossi massi è opportuno scegliere la difesa al piede in massi.
 - gabbionata cilindrica: si utilizza una gabbionata riempita per metà sezione con pietrame, e nella parte superiore si mettono tallee o piantine
 - fascinata sommersa: solo per torrenti a bassa portata; Si utilizzano ramaglia morta, sassi e materiale vivo. Si legano come da disegno e si interra per metà. Si costruisce in loco.



7. I salici vengono ricoperti con uno strato di terra asciutta per uno spessore massimo di 3-4 cm.

E' opportuno lavorare in autunno. Dopo 10 anni si può effettuare il primo taglio di manutenzione sui salici. Resistente fino a 480N. Le coperture diffuse di salici sono le più resistenti opere di I.N.: durante le piene si piegano verso la superficie proteggendola.

Può essere utilizzata con : pendenza limite corso d'acqua 3% (fosso alpino)

pendenza scarpata 45° al max

Rendimento: 12 persone + 1 escavatore impiegano 3 settimane a costruire 900 m di opera, alta 5 m, compreso il taglio delle talee.

5.1 CALCOLO APPROSSIMATIVO DELLA FORZA DI TRASCINAMENTO (τ)

$$\tau = \rho * g * h * i$$

dove: ρ = densità dell'acqua (1000 Kg/mc se pura, 1100-1300 Kg/mc con trasporto solido)

g = 9.81 m/sec

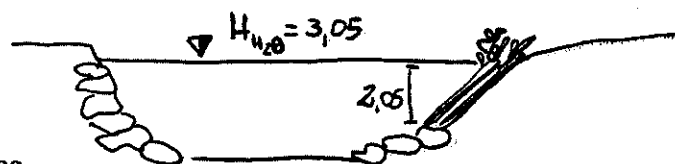
h = altezza del pelo libero

i = pendenza del rio

Es.: Rio Passer

$$\tau = 1300 * 10 * 2.05 * 0.018 = 479.7 \text{ N/mq}$$

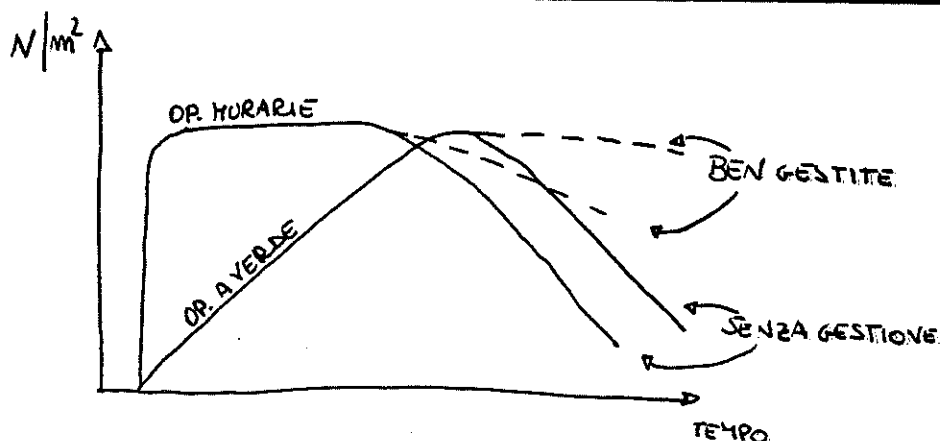
$$\tau = 1300 * 10 * 3.05 * 0.018 = 717 \text{ N/mq}$$



E' sempre meglio appoggiarsi ad un ing. idraulico.

τ critica : si ha quando il materiale presente sulle sponde inizia a scivolare:

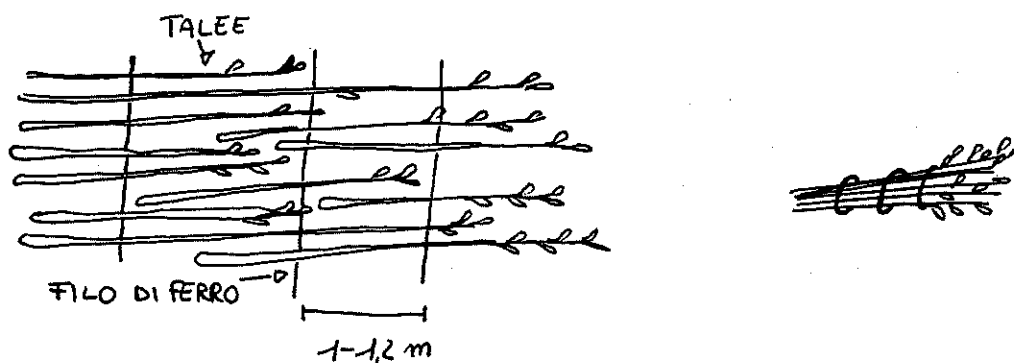
materiale	τ critica (N/mq)
sabbia, materiale fine	15
virminate	50-100 (in funz. del diam.)
copertura diffusa	60
fascinate	70
solo salici piantati	100-140
gabbionata cilindrica con materiale vivo	100-150
massi (diam. 300 mm)	150
difesa elastica	240
muro in cls	600
muro armato	600
gabbionate rinforzate	1500



Le piante necessitano di più tempo per affermarsi ed avere valori uguali alle opere murarie. Devono affermarsi entro 10-15 anni.

6. FASCINATA VIVA

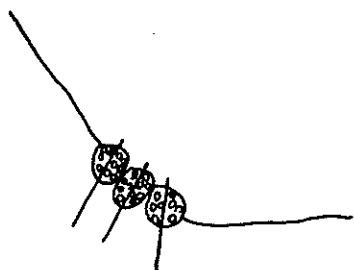
Già utilizzate nel 1724 ed in Francia negli anni '30. Sono adatte per rii con portata minima. Si può costruire anche in vicinanza dell'opera (ad esempio su un piazzale o una strada).



Può avere un diametro massimo di 30-50 cm.

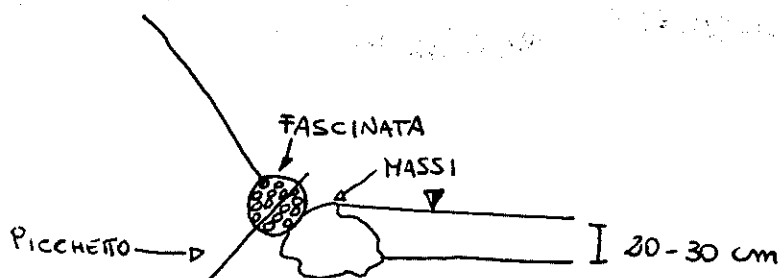
1. Si mettono i fili di ferro a distanza regolare, 1-1.2 m
2. Sopra si posano i salici orientati tutti nello stesso verso distribuendo uniformemente i diametri.
3. Si legano i fili di ferro
4. Si trasportano sul sito e si fissano con picchetti in legname, conficcati tra le talee
5. Si interrano ricoprendoli con terra fine ed asciutta

A seconda del rio possono essere sovrapposte anche più fascinate:



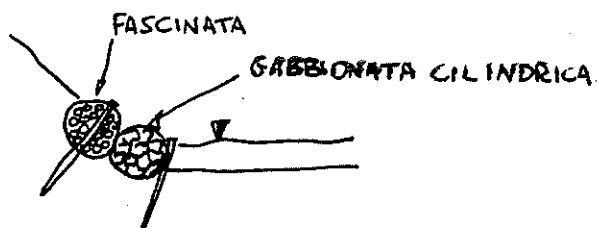
6.1 FASCINATA DI SPONDA CON MASSI:

Si può fare se l'acqua ha altezza costante pari a 20-30 cm.



6.2 GABBIONATA CILINDRICA E FASCINATA SPONDALE:

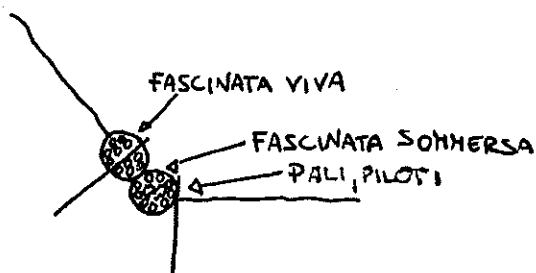
Con altezza d'acqua costante si può adottare il seguente sistema misto.



6.3 FASCINATA SOMMERSA

Già descritta per il consolidamento al piede della copertura diffusa con salici.

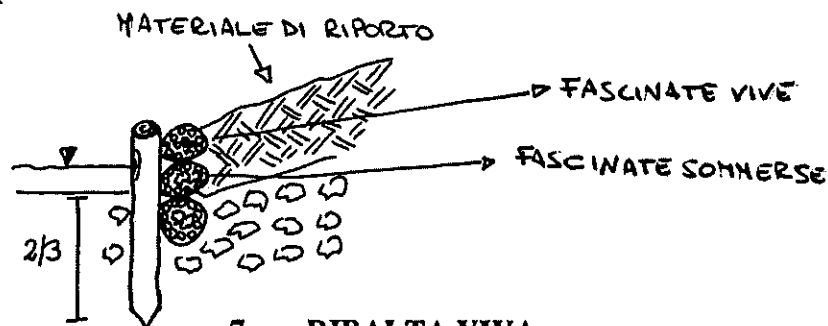
Ad essa possono essere sovrapposte una o più fascinate vive:



6.4 PARETE CON FASCINATE

Questa tipologia si può adottare quando non è possibile addolcire la pendenza della scarpata:

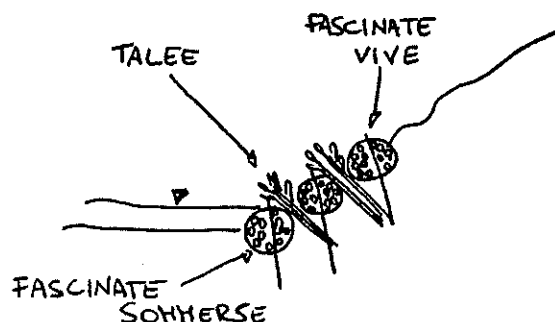
1. Si interrano con un escavatore i pali di sostegno in legname con la punta (diam. 18-25 cm) per almeno $\frac{2}{3}$ della loro lunghezza.
2. A tergo si posano le fascinate sommerse a cui si sovrappongono quelle vive.
3. Si esegue il riporto di terra



7. RIBALTA VIVA

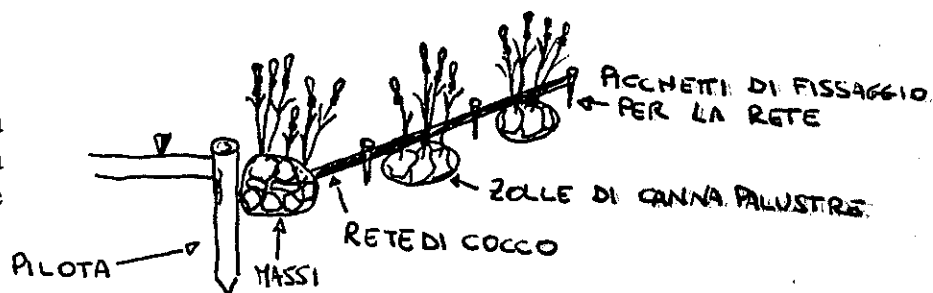
E' una combinazione fra gradonata e fascinate vive e sommerse, molto usato in Svizzera.

Per creare la gradonata si pongono le talee sulla terrazza creata, poi si ricopre. Necessita di molto lavoro e molto materiale ed il risultato non è migliore delle sole fascinate. Inoltre le gradonate possono creare turbolenze

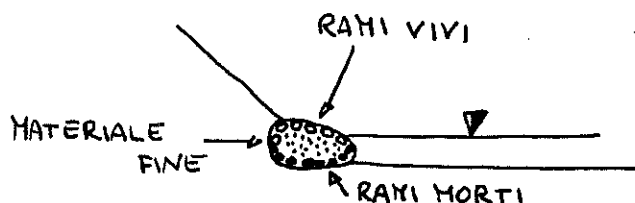


Sui laghi si può usare un rullo (o gabbionata cilindrica), vincolato con piloti ed in cui vengono inserite zolle di canna.

Richiede livelli d'acqua stabili in quanto la canna non tollera portate elevate e variabili



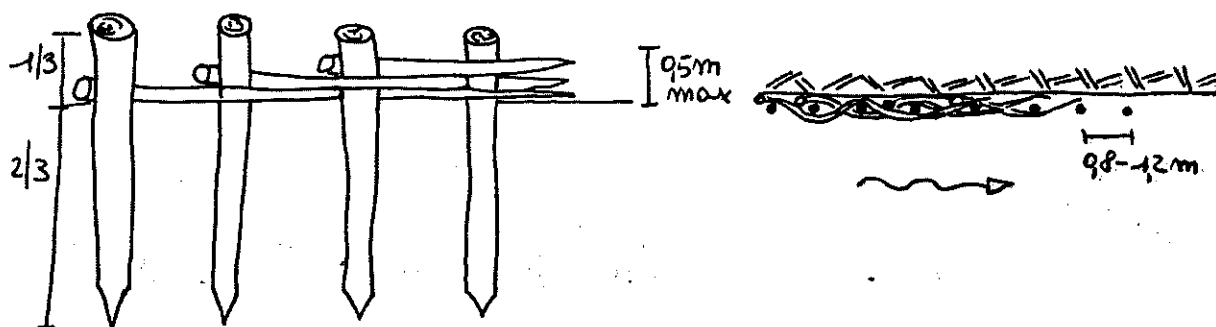
Se non si hanno massi a disposizione per riempire le reti delle gabbionate si può utilizzare materiale fino interposto tra ramaglia morta e viva:



8. VIMINATA VIVA

Protegge bene la sponda fino a 100 N/mq, solo se si lavora intrecciando i salici in direzione dello scorrimento dell'acqua.

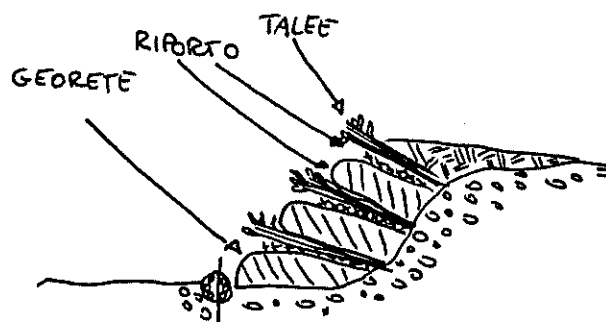
L'opera deve essere alta al massimo 0.5 m.



1. Si infiggono come picchetti dei pali di legno appuntiti (diam. 8-10 cm), lunghi circa 1.5 m, interrandoli per 2/3. La distanza tra i pali varia da 0.8-1.2 m in funzione della granulometria del terreno: più fine è il materiale più vicini devono essere i pali.
 2. Poi si intrecciano i salici attorno ai pali iniziando sempre dall'interno del versante (in modo da evitare che l'acqua possa infiltrarsi). Il diametro massimo va sempre verso monte.
 3. Dietro si riempie con materiale di riporto.
- Si devono usare dei salici forti ma elastici: non utilizzare *S. fragilis*.
- Rendimento: 6 operai costruiscono 10-15 m/ora.

9. TERRE RINFORZATE CON GRADONATE

Dove la piena ha eroso la sponda e la si vuole ripristinare occorre riportare il materiale consolidandolo e proteggendolo. Si utilizzano teli di georete e gradonate.



1. Dapprima si consolida il piede con massi, gabbionata cilindrica o fascinata sommersa.
2. Si stende la stuoia (larghezza commerciale 4-8 m)
3. Si riempie con materiale terroso per uno spessore di circa 0.5 m
4. Si ripiega la stuoia e si ricopre con 5 cm di terra
5. Sopra si appoggia la gradonata
6. Si riparte dal punto 1 fino a raggiungere l'altezza desiderata.

In questa tipologia occorre usare terra leggermente bagnata.

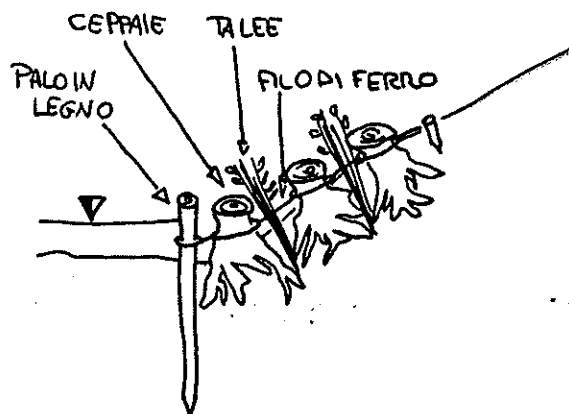
La scarpata non deve essere troppo ripida, perché un po' di materiale viene dilavato. E' importante ricoprire bene la gradonata.

Resiste fino a 150 N/mq.

Il geotessile è ottimo per trattenere materiale sciolto su pendii franosi, ma non è così adatto sui rii, perché il materiale sottostante viene dilavato durante le piene; qui è meglio usare la fascinata. Un inerbimento impedisce l'erosione.

10. PROTEZIONE SPONDALE CON CEPPEAIE

E' una nuova tipologia ancora in fase di sperimentazione, molto ecologica, interessante perché permette di creare delle nicchie per i pesci dove l'acqua asporta del materiale, ma crea molta turbolenza è poco robusta.

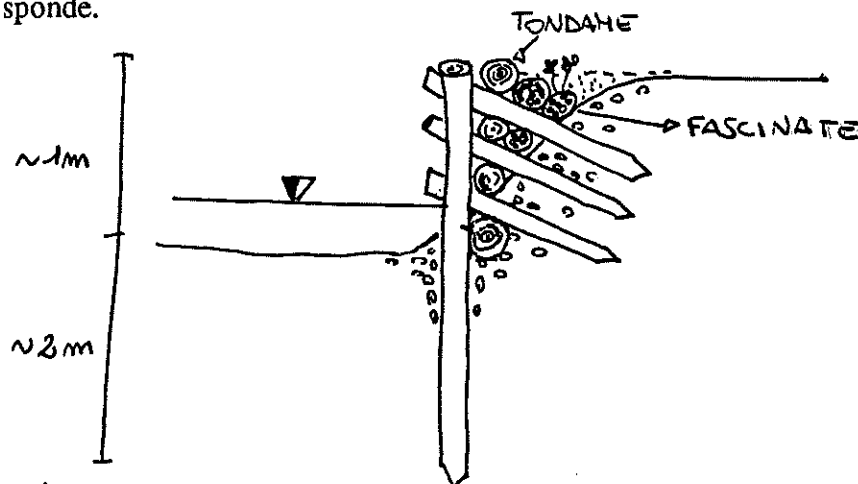


1. Si infiggono dei piloti costituiti da pali in legname (interrati per 2/3).
2. Nello scavo si mettono le ceppaie di ontano che andranno vincolate ai piloti con filo di ferro zincato.
3. Si mettono le talee
4. Si ricopre con materiale sciolto. Va bene anche ghiaia negli interstizi.

11. PALIFICATA SPONDALE

11.1 PALIFICATA SPONDALE CON FASCINATE VIVE

Questo è un intervento molto stabile adatto nel caso di sistemazione verticale in caso di mancanza di terreno spondale (ad esempio dovuta alla presenza dei frutteti coltivati in prossimità delle sponde).



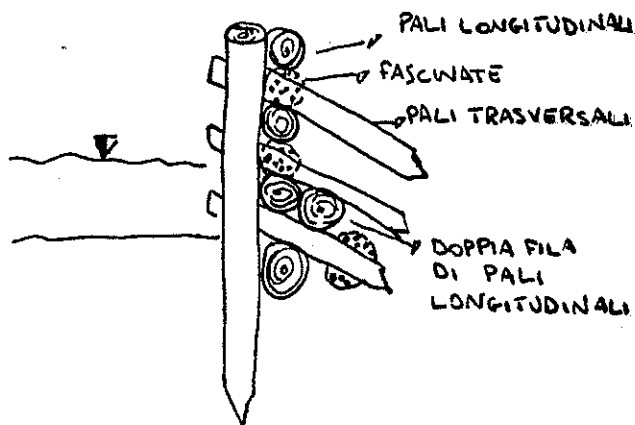
Modalità di costruzione:

1. Si infigge nel terreno, sempre per 2/3 della lunghezza, un palo in legno a cui è stata rinforzata la punta in acciaio.
2. Si posa il tronco in legname in senso longitudinale fissandolo al pilota con chiodi.
3. Si posa il palo trasversale infiggendolo nel terreno della sponda con l'utilizzo del martello, in tal modo si evita l'uso della pala meccanica con il conseguente risparmio economico e con una minor movimentazione di terreno (quindi maggior stabilità).
4. Si procede con un altro tronco longitudinale, e così via.

I pali trasversali vengono messi uno ogni due metri, e sotto ad essi si riempiono gli interstizi sia con sassi, sia con fascinate morte (nel tratto in cui vi è acqua in movimento), sia fascinate vive (nei tratti in cui con portate ordinarie non si ha la presenza di acqua), a seconda della disponibilità di reperire il materiale in loco.

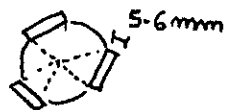
Infine si aggiunge terreno per riempire bene gli interstizi, in modo che durante una piena l'opera non venga scalzata per l'ingresso dell'acqua che potrebbe causare il dilavamento del materiale poco compattato.

Sono possibili alcune modifiche per agevolare l'ittiofauna, come inserire negli interstizi altri due tronchi uno vicino all'altro ed una fascinata; questo sistema favorisce la sosta dei pesci (edilizia agevolata per i pesci!!!!!!!!!!!!!!)



Esistono esperienze in cui si è provato che quest'opera può resistere a forze di trascinamento elevate: $\approx 300 \text{ N/mq}$. E' importante che il primo palo longitudinale sia bene inserito nel terreno, abbastanza profondo (almeno metà tronco interrato), affinché non venga scalzato dall'azione erosiva della corrente. Crea turbolenze verticali !!!

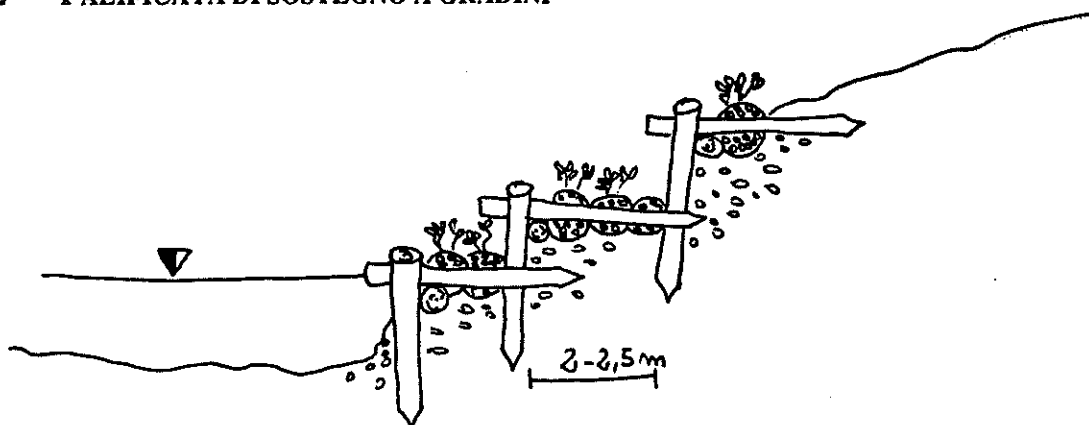
Particolare della punta dei pali rinforzati con ferro



La punta dei pali viene tagliata a triangolo e rivestita con lamine spesse 5-6 mm costruite da un fabbro e fissate con chiodi.

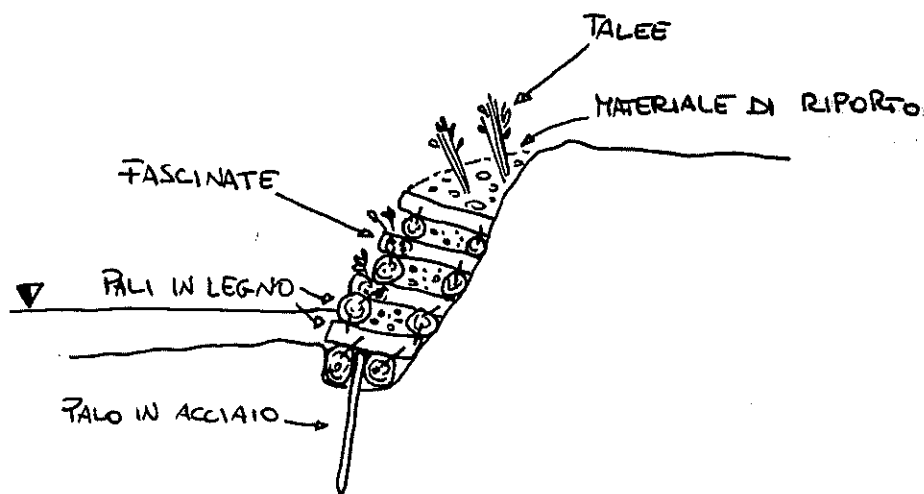
Esiste una variante:

11.2 PALIFICATA DI SOSTEGNO A GRADINI



La distanza tra i pali deve essere pari a m 2 - 2.5.
I piani delle gradinate devono essere riempiti con fascinate e terra.

11.3 PALIFICATA VIVA DI SOSTEGNO A DUE PARETI



Modalità di costruzione:

1. Scavo alla base
2. Posa dei pali longitudinali (con pali in acciaio)
3. Doppia parete della palificata data dai tronchi trasversali inchiodati
4. Chiusura degli interstizi con fascinate morte base e vive nella parte più alta e riempimento con sassi e terra. Non usare gradonate vive in quanto vengono dilavate.

Importante è anche l'angolo di costruzione della palificata per permettere la crescita delle piante.

Tale angolo d'inclinazione varia tra 30-50 % cioè ogni metro di salita almeno 30 o 50 cm in profondità.

Queste palificate si possono considerare insieme alle coperture diffuse di salici come le opere più resistenti di I.N.!

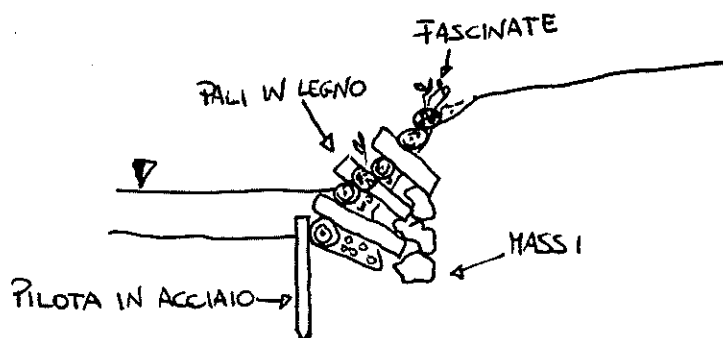
11.4 PALIFICATA DI SOSTEGNO AD UNA PARETE

Nel caso siano presenti in loco massi ciclopici si effettua uno scavo alla base e si può effettuare una palificata di sostegno ad una parete.

E' meno resistente.

Modalità di costruzione:

1. Scavo con posa del palo infisso nell'alveo (in acciaio)
2. Legname longitudinale
3. Legname trasversale (lunghezza 2 m)
4. Posa di un masso in profondità
5. Riempimento degli interstizi con fascinate e terra

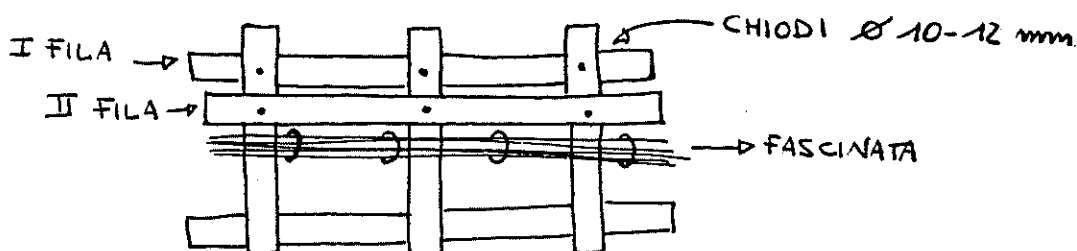


L'altezza massima di norma adottata per le palificate è di 2 m in quanto i calcoli statici dimostrano che la stabilità allo scivolamento e al ribaltamento diminuisce con l'altezza. Il Dipartimento di Ingegneria di Zurigo consiglia 2 m di altezza.

Legname con diametro inferiore a cm 18 non dovrebbe essere utilizzato e nel caso di utilizzo di pali di castagno i chiodi dovranno essere zincati.

E' anche importante che il materiale di riempimento non sia troppo denso perché la pianta deve poter crescere: se è troppo argilloso viene miscelato con sassi e sabbia importati da altre zone.

Nel disegno sottostante si può osservare in pianta il fissaggio tramite chiodi dei pali orizzontali:



Palo longitudinale (due affiancati)

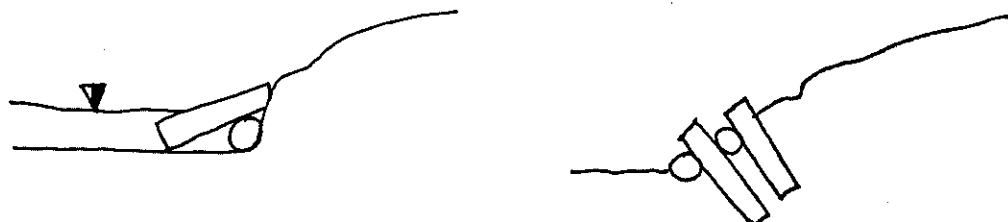
Pali trasversali appoggiati sopra ed inchiodati con diam. 10 -12 mm

La fila soprastate dei pali longitudinali deve essere un po' spostata verso l'interno.

Le fascinate preparate in un altro luogo vengono poi messe all'interno con andamento parallelo ai pali longitudinali, e gli interstizi riempiti con terra

I pali vengono interrati inclinati

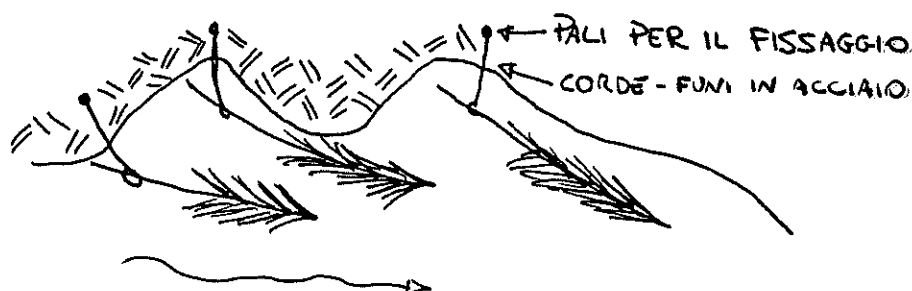
Ecco alcuni esempi di errate inclinazioni



La seconda figura rappresenta un'inclinazione impossibile da realizzarsi, ma talvolta rappresentata, in quanto la pala meccanica e l'escavatore possono infiggere i pali solo verticalmente.

12. ANTI EROSIVO TEMPORANEO

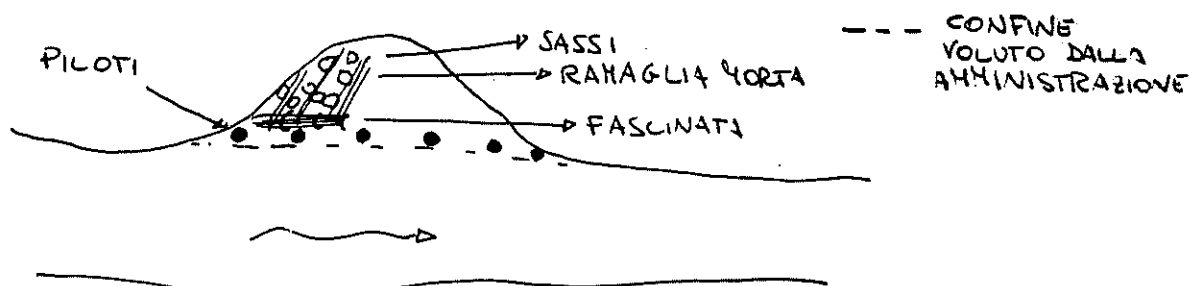
Nel caso si presenti una piccola erosione laterale a causa di piene ed inondazioni è bene intervenire subito tagliando una pianta intera e posandola nella zona erosa, coricandola con la punta rivolta nella direzione della corrente d'acqua.



Il tronco viene fissato a riva con un sistema di pali e funi di fissaggio. Il sistema è valido se sono presenti in loco piante arboree. Si può effettuare così un freno all'erosione crescente della riva in quanto gli alberi aumentano di molto la scabrezza. Le corde di fissaggio sono metalliche e di diametro 15-16 mm.

13. GRATICCIATA DI RAMAGLIA A STRATI

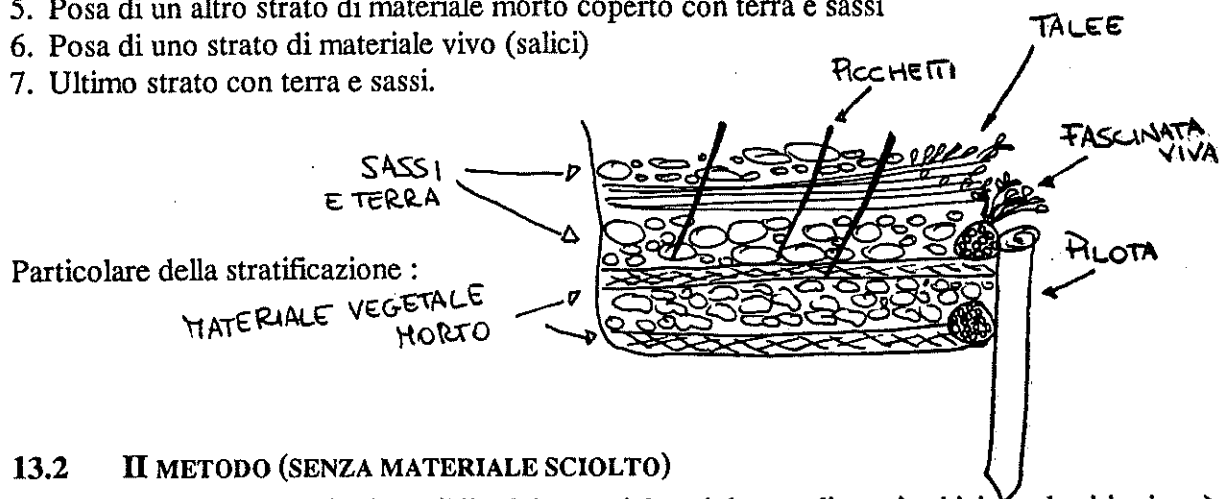
13.1 I METODO:



Nel caso di una forte erosione spondale il ripristino dei confini fiume - sponda precedenti all'evento può essere effettuato con questo metodo

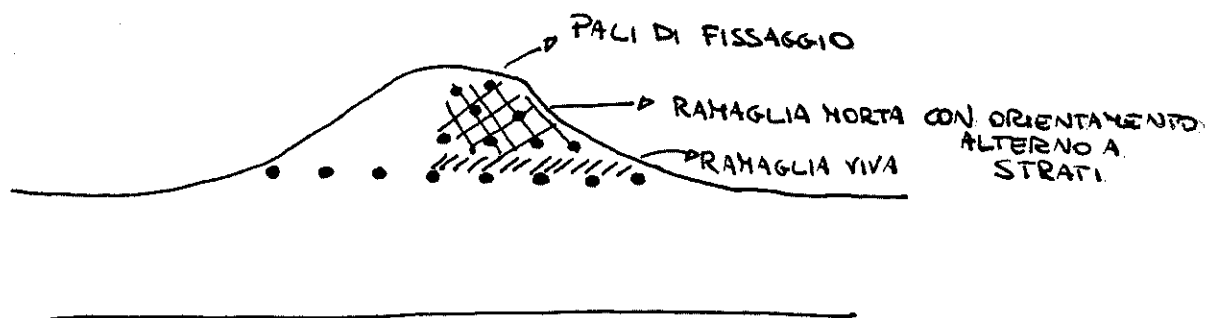
Modalità di esecuzione:

1. Posa dei piloti nel terreno, lungo la linea di confine da ricostruire, ad una distanza inferiore a 2 m.
2. La ramaglia morta a disposizione viene raccolta ed inserita obliquamente rispetto al bordo
3. Fascinata viva lungo i piloti
4. Copertura con materiale terroso e sassi del materiale vegetale morto.
5. Posa di un altro strato di materiale morto coperto con terra e sassi
6. Posa di uno strato di materiale vivo (salici)
7. Ultimo strato con terra e sassi.



13.2 II METODO (SENZA MATERIALE SCIOLTO)

Quando nella zona non è disponibile del materiale sciolto quali sassi, ghiaia e detriti, si può procedere nel seguente modo:



1. Si inserisce nella zona erosa la ramaglia morta in strati alternati nell'orientamento e fissata con pali di dimensioni minori a quelli del confine
2. Ramaglia viva in prossimità dell'acqua per uno strato di 50 cm orientata in un'unica direzione
3. Ricoprimento con materiale vivo, ed inserimento ancora di alcuni pali e strato sovrastante di terreno.

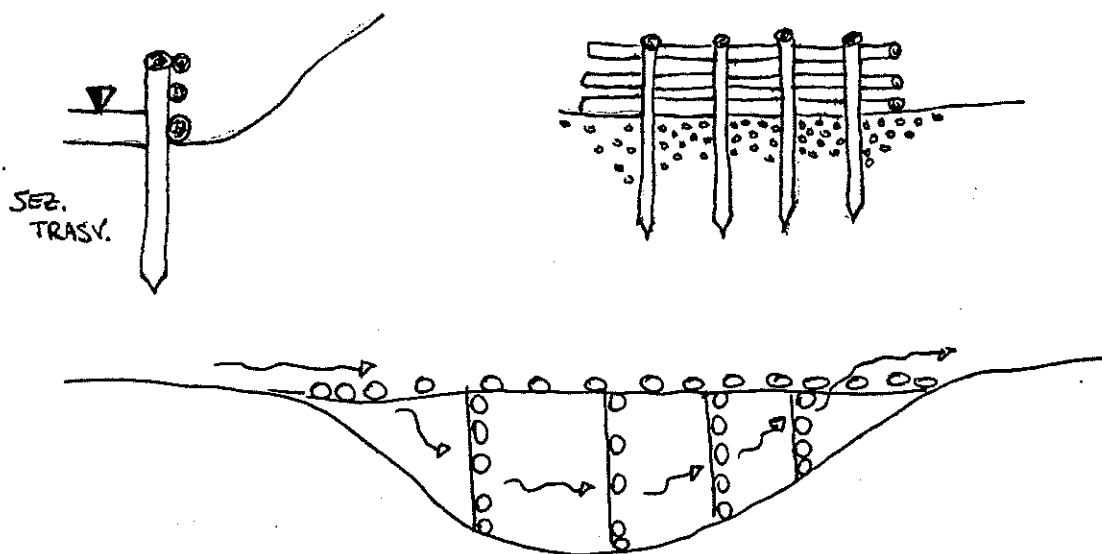
L'acqua può penetrare e depositare materiale tra gli interstizi in seguito al rallentamento di velocità.

14. SISTEMA DI PALI - WOLFSBAU

In questo sistema di pali costruito in caso di erosione, l'acqua penetra tra i pali della recinzione e man mano deposita materiale fine.

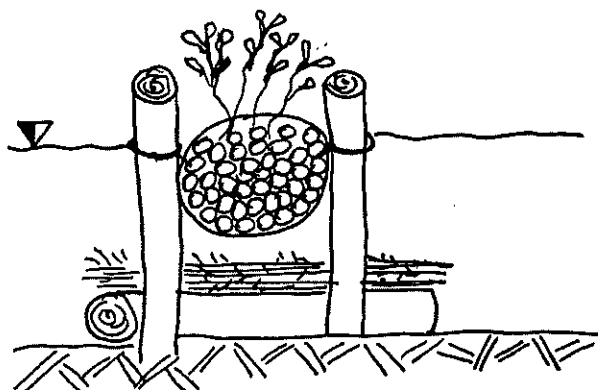
La distanza tra un legname longitudinale e l'altro deve essere uguale al diametro del legname ($\approx 18-25$ cm).

A volte vengono posate tra sponda e recinto delle fascinate



15. OPERA LONGITUDINALE CON PALI E FASCINATE

Utilizzata per proteggere le sponde dei laghi vanno poste ad una distanza dalla sponda di 2-3 m. Si tratta di un'opera molto costosa la cui modalità di costruzione è la seguente:



Si fissano due file di pali ad una distanza tale da permettere l'inserimento di una fascinata tra le due file. La fascinata ha un diametro di 30-50 cm, mentre i pali hanno diametro di almeno 18-25 cm.

Poi si posa la fascinata o la gabbionata cilindrica o i sassi.

La fascinata deve essere sommersa e pesante quindi si lega con fili di ferro ai pali e ponendo sopra o nel centro alcuni sassi. La fascinata è di materiale di vivo.

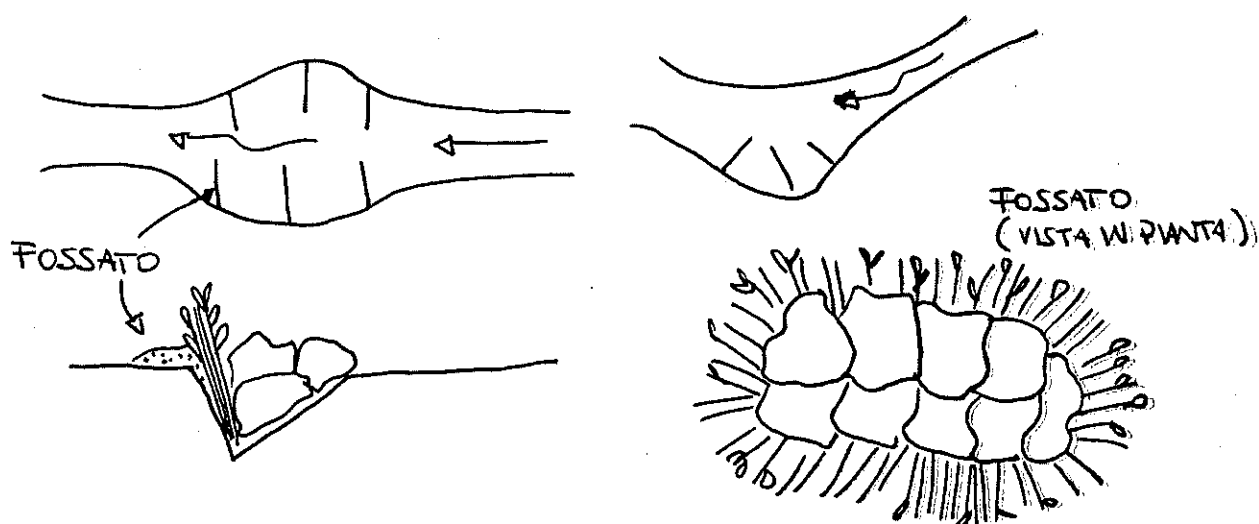
16. TRAVERSA VIVA

Per piccoli ruscelli di larghezza pari a 3-4 m che hanno subito piene con erosioni spondali e franamenti.

Sono opere più deboli delle precedenti ma molto interessanti ecologicamente.

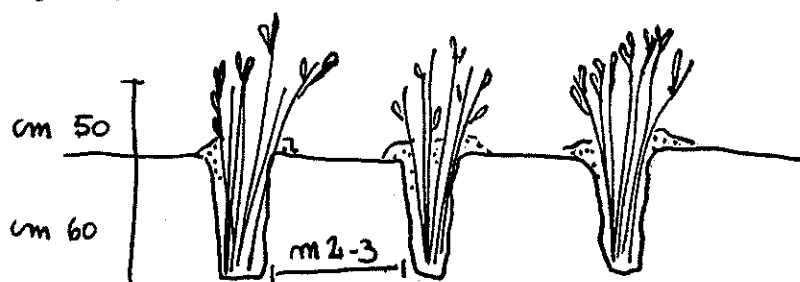
Si costruisce attraverso la creazione di un fossato in cui si pone materiale vivo (astoni, ramaglia viva) fissata con sassi o gabbionate cilindriche, fascinate sommerse e talvolta rafforzate con un palo di legname.

L'acqua che raggiunge queste strutture viene rallentata e deposita materiale. L'altezza massima dell'opera è di 30-50 cm dal livello dell'alveo.



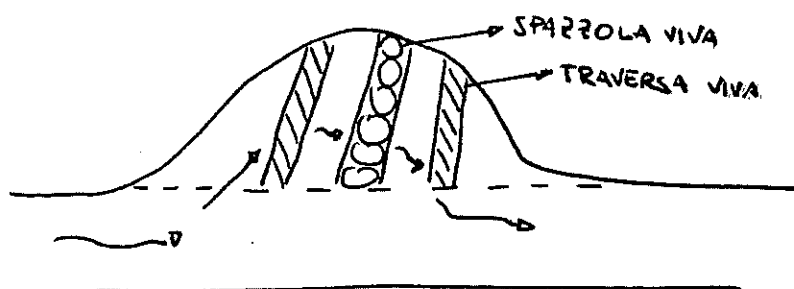
17. SPAZZOLA VIVA

Viene utilizzata per la protezione delle sponde come la traversa viva.



Dapprima si apre un piccolo fosso profondo circa 60 cm, poi si inseriscono le fascinate. Non serve chiuderlo. Le fascinate devono essere a circa 2 m di distanza le une dalle altre.

17.1 USO ABBINATO DI TRAVERSE VIVE E SPAZZOLE VIVE

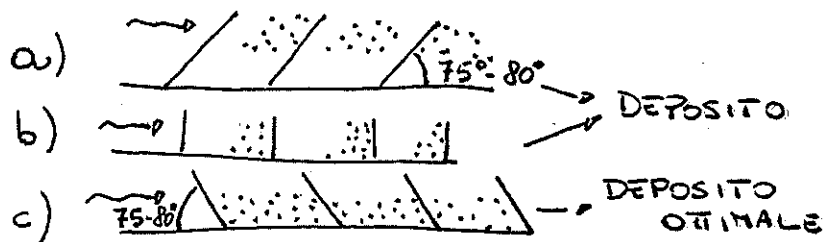
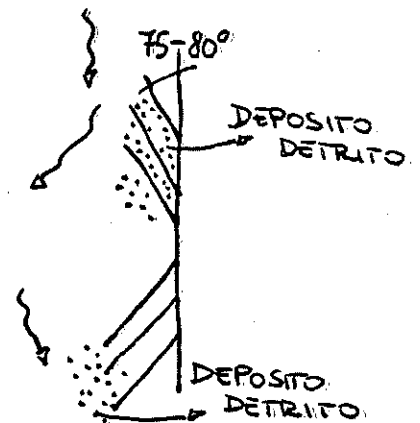
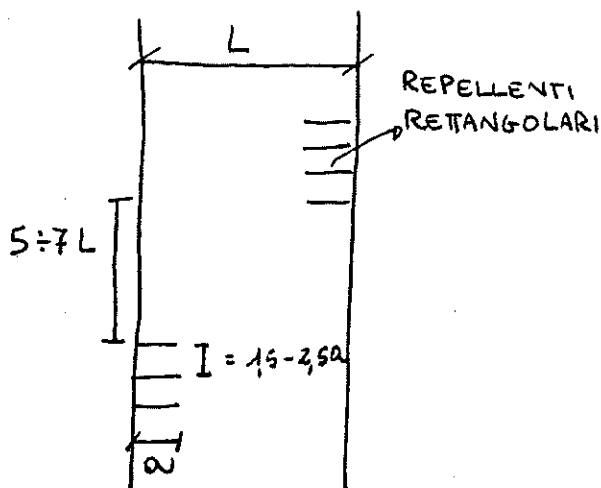


18. REPELLENTI VIVI

18.1 SISTEMA A LENTE

Si utilizza per la protezione dei fiumi dai franamenti laterali.

E' un'opera trasversale molto forte sia per la protezione spondale che per la rivitalizzazione e la formazione di meandri.

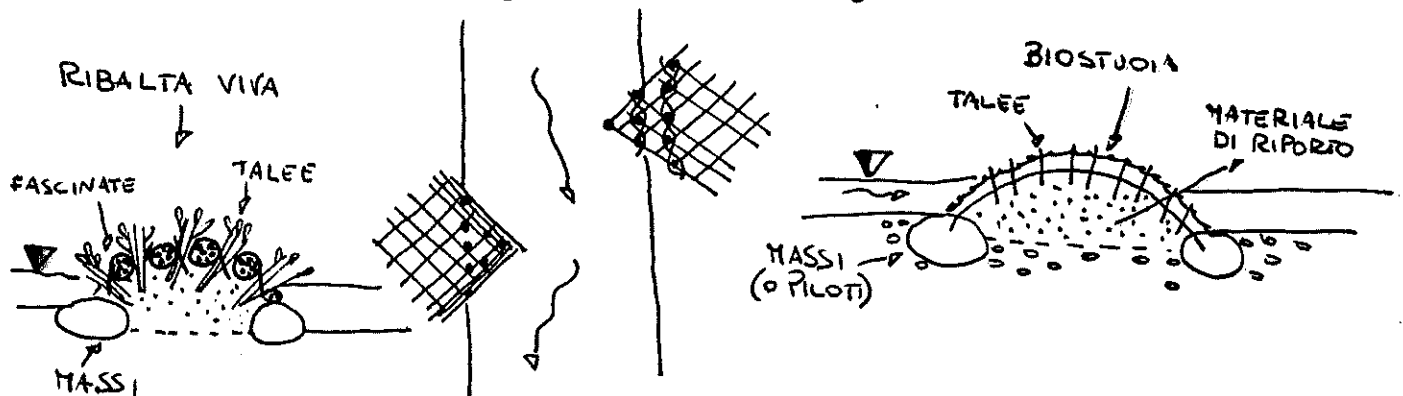


Si dispongono dei repellenti rettangolari lungo una sponda poi ad una distanza di circa 5-7 volte la larghezza dell'alveo si dispongono sulla riva opposta così che la corrente d'acqua cambia il suo percorso dando origine a zone di deposito lungo i repellenti e a zone di scavo dove non vi sono tali strutture. In tal modo si creano dei meandri.

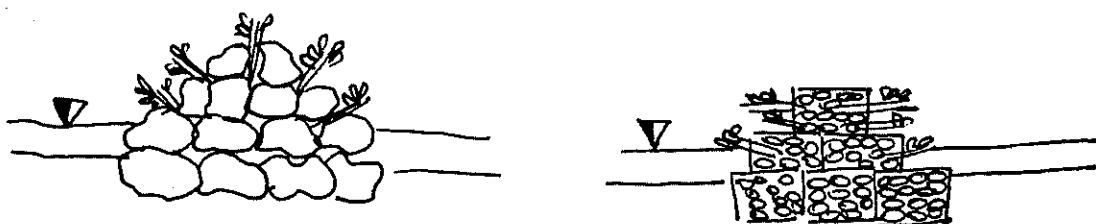
I repellenti possono essere disposti perpendicolarmente alle sponde o con inclinazione che o segue l'andamento della corrente o la contrasta. L'angolo migliore di inclinazione è di 75-80° contro la corrente (c), per favorire il deposito del detrito.

18.2 UTILIZZO DI GRATICCIATE O RIBALTE VIVE

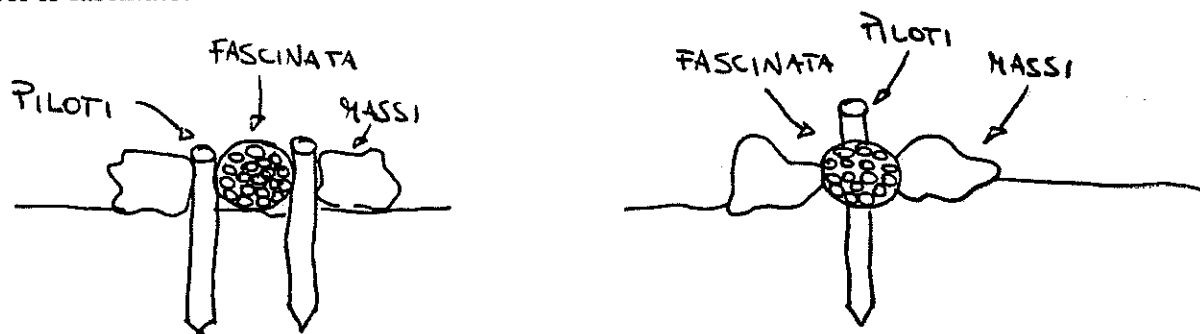
Le modalità costruttive che si possono adottare sono le seguenti:



Se il fiume è grande e con corrente forte si utilizzano massi ciclopici o gabbionate:



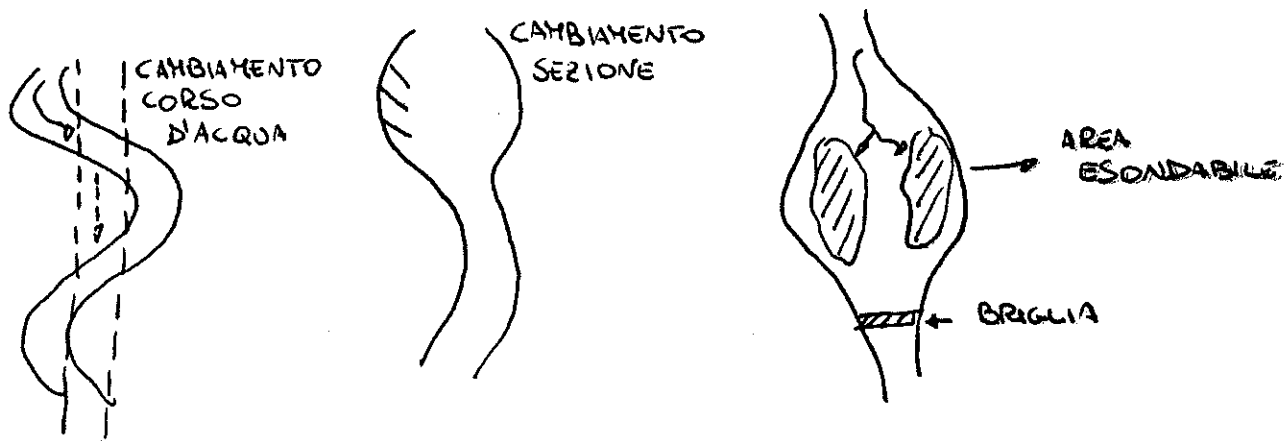
I repellenti vivi si possono costruire con sassi e fascinate, adottando due sistemi di fissaggio per le fascinate:



19. OPERE DI RIVITALIZZAZIONE

Occorre innanzitutto distruggere il fondo cementificato qualora questo sia presente;
cambiare la sezione e renderla diversa nei diversi tratti;
favorire la sinuosità del tracciato con la formazione di meandri.

In alcuni casi si può favorire la formazione di zone a ristagno di acqua con l'opportuna costruzione di briglie. In tal modo si favorisce lo smorzamento delle piene creando delle aree di laminazione per le piene.



INERBIMENTO

Spesso per il consolidamento di versanti franosi si procede all'inerbimento.

Particolare attenzione va rivolta al miscuglio di sementi che si sceglie ed esistono comunque vari metodi applicativi.

Si può in ogni caso fare solo se il versante è stabile, perché si tratta di un intervento valido solo per l'erosione superficiale.

20. SEMINA A SPAGLIO O A SECCO

Si semina a mano, utilizzando anche un po' di concime organico che si "diluisce" lentamente (da 3 mesi a 2 anni).

Il concime minerale, con K e cloruro, può causare danni ad alcune piante; concimi derivanti da allevamenti di polli e tacchini non vanno bene per il loro elevato contenuto di antibiotici - talvolta tossici.

Bastano solitamente 6-10 gr/mq di seme su superfici piane

25 gr/mq su scarpate

Per il concime organico occorrono circa 100 gr/mq

20.1 SISTEMA STANDARD

Si compra seme e concime organico.

20.2 SISTEMA CON FIORUME

Usando il fiorume, che di solito ha poca germinabilità, si applica ancora un terzo di sementi commerciali.

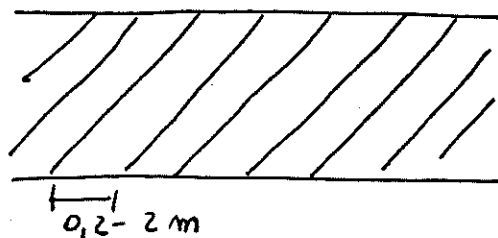
20.3 SISTEMA CON SEMENTE DI COPERTURA

Si utilizzano i cereali - segale, orzo, frumento, avena- (8-10 gr/mq cereali e 15 gr/mq altri semi). Il cereale non va mai mescolato con i semi comprati perché necessita di stare coperto; prima si semina la segale, poi si passa con l'erpice ed infine si seminano le altre specie. Importante è comunque che il seme non sia troppo profondo.

Quando arrivano a 20 cm di altezza i cereali vanno tagliati altrimenti soffocano le altre specie. I cereali hanno funzione pioniera.

20.4 SISTEMA CON COPERTURA A RIGHE SECONDO HUTER

Si creano delle righe in diagonale non più profonde di 10 cm. In queste si semina orzo, segale od avena (le due ultime vanno seminate solo in primavera od inizio estate).



Se si utilizza la Segale va bene anche fine estate. Quando arrivano ad un'altezza di 20 cm vanno tagliate.

Negli interstizi si seminano invece le sementi commerciali.

Sistema ottimale nelle zone ad elevata piovosità.

20.5 SISTEMA CON PIANTE LEGNOSE

Ottimale con alcune specie come ontano e betulla.

Il seme si mescola con un po' di sabbia "bagnata", nella misura di tre parti di sabbia ed una parte di seme.

Ottimale sarebbe seminare quando piove, così il seme si accumula dietro le pietre, dove trova le condizioni ottimali.

Nel primo anno crescono 3-4 cm, quindi, bisogna quindi usare questo metodo solo su superfici "ruvide" prive di erosione superficiale.

21. IDROSEMINA

Seme + acqua + concime + collante + cellulosa.

La torba non va utilizzata a meno che non ci troviamo in una zona dove ci sono torbiere, perché stenta ad asciugarsi.

Si sparge utilizzando dei fusti appositi (circa 2000 l) che mescolano e spandono.

Si mette prima l'acqua e poi il seme e gli altri componenti.

Si spruzzano circa 2 l/mq con:

25 gr/mq di seme
100 gr/mq di concime
80-100 gr/mq di cellulosa (cellogrün)
100 gr/mq di alginure

I collanti chimici (Terraves, Cursol,) si usano in dosi di 10-30 gr/mq, ma bisogna prestare attenzione poiché alcuni inibiscono la germinazione di alcune specie (soprattutto le leguminose). L'alginure invece è ottimale, anche se occorre prestare attenzione perché incolla più lentamente per cui non conviene utilizzarlo se minaccia pioggia.

Prima dell'idrosemina si deve innaffiare il terreno perché dopo il trattamento l'acqua di pioggia scivola e raggiunge solo parzialmente il suolo nudo.

22. SEMINA A SPESSORE

La superficie viene ricoperta con MULCH o FIBRA ORGANICA.

Lo spessore non deve superare i 3-4 cm perché altrimenti inibisce la germinazione per carenza di luce. Serve a proteggere da vento, freddo, troppa luce e pioggia forte (o grandine).

22.1 A PAGLIA

Si mettono 3-4 cm di paglia e poi i semi o viceversa a seconda della pendenza e della zona:

- 700 gr/mq di paglia
- 25 gr/mq di semi

Su zone ripide si mette sempre prima la paglia ed in seguito i semi.

La semina deve essere fatta da una sola persona per evitare di dimenticare delle zone.

Si può anche fare prima un "letto" con metà dei semi, poi si sparge la paglia e successivamente ciò che rimane dei semi.

Si può fare solo dove non c'è vento.

22.2 A FIENO

Non è facile da distribuire perché spesso risulta troppo compattato; inoltre talvolta puzza perché inizia a fermentare e per ultimo risulta decisamente più caro della paglia.
Si può usare solo senza bitume perché altrimenti compatta troppo.

- 700 gr/mq di fieno asciutto

22.3 A PAGLIA E BITUME (SECONDO SCHIECHTL)

Funziona bene oltre il limite del bosco.

Il bitume sopra la paglia protegge dal dilavamento

- 700 gr/mq di paglia
- 25 gr/mq di seme
- bitume diluito al 30% con acqua (70%)

Il bitume è instabile, si tratta in pratica di un'emulsione bituminosa, nulla a che vedere con il bitume che si utilizza per le strade. (Prodotto da SPALMOBIT o EXTRABIT di Bolzano).

Costo: circa 9000 £/mq in economia.

L'emulsione va spruzzata.

22.4 A PAGLIA E STUOIA DI JUTA O COCCO

La juta marcisce in 1-2 anni, il cocco in 3-4.

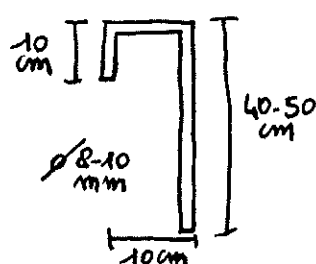
Si utilizza solo in versanti molto ripidi dove la paglia da sola non sta su.

Si inizia a srotolare la stuoia dal basso, mettendo la paglia sotto, sulla quale seminiamo e concimiamo, e poi fissando la "rete" sopra.

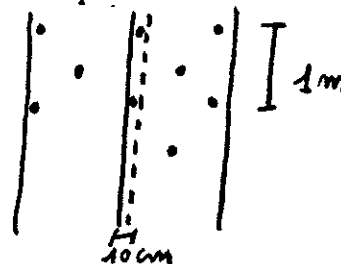
Le stuoie vanno sovrapposte per almeno 10 cm.

E' importante usare chiodi a L fatti con tondini di ferro; quelli in legno, anche se biodegradabili, non tengono e si infilzano a fatica. Occorrono almeno 2 chiodi a mq.

Particolare dei chiodi:



Sistema di picchettatura:



Se la stuoia è ben fissata non c'è problema anche in caso di vento forte.

La rete di cocco va bene soprattutto dove ci sono massi che possono cadere. Lo svantaggio è che è molto cara, 4 volte la juta.

22.5 A PAGLIA E RETE METALLICA

Dove c'è pericolo di caduta massi si può usare la rete metallica, da stendere dopo la posa della paglia e del seme. Particolare attenzione va rivolta agli ancoraggi.

22.6 A PAGLIA E RETE DI PLASTICA

Queste ultime sono molto care e non migliori dei metodi tradizionali.

In alcuni casi si possono sovrapporre reti metalliche.

23. SEMINA A STUOIA PRECONFEZIONATA

E' meglio poter scegliere il seme, ~~non comprare~~ quelle già "seminate".

- STUOIA CON LANA DI LEGNO
- STUOIA DI CANAPA
- STUOIA DI TESSUTO
- STUOIA DI FIBRA DI COCCO

Vanno bene in zone molto secche, come le aree mediterranee la Spagna; inoltre si adattano bene sui terreni lisci poiché sono tendenzialmente rigide. Lo svantaggio maggiore è dato dal costo elevato: 5000 £/mq + seme + manodopera.

24. INERBIMENTO CON ZOLLE ERBOSE

Va molto bene dove esiste a disposizione un prato da cui prelevare le zolle (piote).

Non va bene dove si aprono strade in un bosco perché le zolle mesofile non tollererebbero la luce a cui sarebbero sottoposte in seguito all'apertura.

I mucchi alti non più di 80 cm durano anche 2 mesi.

La posa inizia dal basso nella scarpata e si devono fare dei gruppi per limitare l'essiccamento. Le zolle lasciate isolate seccano.

25. INERBIMENTO CON TAPPETO ERBOSO PRECONFEZIONATO

Va bene per il verde urbano dove si richiede il verde immediato. Non si usa in ingegneria naturalistica.

Contiene solo graminacee.

26. COMPOSIZIONE DEI MISCUGLI DI SEMI

La cosa più importante è il miscuglio della semente. Occorre conoscere almeno 50 semi per evitare di essere ingannati dai venditori in modo da poter controllare almeno le specie più care (*Salvia pratensis* 200-300000 £).

I fattori più importanti da valutare sono:

1. Controllo della vegetazione adiacente
2. Analisi del terreno (pH, humus,) prima del ripristino
3. Idoneità dei semi per l'ambiente (es. *Anthyllis vulneraria* > zone calcaree).
4. Disponibilità del seme. Inutile creare un miscuglio con semi difficilmente ritrovabili in commercio.
5. Peso medio di 1000 semi. Ciò serve per sapere quale percentuale utilizzare: se i semi sono molto leggeri bastano percentuali basse.

6. Germinabilità e forza concorrenziale. Il venditore garantisce 80-85 % ma è bene controllare. La forza concorrenziale è importante: alcune specie che crescono troppo non devono superare certe percentuali per evitare di soffocare le altre: quindi, non più di:

<i>Lolium perenne</i>	5 %
<i>Dactylis glomerata</i>	5 %
<i>Phleum pratense</i>	3 %
<i>Trifolium pratense</i>	4 %
<i>Medicago sativa</i>	2 %
<i>Vicia sativa</i>	2 %
<i>Vicia villosa</i>	2 %

In zone estreme l'ottimo è raccogliere il seme e poi seminarlo.
Sopra il limite del bosco bisogna fare particolare attenzione alle specie.

7. Costo delle singole sementi.

8. Nomenclatura latina: evita problemi di incomprensione.

9. Controllare l'uso del futuro prato e la cura a cui verrà sottoposto.

Più il terreno è ripido e più deve essere alta la percentuale di leguminose.

La semina con mezzi meccanici è consigliabile sui campi da golf a da calcio (30 gr/mq).

Le talee crescono bene dove non c'è inerbimento.

27. IDROSEMINA CON ELICOTTERO

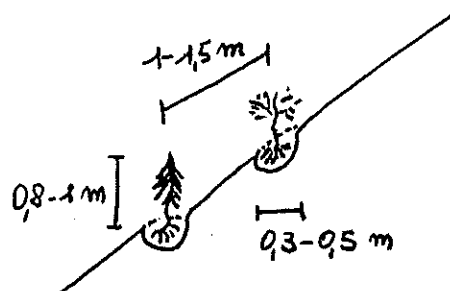
- La benna deve essere a non più di 5 metri dal terreno e deve volare dal basso verso monte.
- La benna viene per questo scopo modificata e presenta un'apertura a fessura.

CONSOLIDAMENTO DI PENDII FRANOSI

28. OPERE DI PIANTAGIONE O RIMBOSCHIMENTO

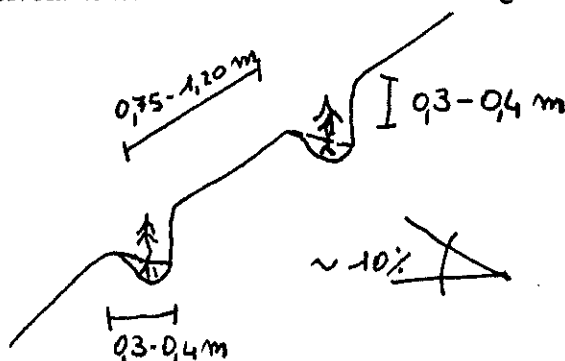
Dopo l'inerbimento, se serve un radicamento un po' più profondo (oltre 30-40 cm - graminacee - o 1 m - leguminose -) usiamo latifoglie e non aghifoglie in quanto maggiormente danneggiabili.

Talvolta si può usare il Larice perché ha radici molto profonde.



Si possono usare piante a radice nuda, in fitocelle ecc...; l'ideale sarebbe la piantina con il pane di terra.

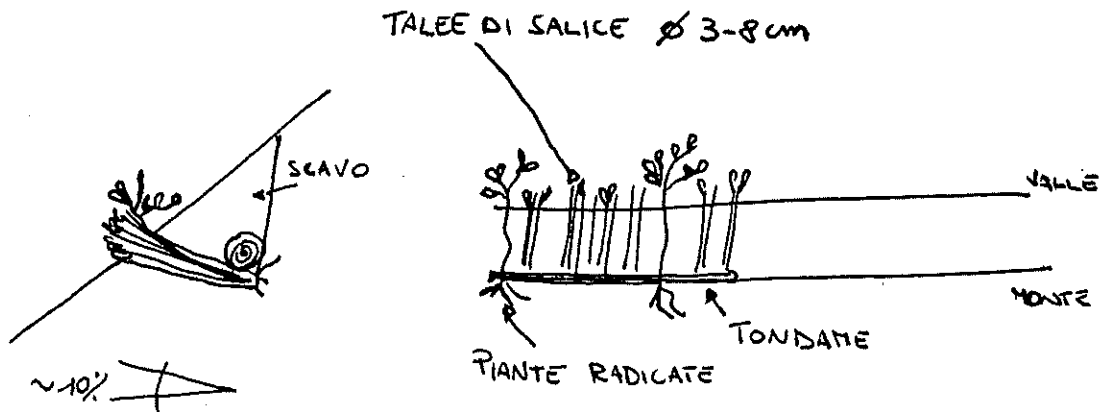
Se c'è pericolo di scivolamento di neve si "rimboschisce" a gradoni.



Se usiamo talee di salice bisogna fare attenzione perché non si tratta di un consolidamento vero e proprio, ma di una piantagione.

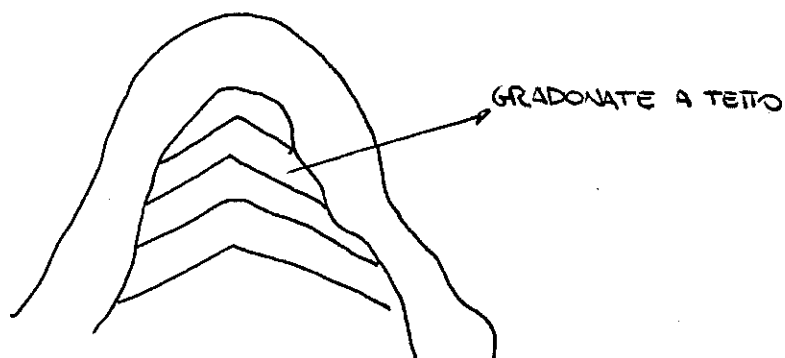
29. GRADONATE VIVE

Per consolidare materiale sciolto si può fare una gradonata viva: si scavano gradoni nel materiale sciolto e in parte in quello fisso per ancorare meglio la "struttura". Si fa una contropendenza di circa 10 %. Si dispongono poi circa 6 piante a metro lineare, ricoprendo le loro radici con la terra e tra una piantina radicata e l'altra mettiamo anche le talee di salice.



Sopra possiamo mettere del toname morto di traverso per ancorare meglio.
 Passando alla gradonata superiore ricopriamo quella inferiore con la terra di scavo.
 La distanza tra una gradonata e l'altra dipende dalla pendenza, ma oscilla comunque tra 1 e 2 metri.

La gradonata viva va bene solo per il consolidamento di materiale sciolto.
 Per drenare meglio l'area franosa si da una forma "a tetto":



Esistono delle formule per calcolare l'aumento del coefficiente di stabilità di una scarpata dopo la costruzione di una gradonata viva

$$\eta = \frac{\tan \beta_p = \text{angolo limite}}{\tan \gamma = \text{angolo d'attrito}} = \text{Coeff. di stabilità}$$

$$\tan \beta_p = \tan \gamma + 1.4 (1 - 2/x)m$$

$$\eta = \frac{\tan \gamma + 1.4 (1 - 2/x)m}{\tan \gamma}$$

Rapporto di sistemazione:

$$m = \frac{d_s = \text{profondità dei gradoni}}{L = \text{lunghezza scarpata}}$$

Numero dei gradoni:

$$x = \frac{L = \text{lunghezza obliqua}}{a = \text{distanza tra i gradoni}}$$

Gradonata:

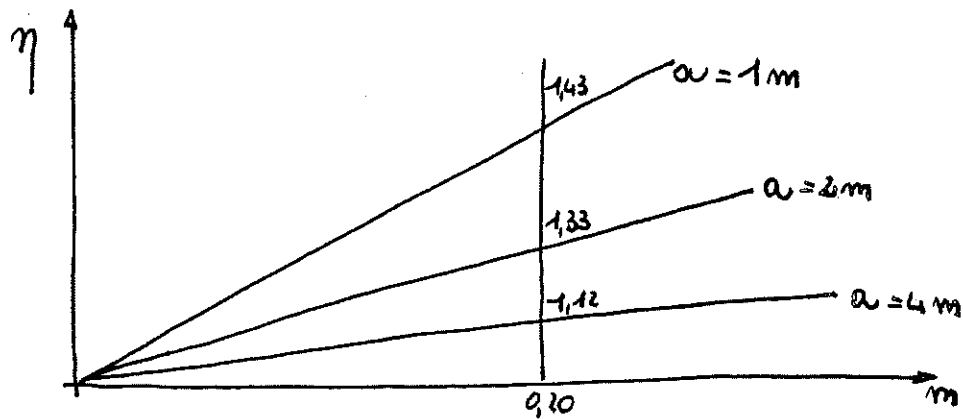
$$L = 10 \text{ m}$$

$$a = 2 \text{ m}$$

$$d_s = 2 \text{ m}$$

$$\gamma = 27^\circ \quad (\tan \gamma = 0.51)$$

$$\eta = \frac{0.51 + 1.4 (1 - 2 \times 2 / 10) 2 / 10}{0.51} = 1.33$$



Le gradonate non dovrebbero avere uno sviluppo obliquo (L) maggiore di 15 metri. Se L è maggiore conviene fare delle opere di sostegno intermedie.

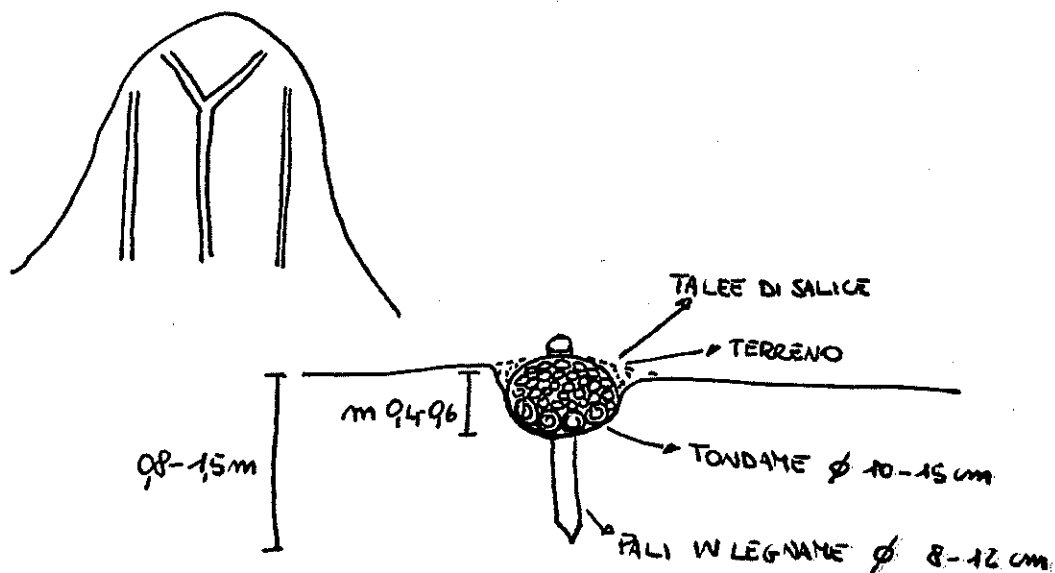
Queste opere vanno fatte in primavera per permettere alle piante di germogliare.

30. OPERE DI DRENAGGIO

Sono le prime da fare, prima di ogni altro intervento. Si possono fare seguendo svariate modalità:

Se c'è molta acqua, ad esempio, si fanno delle

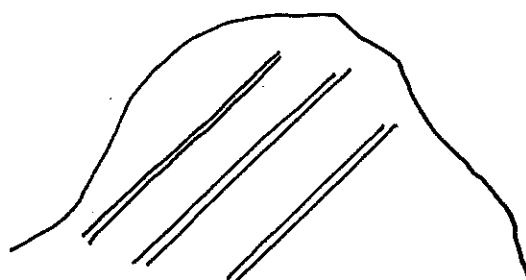
30.1 FASCINATE VIVE DI DRENAGGIO



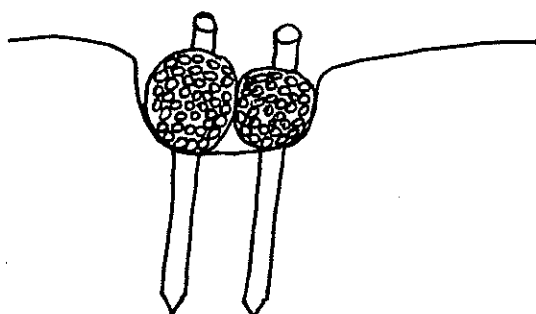
Si lega la fascinata con filo zincato, corda di cocco, ecc.....

30.2 FASCINATE VIVE INCLINATE

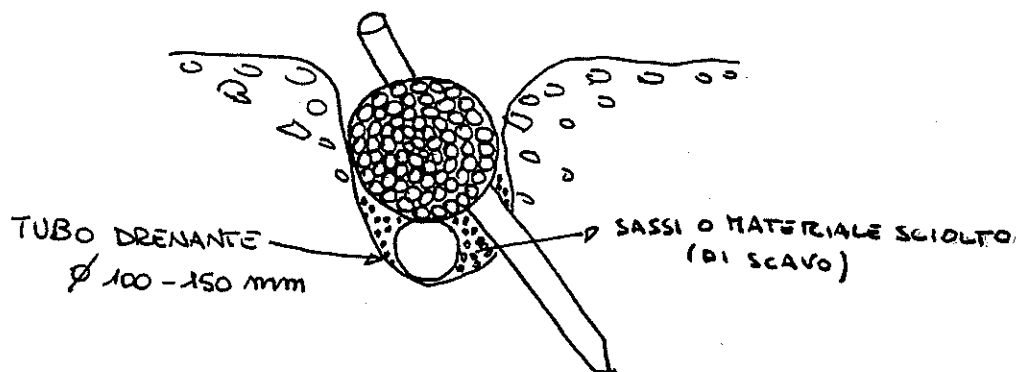
Se c'è poca acqua, invece, si possono fare delle fascinate vive inclinate non disposte cioè lungo la massima pendenza.



Se si vuole raccogliere più acqua si possono accoppiare due fascine



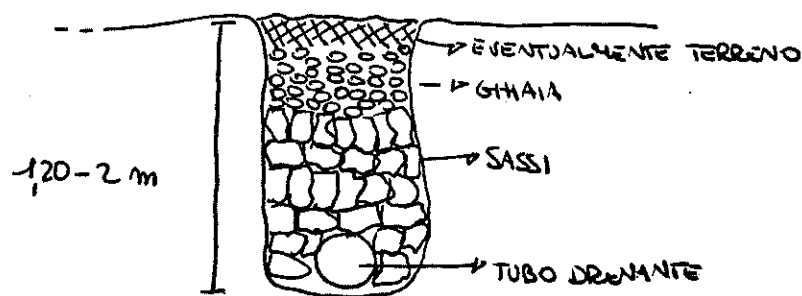
oppure mettere un tubo drenante sottostante



Lo strato di terreno sopra le fascinate vive non dovrà superare i 5 cm altrimenti il materiale vivo non crescerà.

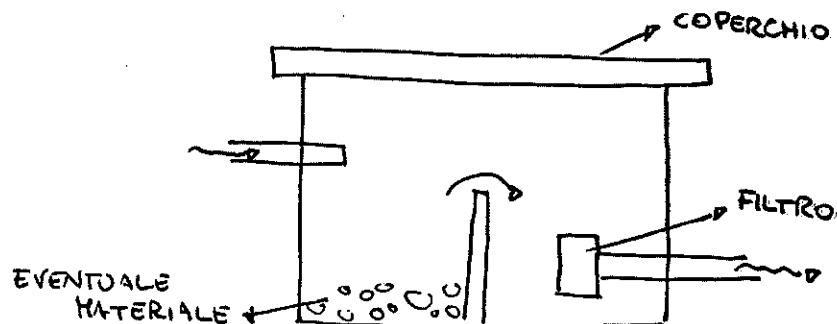
Nel consolidamento dei pendii franosi, occorre sempre effettuare il drenaggio.

Se ci fosse veramente molta acqua si interviene con le opere classiche

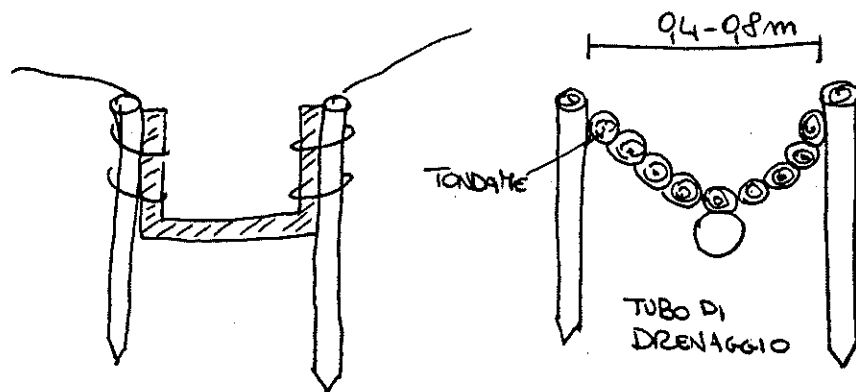


Più fossi drenanti confluiscono in una vasca di captazione munita di una copertura estraibile, utile per le ispezioni e permettere l'asportazione di materiale che si deposita.

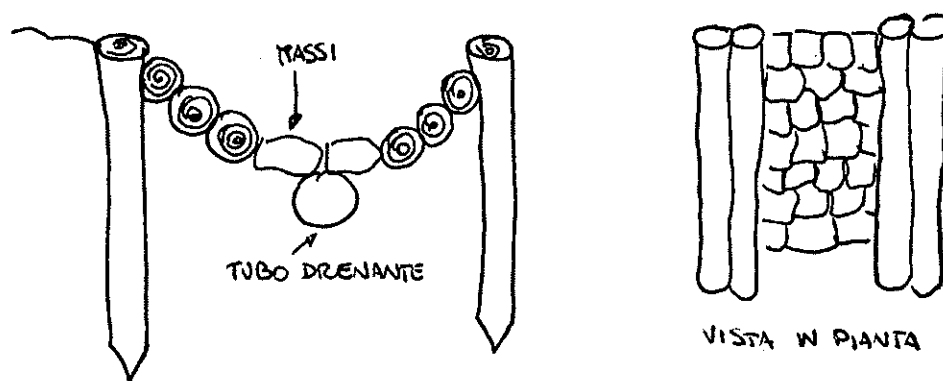
La vasca inoltre deve essere munita di un filtro per impedire al materiale sciolto di ostruire il tubo di scarico



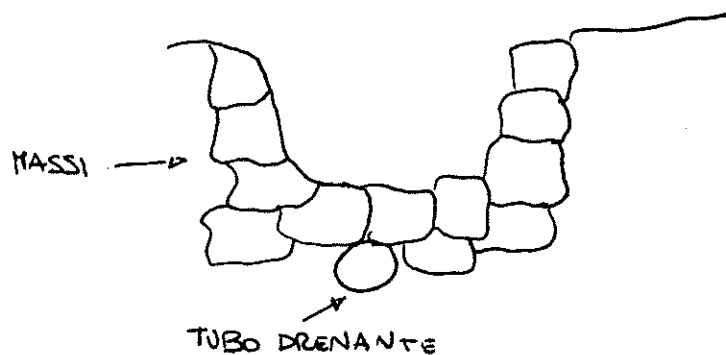
Si deve cercare di togliere naturalmente anche l'acqua in superficie e allo scopo si possono costruire canalette in legno che vanno ancorate saldamente al terreno



La parte centrale della canaletta può anche essere sostituita con sassi



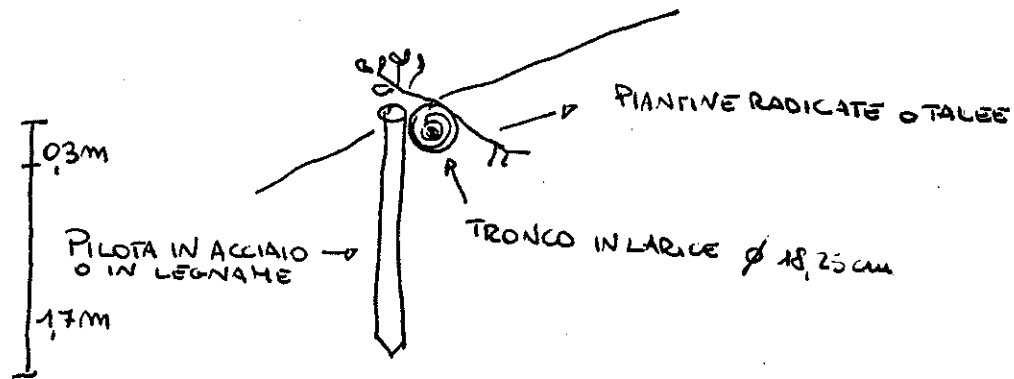
Si possono anche costruire canalette interamente in pietrame, mettendo anche un tubo drenante sottostante



31. CORDONATA VIVA CON PILOTI

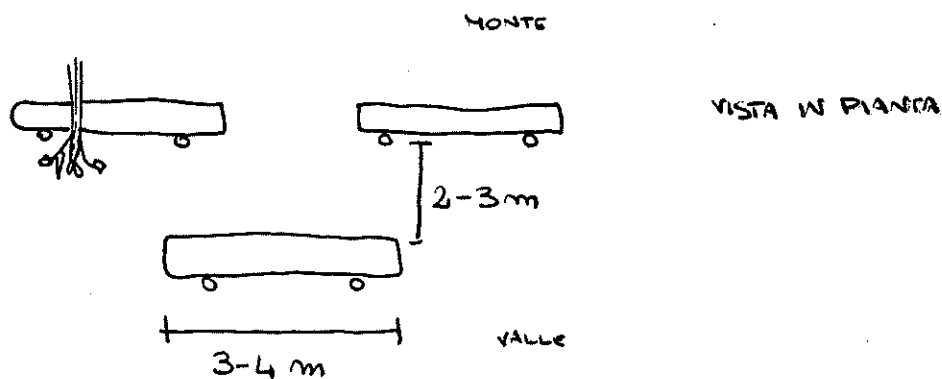
La viminata non va bene per consolidare frane, perché è difficile ricoprirla con terreno e conseguentemente si secca e muore.

Come alternativa alle ~~viminate per consolidare~~ strati di terreno sciolto di 10 - 15 cm al massimo va bene la cordonata viva.



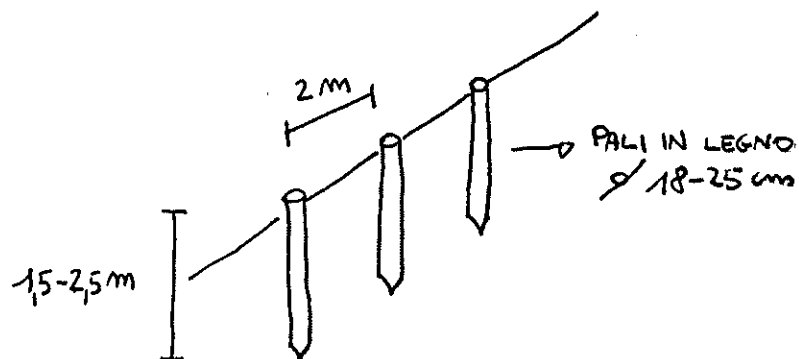
Il tronco viene interrato almeno la metà.

La piantagione si fa inclinata, utilizzando o piante radicate o talee)



Esiste una variante da usare ai limiti del bosco, dove dietro al tondate mettiamo una piantina in fitocella in verticale.

Se non c'è troppo "movimento" superficiale ma profondo, come spesso avviene nei prati, si può consolidare anche solo impiantando dei pali che dovranno essere tagliati poi a livello del terreno



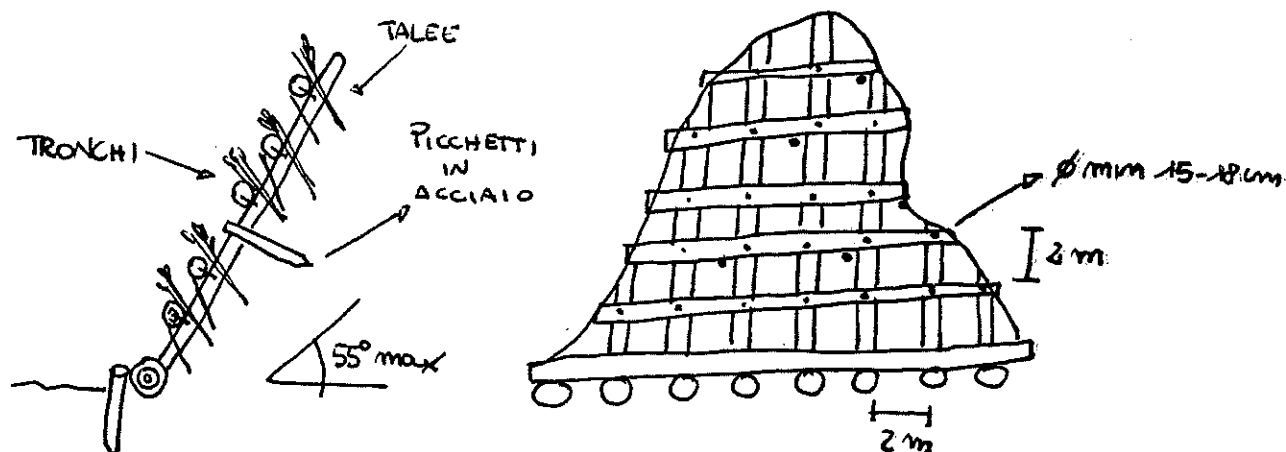
Note:

Se si vuole fare anche un inerbimento conviene usare specie erbacee non alte.

Le talee naturalmente andranno disposte nel senso della crescita (parte con diametro maggiore all'interno).

32. GRATA VIVA

Si può costruire su scarpate molto ripide (fino a 55°) con terreno molto compatto.



Non si deve scavare.

1. Occorre avere un buon piede, pertanto si scelgono in genere tondi di 35-50 cm di diametro molto lunghi da fissare al terreno con piloti in ferro, al fine di evitare lo scivolamento.
2. Dopo aver scavato leggermente a monte, si poggiano i verticali (diam. circa 15-18 cm), interrando li leggermente.
3. Sui verticali si fissano gli orizzontali mediante chiodi in genere lunghi almeno 30-35 cm, a punta e con testa. Il fissaggio con picchetti deve essere fatto circa ogni due elementi, e non in tutte le camere per evitare di appesantire troppo la struttura.

4. Si posano talee di salice o piante radicate.

Vale solo per impedire l'erosione superficiale, in quanto la grata ha solo funzione di copertura.

Non serve riempire con materiale troppo buono.

Finita la costruzione si scorona e si mettono le piante.

I picchetti non devono essere in legno perché sarebbero troppo deboli.

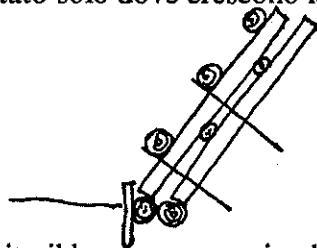
Se i tronchi sono corti si uniscono con giunto ad L



32.1 GRATA VIVA DOPPIA

La camera è doppia, pertanto richiede molto materiale in più.

Il materiale va riportato solo dove crescono le piante.

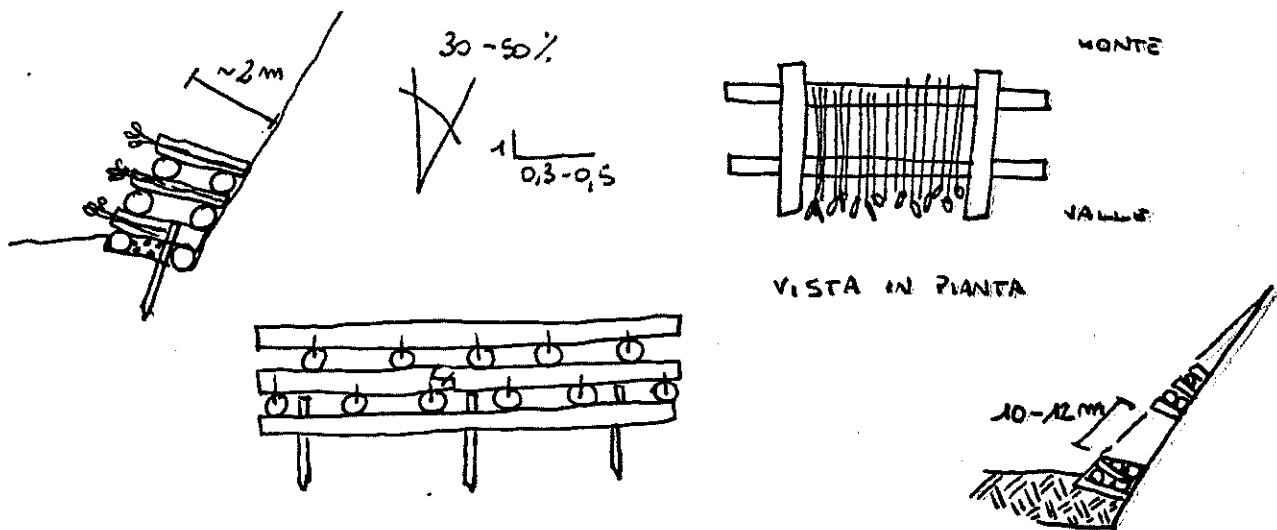


In entrambi i casi finito il lavoro occorre inerbire.

Le opere di sostegno hanno la funzione di bloccare i piani di scivolamento.

33. PALIFICATA VIVA DI SOSTEGNO O ALLA CARNIOLICA

Le gradonate vive vengono inserite tra i tondami trasversali e non sopra!!

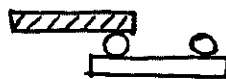
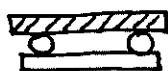


Dove l'erosione è molto profonda occorre sempre il parere del geologo.

Si crea la fondazione preparando lo scavo in contropendenza. Non conviene costruirla se la profondità è inferiore a m 2.

Se si fa sulla scarpata a valle di una strada, la sede viaria deve sovrapporsi così:

non così:



Per dreno si può riempire il primo piano con massi e ghiaia.

Le talee e se possibile anche le piante radicate, devono essere lunghe almeno quanto l'opera.

Non occorre utilizzare le fascinate come sui rii.

Il tutto si vincola ogni due metri con piloti in acciaio.

Non utilizzare legname impregnato (ad esempio le traversine ferroviarie).

La palificata ad una parete può essere costruita solo se la parete dietro è rappresentata da roccia, ed in ogni caso non deve superare 1,5 m di larghezza.

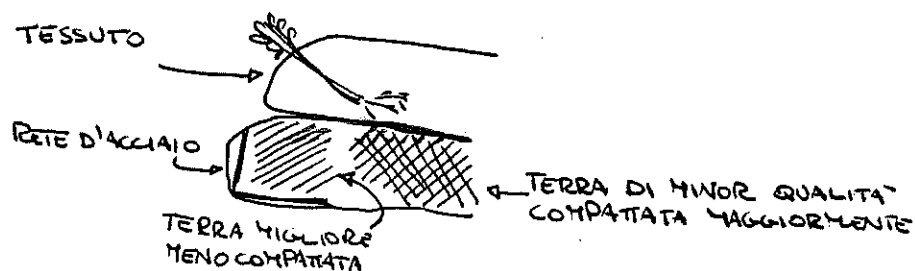
Se la frana è molto estesa in altezza si possono costruire più palificate a distanza di circa 10-12 m a seconda della pendenza.

L'opera non dovrebbe superare i 2 m di altezza.

Tensioni di rottura e tensioni ammissibili del legname:

N/mm ²		traz. //	compress.//	compress. •	taglio •
conifere	t. rottura	50-100	25-50	5-10	20-30
	t. ammissibile	8.5	10	2	1

Il primo valore della t. di rottura si riferisce all'abete rosso il secondo al larice.



Nella parte posteriore si mette la terra di qualità più scadente che andrà compattata di più, mentre nella parte anteriore si mette il terriccio migliore meno compatto.

Per ogni piano si procede analogamente; si possono mettere le talee non tra i sacchi, ma infisse nei sacchi.

Sono opere che possono avere pendenza pari a 60° (addirittura 70°), ma senza le piante la loro durata è ridotta. Esistono calcoli statici anche per queste strutture: in genere per altezze pari a 2-4 m la base deve essere almeno 1,5 m.

CONSOLIDAMENTO DI FOSSATI

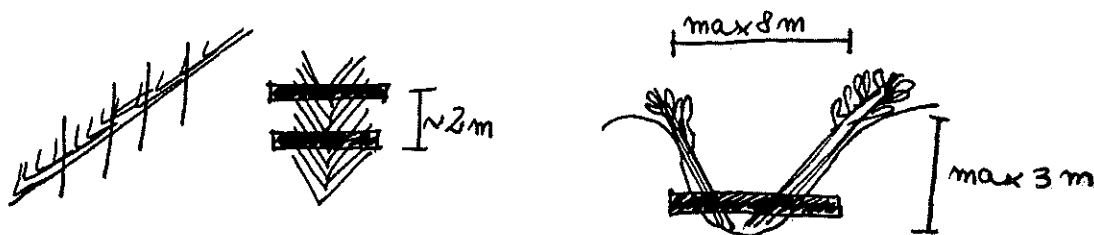
Sono lavori difficili perché di solito sono in zone impervie.

39. CESPUGLIAMENTO CON RAMAGLIA VIVA O MORTA

Si possono usare materiali vivi come resti di tagli (ramaglia) di alcune latifoglie per aumentare la scabrosità. Si può utilizzare anche la ramaglia di abete rosso, ma le latifoglie sono più adatte perché scivolano di meno.

Vanno sempre vincolati con pali in ferro.

E' una sistemazione adatta per fossati con diametro inferiore a 1.50 m.

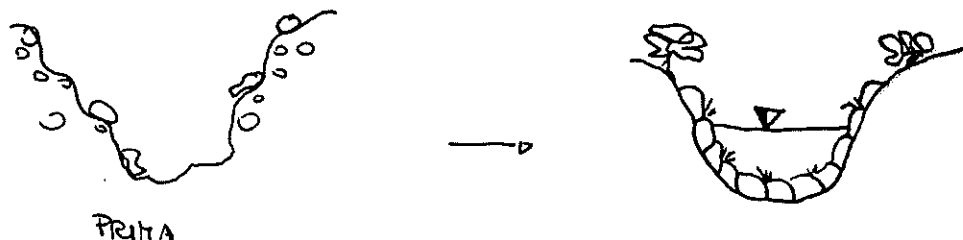


Si utilizza per impedire l'erosione superficiale.

Se il fosso non è molto profondo, si possono posizionare quasi in verticale.



40. CON MASSI

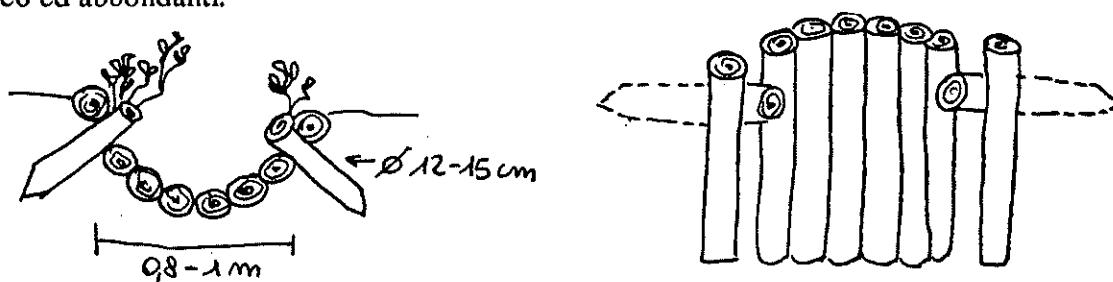


Si può usare il materiale dello scaronamento per pavimentare il fondo ed aumentare la scabrezza. Dopo si semina per permettere il rinverdimento degli interstizi.

Sul bordo della scarpata si può rinverdire.

41. CANALETTE IN LEGNAME

Le canalette possono anche essere pavimentate con zolle erbose, se queste sono reperibili in loco ed abbondanti.

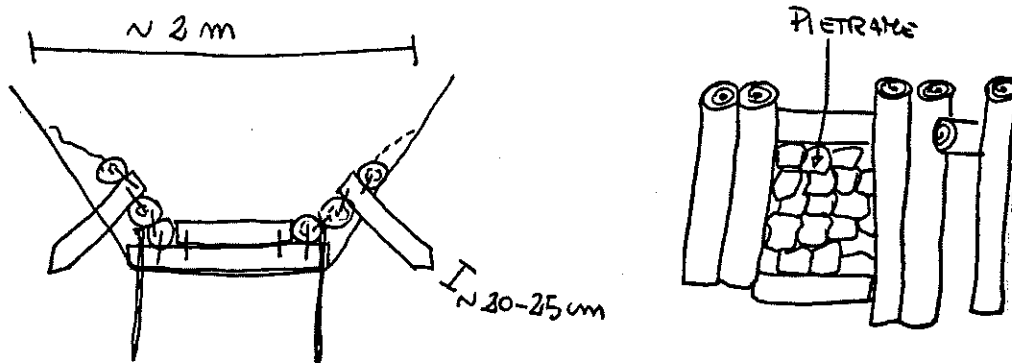


La modificazione di canalette in legname, anche se con aggiunta di zolle erbose, va bene solo per fossati secondari, la cui larghezza non deve superare 0,8-1 m. Occorre fare attenzione, perché accelerano molto la velocità dell'acqua.

42. CUNETTA IN LEGNAME E PIETRAME

Si fa uno scavo a trapezio di circa 2 m di larghezza.

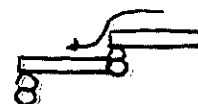
La pendenza della scarpata deve essere di circa 20-30 %.



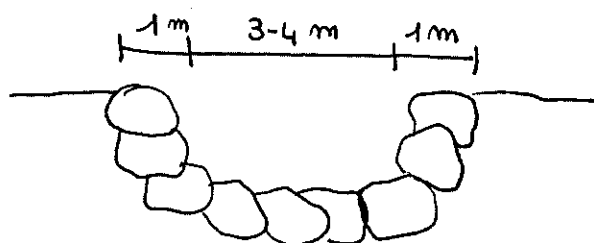
Valutare bene la quantità di trasporto solido, perché se dovesse arrivare troppo materiale potrebbe danneggiare il legname.

Il fondo viene costipato con pietrame, ma se mancano i sassi si creano dei salti di fondo per ridurre la velocità.

Ricordarsi sempre di recintare il canale per evitare accidentali cadute.



43. CUNETTA CON MASSI CICLOPICI



E' meglio se i sassi sono molto grandi. Ricordarsi se possibile di dimensionarli alla forza di trascinamento.

Si utilizzano quando sono disponibili in abbondanza in loco. Quindi il progetto deve essere fatto in base alla disponibilità di materiale.

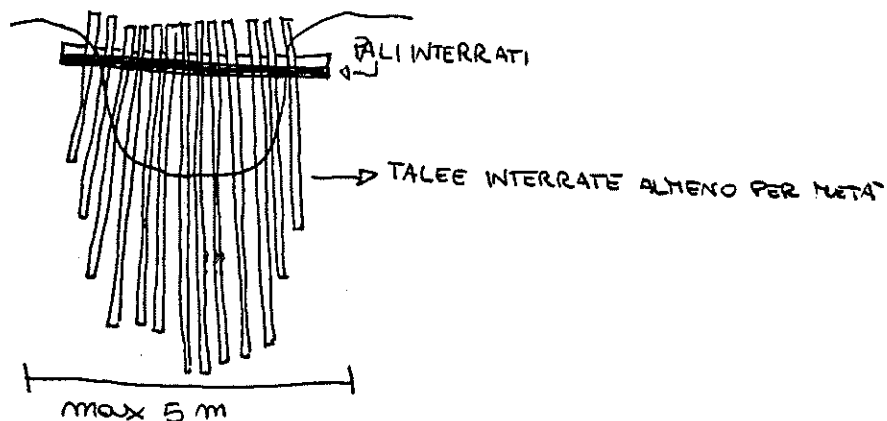
44. OPERE TRASVERSALI

Trattengono il materiale, ma se vengono fissate male vengono dilavate.

Dove si utilizza materiale vivo l'acqua non deve passare sempre, ma solo temporaneamente.

44.1 PALIZZATA VIVA

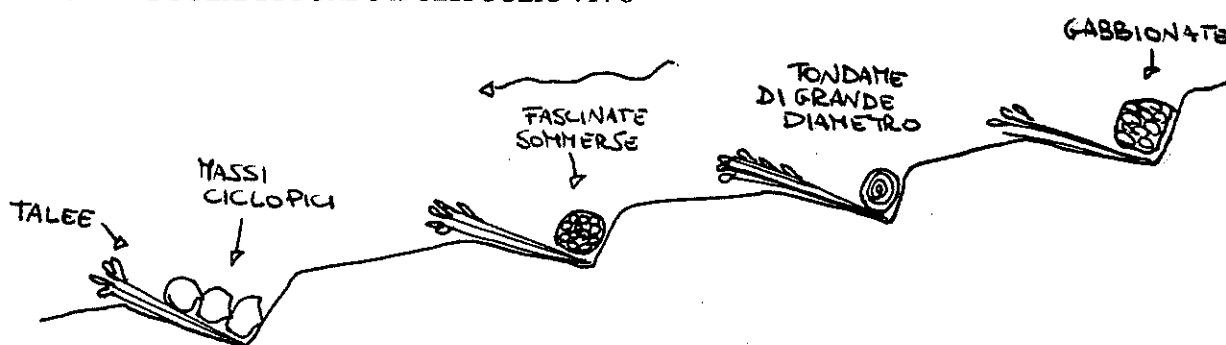
Si apre il fossato trasversale con larghezza 30-40 cm, poi si mettono delle talee di salice molto robuste, che andranno interrate per almeno metà della loro lunghezza.



Poi si fissano con dei pali interrati.

Trattengono il materiale e sono ottime dove la portata non è eccessiva, e dove l'acqua scorre solo stagionalmente.

44.2 SOGLIE DI FONDO A CESPUGLIO VIVO



Vanno bene per fossati piccoli e poco ripidi.

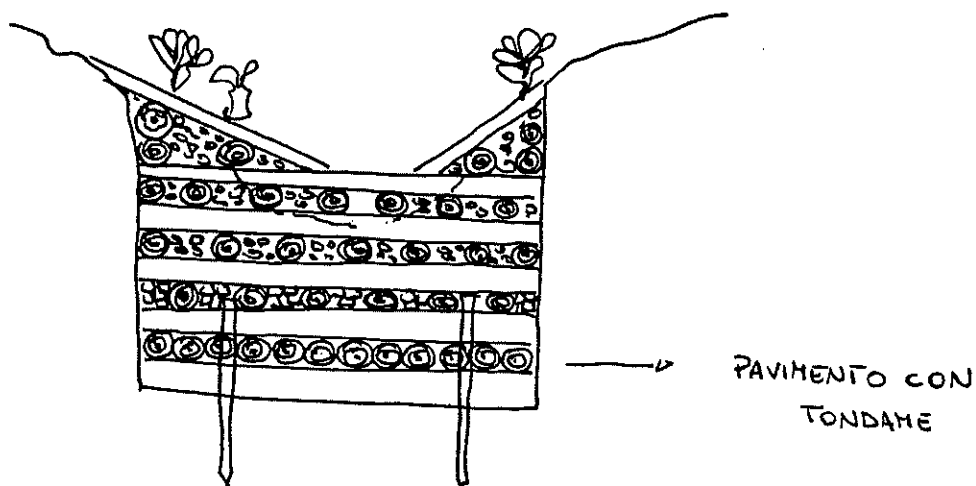
Riducono la pendenza di fondo e favoriscono il deposito.

Le talee possono essere fissate, a seconda della reperibilità in loco, con:

- sassi grandi
- fascinate sommerse
- tondame di grosso diametro
- gabbionate

44.3 BRIGLIA IN LEGNAME E PIETRAME

E' importante inclinare in contropendenza ed interrare quasi completamente.



1. Fare uno scavo profondo (deve essere interrata per almeno $2/3$).
2. Posare il traverso.
3. Pavimentare con tondami.
4. Procedere come per la palificata.
5. Procedere poi con la costruzione della spalla: il diagonale va posto dietro il longitudinale posto a valle.

Ricordarsi i piloti in acciaio.

Se la portata è elevata si riempie tutto con massi, altrimenti solo la sezione liquida con sassi, il resto con terra.

Nelle spalle si possono mettere delle talee o piante radicate.

La distanza tra le briglie deve essere compresa tra 10 e 15 m

Angolo di compensazione = 30 %

Le briglie possono essere fatte anche con gabbioni o massi ciclopici.

Possono essere rinverdate se c'è poca acqua o solo temporaneamente.