



## REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA

**“Studio generale per la definizione delle Linee Guida regionali per la realizzazione degli interventi di riassetto idrogeologico con tecniche di Ingegneria Naturalistica (IN)”**

### **ALLEGATO 3: schede tecniche opere di IN**

10 DICEMBRE 2010



IRIS sas  
Ing. Maurizio Bacci  
Amministratore e direttore tecnico

CRITERIA srl  
Arch. Paolo Falqui  
Amministratore e direttore tecnico

#### **Gruppo operativo di lavoro**

Ing. Amb. Maurizio Bacci (coordinatore)	Dott. Nat. Mauro Casti
Prof. Gianluigi Bacchetta	Dott. Geol. Maurizio Costa
Arch. Paes. Gianfranco Franchi	Dott. Geol. Alessandro Forci
Dott. Agr. Maria Grazia Marras	Dott. Andrea Soriga
Dott. Geol. Giovanni Tilocca	

## Infissione di talee

Scheda: A.1

### Descrizione:

Infissione di talee legnose e/o ramaglie di specie vegetali con capacità di propagazione vegetativa nel terreno o nelle fessure tra massi, inserimento in palificate vive, gabbioni e terre rinforzate. E' classico l'impiego di salici, ma anche di altre specie quali oleandro e tamerici (quest'ultimi resistenti a condizioni alterne di forte aridità e presenza di moderati quantitativi di sali nel terreno). La densità di impianto aumenta all'aumentare della pendenza del terreno: da 2-5 talee/mq a 5-10 talee/mq. L'effetto stabilizzante/consolidante in profondità aumenta con la lunghezza della parte infissa delle talee. La stabilità della scarpata e il consolidamento superficiale del terreno sono limitati sino allo sviluppo di un adeguato apparato radicale.

Vanno eseguite saltuarie potature di irrobustimento e sfoltimento per evitare popolamenti monospecifici.

L'effetto di drenaggio è dovuto ad assorbimento e traspirazione fogliare del materiale vivo impiegato.

Le ramaglie devono essere raccolte ed impiegate rapidamente. La conservazione per periodi più lunghi può essere effettuata in celle frigorifere a basse temperature (4-5 °C) e 90% di umidità o sommerse in vasche di acqua fredda.

### Campi di applicazione:

Superfici di neoformazione, scarpate a pendenza limitata; interstizi e fessure di scogliere, muri, gabbionate, terre rinforzate come picchetti vivi in fascinate, viminate, biostuoie. L'azione è inizialmente puntuale, ma può estendersi e divenire coprente dopo lo sviluppo (6 mesi - 1-2 anni).

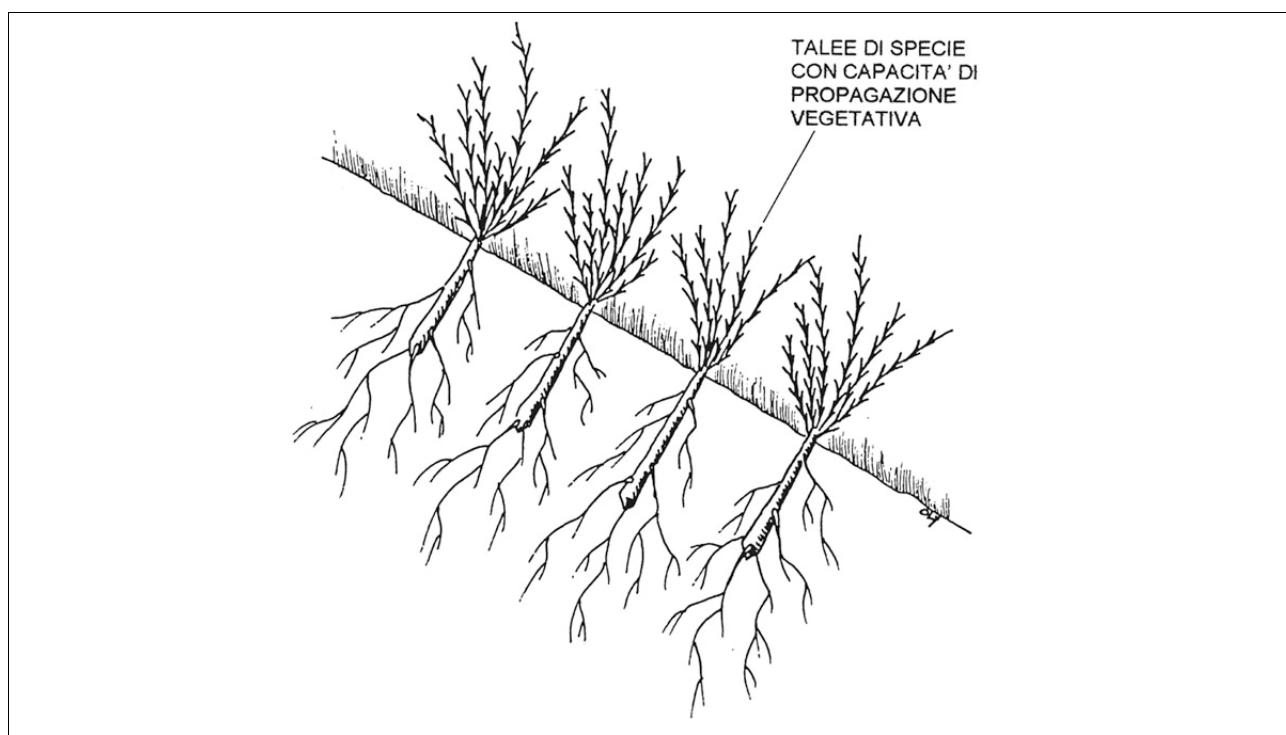
### Materiali:

Infissione nel terreno: getti non ramificati, di 2 o più anni, diam. 1-5 cm, L = 0,50 - 0,80 m, di piante legnose, in genere arbustive, con capacità di propagazione vegetativa; inserimento in fase di costruzione: ramaglie vive di L 1-5 m e diam. 1-5 cm.



## Infissione di talee <sup>1</sup>

<sup>1</sup> Da Ministero dell'Ambiente e della tutela del territorio "Manuale di indirizzo per le scelte progettuali per interventi di Ingegneria naturalistica" Roma 2005



Schemi tipologici<sup>2</sup>

<b>Limiti di applicazione</b>	Substrati pedogenicamente poco evoluti, non o poco strutturati e fortemente salini. Superfici ad elevata acclività e aridità del substrato..
<b>Contesti applicativi</b>	A, B, C, D, E, F, H, L. 1,2,3A, B, D, L
<p><b>Adattamento all'ambito regionale</b> In ambito regionale l'utilizzo di tali tecniche appare fortemente limitato dalle caratteristiche pedo-climatiche ed in particolare dalle condizioni di aridità dei substrati in vari contesti ambientali. Per tale motivo si ritiene che queste tecniche possano essere adoperate solo ove non vi siano limitazioni del contenuto idrico e di materia organica dei suoli. Conseguentemente si ritiene utile l'utilizzo di talee solo in contesti bioclimatici di tipo temperato sub mediterraneo e in aree a moderata o alta igrofilia con bioclima mediterraneo. Litotipi poco addensati con un certo grado di umidità come ad esempio i depositi alluvionali limoso-sabbiosi dell'Olocene e alcune formazioni marnoso-argillose della serie miocenica. Meno idonei i depositi alluvionali antichi ben costipati e le litologie clastiche grossolane in condizioni di aridità.</p>	
<b>Specie vegetali utilizzabili</b>	<i>Fraxinus ornus, Myrtus communis, Nerium oleander, Rosa sempervirens, Rubus ulmifolius, Salix alba, S. arrigonii S. atrocinerea, S. purpurea, Tamarix africana, T. canariensis, T. gallica, T. tetragyna, Ulmus minor, Vitex agnus-castus.</i>
<b>Vantaggi</b>	Rinverdimento a costi relativamente contenuti. Possibilità di utilizzare la manutenzione delle piante per approvvigionamento di talee per altre opere.
<b>Svantaggi</b>	Intervento di consolidamento superficiale e limitato allo sviluppo di un adeguato apparato radicale. Interventi di manutenzione per sfoltimento per

<sup>2</sup> Da Ministero dell'Ambiente e della tutela del territorio "Manuale di indirizzo per le scelte progettuali per interventi di Ingegneria naturalistica" Roma 2005

	evitare popolamenti monospecifici.
<b>Effetto</b>	Copertura rapida di scarpate. Talee lunghe infisse nel terreno comportano un maggior effetto drenante.
<b>Periodo intervento</b>	Durante il periodo di riposo vegetativo.
<b>Possibili errori</b>	Infissione: in senso contrario, superficiale, tale da danneggiare la talea; periodo troppo lungo tra raccolta e messa in opera; talee: troppo corte, ricavate da ramificazioni inferiori a due anni di accrescimento, con parte esterna eccessiva, non esenti da difetti.
<b>Voce di capitolato</b>	<p>Nel caso di materiale prelevato in situ la D.L. è tenuta a fornire indicazioni in merito; comunque questo dovrà essere scelto e preso da individui sani e vigorosi, che possano sopportare la riduzione delle ramificazioni o di altre parti senza esserne compromessi o debilitati in modo permanente. Nel caso di materiale vegetale proveniente da vivaio, sono richieste le certificazioni di provenienza e salubrità necessarie. Deve essere utilizzato germoplasma ottenuto da specie e varietà autoctone, geneticamente compatibile, da impiegarsi in percentuali tali da assicurare o non impedire lo sviluppo di complessi e cenosi vegetali simili a quelli originari dei luoghi di intervento.</p> <p>La D.L. impartirà le necessarie indicazioni a seconda della tipologia degli interventi (disposizione, densità di impianto, substrato di crescita, diametro minimo e massimo delle talee, ecc. ).</p> <p>Il materiale da riproduzione agamica deve però sempre essere impiegato in modo da garantire l'attecchimento, la crescita e lo sviluppo tanto da generare la stabilità nel tempo delle opere in cui il materiale vegetale viene impiegato.</p> <p>Le talee potranno essere associate all'uso di materiali vari quali legno, metallo, inerti, biostuoie, rispondendo alle scelte progettuali degli interventi</p>

Altre foto illustrative di applicazioni:



F. Esino (AN), progetto IRIS (2006). Foto IRIS



F. Esino (AN), progetto IRIS (2005). Foto IRIS

**Piantagione di alberi, arbusti, rizomi, trapianto dal selvatico****Scheda: A.2**

MANCA SCHEDA DESCRITTIVA  
E LA FORMATTAZIONE NON PERMETTE UNA LETTURA COMPLETA DEL TESTO

**a - Alberi****Descrizione:**

Messa a dimora di giovani individui di specie autoctone in zolla o in vaso, di produzione vivaistica. La messa in opera dovrà avvenire con sesto di impianto irregolare e con tutore che dovrà essere eliminato dopo 2 -3 anni dall'impianto. La messa in opera deve prevedere la formazione di una buca di dimensioni adeguate alla zolla, la formazione del tornello e la pacciamatura. Sono da preferire piante in vaso per una maggiore capacità di attecchimento nelle regioni a clima mediterraneo.

**Campi di applicazione:**

Superfici con scarsa pendenza, presenza di suolo organico. In terreni poveri è necessario predisporre buche di adeguate dimensioni con apporto di sostanza organica e fertilizzanti a lunga cessione, per consentire l'attecchimento della pianta.

Da evitare l'utilizzo in caso di reti, grate metalliche, palificate, terre rinforzate per motivi di incompatibilità dello stadio adulto delle piante con tali strutture. Da abbinare anche a completamento di altre tipologie di intervento.

**Materiali:**

Alberi da vivaio in zolla o vaso di altezza compresa tra 0,50 e 2 m.

Dischi pacciamanti o corteccia di pino di media dimensione al fine di limitare la concorrenza con le specie erbacee.

Palo tutore di adeguate dimensioni rispetto all'altezza della pianta, legacci di materiale elastico e protezione. Eventuale rete di protezione antifauna.

**b - Arbusti****Descrizione:**

Messa a dimora di giovani individui di specie autoctone in zolla o in vaso, di produzione vivaistica. La messa in opera dovrà avvenire con sesto di impianto irregolare. La messa in opera deve prevedere la formazione di una buca di dimensioni adeguate alla zolla, la formazione del tornello e la pacciamatura. Sono da preferire piante in vaso per una maggiore capacità di attecchimento nelle regioni a clima mediterraneo.

**Campi di applicazione:**

Superfici con scarsa pendenza, presenza di suolo organico. In terreni poveri è necessario predisporre buche di adeguate dimensioni con apporto di sostanza organica e fertilizzanti a lunga cessione, per consentire l'attecchimento della pianta. Da abbinare anche a completamento di altre tipologie di intervento.

**Materiali:**

Arbusti da vivaio in zolla o vaso di diametro compreso tra 12 e 18 cm (h. arbusto 40-80 cm.). Dischi pacciamanti o corteccia di pino di media dimensione al fine di limitare la concorrenza con le specie erbacee.

Eventuale rete di protezione antifauna.

MANCA SCHEDA DESCRITTIVA  
E LA FORMATTAZIONE NON PERMETTE UNA LETTURA COMPLETA DEL TESTO

### **c - Rizomi**

**Descrizione:**

Prelievo dal selvatico e frammentazione in piccole parti. Messa a dimora con densità di impianto secondo la specie utilizzata.

**Materiali:**

Pezzi di rizomi di lunghezza 10-15 cm di specie vegetali idonee, prelevate dal selvatico

### **d - Trapianto dal selvatico**

**Descrizione:**

Prelievo dal selvatico di porzioni di vegetazione composte da terreno con spessore sufficiente a mantenere una adeguata porzione di radici. Messa a dimora in più luoghi su terreno denudato con densità di impianto secondo la specie utilizzata.

Si dovrà far attenzione alla fase del trasporto del materiale per non rompere la zolla prelevata.

**Materiali:**

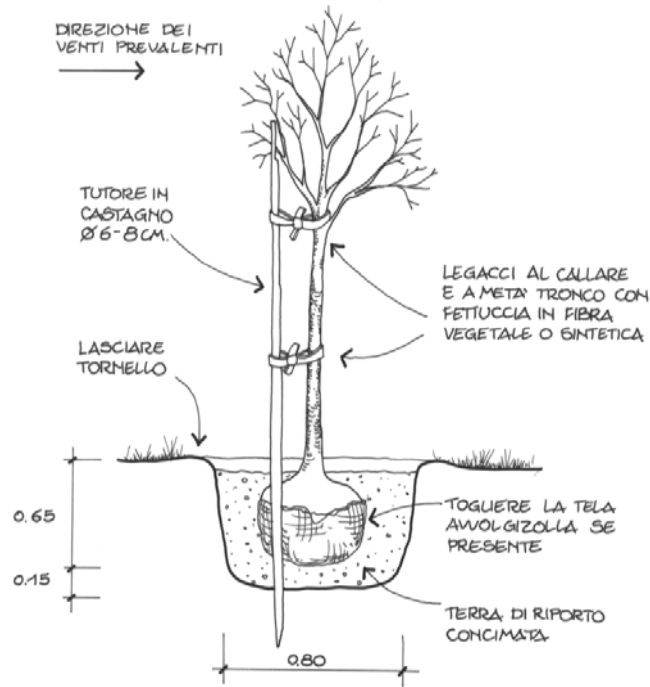
Zolle di dimensioni circa 30 x 30 cm 50 x 50 secondo le specie vegetali, prelevate dal selvatico.



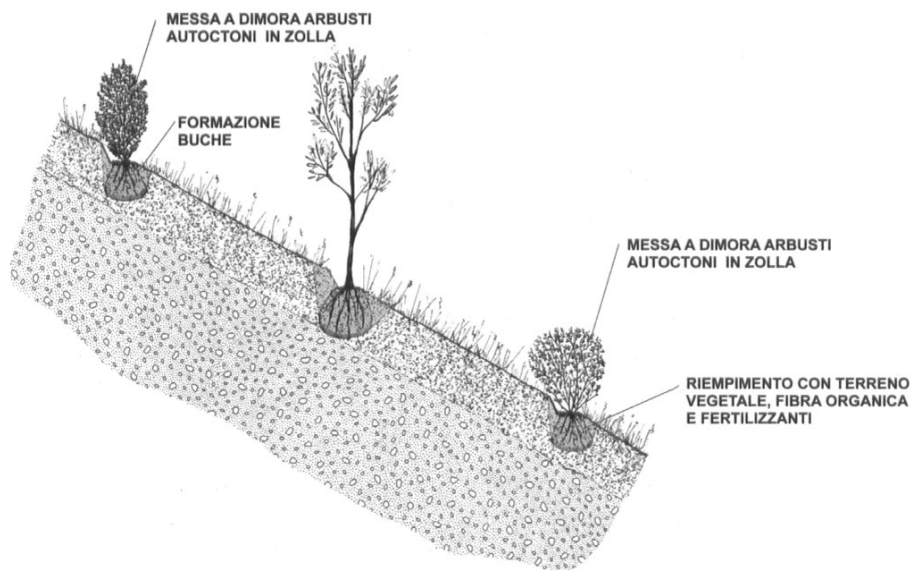
Piantazione di alberi, arbusti, rizomi <sup>1</sup>

---

<sup>1</sup> Da Ministero dell'Ambiente e della tutela del territorio "Manuale di indirizzo per le scelte progettuali per interventi di Ingegneria naturalistica" Roma 2005



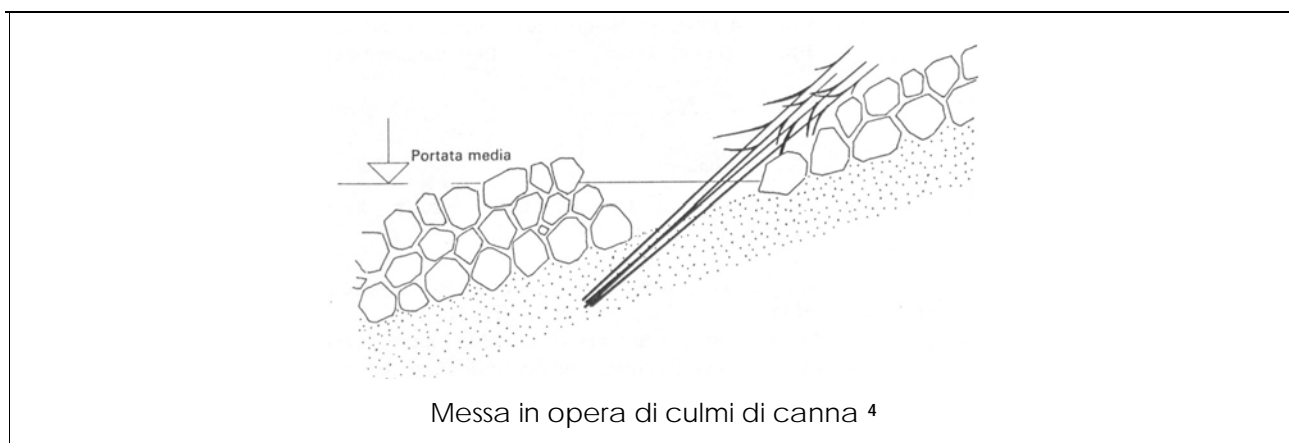
Piantazione di alberi <sup>2</sup>



Piantazione di arbusti <sup>3</sup>

<sup>2</sup> Archivio Franchi Associati

<sup>3</sup> Regione Lazio, "Manuale di Ingegneria naturalistica, Sistemazione dei versanti" Vol. 3 Roma 2006



Schemi tipologici

<b>Limiti di applicazione</b>	Substrati pedogeneticamente poco evoluti, non o poco strutturati e fortemente salini. Superfici ad elevata acclività e aridità del substrato.
<b>Contesti applicativi</b>	A, B, C, E, F, G, H, L. 1,2,3
<b>Adattamento all'ambito regionale</b>	In ambito regionale l'utilizzo di tali tecniche appare parzialmente limitato dalle caratteristiche pedo-climatiche ed in particolare dalle condizioni di aridità dei substrati in vari contesti ambientali. Per tale motivo si ritiene che queste tecniche possano essere adoperate ove non vi siano particolari limitazioni relativamente alla disponibilità idrica. Depositi di versante e antropici anche grossolani in presenza di matrice fine, argille, arenarie e conglomerati di varia età e origine, sciolti o scarsamente cementati. Alternze di litotipi a diversa consistenza in corrispondenza dei livelli più teneri.
<b>Specie vegetali utilizzabili</b>	Per quanto concerne alberi, arbusti e suffrutici si rimanda agli elenchi di specie realizzati per i distretti forestali nell'ambito del Piano Forestale ed Ambientale Regionale (PFAR). Relativamente alle geofite, elofite e rizofite si consiglia l'utilizzo delle seguenti specie: <i>Arundo mediterranea</i> , <i>Carex pendula</i> , <i>C. microcarpa</i> , <i>C. panormitana</i> , <i>Cyperus badius</i> , <i>Phragmites australis</i> , <i>Juncus acutus</i> , <i>J. maritimus</i> , <i>Scirpoides holoschoenus</i> , <i>Typha angustifolia</i> , <i>T. dominguezii</i> , <i>T. latifolia</i> .
<b>Vantaggi</b>	Di facile esecuzione, costi contenuti. Soluzioni a corredo di altre tipologie e a completamento degli interventi di riqualificazione.
<b>Svantaggi</b>	Situazioni di aridità che richiedono interventi di irrigazione di soccorso o impianti stabili. Rischio di disseccamenti anche notevoli. La stabilizzazione e l'accrescimento successivo sono vincolati allo sviluppo dell'apparato radicale.
<b>Effetto</b>	Aumento della biodiversità. Copertura e stabilizzazione del substrato nel corso degli anni. Fitodepurazione.
<b>Periodo intervento</b>	Durante la stagione autunnale e invernale. Valutare le condizioni microclimatiche di ombreggiamento ed esposizione.
<b>Possibili errori</b>	Messa in opera in periodi di aridità del substrato. Mancata protezione del tornello con biofeltri. Nella piantagione di alberature diametri del tronco delle

<sup>4</sup> Schiechtl, Stern "Ingegneria naturalistica, manuale delle costruzioni idrauliche" Trento 1994.



	<p>piante eccessivi e scarsa dimensione del palo tutore Acquisto di materiale scadente. Scarso adacquamento in condizioni critiche. Invasione di specie infestanti non rimosse. Specie non adatte al luogo.</p>
<p><b>Voce di capitolato</b></p>	<p><u>Piantazione di alberi ed arbusti</u>          Per evitare l'essiccamento, le radici non devono essere esposte indifese al sole e al vento.          Nel caso in cui esista il pericolo di inondazione e sommersione prolungata in inverno e in primavera, il trapianto sarà effettuato nella tarda primavera.          Le piante messe a dimora in primavera in zone con clima secco, devono essere irrigate con quantitativi d'acqua sufficienti per rispondere alle esigenze idriche delle specie impiegate. Le piante da vivaio o di altra origine piantate ex-novo, saranno inserite nel suolo evitando di lasciare spazi cavi tra le radici, ad una profondità tale da fare in modo che il colletto delle radici sia ricoperto da 5 cm circa di terra. Pioppi e salici arborei saranno piantati ad una profondità maggiore di 25-30 cm rispetto alle altre piante e senza pali tutori.          La profondità di piantazione deve essere comunque adeguata alla specie e rispettare le misure minime predette.          Le piante prelevate con zolla e trapiantate devono essere poste alla profondità in cui si trovavano precedentemente.          In ogni caso, assestatosi il terreno, le piante non devono presentare radici allo scoperto, oppure interrate oltre il livello del colletto.          Le radici delle piante devono essere inserite nella loro posizione naturale, non curvate o piegate, dopo aver asportato le parti danneggiate o secche.          Nelle buche il substrato deve essere uniformemente costipato. Con piante dotate di pane, il tessuto di protezione del pane deve essere asportato o aperto dopo l'inserimento della pianta nella buca. Con piante in contenitori, dopo l'estrazione, le radici a spirale devono essere tagliate e il feltro attorno alle radici deve essere rotto.          La disposizione spaziale relativa delle piante messe a dimora deve essere conforme alla specifica tavola tecnica progettuale al fine di garantire le migliori condizioni di sviluppo delle piante stesse.          In particolare, si avrà cura di rispettare le esigenze di esposizione alla luce delle piante anche in rapporto agli stadi di sviluppo e si dovrà tenere conto del flusso superficiale delle acque meteoriche.</p> <p><u>Piantazioni di rizomi e stoloni</u>          Dai popolamenti naturali, nel periodo di riposo vegetativo, dopo il taglio della parte aerea, verranno scavati rizomi e stoloni sotterranei, avendo cura di risparmiare i germogli. Il trapianto avverrà in buche o fosse strette, in modo tale che emergano solo le parti superiori. La distanza tra le piante dovrà essere pari a 30-50 cm con piantazione a più file e 20 cm con piantazione ad un asola fila.          Nel caso di sistemi combinati, rizomi e stoloni verranno collocati in una o due file negli interstizi del materiale morto, previamente riempite di terra fine, sabbia o ghiaia.</p> <p><u>Piantazioni di culmi di canne</u>          Potranno essere trapiantate diverse elofite e rizofite.          I culmi giovani e robusti, provvisti di 2-5 foglie, verranno estratti con la vanga dai popolamenti naturali in primavera e trasportati in cantiere protetti contro l'essiccamento. L'immagazzinamento in acqua e in ombra è ammesso per un</p>

limite massimo di 24 ore.

Il trapianto avverrà conficcando nel terreno per metà della loro lunghezza, con l'apposito attrezzo, gruppi di 3-5 culmi per ogni buca. La distanza delle piante lungo la stessa fila dovrà essere di 25-30 cm; la distanza delle file, sopra e sotto il livello medio estivo delle acque, dovrà essere di 50-100 cm.

	<p>limite massimo di 24 ore.</p> <p>Il trapianto avverrà conficcando nel terreno per metà della loro lunghezza, con l'apposito attrezzo, gruppi di 3-5 culmi per ogni buca. La distanza delle piante lungo la stessa fila dovrà essere di 25-30 cm; la distanza delle file, sopra e sotto il livello medio estivo delle acque, dovrà essere di 50-100 cm.</p> <p>I culmi non dovranno essere disposti verticalmente, ma il più possibile suborizzontali, per favorire la radicazione e la cacciata. Nel caso di sistemi combinati, i culmi verranno trapiantati con l'apposito attrezzo negli interstizi del materiale morto, previamente riempite di terra</p>
<b>Operazioni di manutenzione</b>	<p>Gli interventi di manutenzione sulle parti vegetali dell'opera comprendono il recupero delle fallanze, la potatura di formazione, la protezione antifauna, lo sfalcio e le concimazioni.</p>

Altre foto illustrative di applicazioni:



*Piantazione di alberi e arbusti. Fosso di Bolgheri (LI), progetto IRIS (2000). Foto M. Bacci*



*Piantazione di alberi. Cassa Espansione Lago di Porta (MS), progetto IRIS (2002). Foto M. Bacci*

## Gradonata viva

Scheda: A.3

### Descrizione:

Messa a dimora, all'interno di piccoli gradoni o terrazzamenti scavati a file parallele su pendii, di ramaglia di piante legnose con capacità di riproduzione vegetativa (salici, tamerici, etc.) e/o arbusti radicati autoctoni e successiva copertura con il materiale proveniente dagli scavi superiori. Si ottiene una radicazione profonda con effetto di drenaggio; viene impedita sia l'erosione sia il movimento del terreno; il ruscellamento superficiale viene rallentato.

La messa a dimora di latifoglie radicate tra le file consente di raggiungere più rapidamente uno stadio evoluto della serie di vegetazione potenziale.

La tecnica risulta costosa per l'elevato fabbisogno di materiale vegetale. Nel caso del rilevato, la messa a dimora di piante contemporaneamente alla formazione del rilevato a strati, determina un effetto simile a quello delle terre rinforzate, per il consolidamento in profondità.

### Campi di applicazione:

Pendii incoerenti, frane superficiali, rilevati in fase di esecuzione. Tecniche applicabili su terreni granulari sciolti di qualsiasi natura e origine (depositi clastici non cementati).

### Materiali:

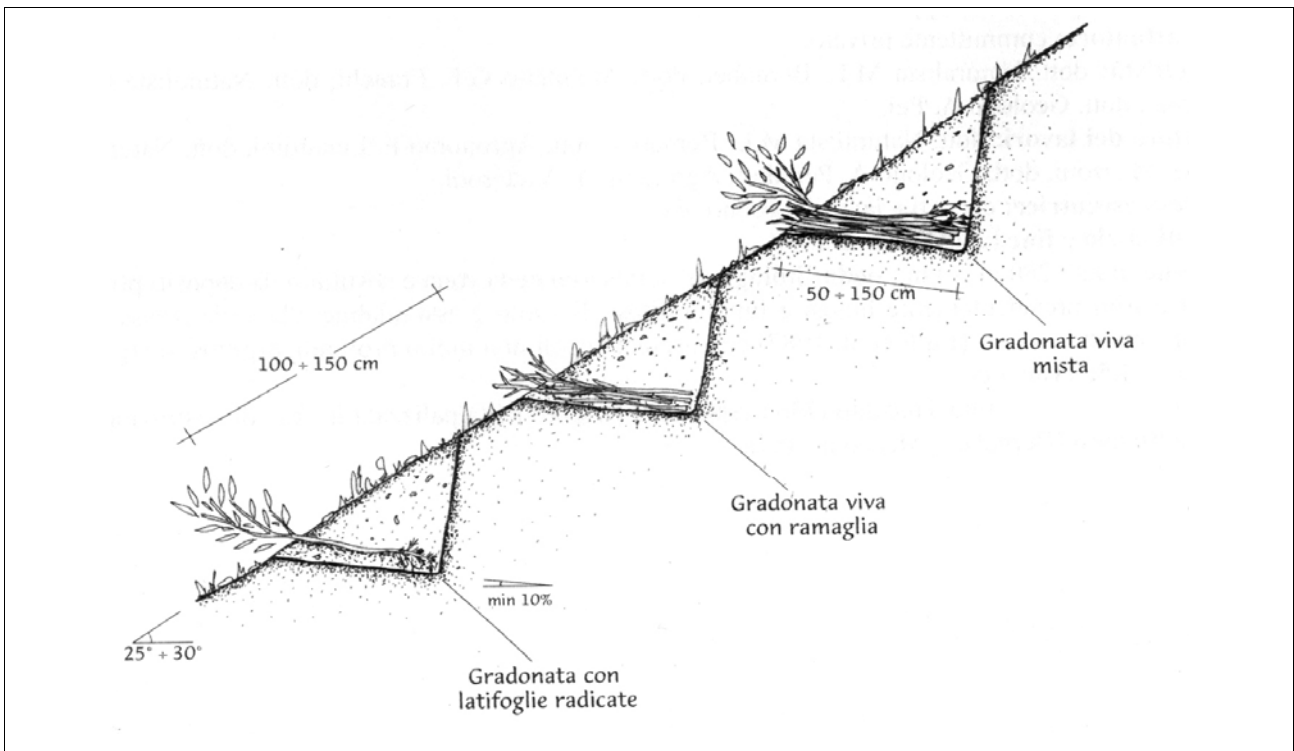
Rami o verghe o astoni di specie con capacità di riproduzione vegetativa; arbusti radicati.



Cordonata viva su versante. Provincia Autonoma di Bolzano. Foto M. Bacci

Gradonata viva<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Ministero dell'Ambiente e della tutela del territorio "Manuale di indirizzo per le scelte progettuali per interventi di Ingegneria naturalistica" Roma 2005



Schemi tipologici<sup>2</sup>

<b>Limiti di applicazione</b>	Superfici ad elevata acclività (> 40°) e aridità del substrato.
<b>Contesti applicativi</b>	C, D, E, F. 1, 3
<b>Adattamento all'ambito regionale</b>	In ambito regionale l'utilizzo di tali tecniche appare fortemente limitato dalle caratteristiche pedo-climatiche ed in particolare dalle condizioni di aridità dei substrati in vari contesti ambientali. Conseguentemente si ritiene utile l'utilizzo di tali tecniche solo in contesti bioclimatici di tipo temperato sub mediterraneo e in aree a moderata o alta igrofilia con bioclima mediterraneo. Depositi superficiali sciolti sia naturali che antropici, fronti di cava e pendii in rocce sciolte o tenere, più difficilmente in presenza di litotipi fratturati o con modesto grado di alterazione. Aree percorse da incendio
<b>Specie vegetali utilizzabili</b>	<i>Crataegus monogyna</i> , <i>Cytisus villosus</i> , <i>Prunus spinosa</i> , <i>Pyrus spinosa</i> , <i>Spartium junceum</i> , <i>Teline monspessulana</i> .
<b>Vantaggi</b>	Esecuzione semplice. Rallentamento del deflusso superficiale. La messa a dimora di piante radicate permette un rinverdimento più rapido. Si può eseguire anche a macchina e, in caso di rilevati, si può contemporaneamente posare la vegetazione.
<b>Svantaggi</b>	Richiede quantitativi ingenti di materiale vivo.
<b>Effetto</b>	Possibile consolidamento del versante in tempi brevi.
<b>Periodo intervento</b>	Durante il periodo di riposo vegetativo.

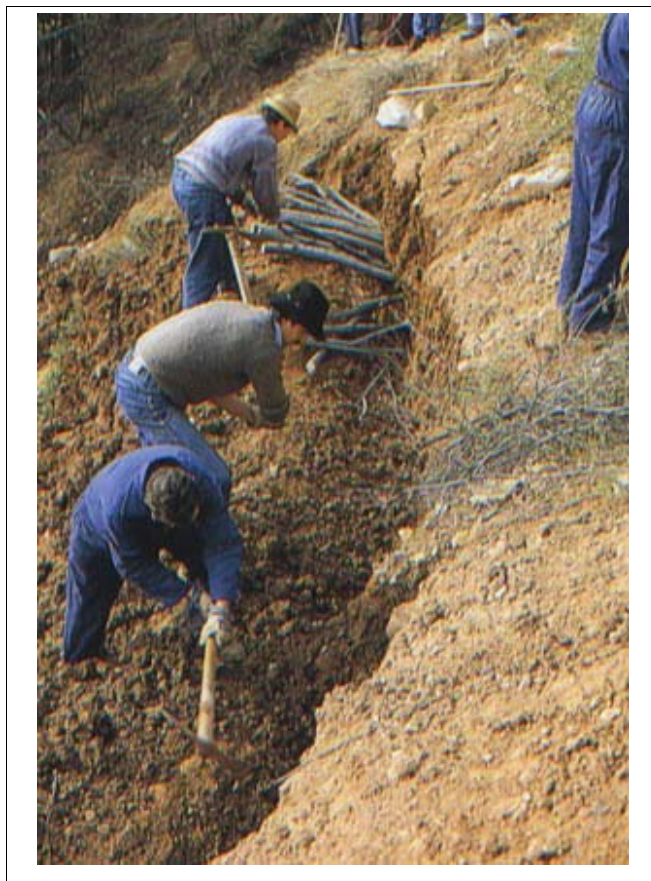
<sup>2</sup> Regione Toscana "Principi e linee guida per l'Ingegneria naturalistica" Vol. 2, Firenze 2001

<b>Possibili errori</b>	Gradonate troppo vicine tra loro che rendono instabile il pendio. Errata scelta del materiale vegetale. Substrati molto aridi e instabili.
<b>Voce di capitolato</b>	<p>La formazione di gradonate vive consiste nella realizzazione di una serie di banchine continue disposte lungo le curve di livello, con interasse di 1-2,5 m. La gradonata viva deve essere realizzata mediante apertura di uno scavo continuo lungo le curve di livello del versante interessato, della scarpata, ecc., a realizzare una banchina continua di almeno 50 cm di profondità, aperta manualmente e/o con mezzo meccanico leggero. Sul piano della banchina devono essere poste a dimora piantine di latifoglie, con le caratteristiche e la composizione specifica indicate in progetto e concordate con la D.L., con una densità di almeno 5 piantine/ml; le piantine devono essere interrare per circa 1/2 della loro lunghezza.</p> <p>Il lavoro deve essere eseguito procedendo dal basso verso l'alto; il rinterro di ogni banchina deve essere effettuato con il materiale di risulta dallo scavo della banchina superiore.</p> <p>Dovrà essere cura dell'Impresa compattare il terreno in prossimità delle piante, al fine<sup>3</sup> di evitare vuoti e discontinuità che potrebbero provocare disseccamenti .</p>

Altre foto illustrative di applicazioni:



Gradonata viva, Foto: G. Franchi



Gradonata viva<sup>4</sup>

<sup>3</sup> Regione Liguria "Schema di contratto e capitolato speciale d'appalto" GE 2003.

<sup>4</sup> A. Carbonai-M. Mezzanotte "Tecniche naturalistiche nella sistemazione del territorio", Trento 1996

## Cordonata viva

Scheda: A.4

### Descrizione:

All'interno di uno scavo vengono messe a dimora talee e ramaglia di salici, in appoggio su un tronco, posto sul margine esterno dello scavo. Parallelo al primo tronco è posto entro lo scavo stesso un secondo tronco, di rinforzo alla struttura. Pateria, ramaglia e reticolo radicale determinano una sorta di rinforzo del terreno, garantendone in tal modo il consolidamento. Per la grande quantità di materiale necessario e per le difficoltà di esecuzione la tecnica risulta costosa. In terreni umidi la cordonata ha un effetto drenante e di rinforzo grazie alla ramaglia e alla pateria; in zone aride può consentire il ristagno dell'acqua.

### Campi di applicazione:

Stabilizzazione di terreni instabili umidi, in particolare lungo linee di impluvio dei torrenti. Non è una tecnica adatta per le scarpate con roccia affiorante e pendenze eccessive.

### Materiali:

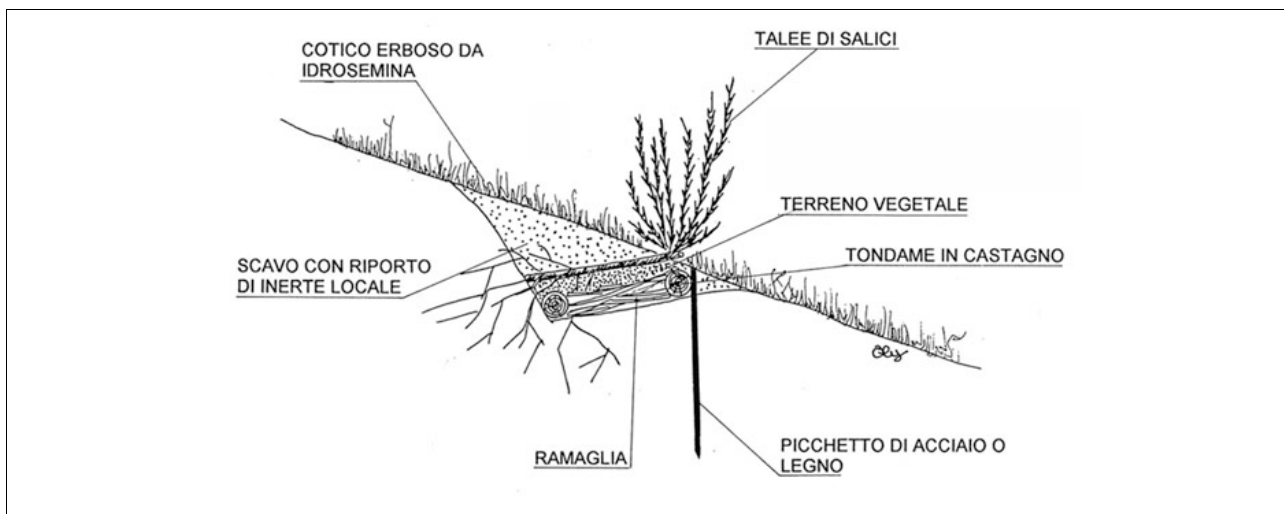
Tronchi di resinose o latifoglie diam. 6-14 cm; picchetti in ferro o legno; ramaglia viva e talee legnose di salici o altre specie di ambienti ripariali. L > 60 cm, diam. 3-8 cm; terreno vegetale.



*Realizzazione di cordonata viva Praxl (ottobre 1996) M. Aquilone (RI) - Foto P. Cornelini*

Cordonata viva<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Ministero dell'Ambiente e della tutela del territorio "Manuale di indirizzo per le scelte progettuali per interventi di Ingegneria naturalistica" Roma 2005



Schemi tipologici <sup>2</sup>

<b>Limiti di applicazione</b>	Superfici ad elevata acclività e aridità del substrato.
<b>Contesti applicativi</b>	A, B, D, E, F, H. 1,2,3
<b>Adattamento all'ambito regionale</b>	In ambito regionale l'utilizzo di tali tecniche appare estremamente limitato dalle caratteristiche pedo-climatiche ed in particolare dalle condizioni di aridità dei substrati in vari contesti ambientali. Conseguentemente si ritengono utili tali tecniche solo ed esclusivamente in contesti bioclimatici di tipo temperato sub mediterraneo. Formazioni argillose o marnose del Terziario, del Paleozoico o fronti di alterazione di litotipi vulcanici terziari; detriti di versante quaternari.
<b>Specie vegetali utilizzabili</b>	<i>Fraxinus ornus, Salix alba, S. atro cinerea, Ulmus minor.</i>
<b>Vantaggi</b>	Rafforzamento di pendii instabili; buona areazione delle radici.
<b>Svantaggi</b>	Richiede molto lavoro e molto materiale vegetale.
<b>Effetto</b>	Effetto drenante della ramaglia; stabilizzazione del pendio.
<b>Periodo intervento</b>	Durante il periodo di riposo vegetativo.
<b>Possibili errori</b>	Messa in opera di talee in senso contrario; errata scelta del periodo di lavorazione.
<b>Voce di capitolato</b>	Da impiegare in scarpate costituite da materiali sciolti consolidate mediante cordonate vive con piantine, consistenti nella realizzazione di una serie di banchine continue disposte lungo le curve di livello, con interasse di 2-2,5 m. La cordonata viva deve essere realizzata mediante apertura di uno scavo continuo lungo le curve di livello della scarpata, a realizzare una banchina continua di almeno 50 cm di profondità, aperta manualmente. Sul piano della banchina devono essere poste a dimora piantine di latifoglie, con capacità di sviluppo rapido e profondo dell'apparato radicale e

<sup>2</sup> Ministero dell'Ambiente e della tutela del territorio "Manuale di indirizzo per le scelte progettuali per interventi di Ingegneria naturalistica" Roma 2005

	<p>composizione specifica scelta dalla direzione Lavori, adatta alle circostanze ambientali, con densità di almeno 5 piantine/ml; le piantine devono essere interrare per circa 1/2 della loro lunghezza.</p> <p>Al di sopra delle piantine deve essere posato un palo di legname reperito in loco previo accordo e indicazioni della D.L., con funzione di consolidamento della scarpata e fissaggio temporaneo delle piantine; il palo deve avere diametro di 8-12 cm e lunghezza minima di 3-4 m.</p> <p>Il lavoro deve essere eseguito procedendo dal basso verso l'alto; il rinterro di ogni banchina deve essere effettuato con il materiale di risulta dallo scavo della banchina superiore.</p> <p>Dovrà essere cura dell'Impresa compattare il terreno in prossimità delle piante, al fine di evitare vuoti e discontinuità che potrebbero provocare disseccamenti .</p>
<p><b>Operazioni di manutenzione</b></p>	<p>Gli interventi di manutenzione sulle parti vegetali dell'opera comprendono il recupero delle fallanze, la potatura di formazione. Quelli sulle parti inerti prevedono il ripristino dei fissaggi.</p>

Altre foto illustrative di applicazioni:



*Cordonata. Foto: G. Franchi*



*Cordonata viva su versante. Provincia Autonoma di Bolzano. Foto M. Bacci*

<sup>3</sup> Regione Liguria "Schema di contratto e capitolato speciale d'appalto" GE 2003.



**Grata viva**
**Scheda: A.5**
**Descrizione:**

Struttura in tondame ottenuta mediante la posa di tronchi verticali e orizzontali disposti perpendicolarmente tra loro, questi ultimi sovrapposti a quelli verticali e chiodati ad essi. All'interno delle camere così ottenute, vengono poste in corso d'opera talee di alberi e/o arbusti radicati (talvolta supportati da pezzi di rete elettrosaldata) e il tutto viene ricoperto con inerte terroso locale. Una grata di piccole dimensioni può essere realizzata anche con l'impiego di astoni vivi. La stabilizzazione è immediata grazie all'armatura di legno e l'effetto aumenta con la radicazione delle specie vegetali, che svolgono anche un'azione drenante. Il legno col tempo marcisce, per cui, oltre a buone chiodature, è necessario che le piante inserite nella struttura siano vitali e radichino in profondità, così da sostituire la funzione di sostegno e consolidamento della scarpata una volta che il legno abbia perso le sue funzioni.

**Campi di applicazione:**

Ricostruzione del profilo di smottamenti con pendenze tra 45° e 55° che non possono essere ridotte; scarpate di infrastrutture viarie.

**Materiali:**

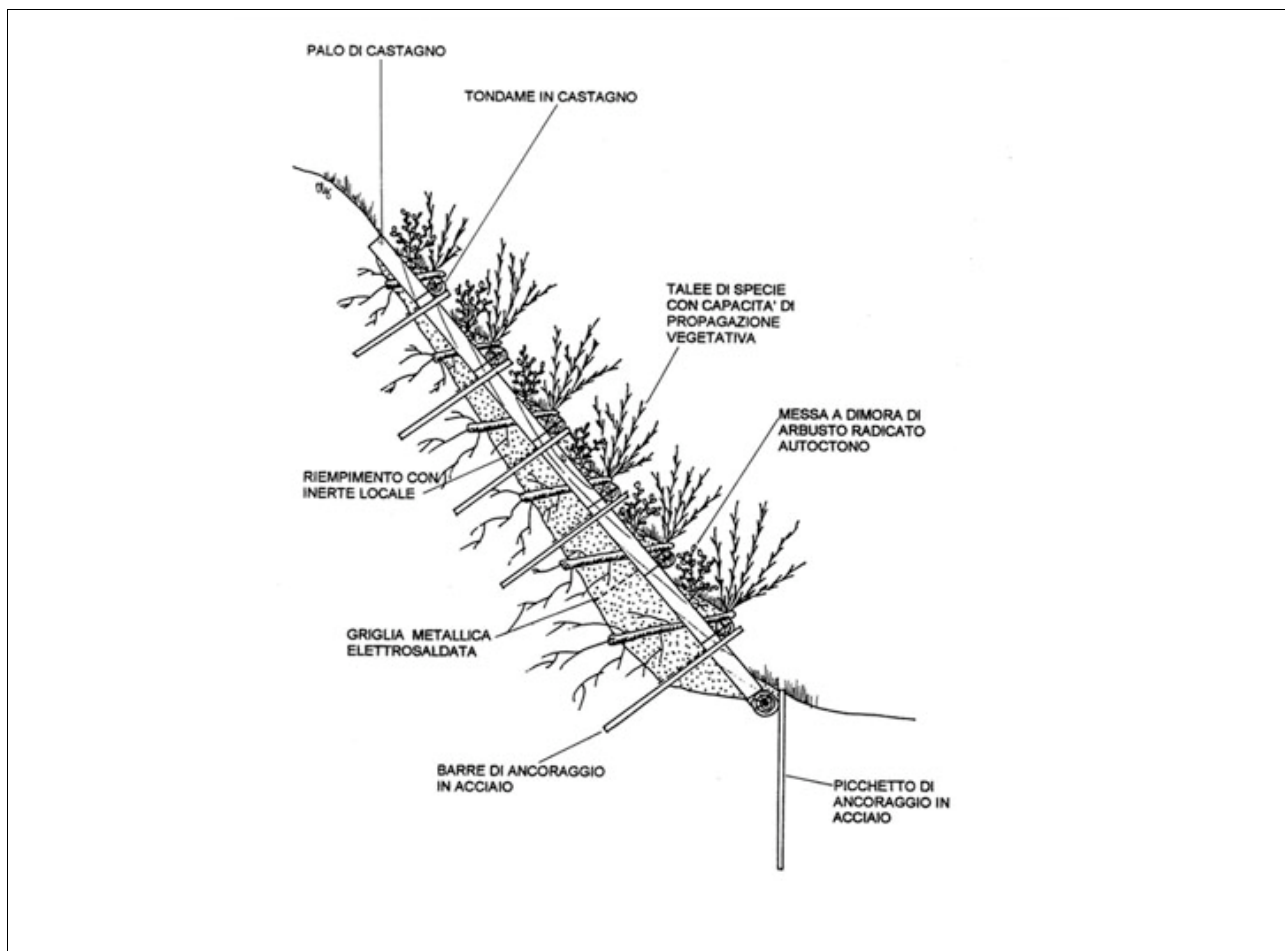
Tronchi di castagno e/o conifere scortecciati diam.15-25 cm, L = 2,00-5,00 m; picchetti in ferro diametro 14(16) mm, L = 40-100 cm; talee legnose L min. 1,00 m; inerte; sementi idonee; arbusti autoctoni; rete elettrosaldata di contenimento dell'inerte tra le camere.



*Fosso di Pomonte, Isola d'Elba (LI). Progetto IRIS (1999). Foto M. Bacci*

 Grata viva<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Ministero dell'Ambiente e della tutela del territorio "Manuale di indirizzo per le scelte progettuali per interventi di Ingegneria naturalistica" Roma 2005



Schemi tipologici<sup>2</sup>

<b>Limiti di applicazione</b>	Altezza e inclinazioni molto elevate del versante (> 55°), caratteristiche del substrato. Altezza massima 15-20 m.
<b>Contesti applicativi</b>	D, E, F, H. 1,2,3
<b>Adattamento all'ambito regionale</b>	In ambito regionale l'utilizzo di tali tecniche appare limitato dalle caratteristiche climatiche ed in particolare dalle condizioni di aridità dei substrati in vari contesti ambientali. Per tale motivo si ritiene che queste tecniche possano essere adoperate solo ove non vi siano limitazioni del contenuto idrico dei suoli. Conseguentemente si ritiene utile l'utilizzo di talee solo in contesti bioclimatici di tipo temperato sub mediterraneo e in aree a moderata o alta igrofilia con bioclima mediterraneo. Versanti con coperture detritiche sciolte o con litotipi sedimentari e di origine vulcanica non lapidei per mancata cementazione o alterazione. In minor misura su litologie metamorfiche e granitiche fratturate ed alterate. Scarpate stradali e depositi antropici con le stesse caratteristiche.

<sup>2</sup> Ministero dell'Ambiente e della tutela del territorio "Manuale di indirizzo per le scelte progettuali per interventi di Ingegneria naturalistica" Roma 2005

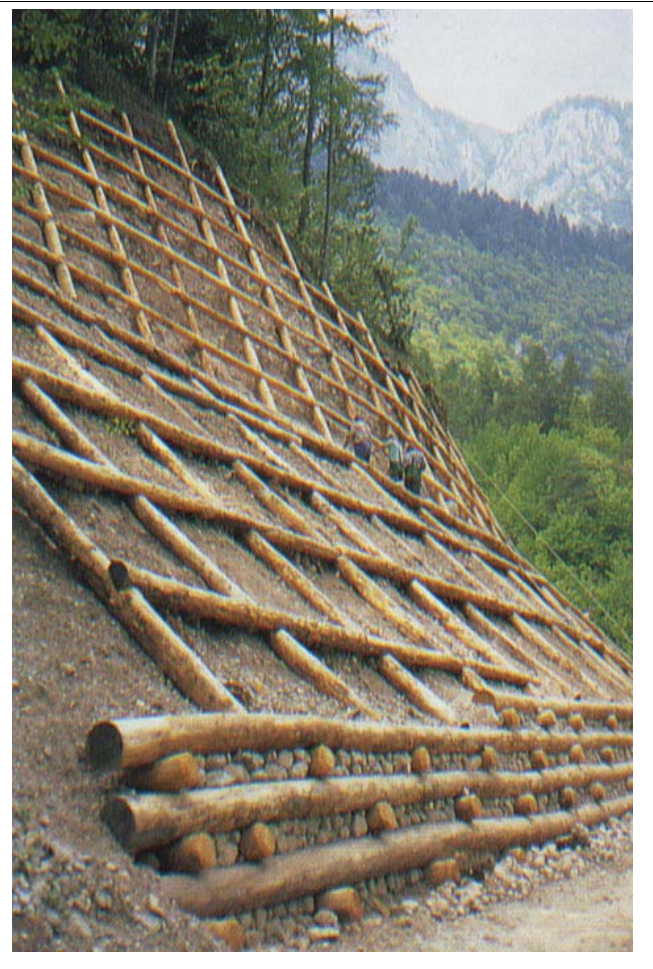
<b>Specie vegetali utilizzabili</b>	Per quanto concerne le specie utilizzabili si rimanda agli elenchi di alberi, arbusti e suffrutici realizzati per i distretti forestali nell'ambito del Piano Forestale ed Ambientale Regionale (PFAR).
<b>Vantaggi</b>	Stabilizzazione rapida del versante, che aumenta con l'accrescimento dell'apparato radicale della vegetazione.
<b>Svantaggi</b>	Effetto di stabilizzazione superficiale del pendio. Tempi di costruzione lunghi.
<b>Effetto</b>	Effetto immediato di consolidamento che aumenta con l'accrescimento della vegetazione. Buon inserimento paesaggistico.
<b>Periodo intervento</b>	Durante il periodo di riposo vegetativo.
<b>Possibili errori</b>	Correnti orizzontali posti sotto quelli verticali. Insufficiente chiodatura e scarsa dimensione dei chiodi e del legname. Mancata protezione a infiltrazioni di acqua nella parte a monte. Mancato scortecciamento dei tronchi. Non adeguato consolidamento del piede scarpata.
<b>Voce di capitolato</b>	<p>La grata viva deve essere realizzata utilizzando legname scortecciato di castagno o di resinose, si può utilizzare anche tondame impregnato a pressione con sostanze conservanti (però di tipo atossico); il tondame deve essere di buona qualità tecnologica, senza difetti (marciumi, danni da fitopatie, ecc.), ben conformato, di lunghezza minima pari a 3 m e di diametro compreso tra 15 e 18 cm; a lavoro ultimato, la grata è costituita da una maglia quadrata continua, appoggiata al terreno e ben ancorata ad esso con picchetti. La base della costruzione deve essere appoggiata alla struttura di consolidamento al piede (palificata, scogliera, gabbionata, ecc.) costituita da elementi verticali e orizzontali.</p> <p>Prioritariamente, devono essere posti in opera gli elementi verticali, previa apertura, per ogni singolo elemento, di uno scavo di fondazione disposto lungo la linea di massima pendenza, di profondità pari a 1/3 del diametro del tondame che vi verrà collocato, con funzione di alloggiamento del tondame stesso. Ogni elemento verticale potrà essere costituito da più elementi, saldamente congiunti con incastri e chiodature, fino a raggiungere la quota superiore dell'opera, indicata dalla D.L.. Gli elementi verticali saranno disposti alla reciproca distanza di 1,5 - 2 m.</p> <p>Successivamente dovranno essere posti a dimora gli elementi orizzontali, che si svilupperanno con un interasse di 1,5 - 2 m lungo le curve di livello, in modo da formare elementi continui, formati da singoli pezzi saldamente congiunti con incastri e chiodature.</p> <p>L'assemblaggio degli elementi verticali e orizzontali deve essere effettuato negli incroci, previa realizzazione di un piccolo incastro sul tronco superiore, apertura di un foro passante con trapano dotato di punta idonea di 12-14 mm e infissione di un chiodo in tondino ad aderenza migliorata di diametro pari a 14-16 mm. In corrispondenza di ogni incrocio, saranno infissi due picchetti in legname di castagno e/o in tondino ad aderenza migliorata con d=16 mm in funzione della natura del terreno e in relazione alle indicazioni della D.L..</p> <p>Il lavoro dovrà procedere dal basso verso l'alto e comprenderà il riempimento della struttura con il terreno derivante dallo scoronamento e dalla profilatura dell'area in dissesto; in mancanza di materiale sufficiente si provvederà al riempimento con materiale, accettato dalla D.L., derivante da cave di prestito .</p> <p>La formazione del rinterro a monte degli elementi orizzontali deve consentire l'agevole impianto e sviluppo di materiale vegetale; devono essere poste a dimora 8-10 talee/mq di specie radicanti, nelle stesse specie e proporzioni già</p>

	indicate, oppure 3-4 piantine <sup>3</sup> di latifoglie e arbustive, nelle specie e proporzioni indicate in progetto .
<b>Operazioni di manutenzione</b>	Gli interventi di manutenzione sulle parti vegetali dell'opera comprendono il recupero delle fallanze, la potatura di formazione, i diradamenti, lo sfalcio e la protezione dagli animali. Quelli sulle parti inerti prevedono il ripristino dei fissaggi e/o l'accoppiamento dei nuovi elementi e la maglia di scolo

Altre foto illustrative di applicazioni:



Grata viva, (2002) Reggello (FI). Foto: G. Franchi



Grata viva <sup>4</sup>

<sup>3</sup> Regione Liguria "Schema di contratto e capitolato speciale d'appalto" GE 2003.

<sup>4</sup> A. Carbonai-M. Mezzanotte "Tecniche naturalistiche nella sistemazione del territorio", Trento 1996

## Palificata viva a parete semplice

Scheda: A.6

### Descrizione:

Struttura in legname costituita da tronchi a formare camere nelle quali vengono inserite piante e/o fascine di specie con capacità di propagazione vegetativa. L'opera, posta alla base di un pendio o di una sponda, è completata dal riempimento con materiale terroso inerte e pietrame nella parte sotto il livello medio dell'acqua. Il pietrame e le fascine poste a chiudere le celle verso l'esterno garantiscono la struttura dagli svuotamenti. Le talee inserite in profondità sono necessarie per garantire l'attecchimento delle piante che negli ambienti mediterranei soffrono per le condizioni di aridità. L'effetto consolidante è notevole, legato inizialmente alla durata del legname e sostituito nel tempo dallo sviluppo delle radici delle piante. In tal senso sono consigliabili altezze della struttura inferiori a 2 m.

Il consolidamento è rapido e robusto, con un effetto visivo immediatamente gradevole e di grande effetto paesaggistico, legato al rapido sviluppo delle ramaglie.

Il legno col tempo marcisce, per cui oltre a buone chiodature, è necessario che le piante inserite nella struttura siano vitali e radichino in profondità, così da sostituire la funzione di sostegno e consolidamento della scarpata, una volta che il legno si deteriora.

### Campi di applicazione:

Consolidamento di pendii e scarpate franosi; al piede di scarpate stradali o ferroviarie; sponde fluviali soggette ad erosione di corsi d'acqua ad energia medio-alta con trasporto solido, anche di medie dimensioni. Utilizzabile in situazioni di spazio o di possibilità di scavo limitati.

### Materiali:

Tronchi di castagno o resinose scortecciati diam. 20-30 cm; chiodature metalliche diam. 12-14 mm; talee e ramaglie (da abbinare a fascine vive del diam. 25-30 cm e fascine morte diam. 25-30 cm nel caso di palificata spondale); inerte terroso e pietrame (nella palificata spondale); arbusti autoctoni.



*T. Argomenta (FI). Progetto IRIS (1997). Foto IRIS*

Palificata a parete semplice <sup>1</sup>



*Schemi tipologici<sup>2</sup>*

<b>Limiti di applicazione</b>	Limitata durata della struttura lignea; altezza massima 2 m. Elevata mobilità geomorfologica.
<b>Contesti applicativi</b>	A, B, C, D, E, F, H, I. 1,2,3.
<b>Adattamento all'ambito regionale</b>	In ambito regionale l'utilizzo di tali tecniche appare limitato dalle caratteristiche climatiche ed in particolare dalle condizioni di aridità dei substrati in vari contesti ambientali. Per tale motivo si ritiene che queste tecniche possano essere adoperate solo ove non vi siano limitazioni del contenuto idrico dei suoli. Sponde di corsi d'acqua con depositi alluvionali con granulometria da argilloso a ciottolosa, caratterizzati anche da elevato trasporto solido purchè non troppo grossolano. Pendii naturali in litotipi sedimentari non cementati e vulcanici argillificati.
<b>Specie vegetali utilizzabili</b>	Per quanto concerne le specie utilizzabili si rimanda agli elenchi di alberi, arbusti e suffrutici realizzati per i distretti forestali nell'ambito del Piano Forestale ed Ambientale Regionale (PFAR).
<b>Vantaggi</b>	Consolidamento rapido del piede della scarpata, tecnicamente semplice da realizzare. Elevato grado di sostegno. Successo vegetativo anche in caso di scarsa presenza idrica superficiale.
<b>Svantaggi</b>	Richiede una certa quantità di materiale legnoso non sempre facilmente reperibile in loco. Risultati scadenti nel caso le talee o le piante si inseriscano successivamente.

<sup>1</sup> Ministero dell'Ambiente e della tutela del territorio "Manuale di indirizzo per le scelte progettuali per interventi di Ingegneria naturalistica" Roma 2005

<sup>2</sup> Ministero dell'Ambiente e della tutela del territorio "Manuale di indirizzo per le scelte progettuali per interventi di Ingegneria naturalistica" Roma 2005

<b>Effetto</b>	Effetto immediato di consolidamento strutturale. La vegetazione, in condizioni favorevoli, ha capacità di accrescere velocemente e migliorare l'aspetto sia tecnico che ecologico.
<b>Periodo intervento</b>	Realizzabile solamente nel periodo di riposo vegetativo.
<b>Possibili errori</b>	Inserimento della vegetazione in momenti successivi. Chiodatura con chiodi e legname di dimensione insufficienti. Mancata scortecciatura del legno utilizzato che favorisce la crescita di funghi e marciumi. Mancata protezione del paramento esterno, in ambito fluviale. Utilizzo di legname disomogeneo. Campate non regolari o sconnesse. Sciancature dovute a fissaggi mal realizzati.
<b>Voce di capitolato</b>	<p>La palificata viva deve essere realizzata utilizzando legname scortecciato di castagno o di resinose, si può utilizzare anche tondame impregnato a pressione con sostanze conservanti (però non tossiche); il tondame deve essere di buona qualità tecnologica, senza difetti (marciumi, danni da fitopatie, ecc.), ben conformato, di lunghezza minima pari a 3 m e di diametro compreso tra 20 e 30 cm; la palificata deve essere realizzata con una scarpa del paramento a valle di almeno il 10 % o in aderenza alla scarpata esistente. Lo scavo di fondazione sarà limitato all'alloggiamento del tondame di base e potrà essere effettuato a mano e/o con mezzo meccanico.</p> <p>La struttura prevede correnti (tondame da disporre lungo linee orizzontali sul paramento esterno) e traversi in tondame appuntito a una estremità, che deve essere infisso nella scarpata o comunque nel terreno. I traversi devono avere diametro di 12-18 cm e lunghezza compresa tra 150 e 250 cm; potranno essere infissi a mano (nelle misure minori) o con l'ausilio di un mezzo meccanico.</p> <p>L'interasse tra il tondame disposto trasversalmente (traversi) deve essere di circa 150 cm., disposto a quinconce o allineate sul prospetto della palificata, come da dettagli esecutivi allegati al progetto. L'assemblaggio del tondame deve essere effettuato previa realizzazione di un piccolo incastro sul tronco superiore, apertura di un foro passante con trapano dotato di punta idonea di 10-12 mm e infissione di un chiodo in tondino ad aderenza migliorata di diametro pari a 12-14 mm. I singoli tronchi longitudinali (correnti) devono essere collegati tra loro mediante appositi incastri e fissaggio con chiodi idonei.</p> <p>Il lavoro, procedendo dallo scavo di fondazione verso l'alto, dovrà comprendere il riempimento della struttura e la posa delle talee e/o delle piantine negli interstizi tra il legname, operando per strati. In caso di necessità di drenaggio indicate dal progetto e/o dal direttore, la struttura potrà essere intasata da materiale detritico grossolano reperito in loco, per i soli tratti con funzione drenante intensiva.</p>
<b>Operazioni di manutenzione</b>	Gli interventi di manutenzione sulle parti vegetali dell'opera comprendono il recupero delle fallanze, la potatura di formazione, e la protezione antifauna. Quelli sulle parti inerti prevedono il ripristino dei fissaggi e/o l'accoppiamento dei nuovi elementi e la maglia di scolo

Altre foto illustrative di applicazioni:



*Rio Sacco (BZ). Progetto Prov.BZ (1994). Foto M. Bacci*



## Palificate viva a parete doppia

Scheda: A.7

### Descrizione:

Struttura in legname costituita da un'incastellatura di tronchi a formare camere nelle quali vengono inserite piante e/o fascine di specie con capacità di propagazione vegetativa. L'opera, posta alla base di un pendio o di una sponda, è completata dal riempimento con materiale terroso inerte e pietrame nella parte sotto il livello medio dell'acqua. Il pietrame e le fascine poste a chiudere le celle verso l'esterno garantiscono la struttura dagli svuotamenti. Le talee inserite in profondità sono necessarie per garantire l'attecchimento delle piante che negli ambienti mediterranei soffrono per le condizioni di aridità estiva. L'effetto consolidante è notevole, legato inizialmente alla durata del legname e sostituito nel tempo dallo sviluppo delle radici delle piante. In tal senso sono consigliabili altezze della struttura inferiori a 2,5 m.

Il consolidamento è rapido e robusto, con un effetto visivo immediatamente gradevole e di grande effetto paesaggistico, legato al rapido sviluppo delle ramaglie.

Il legno col tempo marcisce, per cui oltre a buone chiodature, è necessario che le piante inserite nella struttura siano vitali e radichino in profondità, così da sostituire, come detto, la funzione di sostegno e consolidamento della scarpata, una volta che il legno si deteriora.

### Campi di applicazione:

Consolidamento di pendii e scarpate franosi; al piede di scarpate stradali o ferroviarie; sponde fluviali soggette ad erosione di corsi d'acqua ad energia medio-alta con trasporto solido, anche di medie dimensioni. La variante a una parete è preferibile in situazioni di spazio o di possibilità di scavo limitati.

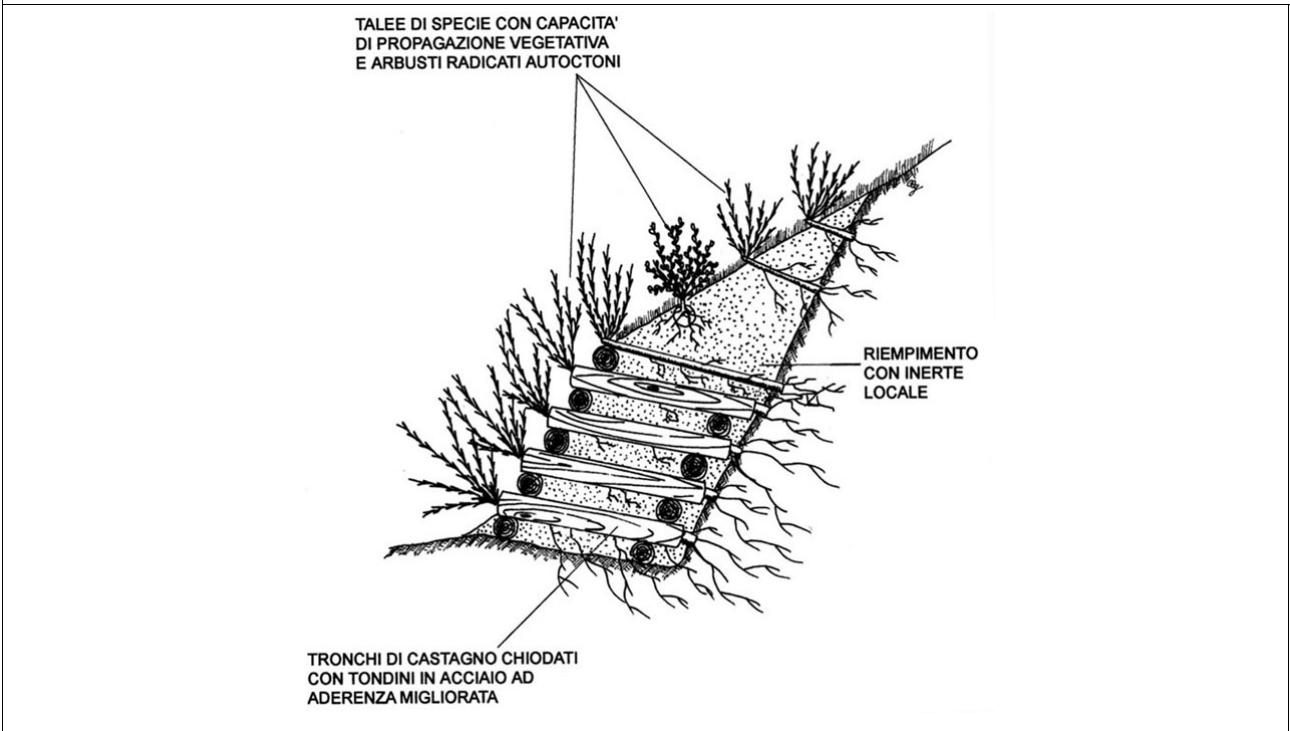
### Materiali:

Tronchi di castagno o resinose scortecciati diam. 20-30 cm; chiodature metalliche diam. 12-14 mm; talee e ramaglie (da abbinare a fascine vive diam. 25-30 cm e fascine morte diam. 25-30 cm nel caso di palificata spondale); inerte terroso e pietrame (nella palificata spondale); arbusti autoctoni.



*T. Ponterosso (FI). Progetto IRIS (1996). Foto M.Bacchi*

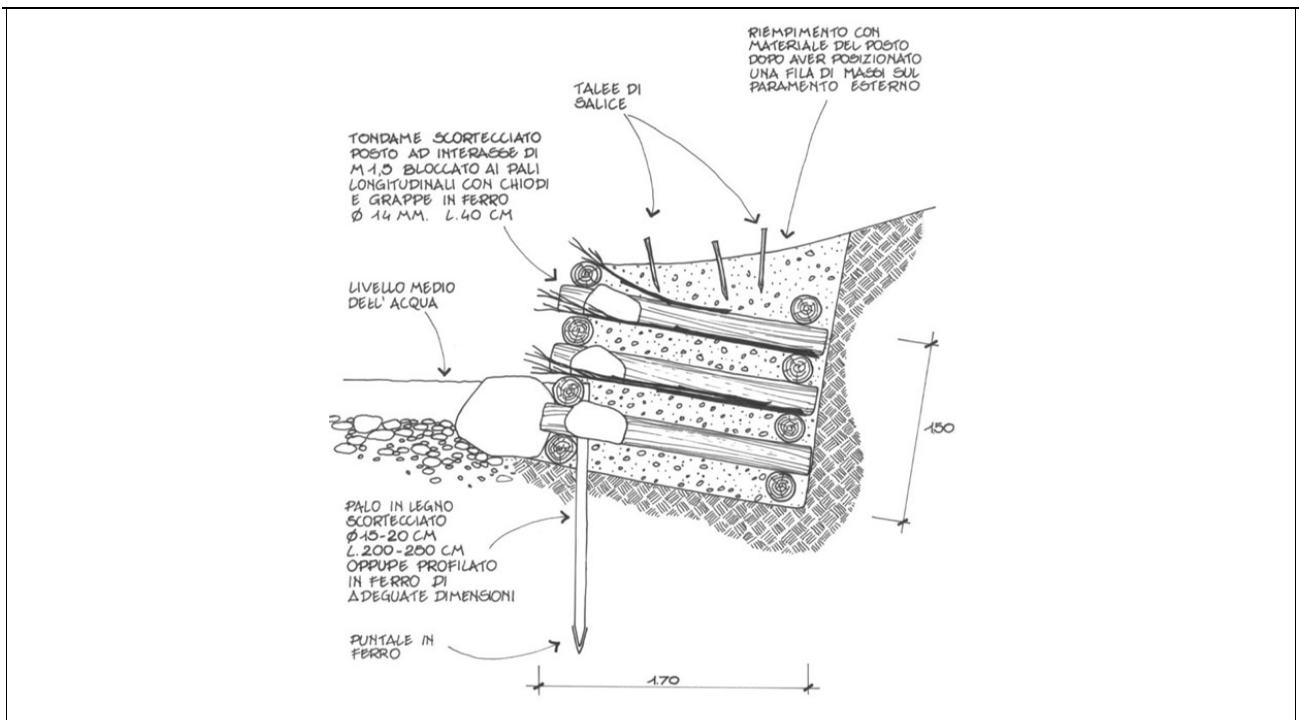
Palificata doppia <sup>1</sup>



*Schema tipologico su versante <sup>2</sup>*

<sup>1</sup> Ministero dell'Ambiente e della tutela del territorio "Manuale di indirizzo per le scelte progettuali per interventi di Ingegneria naturalistica" Roma 2005

<sup>2</sup> Ministero dell'Ambiente e della tutela del territorio "Manuale di indirizzo per le scelte progettuali per interventi di Ingegneria naturalistica" Roma 2005



Schema tipologico in ambito fluviale<sup>3</sup>

<b>Limiti di applicazione</b>	Limitata durabilità della struttura lignea, altezza massima 2-2,5 m.
<b>Contesti applicativi</b>	A, B, D, E, F, L. 1,2,3,
<b>Adattamento all'ambito regionale</b>	In ambito regionale l'utilizzo di tali tecniche appare limitato dalle caratteristiche climatiche ed in particolare dalle condizioni di aridità dei substrati in vari contesti ambientali. Per tale motivo si ritiene che queste tecniche possano essere adoperate solo ove non vi siano limitazioni del contenuto idrico dei suoli. Pendii naturali e scarpate stradali su substrati di vario tipo e natura anche con elevata rocciosità. Sponde di corsi d'acqua anche con elevato trasporto solido medio-grossolano.
<b>Specie vegetali utilizzabili</b>	Per quanto concerne le specie utilizzabili si rimanda agli elenchi di alberi, arbusti e suffrutici realizzati per i distretti forestali nell'ambito del Piano Forestale ed Ambientale Regionale (PFAR).
<b>Vantaggi</b>	Consolidamento consistente e rapido del piede della scarpata, tecnicamente semplice da realizzare.
<b>Svantaggi</b>	Richiede ingente materiale legnoso non sempre reperibile in loco. Risultati scadenti nel caso le talee o le piante si inseriscano successivamente.
<b>Effetto</b>	Effetto immediato di consolidamento sia strutturale. La vegetazione ha capacità di accrescere velocemente e migliorare l'aspetto sia tecnico che ecologico.
<b>Periodo intervento</b>	Realizzabile solamente nel periodo di riposo vegetativo,
<b>Possibili errori</b>	Inserimento della vegetazione in momenti successivi. Chiodatura con chiodi o

<sup>3</sup> Archivio Franchi Associati

	<p>legname di dimensione insufficiente. Mancata scortecciatura del legno utilizzato che favorisce la crescita di funghi e marciumi. Mancato ancoraggio al piede e mancata protezione del paramento esterno in ambito fluviale. Utilizzo di legname disomogeneo. Campate non regolari o sconnesse. Sciancature dovute a fissaggi mal realizzati.</p>
<p><b>Voce di capitolato</b></p>	<p><u><i>Palificata a doppia parete su versante</i></u>          La palificata viva deve essere realizzata utilizzando legname scortecciato di castagno o di resinose, si può utilizzare anche tondame impregnato a pressione con sostanze conservanti, secondo quanto indicato; il tondame deve essere di buona qualità tecnologica, senza difetti (marciumi, danni da fitopatie, ecc.), ben conformato, di lunghezza minima pari a 3 m e di diametro compreso tra 20 e 30 cm; la palificata deve essere realizzata a doppia parete, con una scarpa del paramento a valle di almeno il 10 %.          La realizzazione della struttura deve essere effettuata successivamente allo scavo di fondazione, effettuato a mano e/o con mezzo meccanico, con una contropendenza a monte di circa il 10 % ed una profondità minima di 40 cm.          L'interasse tra il tondame disposto trasversalmente (traversi) deve essere di circa 150 cm., disposto a quinconce sul prospetto della palificata, come da dettagli esecutivi allegati al progetto. L'assemblaggio del tondame deve essere effettuato previa realizzazione di un piccolo incastro sul tronco superiore, apertura di un foro passante con trapano dotato di punta idonea di 12-14 mm e infissione di un chiodo in tondino ad aderenza migliorata di diametro pari a 14-16 mm. I singoli tronchi longitudinali (correnti) devono essere collegati tra loro mediante appositi incastri e fissaggio con chiodi idonei.          Oltre all'infissione dei chiodi, per rafforzare il collegamento tra i pali traversi e correnti si potranno impiegare staffe a U, realizzate con tondino di dimensioni proporzionate a quelle del legname, comunque secondo modalità da concordare con la D.L.          Il lavoro, procedendo dallo scavo di fondazione verso l'alto, dovrà comprendere il riempimento della struttura e la posa delle talee e/o delle piantine negli interstizi tra il legname, operando strato per strato. In caso di necessità di drenaggio indicate dal progetto e/o dal direttore, la struttura potrà essere intasata da materiale detritico grossolano reperito in loco, per i soli tratti con funzione drenante intensiva.</p> <p><u><i>Palificata spondale a doppia parete</i></u>          Realizzata con gli stessi accorgimenti della palificata su versante. Nel caso di substrati mobili, successivamente alla realizzazione dello scavo di fondazione, sul fondo di esso dovranno essere disposti massi di adeguata dimensione, fino a formare una base di fondazione di altezza pari a ..... cm e almeno a una quota di 40 cm al di sotto del fondo alveo, al fine di evitare eventuali erosioni della base della palificata, qualora ritenute possibili in sede progettuale. La disposizione dei massi non dovrà essere casuale, ma dovrà consentire la successiva posa della base della struttura in legno.          Tra i massi dovranno essere fissati dei pali in legno di castagno (diam. 20-25 cm e lunghezza 200-250 cm) che potranno essere utilizzati per ancorarvi la struttura in legname. Nel caso di elevate azioni erosive e substrati mobili, al piede del paramento esterno della palificata dovranno essere posti a dimora massi di dimensione adeguata, secondo le indicazioni di progetto, che, solo in particolari condizioni di elevati sforzi e trasporto solido, potranno comprendere la legatura reciproca dei massi con fune di acciaio da 14-16 mm di diametro, collegati ai massi mediante occhielli in acciaio infissi nei</p>

	<p>singoli massi.          Su indicazione di progetto, il riempimento della palificata potrà essere effettuato con materiale lapideo, di pezzatura appena superiore agli interstizi tra il legname, con funzione di consolidamento e drenaggio della struttura, mentre nei due terzi superiori sarà intasata da materiale terroso e lapideo di minore granulometria,<sup>4</sup> tale da garantire, a giudizio della D.L., l'attecchimento e sviluppo delle talee .</p>
<b>Operazioni di manutenzione</b>	<p>Gli interventi di manutenzione sulle parti vegetali dell'opera comprendono il recupero delle fallanze, la potatura di formazione, e la protezione antifauna. Quelli sulle parti inerti prevedono il ripristino dei fissaggi e/o l'accoppiamento dei nuovi elementi e la maglia di scolo</p>

Altre foto illustrative di applicazioni:



*T.Triponzio (AN). Progetto IRIS (1997). Foto: M. Bacci*



*Palificata doppia fluviale. Foto: G. Franchi*

<sup>4</sup> Regione Liguria "Schema di contratto e capitolato speciale d'appalto" GE 2003.



*Pescia (PT). Progetto Franchi Associati (2002)  
Foto: G. Franchi*

**Terra biorinforzata**
**Scheda: A.8**
**Descrizione:**

Opera di sostegno realizzata attraverso l'abbinamento di materiali di rinforzo orizzontali in reti metalliche, inerti di riempimento e rivestimento con stuoie sul paramento esterno che permettano la crescita delle piante.

**Campi di applicazione:**

Sostegno di scarpate stradali, scarpate in riporto, terrapieni antirumore e realizzazione di scarpate in casi di spazio limitato.

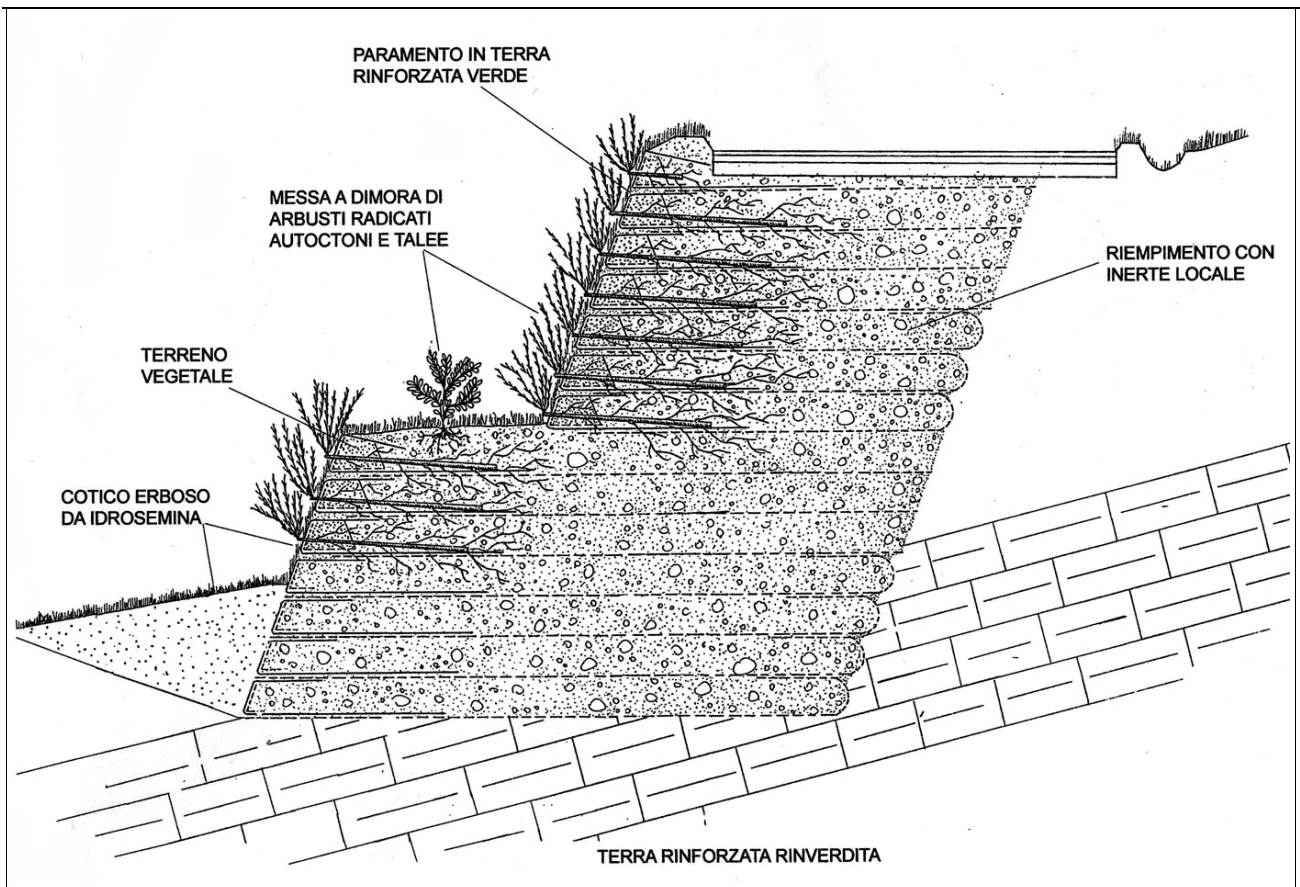
**Materiali:**

Griglie metalliche di rinforzo del paramento esterno e armature orizzontali, terreno vegetale, biostuoie in fibra vegetale, talee di specie idonee, idrosemina, arbusti radicati.



*T. Parmignola (SP). Progetto IRIS (1999). Foto M. Bacci*

Terra biorinforzata



Schemi tipologici

<b>Limiti di applicazione</b>	Pendenze massime del paramento esterno 60°. Le talee devono garantire la funzione antiersiviva del terreno in quanto le stuoie, perdendo la loro funzione nel tempo, possono mettere in crisi la struttura.
<b>Contesti applicativi</b>	A, B, C,D, E, F, H.
<b>Adattamento all'ambito regionale</b>	In ambito regionale l'utilizzo di tali tecniche appare limitato dalle caratteristiche climatiche ed in particolare dalle condizioni di aridità dei substrati in vari contesti ambientali. Per tale motivo si ritiene che queste tecniche possano essere adoperate solo ove non vi siano limitazioni del contenuto idrico dei suoli. Formazioni sedimentarie a carattere detritico. Litotipi argillificati oppure ulteriormente alterabili ed esposti a dinamiche di fluidificazione in caso di saturazione per piogge abbondanti .
<b>Specie vegetali utilizzabili</b>	Per le idrosemine risultano adeguate e/o compatibili le seguenti specie autoctone: <i>Ampelodesmos mauritanicus</i> , <i>Antirrhinum tortuosum</i> , <i>Artemisia arborescens</i> , <i>A. variabilis</i> , <i>Bituminaria bituminosa</i> , <i>Brachypodium retusum</i> , <i>Dactylis glomerata</i> , <i>D. hispanica</i> , <i>Dittrichia viscosa</i> , <i>Helichrysum tyrrhenicum</i> , <i>Hyparrhenia hirta</i> , <i>H. pubescens</i> , <i>Lotus sp. pl.</i> , <i>Lygeum spartum</i> , <i>Medicago sp. pl.</i> , <i>Phagnalon saxatile</i> , <i>P. rupestre</i> , <i>Piptatherum coerulescens</i> , <i>P. miliaceum</i> , <i>Ptilostemon casabonae</i> , <i>Sulla coronaria</i> , <i>Sulla spinosissima</i> , <i>Stipa bromoides</i> . Per quanto concerne le specie arbustive e suffrutticose utilizzabili si rimanda agli elenchi realizzati per i distretti forestali nell'ambito del Piano Forestale ed Ambientale Regionale (PFAR).



<b>Vantaggi</b>	Consolidamento immediato
<b>Svantaggi</b>	Ingombri superiori rispetto ad altre opere. Necessità di reperire materiali idonei di riempimento.
<b>Effetto</b>	Sistemazione immediata ed efficace, buon inserimento paesaggistico.
<b>Periodo intervento</b>	Esclusivamente nei periodi autunnali e invernali, ad esclusione di quelli siccitosi e troppo freddi per condizioni microclimatiche.
<b>Possibili errori</b>	Scelta errata dei sementi. Scelta errata del tipo di stuoi. Scarsa rullatura del terreno con conseguenti cedimenti.
<b>Voce di capitolato</b>	<p>Per la formazione di opere di sostegno in terra rinforzata l'impresa è tenuta ad osservare tutte le prescrizioni tecniche e costruttive indicate in progetto per la tipologia di terra rinforzata scelta dal Progettista, che sono proprie dei materiali scelti.</p> <p>Per il rivestimento vegetativo dei manufatti in terre rinforzate l'Impresa è tenuta ad osservare le seguenti regole: il paramento esterno del manufatto dovrà avere una inclinazione ottimale di 60-70° per consentire l'apporto idrico delle precipitazioni atmosferiche al materiale vegetale posto a dimora lo strato esterno del riempimento delle terre rinforzate dovrà essere costituito da terreni di coltivo o di scavo, purchè a giudizio della D.L. fornisca garanzie per l'attecchimento delle piantine. La D.L. provvederà anche, qualora non prescritto in progetto, ad indicare lo spessore dello strato di terreno di coltura, in relazione alle esigenze delle piante poste a dimora il paramento esterno dovrà essere seminato con la tecnica dell'idrosemina, con miscele scelte in fase di progetto e/o indicate dalla D.L. tra quelle più adatte alle condizioni microstazionali del sito e del manufatto, con quantità minima di semente di 60 gr/mq., collanti, ammendanti, concimanti e fibre organiche (mulch) in quantità definite dalla D.L. per garantire l'attecchimento del cotico erboso, messa a dimora di talee e/o piantine di specie arbustive pioniere, in quantità di 1 piantina ogni 2 mq., poste a dimora per infissione (talee) e per buche nelle maglie del paramento esterno (se possibile) e/o su gradoncini ottenuti tra moduli di terre rinforzate .</p>
<b>Operazioni di manutenzione</b>	Gli interventi di manutenzione sulle parti vegetali dell'opera comprendono il recupero delle fallanze, le potature di formazione e i diradamenti. Quelli sulle parti interti il ripristino dei fissaggi.

1

Regione Liguria "Schema di contratto e capitolato speciale d'appalto" GE 2003.

## Viminata viva

Scheda: B.1

### Descrizione:

Intreccio di verghe di specie legnose con capacità di propagazione vegetativa, attorno a paletti in legno. Si ottiene una rapida stabilizzazione sino a 25-30 cm di profondità e immediato contenimento del materiale. E' una tecnica adattabile alla morfologia della scarpata. La sua esecuzione richiede notevole mano d'opera e non sempre sono reperibili, per l'intreccio, verghe lunghe ed elastiche in quantità sufficiente. La stabilizzazione è immediata per gli strati superficiali di terreno e si ha un miglioramento quando le verghe emettono radici, anche se la radicazione è modesta rispetto alle quantità di materiale utilizzato. Spesso può accadere che i paletti vengano spezzati per un eccesso di carico da monte o a causa dei sassi che precipitano dall'alto. In tal caso si rendono necessarie opere manutentive e la sostituzione dei paletti spezzati. L'effetto stabilizzante si ha solamente nel caso di vimate interrate e seminterrate, nelle quali siano ridotti i fenomeni di sottoescavazione e scalzamento.

### Campi di applicazione:

Scarpate con inclinazione massima di 40° e soggette a movimento superficiale del terreno o a modesti franamenti. Sponde di corsi d'acqua a velocità della corrente medio-bassa e trasporto solido ridotto. Non è una tecnica utilizzabile in corsi d'acqua ad elevata energia. Tecnica utilizzabile su terreni sassosi o rocciosi se abbinata a riporti di terreno.

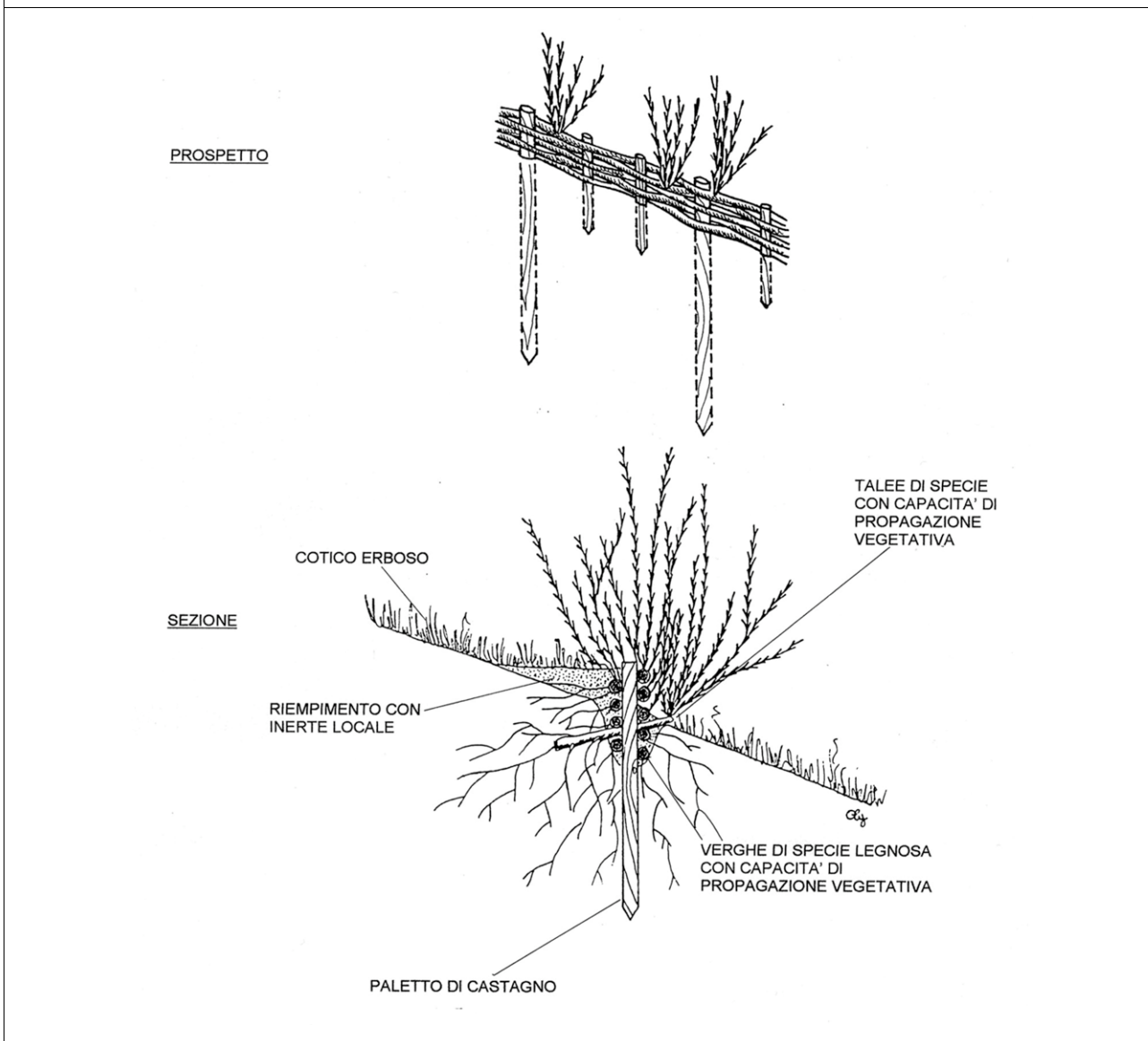
### Materiali:

Verghe elastiche di specie legnose, adatte all'intreccio e con capacità di propagazione vegetativa (es. salici, tamerici), poco ramificate, L min. 1,50 m e diam. alla base non inferiore a 1-4 cm; paletti in legno di conifere o castagno diam. 5-8 cm, L = 1-1,50 m; picchetti di ferro diam. 14-16 mm, L 50 cm-1m; filo di ferro cotto.



*Viminata viva seminterata (ottobre 1996) Anversa degli Abruzzi (AQ) - Foto P. Cornolini*

Viminata viva<sup>1</sup>



Schemi tipologici<sup>2</sup>

<b>Limiti di applicazione</b>	Utilizzabile esclusivamente in condizioni di umidità del substrato. Non utilizzabile su terreni ghiaiosi.
<b>Contesti applicativi</b>	A,B,C,D,E,F,I 1,2,3
<b>Adattamento all'ambito</b>	In ambito regionale l'utilizzo di tali tecniche appare fortemente limitato dalle caratteristiche pedo-climatiche ed in particolare dalle condizioni di aridità

<sup>1</sup> Ministero dell'Ambiente e della tutela del territorio "Manuale di indirizzo per le scelte progettuali per interventi di Ingegneria naturalistica" Roma 2005

<sup>2</sup> Ministero dell'Ambiente e della tutela del territorio "Manuale di indirizzo per le scelte progettuali per interventi di Ingegneria naturalistica" Roma 2005

<b>regionale</b>	<p>dei substrati in vari contesti ambientali. Per tale motivo si ritiene che queste tecniche possano essere adoperate solo ove non vi siano limitazioni del contenuto idrico e di materia organica dei suoli. Conseguentemente si ritiene utile la realizzazione di vimate solo in contesti bioclimatici di tipo temperato sub mediterraneo e in aree a moderata o alta igrofilia con bioclima mediterraneo.</p> <p>Formazioni sedimentarie detritiche e vulcaniche alterate del Paleozoico, del Terziario; formazioni sedimentarie detritiche del Quaternario. Detriti di versante; movimenti franosi superficiali di modesta entità su formazioni terrose o miste. Versanti con depositi superficiali argilloso-sabbiosi sciolti sia naturali che artificiali; corsi d'acqua con depositi alluvionali sabbioso-argillosi e trasporto solido grossolano non rilevante.</p>
<b>Specie vegetali utilizzabili</b>	<i>Fraxinus ornus, Myrtus communis, Nerium oleander, Salix alba, S. arrigonii S. atrocinerea, S. purpurea, Tamarix africana, T. canariensis, T. gallica, T. tetragyna, Ulmus minor, Vitex agnus-castus</i>
<b>Vantaggi</b>	Possibilità di formare gradoni su pendio. In corsi d'acqua: contenimento del piede di sponde di modesta altezza.
<b>Svantaggi</b>	Elevato consumo di materiale vegetale e difficoltà a reperire verghe lunghe e flessibili; modesto attecchimento. Possibile svuotamento retrostante della struttura.
<b>Effetto</b>	Consolidamento immediato superficiale.
<b>Periodo intervento</b>	Durante il periodo di riposo vegetativo.
<b>Possibili errori</b>	Insufficiente terreno di riporto e scarso compattamento. Scarsa infissione dei picchetti. Scarso affrancamento/connesione col suolo delle verghe.
<b>Voce di capitolato</b>	<p>Le vimate vive dovranno svolgere la funzione di stabilizzazione di sponde o di versanti soggetti a erosione, tramite una struttura costituita da paletti di legno idoneo (preferibilmente castagno di diametro compreso tra 8 e 15 cm, lunghezza 100-150 cm, infissi nel terreno allo scopo di sostenere la vimita e il terreno sovrastante per un'altezza fuori terra non superiore a 50 cm), dalla vimita (formata da verghe e rami di salice intrecciati sui paletti e fissate a questi con filo di ferro zincato).</p> <p>La distanza tra i paletti verticali (che possono essere anche vivi, specie in caso di modesta umidità del terreno superficiale) non deve superare 1 m, e l'intreccio delle verghe di salice deve essere eseguito con perizia al fine di produrre una struttura robusta e senza monconi troppo sporgenti dalla vimita.</p> <p>Le vimate se poste a protezione spondale, non sono da impiegarsi nei corsi d'acqua ad elevata energia e non devono avere uno sviluppo in altezza eccessivo, in quanto la spinta delle terre potrebbe far cedere la struttura, in particolare nel momento critico dell'interramento, in cui le verghe, <b>non essendo ancora radicate, non sono in grado di autosostenersi e di sopportare le sollecitazioni di spinta</b>.</p>
<b>Operazioni di manutenzione</b>	Gli interventi di manutenzione sulla parte vegetale dell'opera comprendono il recupero delle fallanze e le potature di formazione.

Altre foto illustrative di applicazioni:

<sup>3</sup> Regione Liguria "Schema di contratto e capitolato speciale d'appalto" GE 2003.



*Fosso Buca dei Ladri (FI). Progetto IRIS (1999). Foto M. Bacci*

**Fascinata viva**
**Scheda: B.2**
**Descrizione:**

Messa a dimora di fascine vive e/o di specie legnose con capacità di propagazione vegetativa (verghe legate assieme con filo di ferro) all'interno di un solco:

a) su versante: assicurate con picchetti battuti attraverso le fascine o di fronte ad esse;

b) su sponda: infissione dei picchetti in legno con orientazione alternata, per rendere così la struttura più elastica e solidale in caso di piena. La realizzazione di fascine spondali determina un restringimento dell'alveo; è necessario quindi prevedere lo spazio necessario per il regolare deflusso delle acque. La stabilizzazione è rapida e di facile esecuzione. I costi sono contenuti anche per lo scarso movimento di terra. Tuttavia l'effetto in profondità è limitato e le fascine sono sensibili alla caduta di sassi. I rami più esterni sono soggetti ad abrasione. Sui pendii funge da dreno biotecnico e facilita il deflusso delle acque.

c) morta: lungo sponde di corsi d'acqua a bassa velocità e limitato trasporto solido, vengono poste fascine morte di specie legnose, disposte longitudinalmente sulla sponda al di sotto del livello medio dell'acqua. Si ottiene una protezione immediata del piede della sponda in poco spazio e con impiego limitato di materiale. Eseguita in qualsiasi momento dell'anno, funge anche da riparo per piccoli animali acquatici. Usualmente questa tipologia non viene applicata quale unica soluzione di intervento, ma abbinata ad altre tecniche che prevedono l'impiego di materiale vivo. La fascinata morta risulta pertanto un'ulteriore protezione di base per altre tecniche di ingegneria naturalistica.

**Campi di applicazione:**

Pendii con pendenza non superiore ai 35°, con necessità di drenaggio biotecnico, scarpate stradali e ferroviarie, scarpate di discarica. Corsi d'acqua a energia media con portate e livello medio relativamente costanti.

**Materiali:**

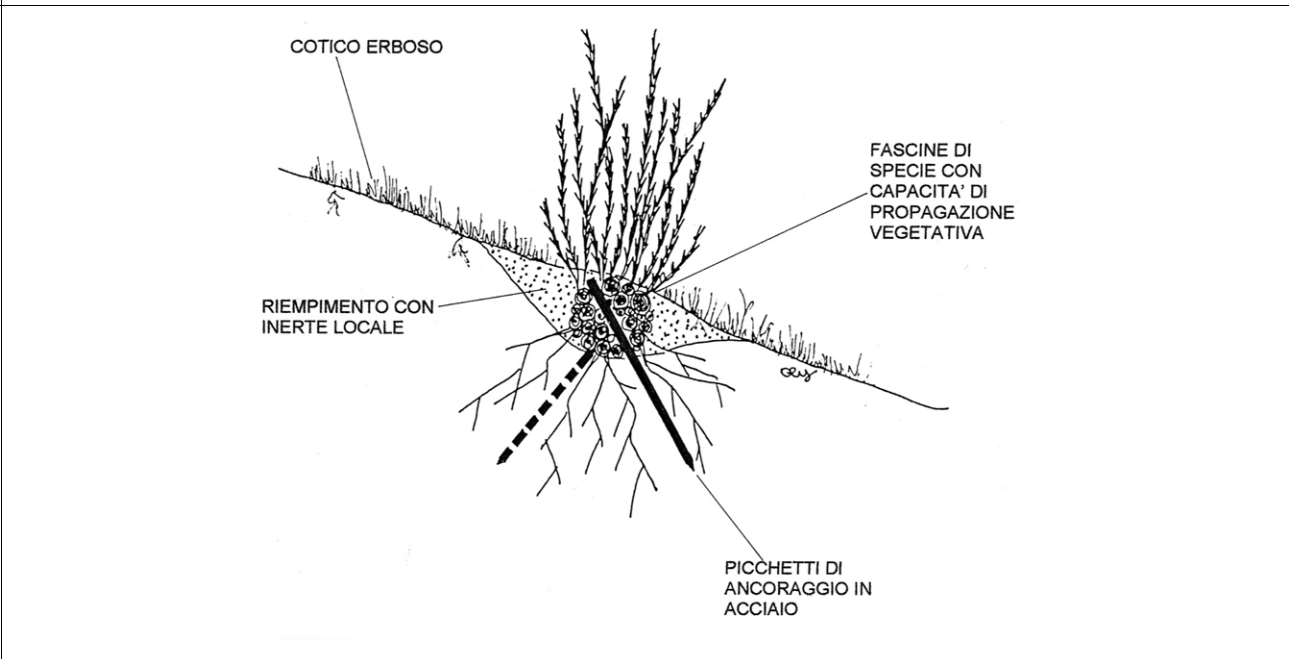
a) e b) verghe di specie legnose con capacità di propagazione vegetativa (es. salici, tamerici) diam. min. 1 cm e L min. 2,00 m; filo di ferro; paletti di legno diam. 5 cm o picchetti in ferro diam. 8-14 mm e L min. 60 cm; terreno di riporto.

c) verghe morte di specie legnose diam. min. 2 cm e L min. 2,00 m; paletti di legno diam. 5 cm o picchetti in ferro diam. 8-14 mm e L min. 60 cm; pietrame.



*Fascinata viva spondale (aprile 2000) Rio Inferno (FR) - Foto P. Cornelini*

Descrizione <sup>1</sup>



Schema tipo<sup>2</sup>

<b>Limiti di applicazione</b>	Utilizzabile esclusivamente in condizioni di substrato con sufficiente tenore di umidità per tutto il corso dell'anno.
<b>Contesti applicativi</b>	A, B, C, F, I.
<b>Adattamento all'ambito regionale</b>	In ambito regionale l'utilizzo di tali tecniche appare fortemente limitato dalle caratteristiche pedo-climatiche ed in particolare dalle condizioni di aridità dei substrati in vari contesti ambientali. Per tale motivo si ritiene che queste tecniche possano essere adoperate solo ove non vi siano limitazioni del contenuto idrico dei suoli. Conseguentemente tali tecniche possono risultare adeguate solo in aree a moderata o alta igrofilia. Depositi sciolti superficiali di natura prevalentemente argilloso-sabbiosa. Depositi sedimentari a granulometria fine non cementati e vulcanici alterati. Corsi d'acqua con trasporto solido limitato e sponde costituite da litologie argilloso-sabbiose.
<b>Specie vegetali utilizzabili</b>	<i>Nerium oleander</i> , <i>Salix alba</i> , <i>S. arrigonii</i> , <i>S. atrocinerea</i> , <i>S. purpurea</i> , <i>Tamarix africana</i> , <i>T. canariensis</i> , <i>T. gallica</i> , <i>T. tetragyna</i> , <i>Ulmus minor</i> , <i>Vitex agnus-castus</i> .
<b>Vantaggi</b>	Scarsi movimenti di terra, stabilizzazione rapida e di facile esecuzione, costi contenuti, utilizzabile per sistemi di drenaggio.
<b>Svantaggi</b>	Utilizzabile esclusivamente in condizioni di umidità del substrato e solo per canali con modesta velocità.

<sup>1</sup> Ministero dell'Ambiente e della tutela del territorio "Manuale di indirizzo per le scelte progettuali per interventi di Ingegneria naturalistica" Roma 2005

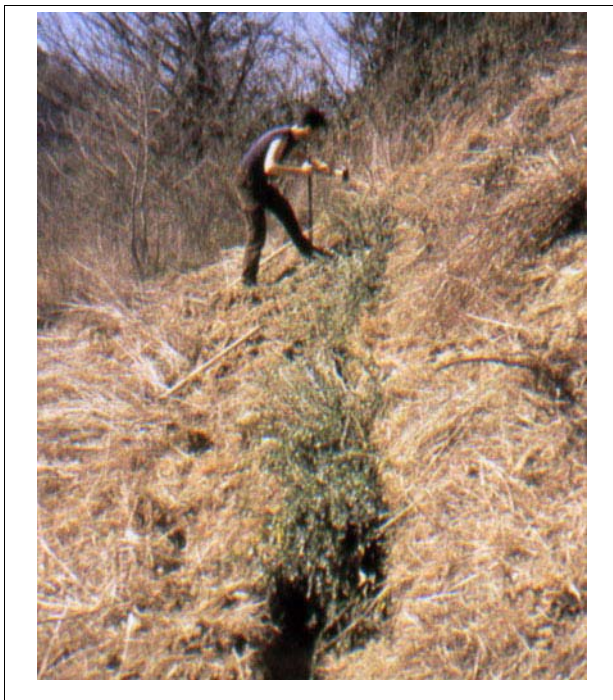
<sup>2</sup> Ministero dell'Ambiente e della tutela del territorio "Manuale di indirizzo per le scelte progettuali per interventi di Ingegneria naturalistica" Roma 2005

<b>Effetto</b>	Svolge funzioni di dreno del pendio e protegge il piede di sponda in corsi d'acqua con scarsa velocità della corrente.
<b>Periodo intervento</b>	Durante il periodo di riposo vegetativo.
<b>Possibili errori</b>	Fascine non ricoperte di materiale terroso. Condizioni stagionali difficili. Esecuzione troppo in alto o in basso rispetto al livello idrico.
<b>Voce di capitolato</b>	<p>In corrispondenza di linee preferenziali di deflusso superficiale e lungo i canali di erosione devono essere poste in opera strutture drenanti costituite da materiale vegetale vivo e morto e da materiale detritico grossolano reperito in loco.</p> <p>Il lavoro prevede l'apertura, manuale e/o meccanica, di un solco di 40x40 cm disposto secondo le indicazioni della D.L. e delle tavole di progetto; all'interno del solco devono essere disposte, in modo continuo, fascine di ramaglia viva (talee e astoni, oltre a eventuali piantine radicate) e ramaglia morta, derivante dal taglio di piante arboree esistenti in loco indicate dalla D.L.. La proporzione indicativa tra materiale vivo e morto è rispettivamente di 1/4 e 3/4. Il materiale morto dovrà essere localizzato sul fondo del solco, mentre nella parte superficiale sarà posto a dimora il materiale vivo.</p> <p>Si prevede l'infissione di un paletto di legname (che può essere anche vivo, consigliabile in caso di modesta umidità del terreno superficiale) diametro 8-10 cm e lunghezza 0,8-1 m ogni 1,5-2 ml, con funzione di fissaggio al terreno delle fascine. Il solco deve essere ricoperto con il materiale di risulta dello scavo, avendo cura di disporre il materiale detritico nella parte inferiore.</p> <p>Nel caso di impiego per il drenaggio in solchi di erosione esistenti, la fascinata deve essere posta sul fondo del solco (se insufficiente ad accogliere la fascina si dovrà provvedere ad ampliarlo). Si procederà quindi alla posa della fascinata e al suo fissaggio nei modi già indicati, provvedendo successivamente al rinterro con il materiale derivante dallo scoronamento e dalla sistemazione superficiale delle aree in dissesto.</p> <p>In entrambi i casi, si dovrà provvedere alla posa a dimora di piantine di ..... nel rinterro, impiegando prevalentemente specie .....; la densità di impianto sarà pari a 1 piantina/ml.</p> <p><u>Fascinata viva spondale</u></p> <p>Per la costruzione delle fascinate vive spondali vengono adottati criteri simili a quelli delle fascinate vive drenanti, con la differenza che le prime sono usate per la stabilizzazione di sponde fluviali e i materiali vegetali sono tutti vivi. In prossimità della sponda da sistemare si deve scavare una fossa di dimensioni sufficienti ad ospitare il basamento di pietrame grossolano e la fascinata sovrastante; lo scavo e la sistemazione successiva, dato che richiedono volumi consistenti, devono essere eseguiti senza determinare un restringimento dell'alveo.</p> <p>Le fascine, di verghe di salice o di altra specie adatta, devono essere assemblate prima di essere poste in opera, devono avere un diametro complessivo compreso tra 20 e 50 cm a seconda delle necessità, devono essere legate e tenute insieme con filo di ferro zincato ogni 30 cm; la posa in opera prevede la dislocazione sopra il basamento in pietrame grossolano in modo tale da sovrapporre parzialmente le fascine con continuità e la sistemazione del materiale vegetale ad un livello corrispondente alla linea di portata media del corso d'acqua. E' altresì necessaria l'infissione di astoni vivi passanti tra le fascine, o in alternativa barre di acciaio, che saranno piantati alla profondità minima di 60 cm, alternativamente inclinati</p>



	<p>perpendicolarmente alla sponda e al letto dell'alveo ad una distanza massima di 1 m.</p> <p>Al termine delle operazioni di fissaggio al terreno delle fascine, il solco a tergo delle verghe, deve essere ricoperto con il materiale di risulta dello scavo, avendo cura di assicurare la presenza di un substrato terroso adatto nel caso in cui il materiale di risulta corrispondesse esclusivamente ad inerti ghiaiosi grossolani.</p> <p>A discrezione della Direzione lavori, potrà essere prevista la posa a dimora di piantine di latifoglie nel rinterro, impiegando prevalentemente ..... o altre specie autoctone tipiche degli ambienti fluviali con densità di impianto pari a 1 piantina/ml .</p>
<p><b>Operazioni di manutenzione</b></p>	<p>Gli interventi di manutenzione sulle parti vegetali dell'opera prevedono il recupero delle fallanze, la potatura di formazione e i diradamenti.</p>

Altre foto illustrative di applicazioni:



*Fascinata viva.* <sup>4</sup>



*T. Acquaticcio (AN), progetto IRIS (1995). F. M. Bacci*

*T. Cesto (FI), progetto IRIS (1995). Foto M. Bacci*

<sup>3</sup> Regione Liguria "Schema di contratto e capitolato speciale d'appalto" GE 2003.

<sup>4</sup> Regione Lazio, "Manuale di Ingegneria naturalistica, Sistemazione dei versanti" Vol. 3 Roma 2006

## Rullo di canneto o ramaglia

Scheda: B.3

### Descrizione:

La formazione dei cilindri può essere eseguita con materiale vivo e morto appoggiato su apposito cavalletto e legato con filo di ferro. L'insieme della ramaglia può anche essere avvolta in rete metallica zincata per una maggiore protezione iniziale della sponda. I rulli con rete metallica sono rivestiti internamente con biostuoia e riempiti nella parte inferiore con materiale ghiaioso e nella parte superiore con pani di canne e di altre specie igrofile. I rulli debbono essere ancorati con picchetti in legno o ferro di adeguate dimensioni.

### Campi di applicazione:

Canali in erosione, corsi d'acqua a bassa pendenza, sponde di laghi con limitate oscillazioni del livello dell'acqua. Corsi d'acqua con scarso trasporto solido. Substrati in prevalenza sabbioso-limosi o debolmente ghiaiosi.

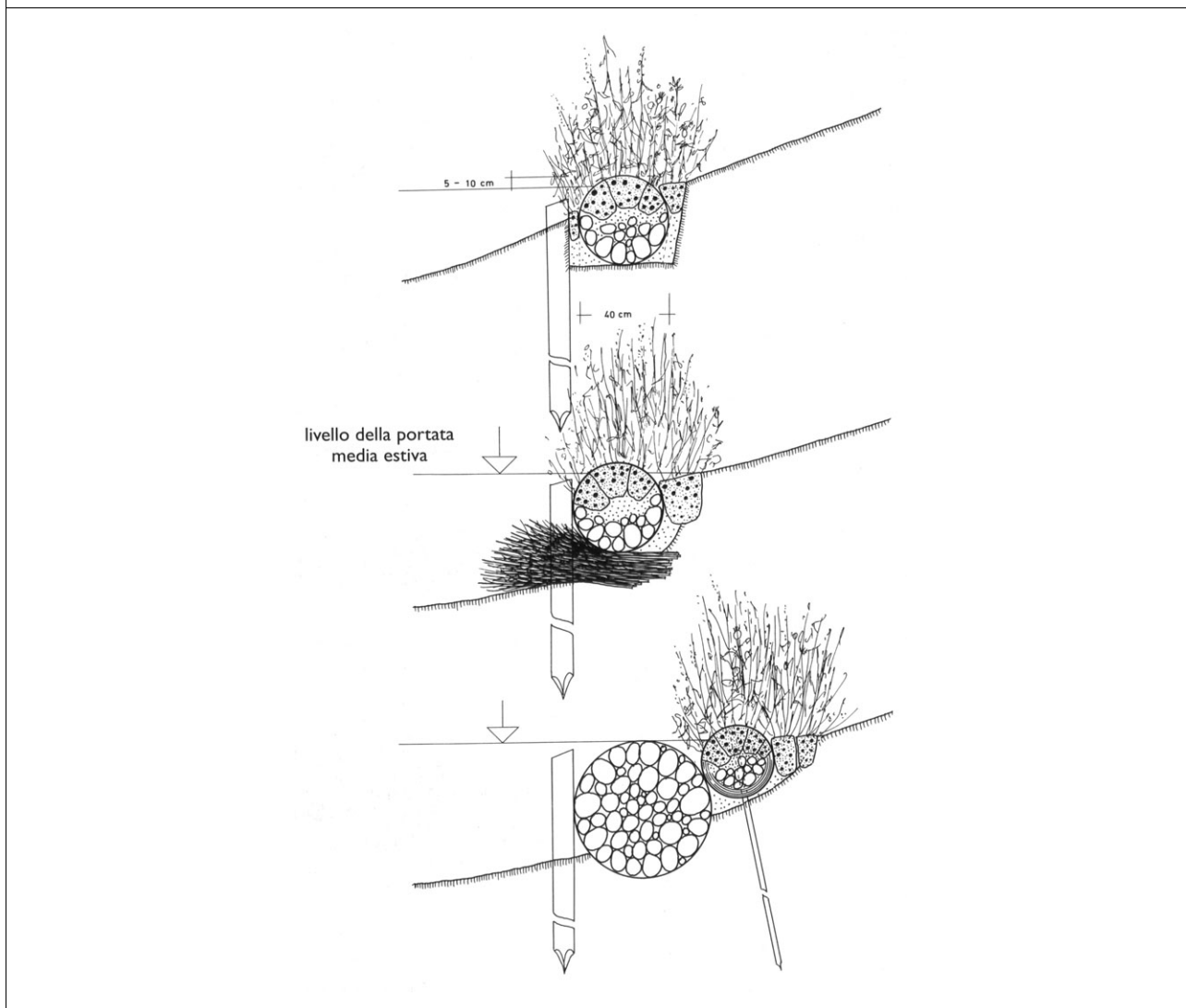
### Materiali:

A seconda della tipologia costruttiva possono essere utilizzati fascine realizzate con rami o verghe di materiale vivo (pani di canne, *Salix* sp.pl. o altre specie locali con attitudine alla moltiplicazione vegetativa) integrato da materiale morto, filo di ferro per legature. In caso di rullo con rete: rete metallica zincata, biostuoia biodegradabile in fibra di cocco, materiale di riempimento ghiaioso-sabbioso, pani di canne, *Salix* sp. pl. o altre specie locali con attitudine alla moltiplicazione vegetativa. Ambedue le soluzioni devono essere fissate con picchetti di legno di lunghezza 100-150 cm, con diam. 8-10 cm. o ferro di adeguata lunghezza e dimensione.



Fosso di Bolgheri (LI). Progetto IRIS (2000). Foto M. Bacci

## Rullo di canneto



Schemi tipologici <sup>1</sup>

<b>Limiti di applicazione</b>	Opere adatte solo per laghi e corsi d'acqua a scorrimento lento. Zone paludose e stagnali.
<b>Contesti applicativi</b>	A,B,C,D, I, L
<b>Adattamento all'ambito regionale</b>	Non si evidenziano particolari adattamenti a livello regionale Canali in prossimità delle zone umide costiere, aree di foce, sponde di bacini artificiali.
<b>Specie vegetali utilizzabili</b>	<i>Arundo mediterranea</i> , <i>Phragmites australis</i> , <i>Juncus acutus</i> , <i>J. maritimus</i> , <i>Salix sp. pl.</i> , <i>Scirpoides holoschoenus</i> , <i>Typha angustifolia</i> , <i>T. dominguezii</i> , <i>T. latifolia</i> .
<b>Vantaggi</b>	Protezione immediata dopo la realizzazione e rapida rivegetazione della sponda. Effetto depurativo delle acque.
<b>Svantaggi</b>	Limitato periodo di costruzione. Richiede molto lavoro e materiale vivo e

<sup>1</sup> Schiechtl, Stern "Ingegneria naturalistica, manuale delle costruzioni idrauliche" Trento 1994.

	morto. Difficoltà determinata dalle condizioni di lavoro in ambiente umido.
<b>Effetto</b>	Soluzione stabile e di veloce attecchimento.
<b>Periodo intervento</b>	Durante il riposo vegetativo.
<b>Possibili errori</b>	Scarso ancoraggio dei rulli e pani di culmi. Stuoie utilizzate che, a contatto con l'acqua, si disfano in tempi brevi. Posizionamento dei rulli sotto il livello medio dell'acqua o troppo sopra.
<b>Voce di capitolato</b>	<p>I rulli di canne o ramaglia dovranno svolgere la funzione di consolidamento al piede di sponde in erosione, di canali, di corsi d'acqua a bassa pendenza, di zone lagunari con limitate oscillazioni del livello dell'acqua, trasporto solido limitato a limi in sospensione, I rulli dovranno essere utilizzati su substrati sabbioso-limosi debolmente ghiaiosi.</p> <p>Per la formazione del rullo cilindrico si dovrà utilizzare una rete zincata di maglia minima 8x10 cm, disposta a telo aperto, di larghezza minima di 120-150 cm, posizionata in un solco predisposto di misure 40x40 cm circa, sostenuto da pali di legno verso l'esterno e sul fondo, opportunamente dimensionati e intercalati in funzione del substrato.</p> <p>La rete dovrà essere rivestita internamente con una biostuoia in fibra vegetale e riempita di materiale locale sabbioso o ghiaioso per i 2/3 inferiori secondo le indicazioni della D.L.. Nel terzo superiore del rullo dovranno essere collocati i pani di canne e di altre specie igrofile. Successivamente si procederà a chiudere il tutto per formare un cilindro; la rete dovrà poi essere legata con filo di ferro. Il rullo ad operazione conclusa dovrà sporgere 5-10 cm sul livello medio dell'acqua.</p> <p>Dovrà essere cura dell'Impresa compattare il terreno in prossimità del rullo e raccordalo con la sponda attraverso l'impiego di ramaglie o fascine di salici e/o tamerici. La costruzione dovrà avvenire durante il periodo di riposo vegetativo.</p>
<b>Operazioni di manutenzione</b>	Gli interventi di manutenzione sulle parti vegetali dell'opera comprendono il recupero delle fallanze, le potature di formazione e i diradamenti.

## Palizzata viva

Scheda: B.4

### Descrizione:

Intervento per la stabilizzazione di scarpate consistente nella realizzazione di strutture in legname disposte trasversalmente alla linea di massima pendenza, composte da due file sovrapposte di tronchi fissati con picchetti in ferro, messa a dimora di talee tra i due tronchi e messa a dimora di arbusti a monte nel gradone ottenuto.

Tale intervento è caratterizzato da una ampia valenza applicativa, limitatamente alla stabilizzazione superficiale di scarpate.

### Campi di applicazione:

Scarpate in scavo, consolidamento di solchi di erosione, stabilizzazione superficiale di rilevati e/o accumuli di materiale sciolto, discariche, ambienti minerari, versanti percorsi da incendi, etc.

### Materiali:

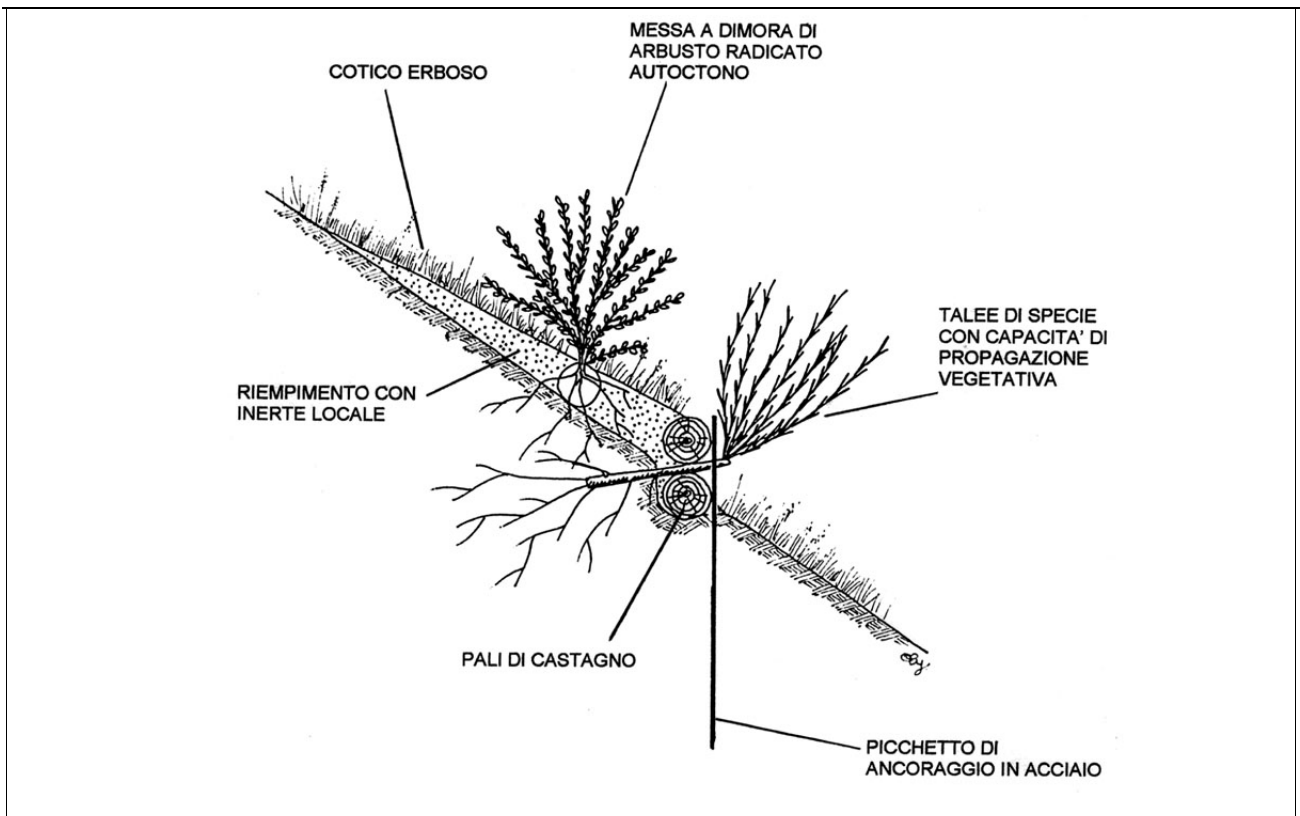
Tronchi di castagno e/o conifere scortecciati L 15-25 cm, L = 2,00-5,00 m; picchetti in ferro L 14(16) mm, L 40-100 cm; talee legnose; arbusti autoctoni, inerte; sementi autoctone.



*Palizzate vive in corso di realizzazione (ottobre 2003) Pizzoli (AQ) - Foto P. Cornelini*

Palizzata viva<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Ministero dell'Ambiente e della tutela del territorio "Manuale di indirizzo per le scelte progettuali per interventi di Ingegneria naturalistica" Roma 2005



Schemi tipologici<sup>2</sup>

<b>Limiti di applicazione</b>	Superfici ad elevata acclività e aridità del substrato.
<b>Contesti applicativi</b>	D, E, F, G..
<b>Adattamento all'ambito regionale</b>	Non si evidenziano particolari adattamenti a livello regionale. Solo per l'impiego di talee è necessario considerare le limitazioni derivanti dalla mediterraneità climatica. Depositi superficiali di versante di natura da sabbioso-argillosa a ghiaiosa. Trincee stradali con litotipi sedimentari e vulcanici non lapidei, scarpate di discariche di miniera, aree percorse da incendio anche su substrati granitici alterati (arenizzati).
<b>Specie vegetali utilizzabili</b>	Per quanto concerne le specie arbustive e suffrutticose utilizzabili come piante vive si rimanda agli elenchi realizzati per i distretti forestali nell'ambito del Piano Forestale ed Ambientale Regionale (PFAR). Per le idrosemine risultano adeguate e/o compatibili le seguenti specie autoctone: <i>Ampelodesmos mauritanicus</i> , <i>Antirrhinum tortuosum</i> , <i>Artemisia arborescens</i> , <i>A. variabilis</i> , <i>Bituminaria bituminosa</i> , <i>Brachypodium retusum</i> , <i>Dactylis glomerata</i> , <i>D. hispanica</i> , <i>Daucus carota</i> , <i>Dittrichia viscosa</i> , <i>Foeniculum vulgare</i> , <i>Helichrysum tyrrhenicum</i> , <i>Hyparrhenia hirta</i> , <i>H. pubescens</i> , <i>Lotus sp. pl.</i> , <i>Lygeum spartum</i> , <i>Medicago sp. pl.</i> , <i>Phagnalon saxatile</i> , <i>P. rupestre</i> , <i>Piptatherum coerulescens</i> , <i>P. miliaceum</i> , <i>Ptilostemon casabonae</i> , <i>Sinapis alba</i> , <i>Sulla coronaria</i> , <i>Sulla spinosissima</i> , <i>Stipa bromoides</i> .

<sup>2</sup> Ministero dell'Ambiente e della tutela del territorio "Manuale di indirizzo per le scelte progettuali per interventi di Ingegneria naturalistica" Roma 2005

	Per le talee si consiglia l'uso delle seguenti specie: <i>Crataegus monogyna</i> , <i>Cytisus villosus</i> , <i>Prunus spinosa</i> , <i>Pyrus spinosa</i> , <i>Spartium junceum</i> , <i>Teline monspessulana</i> .
<b>Vantaggi</b>	Effetto immediato di stabilizzazione superficiale e riduzione della pendenza. Trattenimento dell'acqua. Utilizzabili per consolidare fossi e solchi di erosione.
<b>Svantaggi</b>	Opera di sistemazione superficiale.
<b>Effetto</b>	Stabilizzazione della superficie.
<b>Periodo intervento</b>	Durante la stagione di riposo vegetativo.
<b>Possibili errori</b>	Scarso apporto di terreno nella parte retrostante. Scelta errata della vegetazione. Mancato scortecciamento dei tronchi. Scarso affrancamento/appoggio del palo orizzontale più basso. Posa su terreno incoerente.
<b>Voce di capitolato</b>	<p>Deve essere realizzata con legname scortecciato di castagno e/o di resinose, si può utilizzare anche tondame impregnato a pressione (non tossico); solo su indicazione e in accordo con la D.L. è consentito l'impiego di altro legname ad alta durezza (ad es. robinia) reperito in loco, fermo restando l'obbligo della scortecciatura.</p> <p>Ogni singola struttura deve essere costituita da due picchetti in legname (uno dei quali può essere anche vivo, consigliabile in caso di modesta umidità del terreno superficiale) del diametro di 10-12 cm e lunghezza minima di 1,2-1,5 m, infissi perpendicolarmente nel terreno per almeno 0,8-1,0 m, posti alla reciproca distanza di 1,0-1,5 m. In presenza di roccia subaffiorante è consentito l'impiego di picchetti in tondino ad aderenza migliorata con d=16 mm, di lunghezza analoga a quella dei picchetti in legno. A tergo dei picchetti devono essere collocati trasversalmente 2 o più paletti in legname di caratteristiche e dimensioni analoghe ai precedenti, ma lunghezza di 1,5-2,5 m, legati ai picchetti con filo di ferro zincato e/o chiodi. I paletti devono essere posti a dimora previa apertura di un piccolo scavo che consenta l'alloggiamento di almeno la metà del paletto inferiore. Nel caso di impiego della palizzata per il consolidamento di solchi di erosione, sui due versanti del solco deve essere realizzato uno scavo a sezione ristretta che consenta di fondare i paletti, per la loro altezza totale, compreso il riempimento e la compattazione dello scavo con il terreno di risulta.</p> <p>A monte della struttura deve essere effettuato il rinterro, con materiali di risulta degli scavi e della sistemazione superficiale del terreno, consistente nella posa di materiale detritico grossolano drenante sul fondo e di materiale terroso più fine nella parte superiore, fino ad ottenere un piano orizzontale, compatto.</p> <p>Nel rinterro devono essere poste a dimora piantine di latifoglie e/o arbustive, in numero di 1/ml di struttura fuori terra .</p>
<b>Operazioni di manutenzione</b>	Gli interventi di manutenzione sulle parti vegetali dell'opera comprendono il recupero delle fallanze, la potatura di formazione, i diradamenti e le protezioni antifauna. Quelli sulle parti inerti il ripristino dei fissaggi e/o l'accoppiamento di nuovi elementi e le maglie di scolo

<sup>3</sup> Regione Liguria "Schema di contratto e capitolato speciale d'appalto" GE 2003.

## Copertura diffusa

Scheda: C.1

### Descrizione:

Sulla superficie di una sponda viene stesa ramaglia viva di specie vegetali con capacità di propagazione vegetativa (es. salici, tamerici), con disposizione perpendicolare alla direzione del flusso d'acqua e fissata al substrato mediante tondame o filo di ferro teso tra picchetti e paletti vivi e/o morti. La base della ramaglia viene conficcata nel terreno umido o a contatto con l'acqua. Le eventuali file si devono sormontare parzialmente. La ramaglia viene coperta con un sottile strato di terreno. Nella variante armata la base viene protetta con massi da scogliera, tronchi o fascine. Gli strati di ramaglia coprono la superficie della sponda proteggendola, sin dalla messa in opera, dall'erosione esercitata dal movimento dell'acqua; la resistenza alle sollecitazioni aumenta progressivamente con lo sviluppo del fitto reticolo di radici.

### Campi di applicazione:

Sponde di corsi d'acqua dove necessiti una protezione continua ed elastica della sponda. Sono da escludere i corsi d'acqua con velocità della corrente e trasporto solido notevoli.

### Materiali:

Ramaglia viva, verghe o astoni di specie con capacità di propagazione vegetativa, di lunghezza mai inferiore a 1,5 m e dal portamento dritto; picchetti e tondame in legno di castagno diam. 8-12 cm, L = 80 cm; filo di ferro cotto diam. 2-3 mm; terreno per la copertura. Per l'armatura verranno utilizzate in alternativa:

- a) fascine vive o morte;
- b) tronchi e chiodature metalliche;
- c) massi; d) massi legati con fune in acciaio.

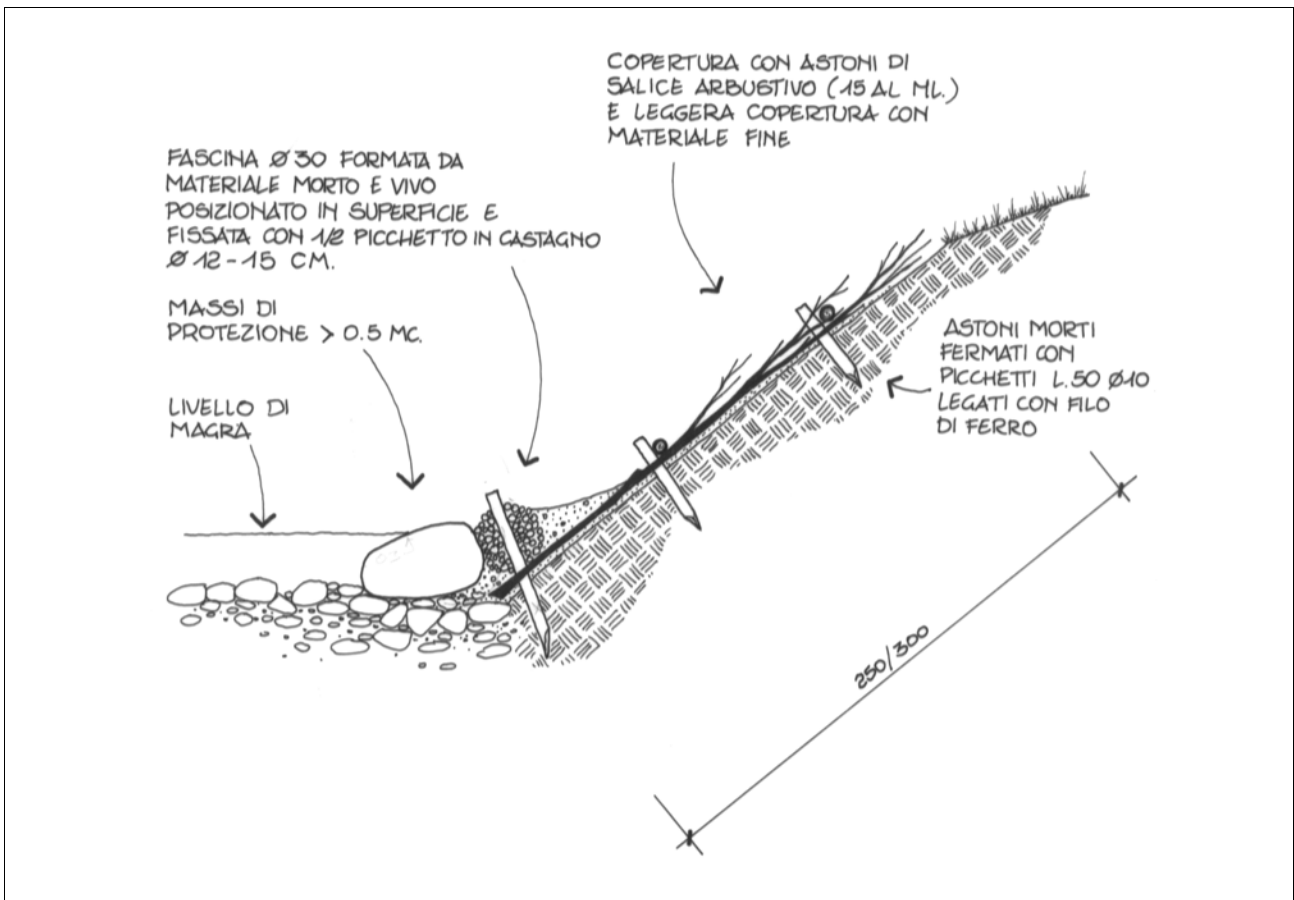


*F. Esino (AN). Progetto IRIS (1996): un mese e un anno dopo i lavori. Foto M. Bacci*

Copertura diffusa <sup>1</sup>

<sup>1</sup> Ministero dell'Ambiente e della tutela del territorio "Manuale di indirizzo per le scelte progettuali per interventi di Ingegneria naturalistica" Roma 2005





Schemi tipologici<sup>2</sup>

<b>Limiti di applicazione</b>	Corsi d'acqua con forza di trascinamento maggiore di 200 N/m <sup>2</sup> (Florineth 1982).
<b>Contesti applicativi</b>	Nessuno A,B,C,D,E,F. 1,2,3
<b>Adattamento all'ambito regionale</b> Corsi d'acqua con trasporto solido non grossolano e sponde in litotipi teneri come ad esempio i depositi alluvionali sabbioso-argillosi dell'Olocene e alcune litologie della serie vulcano-sedimentaria del Miocene.	
<b>Specie vegetali utilizzabili</b>	
<b>Vantaggi</b>	Elevata resistenza al trascinamento.
<b>Svantaggi</b>	Notevole fabbisogno di materiale vegetale vivo.
<b>Effetto</b>	Copertura immediata della superficie; Intensa radicazione e protezione dall'erosione.
<b>Periodo intervento</b>	Solo durante il periodo di riposo vegetativo.
<b>Possibili errori</b>	Insufficiente copertura. Errata posizione del piede della copertura rispetto al fondo alveo. Scarsa aderenza della copertura al terreno. Cattiva conservazione del materiale vegetale fra taglio e posa in opera.

<sup>2</sup> Archivio Franchi Associati

<p><b>Voce di capitolato</b></p>	<p>La copertura diffusa con ramaglia viva e talee o con soli astoni deve essere eseguita impiegando materiale vegetale proveniente da piante di specie adatte alla propagazione vegetativa e compatibili con le condizioni ambientali, in modo da assicurare l'attecchimento, la crescita e il consolidamento delle aree in cui devono essere impiegate.</p> <p>Precedentemente alla messa a dimora del materiale, la ditta appaltante ha l'onere di modellare le superfici con mezzi meccanici e/o a mano a seconda dei casi. Se l'opera è realizzata per consolidare le sponde di corsi d'acqua, l'impresa è tenuta a realizzare un fosso alla base della stessa largo 80-100 cm e profondo 50 cm e poi a riempirlo con massi di dimensioni adeguate (volume minimo 0,2-0,3 mc) a protezione della copertura diffusa soprastante. Al posto dei massi può essere realizzata una fascinata viva a trincea, con doppia fila di picchetti di ancoraggio, la quale può essere protetta con rete in fibrati di cocco.</p> <p>La ramaglia e le talee, conformi alle caratteristiche di cui sopra, devono essere collocati nel suolo ortogonalmente alla superficie, in cui eventualmente - secondo le disposizioni della DL - dovranno essere predisposte delle buche. Le talee devono essere infisse ad una profondità tale da far rimanere fuori terra solo 1 o 2 gemme.</p> <p>Il materiale vegetale, il legname, il terreno, gli inerti e quant'altro necessario alla realizzazione della copertura diffusa deve essere posizionato come segue:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- infissione di paletti in legno idoneo, di diametro minimo di 5 cm e lunghezza minima di 80 cm, alla profondità di almeno 60 cm, in file longitudinali con interasse nella fila di 1 m, con interasse massimo tra le file di 2 m o minore a seconda della forza erosiva della corrente; al posto dei paletti possono essere utilizzati anche astoni vivi, che una volta radicati contribuiranno al consolidamento della sponda;</li> <li>- posizionamento della ramaglia e delle talee, con direzione trasversale alla corrente, con diametro maggiore al piede dell'opera e con relativo estremo al di sotto del fondo alveo di almeno 70 cm; le fasce di ramaglia dovranno sovrapporsi per almeno 30 cm;</li> <li>- legatura con filo di ferro zincato (diametro minimo 3 mm) assicurato ai paletti di legno e successivo completamento dell'infissione di questi ultimi in modo tale da affrancare la copertura al terreno; in alternativa al passaggio trasversale del filo di ferro si possono adottare rami di castagno;</li> <li>- copertura della ramaglia e delle talee con terra agraria con uno strato sufficiente per garantire la radicazione senza seppellire il materiale vegetale;</li> <li>- nel caso di particolari condizioni di rischio di piena prossimo al completamento dell'opera, eventuale rivestimento della copertura con rete in fibra di cocco .</li> </ul>
<p><b>Operazioni di manutenzione</b></p>	<p>Gli interventi di manutenzione sulle parti vegetali dell'opera comprendono il recupero delle fallanze, i diradamenti e le potature di formazione. Quelli sulle parti inerti il ripristino dei fissaggi o l'accoppiamento di nuovi elementi</p>

Altre foto illustrative di applicazioni:

<sup>3</sup> Regione Liguria "Schema di contratto e capitolato speciale d'appalto" GE 2003.



*Roggia Scairolo, Lugano. Foto G. Franchi*



*F. Sieve (FI). Progetto IRIS (2000). Foto M. Bacci*

Semine, idrosemine	Scheda: C.2
<p><u>SEMINE</u></p> <p><b>Descrizione:</b></p> <p>Spargimento manuale a spaglio di miscele di sementi:</p> <p>a) con miscele commerciali di origine certificata (origine specie, composizione miscela, grado di purezza, grado di germinabilità);</p> <p>b) con fiorume raccolto direttamente in campo da stazioni aventi condizioni pedoclimatiche e biogeografiche simili a quelle in cui si deve operare. La copertura risulta immediata, con un effetto antierosivo superficiale determinato dal reticolo radicale approfondito nel terreno (10-30 cm).</p> <p><b>Campi di applicazione:</b></p> <p>Superfici piane o con pendenze inferiori a 25-30°, destinate alla rivegetazione, in accordo con le condizioni stazionali ecologiche (esame delle condizioni pedoclimatiche, analisi floristica e/o vegetazionale), per evitare erosione da ruscellamento, eolica e limitare l'essiccamento.</p> <p><b>Materiali:</b></p> <p>Laddove ve ne sia la necessità, la semina è abbinata allo spargimento di concimi organici e/o inorganici, la cui quantità varia a seconda del periodo di intervento: in primavera sarà superiore poichè la stagione consente alle piante di utilizzarne la maggior parte; in autunno minore per evitare il dilavamento della quantità non utilizzata dalle piante per le precipitazioni più intense.</p> <p><u>IDROSEMINE</u></p> <p><b>Descrizione:</b></p> <p>Spargimento in due passate mediante idrosemnatrice di una miscela di sementi, ammendanti, collanti, fibra organica (mulch) e acqua per il rivestimento di superfici. La distribuzione deve essere omogenea e gli strati avranno spessore da 0,5 a 2 cm. L'impiego di sostanze collanti favorisce il fissaggio delle sementi al substrato e la formazione di una pellicola antierosiva, di supporto nelle fasi iniziali di germinazione delle sementi. L'impiego della fibra organica (mulch) esalta le funzioni di trattenimento dell'umidità e di supporto organico, facilitando la germinazione dei semi e lo sviluppo delle piante.</p> <p><b>Campi di applicazione:</b></p> <p>Superfici acclivi prive di terreno vegetale, soggette a erosione, talvolta in abbinamento a rivestimenti in rete metallica e stuoie, terre rinforzate verdi, etc. Scarpate stradali e ferroviarie in trincea, cave in roccia, discariche di inerti. Versanti con pendenza media, pendii soggetti a movimento del terreno.</p> <p><b>Materiali:</b></p> <p>Mezzo meccanico (idrosemnatrice), fibra organica (mulch) (300-700 g/mq), concimanti e fertilizzanti, sementi, collanti a base polimerica, acqua. La composizione della miscela e la quantità di sementi deve essere scelta in seguito ad un'analisi stazionale, che tenga conto delle caratteristiche pedoclimatiche e vegetazionali locali.</p> <p>Semina <sup>1</sup></p>	

<sup>1</sup> Ministero dell'Ambiente e della tutela del territorio "Manuale di indirizzo per le scelte progettuali per interventi di Ingegneria naturalistica" Roma 2005

<b>Limiti di applicazione</b>	Superfici ad elevata acclività e aridità del substrato.
<b>Contesti applicativi</b>	A,B,C D, E, F, G, H. 1,2,3.
<b>Adattamento all'ambito regionale</b>	Tecnica praticabile in tutto il territorio regionale, con limitazioni determinate solo dalle condizioni pedoclimatiche. Più Indicato in Fronti di scavo in depositi alluvionali e di versante quaternari e in litologie sedimentarie e vulcaniche di varia età a diverso grado di consistenza ad esclusione della roccia dura compatta, scarpate artificiali, discariche di miniera.
<b>Specie vegetali utilizzabili</b>	Risultano adeguate e/o compatibili le seguenti specie autoctone: <i>Ampelodesmos mauritanicus</i> , <i>Antirrhinum tortuosum</i> , <i>Artemisia arborescens</i> , <i>A. variabilis</i> , <i>Bituminaria bituminosa</i> , <i>Brachypodium retusum</i> , <i>Dactylis glomerata</i> , <i>D. hispanica</i> , <i>Daucus carota</i> , <i>Dittrichia viscosa</i> , <i>Foeniculum vulgare</i> , <i>Helichrysum tyrrhenicum</i> , <i>Hyparrhenia hirta</i> , <i>H. pubescens</i> , <i>Lotus sp. pl.</i> , <i>Lygeum spartum</i> , <i>Medicago sp. pl.</i> , <i>Phagnalon saxatile</i> , <i>P. rupestre</i> , <i>Piptatherum coerulescens</i> , <i>P. miliaceum</i> , <i>Ptilostemon casabonae</i> , <i>Sinapis alba</i> , <i>Sulla coronaria</i> , <i>Sulla spinosissima</i> , <i>Stipa bromoides</i> . Per le talee si consiglia l'uso delle seguenti specie: <i>Crataegus monogyna</i> , <i>Cytisus villosus</i> , <i>Prunus spinosa</i> , <i>Pyrus spinosa</i> , <i>Spartium junceum</i> , <i>Teline monspessulana</i> .
<b>Vantaggi</b>	Rapida copertura del suolo
<b>Svantaggi</b>	Intervento di carattere superficiale.
<b>Effetto</b>	Effetto antierosivo superficiale.
<b>Periodo intervento</b>	Lontano dai periodi di siccità.
<b>Possibili errori</b>	Semina in periodi non adatti. Scarsa quantità del seme per mq.
<b>Voce di capitolato</b>	
<b>Operazioni di manutenzione</b>	Gli interventi di manutenzione sulla parte vegetale dell'opera prevedono il recupero delle fallanze, lo sfalcio ed eventuali concimazioni e diradamenti.

## Biostuoie

Scheda: C.3

### Descrizione:

Stuoie in fibra vegetale (paglia, cocco, miste) o intessute in filo di juta o cocco (di notevole resistenza), impiegate negli interventi antierosivi di rivestimento di scarpate povere di sostanza organica e soggette a erosione meteorica. La stuoia viene stesa e fissata al substrato mediante picchetti di varia forma. Viene normalmente abbinata a semina e messa a dimora di talee e/o arbusti.

Tecnica di esecuzione rapida e semplice, con protezione immediata della superficie. Consente il rinverdimento di superfici acclivi, con terreni a scarsa dotazione fisico-organica, adatto su scarpate regolarizzate.

Il materiale terroso sottostante la stuoia viene trattenuto, impedendone così il trasporto verso valle.

### Campi di applicazione:

La stuoia in juta risulta idonea su scarpate a bassa pendenza, su rocce sciolte (ghiaie, argille), substrati denudati o di neoformazione, anche irregolari, possibilmente con substrato terroso in superficie, substrati aridi e a eccessivo drenaggio: l'acqua si infiltra, ma non ristagna e non erode. Le maglie della stuoia consentono alle piante di crescere, assicurando in tal modo la protezione della superficie una volta che la stuoia ha subito completa degradazione.

Le stuoie intessute in filo di cocco risultano idonee su scarpate a maggior pendenza su substrati aridi e a forte drenaggio. Sono altresì idonee su sponde in erosione soggette a periodica sommersione. Le stuoie proteggono le scarpate dall'erosione meteorica ed eolica, migliorano l'equilibrio idrico e termico al suolo, apportano sostanza organica. La durata nel tempo è variabile, la fibra di cocco in particolare dura sino a 5-6 anni, ma la degradazione finale è completa.

### Materiali:

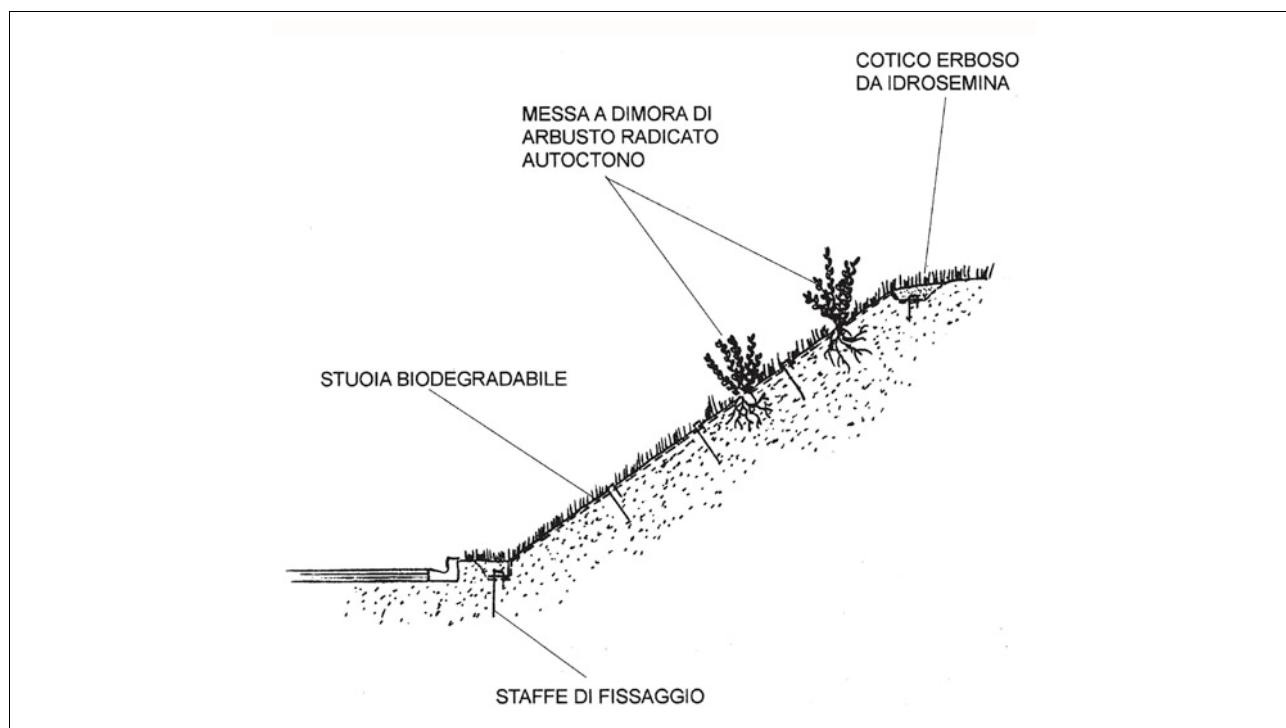
Stuoie biodegradabili in fibre organiche di paglia, cocco o mista di peso non inferiore a 250 g/m<sup>2</sup>, in genere supportate da una rete fotossidabile biodegradabile, con maglia minima 1x1 cm, oppure carta cucita con filo biodegradabile, eventualmente preseminate; stuoie intessute (in genere con fili di juta o cocco); staffe o picchetti in ferro acciaioso piegati a U o in legno; miscela di sementi (40 g/m<sup>2</sup>); talee e arbusti autoctoni.



Biostuoia su argille (ottobre 1996) Anversa degli Abruzzi (AQ) - Foto P. Cornolini

Biostuoie <sup>1</sup>

<sup>1</sup> Ministero dell'Ambiente e della tutela del territorio "Manuale di indirizzo per le scelte progettuali per interventi di Ingegneria naturalistica" Roma 2005



Schemi tipologici<sup>2</sup>

<b>Limiti di applicazione</b>	Scarpate ripide e con forte aridità del substrato e in condizioni di esposizione soleggiata; versanti rocciosi.
<b>Contesti applicativi</b>	A, B, C, D, E, F, G, H, L; 1,3.
<b>Adattamento all'ambito regionale</b>	Non sono necessari particolari adattamenti all'ambito regionale. Fronti di scavo regolari in depositi alluvionali e di versante quaternari e in litologie sedimentarie e vulcaniche di varia età a diverso grado di consistenza ad esclusione della roccia dura compatta, sponde fluviali regolarizzate in litologie sabbioso-argillose.
<b>Specie vegetali utilizzabili</b>	Per le idrosemine risultano adeguate e/o compatibili le seguenti specie autoctone: <i>Ampelodesmos mauritanicus</i> , <i>Antirrhinum tortuosum</i> , <i>Artemisia arborescens</i> , <i>A. variabilis</i> , <i>Bituminaria bituminosa</i> , <i>Brachypodium retusum</i> , <i>Dactylis glomerata</i> , <i>D. hispanica</i> , <i>Dittrichia viscosa</i> , <i>Helichrysum tyrrhenicum</i> , <i>Hyparrhenia hirta</i> , <i>H. pubescens</i> , <i>Lotus sp. pl.</i> , <i>Lygeum spartum</i> , <i>Medicago sp. pl.</i> , <i>Phagnalon saxatile</i> , <i>P. rupestre</i> , <i>Piptatherum coerulescens</i> , <i>P. miliaceum</i> , <i>Ptilostemon casabonae</i> , <i>Sulla coronaria</i> , <i>Sulla spinosissima</i> , <i>Stipa bromoides</i> . Per quanto concerne le specie arbustive e suffrutticose utilizzabili si rimanda agli elenchi realizzati per i distretti forestali nell'ambito del Piano Forestale ed Ambientale Regionale (PFAR).
<b>Vantaggi</b>	Facilmente utilizzabile anche su pendii scabrosi e irregolari. Protezione immediata dall'erosione. Una volta esaurita la sua funzione non rimane alcun rifiuto (biodegradabilità totale).
<b>Svantaggi</b>	Scarsa durata in base al materiale che la compone.

<sup>2</sup> Ministero dell'Ambiente e della tutela del territorio "Manuale di indirizzo per le scelte progettuali per interventi di Ingegneria naturalistica" Roma 2005

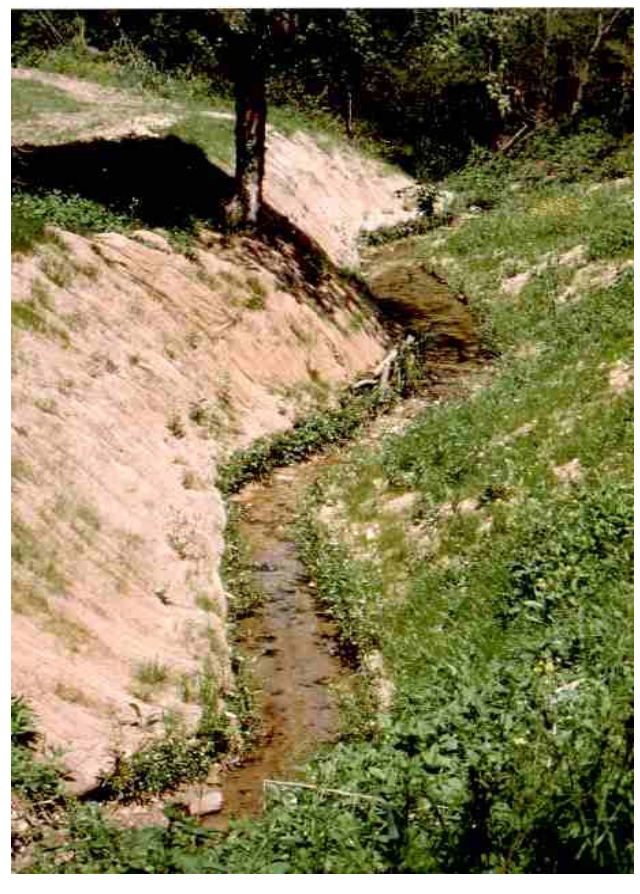
<b>Effetto</b>	Protezione immediata dall'erosione. Azione di mantenimento delle particelle di terreno sottostanti la stuoia.
<b>Periodo intervento</b>	Esclusivamente nei periodi autunnali e invernali, ad esclusione di quelli siccitosi e troppo freddi per condizioni microclimatiche.
<b>Possibili errori</b>	Insufficiente fissaggio della stuoia al terreno e scarsa sovrapposizione dei teli. Mancato fissaggio stabile della parte superiore al suolo. Scelta errata dei sementi. Scelta errata del tipo di stuoia.
<b>Voce di capitolato</b>	<p>Il rivestimento di scarpate con biostuie di fibra di juta, cocco, agave, ecc. deve essere preceduta dalla sistemazione e profilatura delle scarpate eseguita a mano e/o con mezzi meccanici, eliminando per quanto possibile le asperità e irregolarità del terreno, comprese radici, ceppaie, tronchi o altri elementi che possano impedire il corretto fissaggio delle stuoie al suolo.</p> <p>Questi materiali devono essere assicurati contro gli spostamenti, in particolare in corrispondenza dei margini e dei giunti, mediante fissaggio e interro in testa (mediante scavo di trincea di 20-30 cm, fissaggio della stuoia mediante picchetti e rinterro) e al piede, picchettatura con staffe e picchetti in ferro o in legno, in quantità tale da garantire la stabilità e l'aderenza dei tessuti fino ad accrescimento avvenuto della cortice erbosa.</p> <p>Nel caso di stesura per fasce parallele, dovrà essere garantita la continuità mediante sormonti laterali di almeno 10 cm di larghezza.</p> <p>Tali rivestimenti, se non preseminati, dovranno essere abbinati ad una semina conforme alle indicazioni del progetto e/o della Direzione dei lavori; sempre secondo le indicazioni progettuali, potrà essere prevista la messa a dimora di specie arbustive o arboree.</p> <p>La scelta del tipo di stuoia o di rete biodegradabile deve rispondere ai requisiti imposti dal progetto, in funzione delle esigenze biomeccaniche a cui sarà chiamata a soddisfare, relativamente al tipo di materiale, al tipo di orditura, allo spessore, al peso/mq.</p> <p>In caso di stuoia preseminata, la semente impiegata deve essere certificata per provenienza e germinabilità .</p>
<b>Operazioni di manutenzione</b>	Gli interventi di manutenzione sulle parti inerti comprendono il ripristino dei fissaggi e dei singoli elementi deteriorati.



Altre foto illustrative di applicazioni:



*F. Esino e affluenti (AN). Progetti IRIS (1996-99).  
Foto M. Bacci*



*F. Buca dei Ladri (FI). Progetto IRIS (1999).  
Foto M. Bacci*

## Repellenti (o pennelli) vivi

Scheda: D.1

### Descrizione:

La realizzazione dei repellenti può essere eseguita con diverse tipologie: repellenti in legno, in legno e pietrame, in pietrame, oltre al materiale vegetale vivo. La lunghezza e l'orientamento rispetto alla corrente dovranno essere valutate in base allo studio idraulico del corso d'acqua.

La realizzazione dell'opera avviene scavando un fosso trasversale di larghezza e profondità da stabilire in base ai calcoli idraulici. Deve essere particolarmente curato l'inserimento nella sponda e l'inclinazione affinché possa divenirne parte integrante e modificare la morfologia fluviale per gli scopi prefissati dal progetto, senza produrre cambiamenti destabilizzanti sulla sponda opposta. L'intervallo tra i repellenti è normalmente da una volta e mezzo a 3 volte la loro lunghezza, ma dipende dalle caratteristiche del corso d'acqua ed è quindi da valutare in sede progettuale.

La struttura è costituita dalla sovrapposizione di fascine costituite da materiale vivo posate ortogonalmente tra loro, all'interno di una struttura in legname che sarà riempita con materiale arido prelevato nelle vicinanze. Per rendere più resistente la struttura possono essere posati anche pali in legno trasversali a formare una gabbia, fermati tra loro con chiodi in acciaio di diametro 12-14 mm, e infisse file di grosse talee nel corpo dell'opera.

Nel caso di rischio erosivo a breve termine, durante la costruzione, si può fasciare il corpo centrale del repellente con biostuoia in fibra di cocco ad alta grammatura. La scelta, la tipologia costruttiva e la configurazione di queste opere presuppongono prima della progettazione un accurato studio geomorfologico e idraulico. Nel progetto è molto importante anche valutare e prevedere interventi di difesa spondale longitudinale ben affrancati alla base dei repellenti.

### Campi di applicazione:

Per consolidamenti di sponde di corsi d'acqua e risanamento di zone in erosione di corsi d'acqua con trasporto solido medio. Nel caso la difesa spondale sia sottoposta a forti pressioni può essere rinforzata con file di pali o massi di elevate dimensioni.

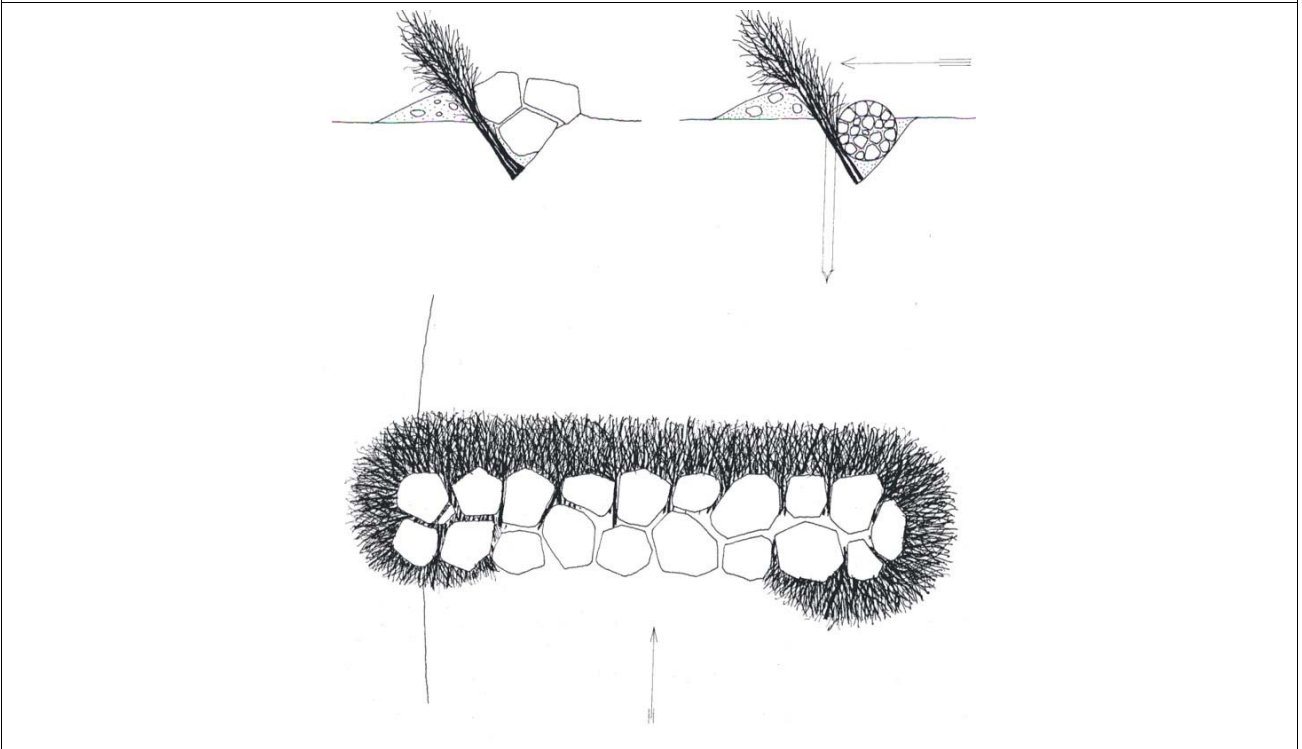
### Materiali:

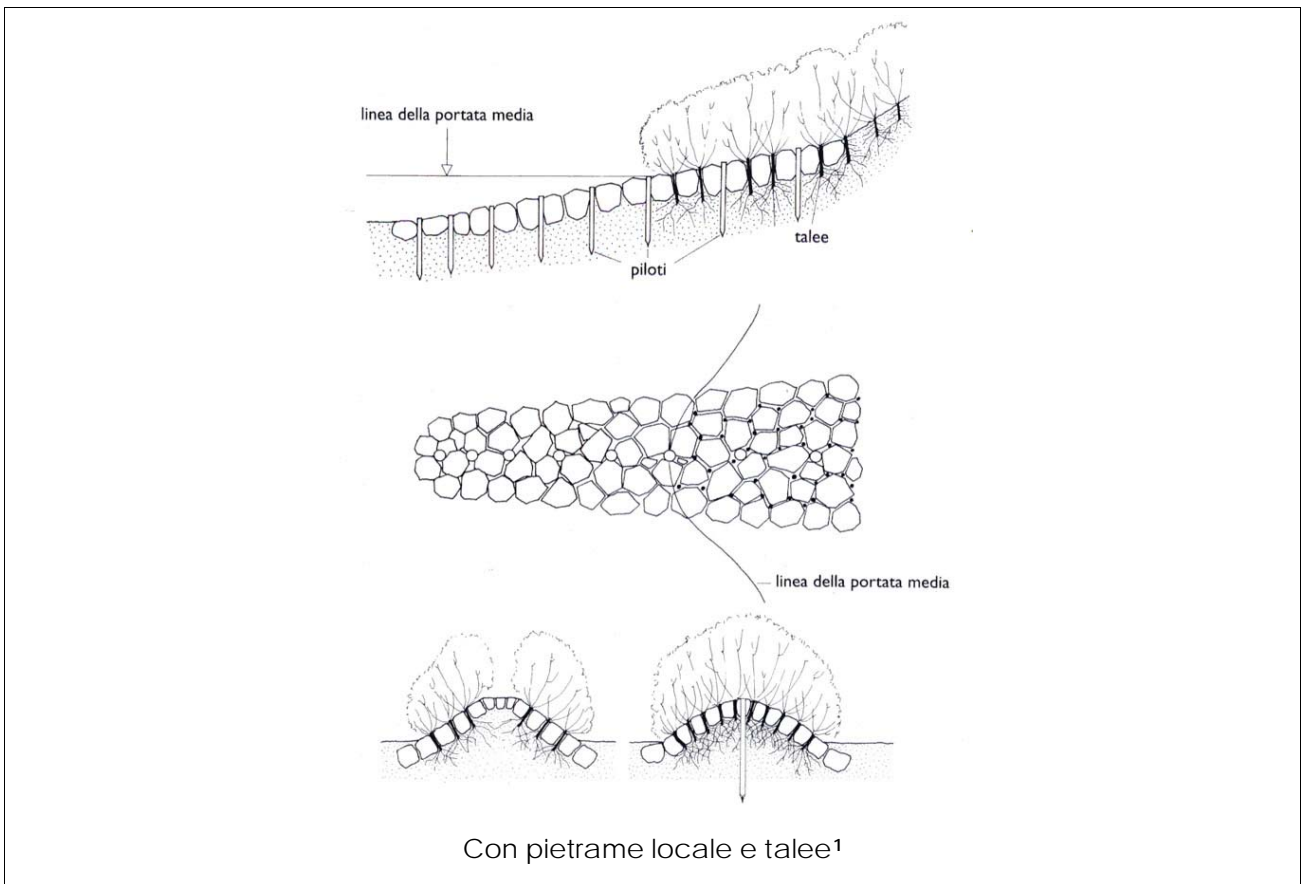
A seconda della modalità costruttiva possono essere utilizzati: pietrame e talee; pietrame, paleria in legno, fascine vive, talee; paleria in legno di dimensioni adeguate (diam. 18-20), fascine vive, ramaglia, chiodi in tondino di ferro (diam. 14-16). Il materiale vegetale dovrà essere caratterizzato da capacità riproduttiva.



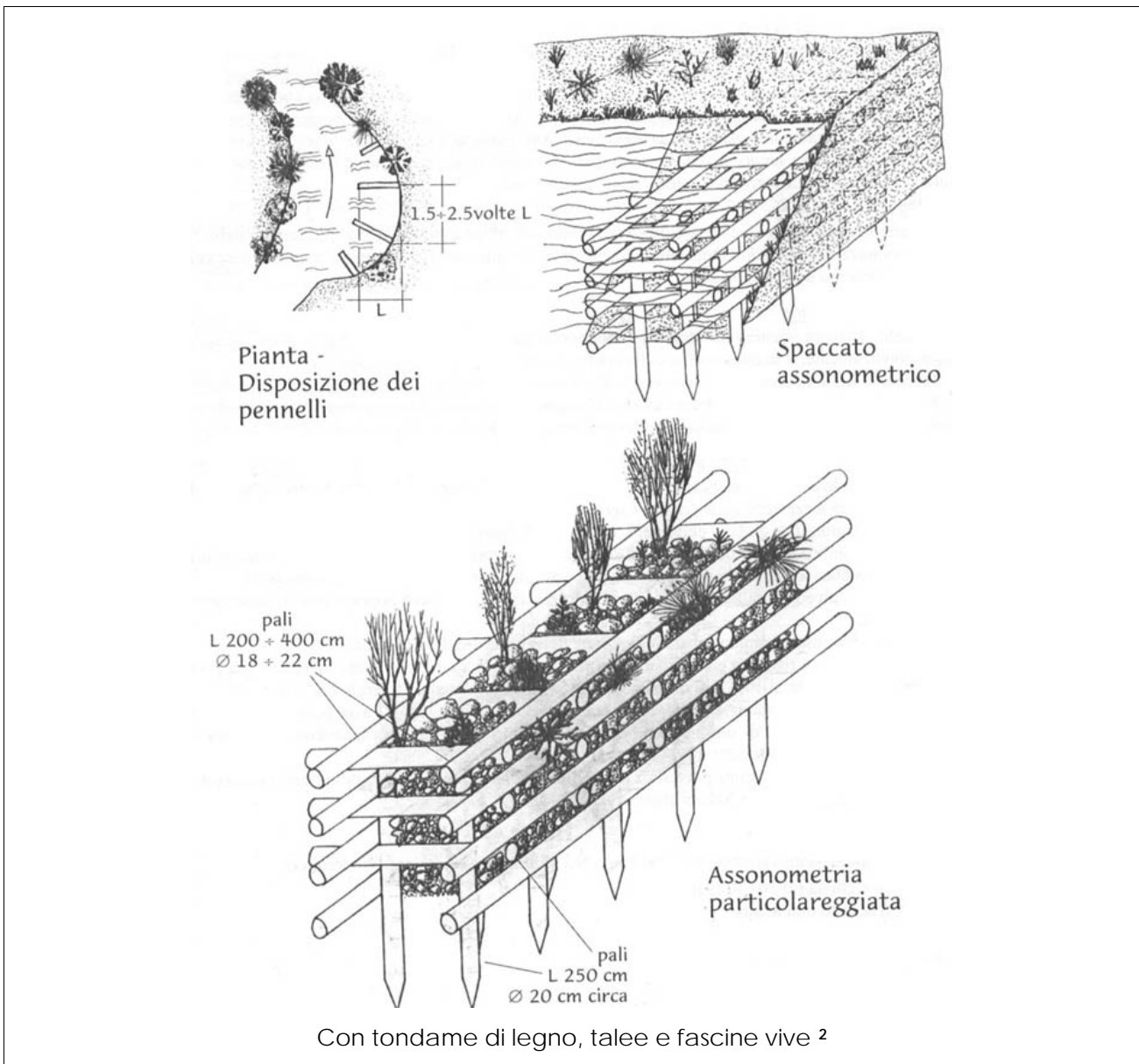
*F. Esino (AN). Progetto IRIS (2003). Foto IRIS*

Repellenti vivi





<sup>1</sup> Schiechl, Stern "Ingegneria naturalistica, manuale delle costruzioni idrauliche" Trento 1994.



Schemi tipologici

<b>Limiti di applicazione</b>	Dipendono dalla dinamica geomorfologica del corso d'acqua, dalla velocità della corrente e dal trasporto solido.
<b>Contesti applicativi</b>	A, B, I, L. 2, 3
<b>Adattamento all'ambito regionale</b>	Non sono necessari particolari adattamenti all'ambito regionale. A: Sponde di corsi d'acqua a carattere torrentizio con trasporto solido sabbioso e ghiaioso.
<b>Specie vegetali</b>	<i>Alnus glutinosa</i> , <i>Fraxinus ornus</i> , <i>Nerium oleander</i> , <i>Populus alba</i> , <i>Rubus ulmifolius</i> ,

<sup>2</sup> Regione Toscana, "Principi e linee guida per l'ingegneria naturalistica" Vol. 2, FI 2001

<b>utilizzabili</b>	<i>Salix alba, S. arrigonii S. atrocinerea, S. purpurea, Tamarix africana, T. canariensis, T. gallica, T. tetragyna, Ulmus minor, Vitex agnus-castus.</i>
<b>Vantaggi</b>	Struttura elastica e adattabile e di facile realizzazione. Diversificazione degli habitat.
<b>Svantaggi</b>	Possibili formazioni di erosioni e depositi lungo la struttura. Possibili formazione di gorghi in corrispondenza della testata dei repellenti che possono quindi richiedere interventi di ripristino e manutenzione.
<b>Effetto</b>	Protezione da fenomeni di erosione spondale. Diversificazione degli habitat.
<b>Periodo intervento</b>	Durante il periodo di riposo vegetativo e di magra.
<b>Possibili errori</b>	Non adeguata valutazione delle dinamiche geomorfologiche e idrauliche. Utilizzo di specie non compatibili con l'ambiente acquatico. Utilizzo di specie con scarsa capacità riproduttiva. Scarso ancoraggio alla sponda.
<b>Voce di capitolato</b>	Costruzione in legname, pietrame e materiale vivo posti in senso trasversale o longitudinale rispetto alla corrente. L'inclinazione dei pennelli e le specifiche tecniche sono stabilite dalla D.L. per mezzo degli elaborati progettuali, a seconda degli effetti che si vogliono ottenere. La realizzazione dell'opera deve prevedere: - lo scavo di un fossato e l'infissione di una o più file di picchetti per il contenimento della struttura; i pali dovranno essere piantati a distanza non superiore a 1,5 m l'uno dall'altro, a profondità da 1 fino a 3 m proporzionalmente alla lunghezza del pennello e all'energia idraulica del corso d'acqua e dovranno sporgere fuori terra per un'altezza pari a quella dell'intero manufatto; il minimo diametro della paleria deve essere di almeno 15 cm; - il posizionamento di pali di lunghezza minima di 3 m fissati ai picchetti; - il posizionamento in strati alternati con inerti di dimensione adeguata indicati dalla D.L. della ramaglia viva, talee, verghe o altro materiale da propagazione vegetativa adatto, disposto in fascine o intrecciato; - eventuale deposizione di materiale (es. massi da scogliera) o manufatti appositamente studiati, al fine di proteggere dalla pressione idraulica e da possibili erosioni al piede dei pennelli. Il pennello vivo sia che venga realizzato perpendicolarmente o inclinato rispetto alla corrente, sia che venga costruito longitudinalmente, deve essere realizzato con arte in modo che possa divenire parte integrante della sponda e modificare la morfologia fluviale per gli scopi prefissati senza generare cambiamenti destabilizzanti sulla sponda opposta .
<b>Operazioni di manutenzione</b>	Gli interventi di manutenzione sulle parti vegetali dell'opera comprendono il recupero delle fallanze, la potatura di formazione, i diradamenti. Quelli sulle parti inerti il rinforzo dei singoli elementi deteriorati tramite il ripristino dei fissaggi o l'accoppiamento di nuovi elementi e in caso di asportazione di porzioni d'opera lo smontaggio e la sostituzione delle parti daneggiate

<sup>3</sup> Regione Liguria "Schema di contratto e capitolato speciale d'appalto" GE 2003.

Altre foto illustrative di applicazioni:



*Repellenti vivi. Foto G. Franchi*



*F. Esino. Progetto IRIS (2004). Foto IRIS*

## Briglie (e soglie) in legname e pietrame rinverdite

Scheda: D.2

### Descrizione:

Opera in legname e pietrame realizzata trasversalmente al corso d'acqua. Si ha un'immediata diminuzione della pendenza del profilo longitudinale del corso d'acqua, pertanto viene meno l'effetto erosivo e viene favorito il deposito di materiale. L'aspetto in aree montane risulta gradevole in quanto legato all'uso di tronchi e pietrame e risulta perciò opera sostitutiva di briglie cementizie. Possono essere realizzate opere di altezza e ampiezza limitata; non sono proponibili in regimi con trasporto solido di diametro elevato. La durata di tali opere risulta limitata nel tempo, inoltre, sono scarsamente rivegetabili.

### Campi di applicazione:

Torrenti montani e collinari anche con notevole trasporto solido.

### Materiali:

Tronchi di castagno o resinose scortecciati diam. 20-30 cm, chiodature metalliche diam. 12-14 mm, tondini in metallo diam. 10-14 mm, talee e fascine vive diam. 20-30 cm, pietrame, inerte terroso.

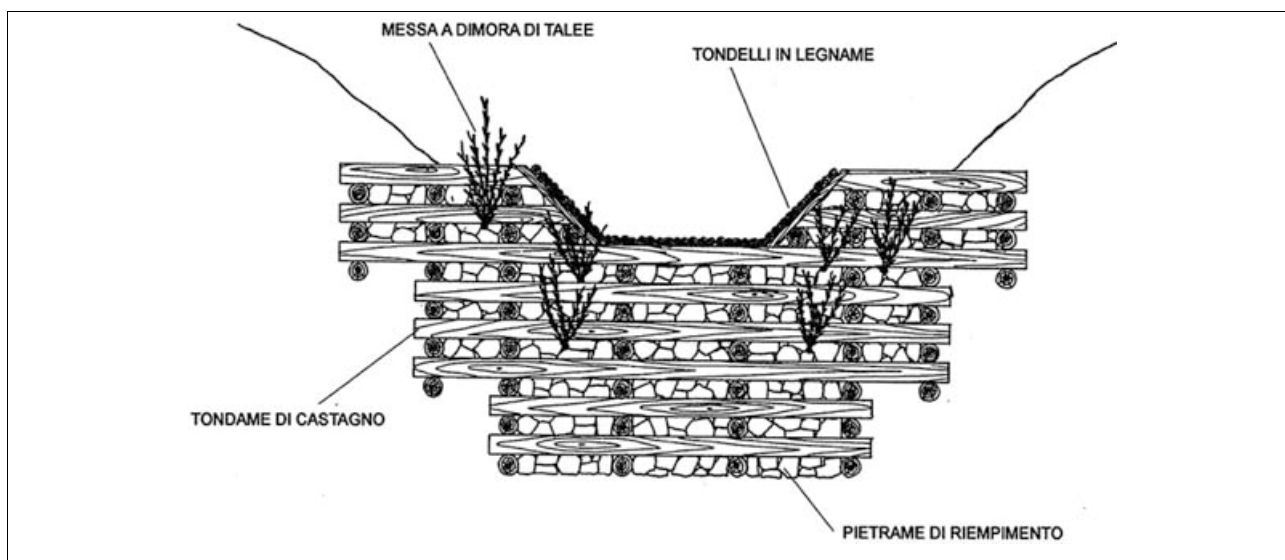


*Briglia legname e pietrame (aprile 2002) M. Vulture (PZ) - Foto P. Cornelini*

Briglie vive <sup>1</sup>

<sup>1</sup> Ministero dell'Ambiente e della tutela del territorio "Manuale di indirizzo per le scelte progettuali per interventi di Ingegneria naturalistica" Roma 2005





Schemi tipologici<sup>2</sup>

<b>Limiti di applicazione</b>	Realizzazione di opere di modeste dimensioni e corsi d'acqua con trasporto solido elevato.
<b>Contesti applicativi</b> A, B A: Piccoli corsi d'acqua a carattere torrentizio delle aree montane e collinari con modesti depositi alluvionali di fondo e sponde costituite da depositi di versante o roccia nuda. D: interessati da fenomeni di debris flow. 1-	
<b>Adattamento all'ambito regionale</b>	In ambito regionale l'utilizzo di tali tecniche appare limitato dalle caratteristiche climatiche ed in particolare dalle condizioni di aridità dei substrati in vari contesti ambientali. Per tale motivo si ritiene che queste tecniche possano essere adoperate solo ove non vi siano limitazioni del contenuto idrico. Conseguentemente si ritiene utile l'utilizzo di talee solo in contesti bioclimatici di tipo temperato sub mediterraneo e in aree a moderata o alta igrofilia con bioclima mediterraneo. Sostrati in rocce cristalline granitoidi interessati da elevato trasporto solido o da colate di detrito; più limitatamente sostrati in rocce metamorfiche.
<b>Specie vegetali utilizzabili</b>	<i>Fraxinus ornus, Myrtus communis, Nerium oleander, Rosa sempervirens, Rubus ulmifolius, Salix alba, S. arrigonii, S. atrocinerea, S. purpurea, Ulmus minor</i>
<b>Vantaggi</b>	Tecnica che permette di sostituire la realizzazione di opere in calcestruzzo, utilizzando materiale naturale.
<b>Svantaggi</b>	Durata nel tempo limitata.
<b>Effetto</b>	Diminuzione della pendenza del profilo del corso d'acqua. Si inserisce bene in ambienti naturali.
<b>Periodo intervento</b>	Si può realizzare in ogni periodo. Se viene utilizzato materiale vegetale il periodo è condizionato da quello di riposo vegetativo.
<b>Possibili errori</b>	Insufficiente ammorzamento sul fondo e sui lati. insufficiente chiodatura.

<sup>2</sup> Ministero dell'Ambiente e della tutela del territorio "Manuale di indirizzo per le scelte progettuali per interventi di Ingegneria naturalistica" Roma 2005

	<p>Riempimento con materiale fine. Mancato scortecciamento dei tronchi. Insufficiente affrancamento laterale, senza tener conto delle azioni di mobilità dell'alveo.</p>
<p><b>Voce di capitolato</b></p>	<p>Per la costruzione delle briglie in legname e pietrame vengono adottati criteri simili a quelli delle palificate a doppia parete, specificando che il paramento superiore della struttura dovrà essere sagomato a formare una gàveta. La briglia deve essere realizzata utilizzando legname di castagno scortecciato o di resinose impregnato a pressione con sostanze conservanti, secondo quanto indicato; il tondame deve essere di buona qualità tecnologica, senza difetti (marciumi, danni da fitopatie, ecc.), ben conformato, di lunghezza minima pari a m. 3 e di diametro compreso tra 18 e 20 cm.; la briglia deve essere realizzata a doppia parete. La realizzazione della struttura deve essere effettuata successivamente allo scavo di fondazione, effettuato a mano e/o con mezzo meccanico, con una contropendenza a monte di circa il 10 % ed una profondità minima di 40 cm.; la fondazione delle ali della struttura nelle due sponde dovrà essere particolarmente curata ed approfondita secondo e indicazioni della D.L., al fine di evitare lo scalzamento della struttura da parte dell'acqua. Le briglie dovranno essere realizzate nelle misure di altezza e profondità indicate in progetto per i singoli manufatti, in relazione alla realizzazione di una singola briglia e/o di briglie in serie, di dimensioni differenti tra loro. L'interasse tra il tondame disposto trasversalmente (traversi) deve essere di circa ...-... cm, disposto a quinconce o allineate sul prospetto della briglia, come da dettagli esecutivi allegati al progetto. L'assemblaggio del tondame deve essere effettuato previa realizzazione di un piccolo incastro sul tronco superiore, apertura di un foro passante con trapano dotato di punta idonea di mm. 12-14 e infissione di un chiodo in tondino ad aderenza migliorata di diametro pari a 14-16 mm.. I singoli tronchi longitudinali (correnti) devono essere collegati tra loro mediante appositi incastri e fissaggio con chiodi idonei. Non è ammesso avvicinare i tronchi senza provvedere al loro collegamento. Il lavoro, procedendo dallo scavo di fondazione verso l'alto, dovrà comprendere il riempimento della struttura con materiale lapideo posato a mano almeno sui paramenti esterni della briglia, in modo da mantenere il drenaggio della struttura ma riducendone gli interstizi; è ammesso, ma solo su indicazione della D.L., il riempimento dell'interno della struttura con materiale lapideo sciolto, purché di dimensioni tali da non creare una rilevante incidenza di vuoti nella struttura. Il riempimento delle ali della struttura, se previsto in progetto e prescritto dalla D.L., potrà essere effettuato con pietrame e terreno, in modo da poter porre a dimora piantine e/o talee, sempre indicate dalla D.L. La gàveta dovrà essere rivestita con tondelli o mezzi tronchi di castagno scortecciato e/o resinose impregnate a pressione, fissati con chiodi alla struttura, disposti lungo l'asse della corrente. I tondelli o i mezzi tronchi dovranno essere accuratamente accostati tra loro, riducendo al minimo gli interstizi. Nei casi in cui può sussistere rischio di esondazione laterale dalla gavetta e in ogni caso per maggior cautela, è raccomandabile realizzare ali inclinate affrancate ai lati, come si evince dalla prossima foto a sinistra, diversamente da quanto invece è raffigurato nei disegno e nelle altre immagini .</p>

<sup>3</sup> Regione Liguria "Schema di contratto e capitolato speciale d'appalto" GE 2003.

**Operazioni di manutenzione**

Gli interventi di manutenzione sulle parti inerti comprendono il rinforzo dei singoli elementi deteriorati tramite il ripristino dei fissaggi per contrastare il deterioramento di porzioni di struttura, l'asportazione del materiale lapideo di rivestimento del fondo. Quelli sulle parti vegetali prevedono il recupero delle fallanze e interventi di sfoltimento e diradamento della vegetazione per limitare lo sviluppo di vegetazione erbacea, arbustiva o arborea dentro la canaletta

Altre foto illustrative di applicazioni:



*T. Giarone. Progetto IRIS-Biotec (2003). Foto M. Bacci*



*T. Giarone. Progetto IRIS-Biotec (2003). Foto M. Bacci*



*T. Buca dei Ladri (FI). Progetto IRIS (1999). F. M. Bacci*



*T. Buca dei Ladri (FI). Progetto IRIS (1999). F. M. Bacci*

Rivestimento di stuoie in canne e bioreti	Scheda: E.2
<p><b>Descrizione:</b></p>	
<p>La tecnica è finalizzata alla tutela e recupero dei corpi dunari secondari stabilizzati o semistabilizzati da copertura vegetale arboreo-arbustiva dominata da <i>Juniperus spp.</i>, ed in particolare alla protezione delle superfici soggette a deflazione eolica con conseguente esumazione dell'apparato radicale delle piante. La tecnica consiste nello stendimento lungo le superfici sabbiose a moderata acclività (minori di 30°/40°), di un doppio rivestimento costituito da una stuoia in canne di diametro minimo 10 mm a contatto con la superficie, a cui si sovrappone una biorete in fibra vegetale di cocco a maglie larghe di 2 cm. La tecnica assolve ad una triplice funzione:</p>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ arrestare il processo di erosione eolica ed idrica responsabile dell'esumazione dell'apparato radicale delle piante;</li> <li>▪ favorire la deposizione eolica di materiale sabbioso al disopra del rivestimento;</li> <li>▪ migliorare le condizioni edafiche del terreno e favorire la spontanea crescita della vegetazione naturale.</li> </ul>	
<p>Il rivestimento in canne e bioreti è idoneo su superfici a bassa o moderata pendenza, anche irregolari e in presenza di radici o rami affioranti; questi non devono essere assolutamente asportati, tagliati o danneggiati nella fase di realizzazione dell'intervento, ma al contrario necessitano di specifica attenzione adagiando il rivestimento sulle irregolarità della superficie e lasciando scoperti i rami e le radici più sporgenti. Il rivestimento consente l'infiltrazione delle acque meteoriche e ostacola le diverse forme di erosione idrica superficiale (<i>splash erosion, sheet erosion e rill erosion</i>) che spesso si sommano ai processi di deflazione eolica. Le maglie relativamente larghe delle bioreti in cocco e gli interstizi delle stuoie in canne consentono e favoriscono l'attecchimento e lo sviluppo spontaneo delle specie vegetali psammofile assicurando in tal modo la protezione e il consolidamento della superficie una volta che la stuoia ha subito il completo deterioramento. L'efficacia del metodo dipende dai processi in atto nel dominio eolico che agiscono in particolare con l'asperione sabbiosa sulle superfici rivestite, permettendo alla sabbia di penetrare attraverso le maglie, sedimentare e colmare i vuoti lasciati dalle asperità del terreno fino a ricoprire il rivestimento stesso. Per questa ragione è importante che lo spessore del rivestimento sia tale da favorire il processo di sedimentazione e riempimento, funzione anche del diametro delle canne utilizzate per le stuoie. Tecnica di esecuzione rapida e semplice, con protezione immediata della superficie.</p>	
<p><b>Campi di applicazione:</b></p>	
<p>Corpi dunari secondari di cresta e di retroduna, soggetti a processi erosione eolica con conseguente esumazione dell'apparato radicale delle specie arboree e arbustive, deperimento delle piante e destabilizzazione delle superfici. Superfici laterali dei canali di deflazione indotti da calpestio e margini di accrescimento dei <i>blow out</i>, generalmente localizzati nei sistemi dunari secondari. È importante che le superfici di intervento soggette ad erosione non siano interessate da processi gravitativi di scivolamento delle sabbie in atto o potenziali, che rendono instabile la scarpata e inefficace il rivestimento.</p>	
<p>L'intervento è adatto prevalentemente alla mitigazione di fenomenologie erosive indotte dalla frequentazione pedonale e dalla pressione antropica in generale; infatti l'inserimento dei rivestimenti in aree naturalmente soggette a fenomeni di scalzamento ed erosione, espressione dei naturali rapporti geomorfologici e sedimentari tra spiaggia emersa e ambito dunare, oltre ad essere inutile nel quadro complessivo degli equilibri del sistema di spiaggia in cui la duna è inserita, ha scarse probabilità di successo nel medio e lungo termine. L'efficacia dell'intervento viene valutata in relazione al miglioramento quali-quantitativo dei corpi dunari secondari degradati.</p>	
<p>La durata dell'intervento nel tempo è variabile; la fibra di cocco in particolare dura sino a 5 - 6</p>	

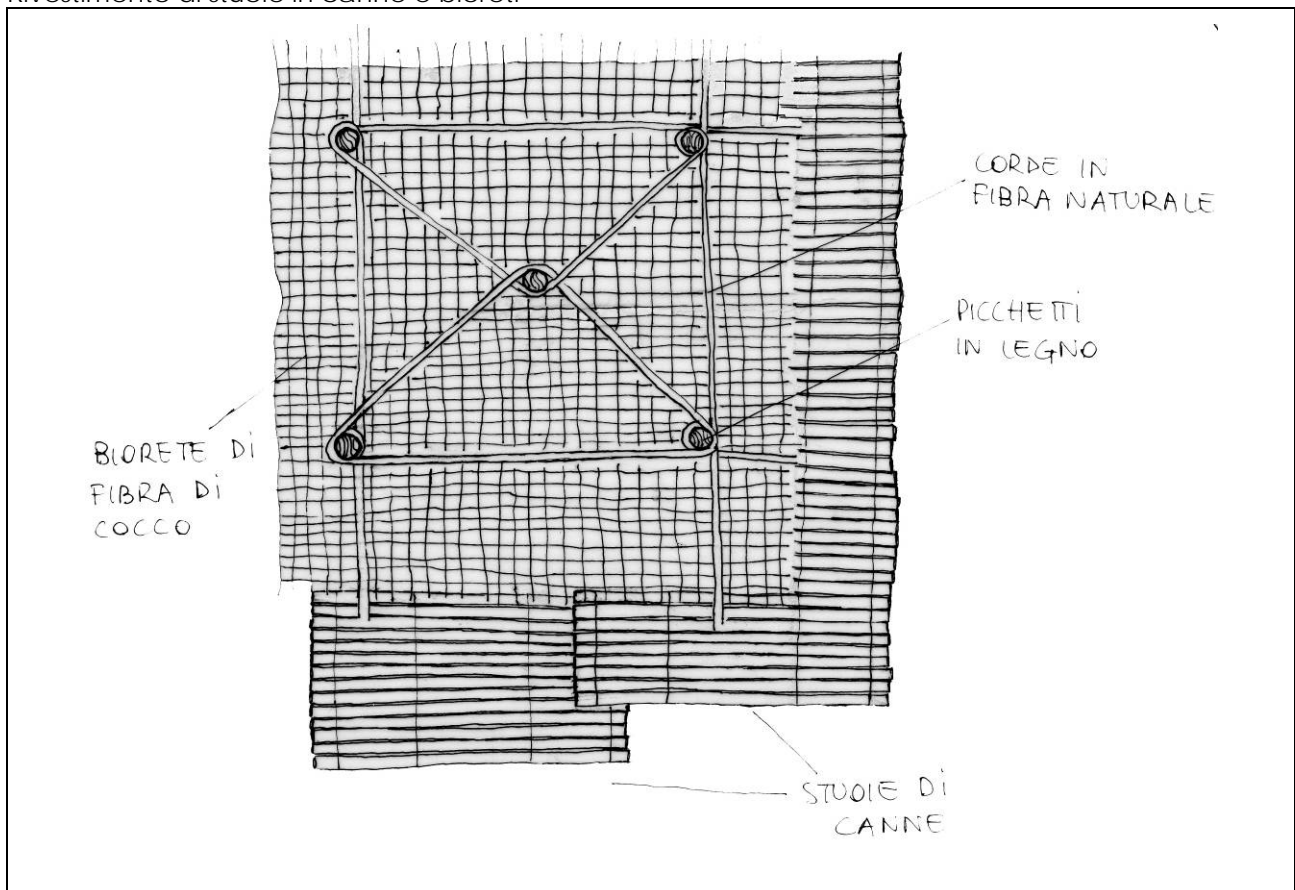
anni, le stuoie in canne 7-8 anni; la degradazione finale è completa. Se l'esito dell'intervento è positivo e consente la deposizione di aspersioni sabbiose sopra la stuoia e la crescita di vegetazione spontanea la funzione di protezione dall'erosione sarà assicurata anche dopo la degradazione delle canne e delle bioreti.

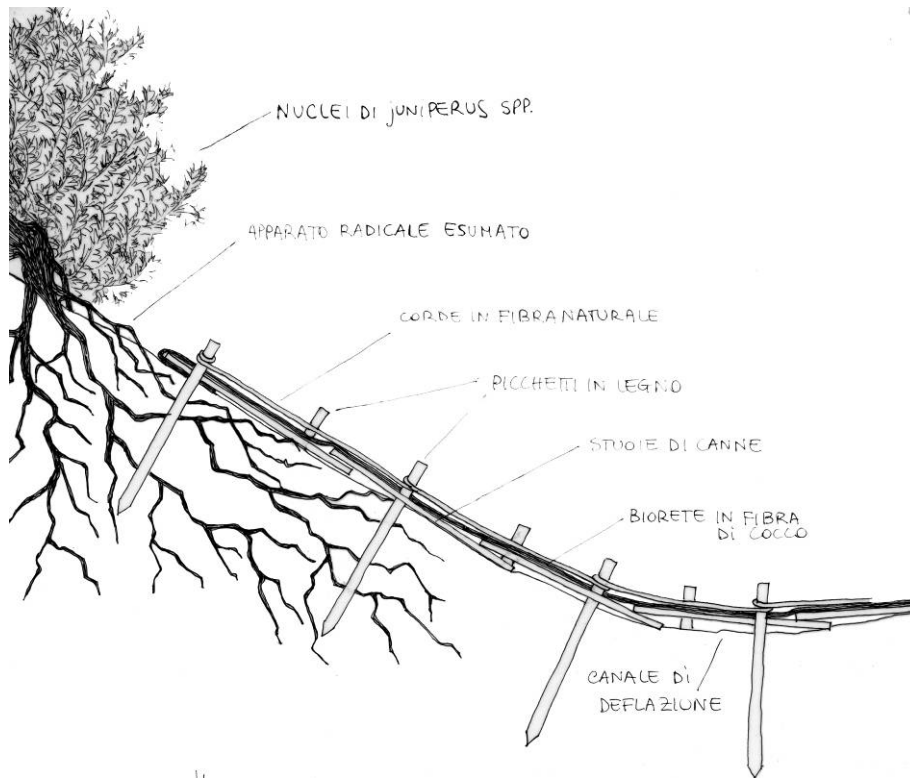
Rivestimento di stuoie in canne e bioreti

**Materiali:**

- Biorete in fibre di cocco, costituita da corde intrecciate di diametro pari a circa 5 mm e maglie della rete di 2x2 cm;
- picchetti in legno (d = 3 cm; h = 70 cm);
- stuoie di canne (d canne = 10 - 15 mm) legate mediante corde in fibra naturale;
- corde in fibra naturale (d = 0,6 cm; portata 50 kg).

Rivestimento di stuoie in canne e bioreti





Schemi tipologici <sup>1</sup>

<sup>1</sup> Ministero dell'Ambiente e della tutela del territorio "Manuale di indirizzo per le scelte progettuali per interventi di Ingegneria naturalistica" Roma 2005



<b>Limiti di applicazione</b>	Scarpate ripide; presenza di un folto intreccio di rami o radici; versanti soggetti a fenomeni gravitativi e instabili per smottamenti o scivolamento delle coperture sabbiose
<b>Contesti applicativi</b>	G
<b>Adattamento all'ambito regionale</b>	Non sono necessari particolari adattamenti all'ambito regionale.
<b>Specie vegetali utilizzabili</b>	Non sono previsti impianti
<b>Vantaggi</b>	Facilmente utilizzabile anche su pendii scabrosi e irregolari. Protezione immediata dall'erosione. Una volta esaurita la sua funzione non rimane alcun rifiuto in quanto i materiali utilizzati sono totalmente biodegradabili. Inoltre, l'intervento manifesta un basso impatto in termini estetico-percettivi in quanto perfettamente integrato nel paesaggio per l'elevata coerenza cromatica rispetto alle superfici circostanti e tendente ad esaltare la vegetazione naturale e le morfologie tipiche dunari.
<b>Svantaggi</b>	Moderata durata del materiale utilizzato;
<b>Effetto</b>	Protezione immediata dall'erosione eolica. Favorisce l'infiltrazione idrica nel sottosuolo e frena le diverse forme di erosione idrica superficiale; favorisce la deposizione di materiale sabbioso fino al progressivo ricoprimento delle stuoie e delle bioreti; migliora le condizioni edafiche del terreno e favorisce la spontanea crescita della vegetazione naturale.
<b>Periodo intervento</b>	Preferibilmente nei periodi primaverili, autunnali e invernali, in quanto la sabbia

	<p>è generalmente più compatta e risulta più facilmente posizionabile. Inoltre la dinamica eolica è più attiva permettendo di verificare in breve tempo il ricoprimento sabbioso delle stuoie e delle bioreti</p>
<b>Possibili errori</b>	<p>Insufficiente fissaggio della stuoia al terreno e scarsa sovrapposizione delle bioreti. Errato fissaggio stabile del settore sommitale della scarpata. Scelta errata del tipo di stuoia. Errato fissaggio delle bioreti al piede della scarpa esposta sopravvento, con il pericolo di creare un "effetto vela" e conseguente sradicamento del rivestimento.</p>
<b>Voce di capitolato</b>	<p>Lungo i fianchi della duna, dal punto in cui il pendio diviene meno ripido, si procederà dapprima con la stesura delle stuoie di canne. Se necessario, si potrà provvedere a formare strati via via crescenti, in funzione del volume che si desidera riempire, soprattutto in prossimità dei <i>blowout</i> più profondi. Le stuoie in canne sono stese perpendicolarmente alla direzione di massima pendenza e comunque adagiate al fine di ricoprire le irregolarità superficiali e i vuoti del terreno. E' importante non livellare il terreno prima della posa. Nei casi di accessibilità più difficile risulta utile l'utilizzo di scale a pioli per raggiungere la superficie sommitale senza calpestare e danneggiare l'eventuale vegetazione presente o indurre fenomeni di smottamento. Successivamente, si procederà alla stesura della biorete in fibre di cocco a ricoprire le stuoie e al suo ancoraggio al suolo mediante picchetti in legno e legatura incrociata con corde. Lo stendimento delle bioreti avviene secondo le linee di massima pendenza delle superfici, con una sovrapposizione laterale minima di 10 cm, al fine di ottenere tendenzialmente un effetto finale di rivestimento sovrapposto e incrociato le stuoie in canne sottostanti.</p> <p>Durante la posa dovrà essere prestata particolare attenzione a non danneggiare ulteriormente con tagli o sradicamenti gli apparati radicali di ginepro esumati.</p>
<b>Operazioni di manutenzione</b>	<p>Eventuali danni compiuti da animali o da atti vandalici, che compromettono la funzionalità delle strutture realizzate devono essere riparate sostituendo gli elementi danneggiati o eccessivamente usurati, come ad esempio i legaggi, oppure ancorando le strutture o eliminando eventuali fosse o scavi nelle loro vicinanze. Le operazioni vanno eseguite almeno per 5-6 volte l'anno, per i primi tre anni, in particolare per scongiurare gli effetti negativi di eventuali atti di vandalismo;</p> <p>La verifica che i legaggi non siano allentati e che la stabilità delle strutture sia salda, si esegue per 5-6 volte l'anno, almeno per i primi tre anni .</p>



Altre foto illustrative di applicazioni:



*Dune di Chia (Domus de Maria - CA). Progetto Integrato Territoriale (PIT) CA 4 "Area Vasta Sud Occidentale"  
Risanamento delle dune di Chia e sistemazione delle zone limitrofe – Il stralcio.  
Foto CRITERIA*

## Barriere verticali

Scheda: E.3

### Descrizione:

La tecnica è finalizzata alla mitigazione dei processi di scalzamento alla base dei fronti dunari in smantellamento oppure al contenimento delle sabbie laddove sono dominanti i fenomeni di scivolamento di materiale sabbioso per gravità dai fianchi e dai settori di cresta delle dune.

La tecnica consiste nel posizionamento di barriere verticali in canne e pali, di altezza fuori terra minima di 70 cm, aventi lo scopo di limitare il processo di scalzamento della duna e allo stesso tempo di contenere l'accumulo del materiale al piede della stessa. La struttura, inoltre, nei confronti dei venti incidenti esercita una schermatura nei confronti dei processi di trasporto ed erosione con un conseguente effetto di deposizione frontale di materiale eolico che consolida ulteriormente il piede della duna.

### Campi di applicazione:

Fronti e corpi dunari residuali delle dune primarie e secondarie soggette a fenomeni di smantellamento e di scalzamento alla base con conseguenti fenomeni di caduta per gravità di materiale sabbioso. La struttura è utilizzata anche come sponda di contenimento delle sabbie in presenza di corpi dunari residuali e non, che manifestano instabilità delle creste e delle parti sommitali con smottamenti e fenomeni di scivolamento delle sabbie.

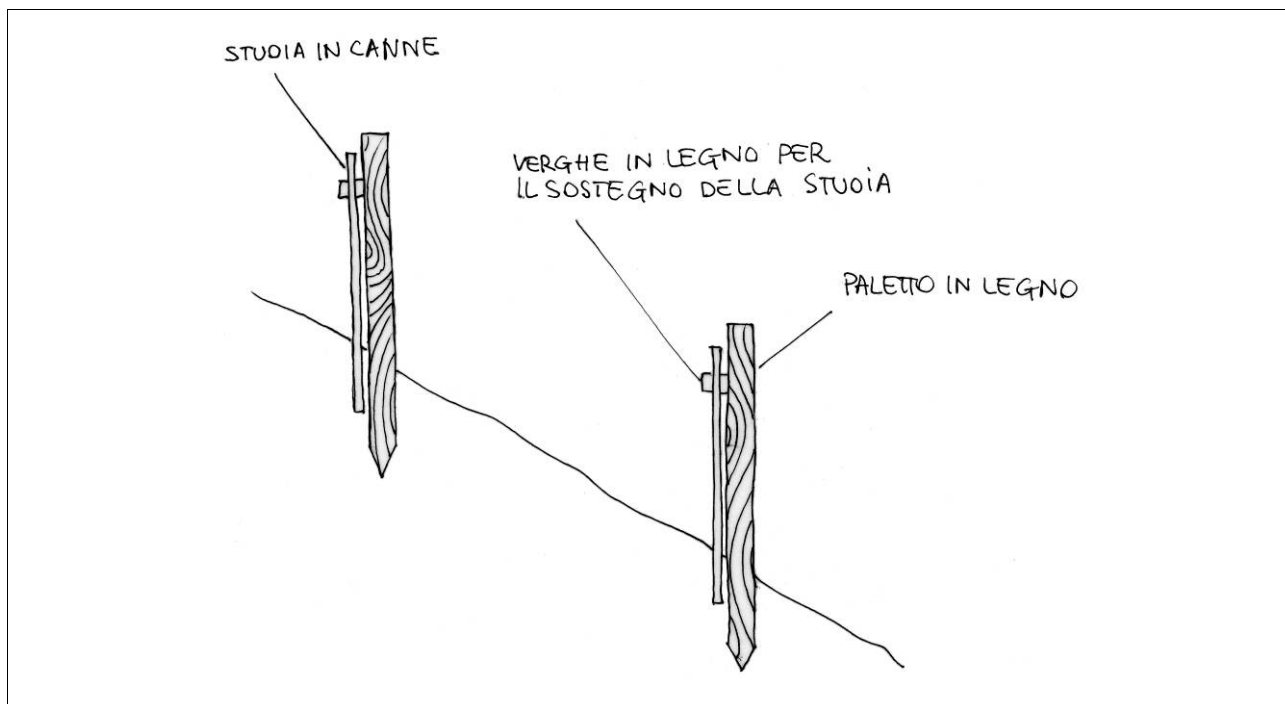
La struttura può essere realizzata contestualmente ad opere di impianto o semina, al fine di creare una struttura di protezione con effetto schermante per le specie di nuovo inserimento.

### Materiali:

- Stuoie di canne (d<sub>canne</sub> = 2 - 3 cm) legate mediante corde in fibra naturale;
- pali di castagno impregnati (d = 10 cm; h = 120 cm);
- corde di canapa (d = 0,6 cm; portata 50 kg);
- tirafondi in acciaio zincato (6x80 mm)
- verghe di legno (spessore 1 cm e altezza 3 cm; lunghezza = 2,20 m)

### Barriere verticali





Schemi tipologici <sup>1</sup>



Dune di Chia (Domus de Maria - CA). Progetto Integrato Territoriale (PIT) CA 4 "Area Vasta Sud Occidentale" Risanamento delle dune di Chia e sistemazione delle zone limitrofe - Il stralcio.  
Foto CRITERIA

<b>Limiti di applicazione</b>	Versanti fortemente destabilizzati soggetti a mobilità gravitativa di ingenti volumi di materiale sabbioso; versanti estesi e ad elevata pendenza soggetti anche a erosione eolica
<b>Contesti applicativi</b>	G
<b>Adattamento all'ambito</b>	Non sono necessari particolari adattamenti all'ambito regionale, se non per gli eventuali impianti o semina da effettuare contestualmente alla

<sup>1</sup> Ministero dell'Ambiente e della tutela del territorio "Manuale di indirizzo per le scelte progettuali per interventi di Ingegneria naturalistica" Roma 2005

<b>regionale</b>	realizzazione delle strutture, che richiederebbero l'utilizzo di specie autoctone coerenti con il contesto floristico-vegetazionale della seriazione psammofila spiaggia-duna
<b>Specie vegetali utilizzabili</b>	<i>Nei settori di avanduna: Pancratium matitimum, Othanthus maritimum, Eryngium maritimum L., Crucianella maritima L</i> <i>Nei settori di cresta o retroduna: Pistacia lentiscus, Juniperus phoenicea subsp. turbinata, Juniperus oxycedrus subsp. macrocarpa, Phillyrea media var. rodriguezii, Cistus sp. pl</i>
<b>Vantaggi</b>	Facile posizionamento e riduzione dell'acclività dei fianchi dunari; fenomeni immediati di accumulo sia per gravità che per sbarramento eolico del fronte; Una volta esaurita la sua funzione non rimane alcun rifiuto (biodegradabilità totale) e la duna si evolve spontaneamente.
<b>Svantaggi</b>	La barriera spesso risolve solo parzialmente il problema della destabilizzazione di superfici molto estese e ad elevata pendenza, mitigando lo scivolamento e la dispersione delle sabbie ma non intervenendo sulle cause, spesso imputabili al danneggiamento delle vegetazione sommitale e di cresta.
<b>Effetto</b>	Protezione del piede della duna; la riduzione della pendenza del versante dunare, conseguente l'accumulo di materiale al piede, riduce l'instabilità della duna stessa a seguito della riduzione della pendenza e di un maggiore equilibrio della scarpata.
<b>Periodo intervento</b>	Preferibile non intervenire durante la stagione estiva per evitare interferenze con la fruizione balneare.
<b>Possibili errori</b>	Posizionamento delle barriere troppo distanti o troppo vicino al piede del versante dunare da proteggere
<b>Voce di capitolato</b>	Realizzazione di barriere verticali costituite da schermi disposti entro una trincea, atta al parziale interrimento degli stessi, e orientati ortogonalmente rispetto alla direzione di caduta gravitativa del materiale sabbioso dal fianco della duna e/o alla direzione del vento dominante.  La struttura modulare portante viene realizzata con 3 paletti di castagno (h= 120 cm, d = 10 cm), interrati per circa 50 cm, distanti 1 m l'uno dall'altro; gli schermi sono costituiti da stuoia in canne (dcanne = 2 - 3 cm), tessuta mediante cordicelle in fibra naturale in modo da risultare permeabile al vento, semi-interrata (circa 30 cm) e fissata ai pali in legno mediante una verga, il tirafondo e doppio corso di corda di canapa.  La disposizione planimetrica delle barriere verticali prevede che siano linearmente distanziate tra loro di un metro e disposte su due o più file parallele distanti un metro e sfalsate, in modo che le barriere retrostanti occludano il varco tra le barriere della fila anteriore.
<b>Operazioni di manutenzione</b>	Eventuali danni compiuti da animali o da atti vandalici, che compromettono la funzionalità delle strutture realizzate devono essere riparate sostituendo gli elementi danneggiati o eccessivamente usurati, come ad esempio i legaggi, oppure ancorando le strutture o eliminando eventuali fossi o scavi nelle loro vicinanze. Le operazioni vanno eseguite almeno per 5-6 volte l'anno, per i primi tre anni, in particolare per scongiurare gli effetti negativi di eventuali atti di vandalismo;  La verifica che i legaggi non siano allentati e che la stabilità delle strutture sia salda, si esegue per 5-6 volte l'anno, almeno per i primi tre anni .

Altre foto illustrative di applicazioni:



*Dune di Chia (Domus de Maria - CA). Progetto Integrato Territoriale (PIT) CA 4 "Area Vasta Sud Occidentale"  
Risanamento delle dune di Chia e sistemazione delle zone limitrofe – Il stralcio.  
Foto CRITERIA*

## Nuclei d'innescio

Scheda: E.4

### Descrizione:

La tecnica è finalizzata alla ricostituzione e recupero delle formazioni dunari embrionali e di avanduna, in ambito di potenziale sviluppo di tali morfologie eoliche. La tecnica consiste nel posizionamento di celle triangolari in materiale rigido (legno e canne), di 2 metri di lato e 70 cm di altezza fuori terra, aventi lo scopo di intercettare e favorire l'accumulo della sabbia trasportata dal vento e attivare il processo di evoluzione spontanea di dune embrionali e di avanduna e il conseguente accrescimento di specie vegetali pioniere. La permeabilità della struttura consente l'ingresso della sabbia all'interno della cella ed il conseguente accumulo.

La tecnica assolve alle seguenti funzioni:

- Ricostituire le formazioni dunari embrionali e di avanduna in aree di potenziale sviluppo di tali morfologie eoliche;
- favorire la deposizione eolica di materiale sabbioso internamente ed esternamente alla struttura;

La tecnica prevede l'inserimento di gruppi di nuclei d'innescio in modo da favorire lo sviluppo di morfologie di accumulo eolico articolate e complementari, sfruttando quanto più possibile l'effetto cumulato delle stesse strutture. L'orientazione della struttura rispetto alla direzione dei venti (ortogonale o variamente inclinata) da origine a morfologie di accumulo differenti.

### Campi di applicazione:

Settori di retrospiaggia e ambiti delle dune primarie in cui, a seguito di processi di erosione e smantellamento di preesistenti corpi sabbiosi eolici indotti dalla frequentazione e dalla pressione antropica in generale, sussistono ancora condizioni di potenziale sviluppo di morfologie di accumulo eolico. In tal senso i parametri geomorfologici e sedimentari minimi necessari per garantire l'efficacia dell'intervento sono:

- apporti sedimentari dalla spiaggia emersa connessi con il trasporto eolico sufficienti a garantire fenomeni deposizionali;
- settori di retrospiaggia scarsamente esposti all'azione del moto ondoso e non soggetti a ristagno idrico invernale;
- lievi depressioni di retrospiaggia indotti dalla frequentazione e dal progressivo costipamento della superficie sabbiosa, con potenziali fenomeni di aspersione sabbiosa.
- indizi geomorfologici che indicano la potenzialità di accrescimento spontaneo delle formazioni dunari (presenza di accumuli eolici di neoformazione; disponibilità sedimentaria e ampiezza della spiaggia emersa; presenza di accumuli eolici di avanduna colonizzati da vegetazione psammofila).

Possibilità di impiego di biomasse vegetali spiaggiate, di origine marina (*Posidonia oceanica*), per favorire il consolidamento e l'accumulo sabbioso entro la struttura. L'intervento è adatto alla mitigazione di fenomenologie erosive a carico dei corpi dunari di avanduna ed alla riduzione dei processi di accrescimento dei *blow out* nelle dune primarie e secondarie; inoltre appare efficace in situazioni in cui occorre ricostituire la seriazione morfo-vegetazionale dei sistemi dunari dal fronte alla cresta; l'efficacia dell'intervento viene valutata in relazione al accrescimento qualitativo dei corpi dunari primari ed all'arresto o riduzione dei processi di accrescimento dei *blow out*.

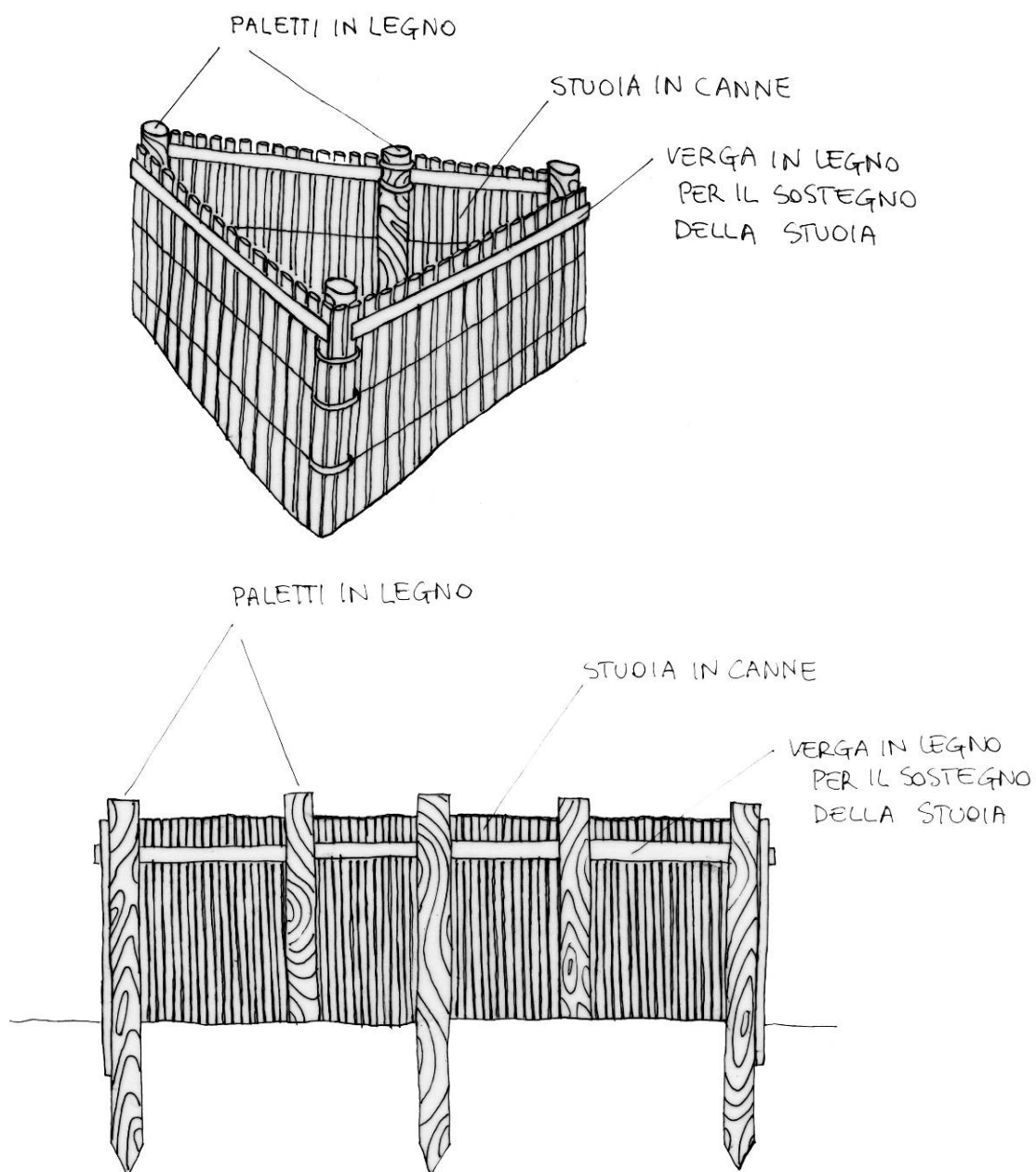
Le stuoie in canne hanno una durata di circa 7-8 anni; la degradazione finale è completa. Se l'esito dell'intervento è positivo e consente la formazione di accumuli eolici, il processo di evoluzione delle dune di neoformazione si evolve spontaneamente anche dopo la degradazione delle strutture in canna.

## Nuclei d'innesco

La struttura può essere realizzata contestualmente ad opere di impianto o semina, al fine di creare una struttura di protezione con effetto schermante per le specie di nuovo inserimento.

### Materiali:

- Pali di castagno (d = 8 cm; h = 100 cm);
- stuoie di canne (d<sub>canne</sub> = 2 - 3 cm) legate mediante corde in fibra naturale;
- tirafondi in acciaio zincato (6x80 mm);
- verghe di legno (spessore 1 cm e altezza 3 cm; lunghezza = 2,20 m);
- corde di canapa (d = 0,6 cm; portata 50 kg).



### Schemi tipologici <sup>1</sup>



<b>Limiti di applicazione</b>	Aree soggette a ristagno idrico; aree di influenza delle mareggiate; settori con scarso apporto detritico dalla spiaggia emersa.
<b>Contesti applicativi</b>	G
<b>Adattamento all'ambito regionale</b>	Non sono necessari particolari adattamenti all'ambito regionale, se non per gli eventuali impianti o semina da effettuare contestualmente alla realizzazione delle strutture, che richiederebbero l'utilizzo di specie autoctone idonee al contesto floristico-vegetazionale della seriazione psammofila spiaggia-duna
<b>Specie vegetali utilizzabili</b>	<i>Nei settori di avanduna: Pancratium matitimum, Othanthus maritimum, Eryngium maritimum L., Crucianella maritima L</i> <i>Nei settori di cresta o retroduna: Pistacia lentiscus, Juniperus phoenicea subsp. turbinata, Juniperus oxycedrus subsp. macrocarpa, Phillyrea media var. rodriguezii, Cistus sp. pl</i>
<b>Vantaggi</b>	Facile posizionamento; fenomeni di accumulo immediati; Una volta esaurita la sua funzione non rimane alcun rifiuto (biodegradabilità totale) e la duna si evolve spontaneamente; favorisce la protezione e lo sviluppo di eventuali specie vegetali pioniere spontanee. Inoltre, i manufatti manifestano un basso

<sup>1</sup> Ministero dell'Ambiente e della tutela del territorio "Manuale di indirizzo per le scelte progettuali per interventi di Ingegneria naturalistica" Roma 2005



	<p>impatto in termini estetico-percettivi in quanto perfettamente integrati nel paesaggio per l'elevata corenza cromatica rispetto alle superfici circostanti e per l'adattamento alle morfologie dunari.</p>
<b>Svantaggi</b>	<p>Locali fenomeni di scalzamento a seconda dell'inclinazione della struttura rispetto alla direzione del vento che comunque non inficiano il risultato complessivo che è sempre di accumulo;</p>
<b>Effetto</b>	<p>Protezione immediata dall'erosione eolica, favorisce la deposizione di materiale sabbioso internamente ed esternamente ai nuclei; formazione di accumuli eolici che danno avvio allo sviluppo di dune embrionali articolate in funzione dell'effetto cumulato delle strutture</p>
<b>Periodo intervento</b>	<p>Preferibile non intervenire durante la stagione estiva per evitare interferenze con la fruizione balneare</p>
<b>Possibili errori</b>	<p>Errata orientazione della struttura rispetto ai venti e rispetto agli effetti indotti dalle medesime strutture limitrofe; posizionamento dei nuclei in aree non idonee; posizionamento reciproco che non tiene conto dell'effetto cumulato con locali fenomeni di scalzamento e scarsa accumulo.</p>
<b>Voce di capitolato</b>	<p>La procedura di realizzazione prevede:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ infissione dei pali in legno, in modo tale che rimangano fuori terra per circa 70 cm e distanti l'un l'altro 1,00 m, secondo uno schema triangolare;</li> <li>▪ Formazione di solchi profondi circa 30 cm da un palo all'altro;</li> <li>▪ posizionamento attorno ai paletti di stuoie di canne e legatura delle stesse ai paletti mediante due verghe orizzontali, ancorate ai pali mediante i tirafondi e doppio corso di corda in canapa;</li> <li>▪ ricopertura del solco con la sabbia di scavo e ricalzo sia a monte che a valle della stuoia di canne, in modo tale che nella parte inferiore le canne risultino essere interrate (almeno per un'altezza di 30 cm sotto terra); i paletti non dovranno sporgere più di 5 cm sopra le canne;</li> <li>▪ le celle così realizzate sono disposte a file parallele, sfalsate e distanti 1 ÷ 1,5 m, oppure diagonalmente a formare rombi.</li> </ul>
<b>Operazioni di manutenzione</b>	<p>Eventuali danni compiuti da animali o da atti vandalici, che compromettono la funzionalità delle strutture realizzate devono essere riparate sostituendo gli elementi danneggiati o eccessivamente usurati, come ad esempio i legaggi, oppure ancorando le strutture o eliminando eventuali fossi o scavi nelle loro vicinanze. Le operazioni vanno eseguite almeno per 5-6 volte l'anno, per i primi tre anni, in particolare per scongiurare gli effetti negativi di eventuali atti di vandalismo;</p> <p>La verifica che i legaggi non siano allentati e che la stabilità delle strutture sia salda, si esegue per 5-6 volte l'anno, almeno per i primi tre anni .</p>

Altre foto illustrative di applicazioni:



*Dune di Chia (Domus de Maria - CA). Progetto Integrato Territoriale (PIT) CA 4 "Area Vasta Sud Occidentale" Risanamento delle dune di Chia e sistemazione delle zone limitrofe - Il stralcio.  
Foto CRITERIA*

*Le immagini evidenziano l'effetto di accumulo verificatosi negli immediati giorni successivi al posizionamento dei nuclei; si noti la direzione dei ripple marks, da cui si evince la direzione del vento*

## Schermi a scacchiera

Scheda: E.5

### Descrizione:

La tecnica è finalizzata all'arresto o riduzione dei processi di accrescimento dei *blow out* e delle superfici di deflazione in generale in ambito di retrospiaggia e di avanduna.

La tecnica consiste nel posizionamento di celle quadrangolari, distribuite mediante la replica di un modulo avente lato 2 m x 2 m, realizzate in materiale semirigido (legno e canne), che costituiscano complessivamente schermi frangivento disposti a "scacchiera", con lo scopo di arrestare i processi di deflazione e di favorire la cattura e l'intrappolamento della sabbia all'interno delle celle e, conseguentemente, attivare il processo di creazione di dune embrionali e di accrescimento spontaneo di specie vegetali psammofile pioniere. La permeabilità della struttura consente l'ingresso della sabbia all'interno della cella ed il conseguente accumulo, il cui sviluppo dipende dall'estensione complessiva della struttura in relazione al regime anemometrico del paraggio. La tecnica assolve alle seguenti funzioni:

- Arrestare o mitigare il processo di deflazione, escavazione eolica ed accrescimento dei *blow out* e delle superfici di deflazione in ambito di retrospiaggia o di avanduna;
- Incentivare lo sviluppo a l'auto-accrescimento di formazioni dunari embrionali e di avanduna in aree di potenziale sviluppo di tali morfologie eoliche;
- favorire la deposizione eolica di materiale sabbioso internamente ed esternamente alla struttura al fine di colmare eventuali depressioni di retrospiaggia dovute al calpestio e al costipamento indotto delle sabbie;

### Campi di applicazione:

Settori di retrospiaggia e ambiti delle dune primarie in cui, a seguito di processi di erosione e smantellamento di preesistenti corpi sabbiosi eolici indotti dalla frequentazione e dalla pressione antropica in generale, sussistono ancora condizioni di potenziale sviluppo di morfologie di accumulo eolico. In tal senso i parametri geomorfologici e sedimentari minimi necessari per garantire l'efficacia dell'intervento sono:

- apporti sedimentari dalla spiaggia emersa connessi con il trasporto eolico sufficienti a garantire fenomeni deposizionali;
- settori di retrospiaggia scarsamente esposti all'azione del moto ondoso o non soggetti a ristagno idrico invernale;
- indizi geomorfologici che indicano la potenzialità di accrescimento spontaneo delle formazioni dunari (presenza di accumuli eolici di neoformazione; disponibilità sedimentaria e ampiezza della spiaggia emersa; presenza di accumuli eolici di avanduna colonizzati da vegetazione psammofila).

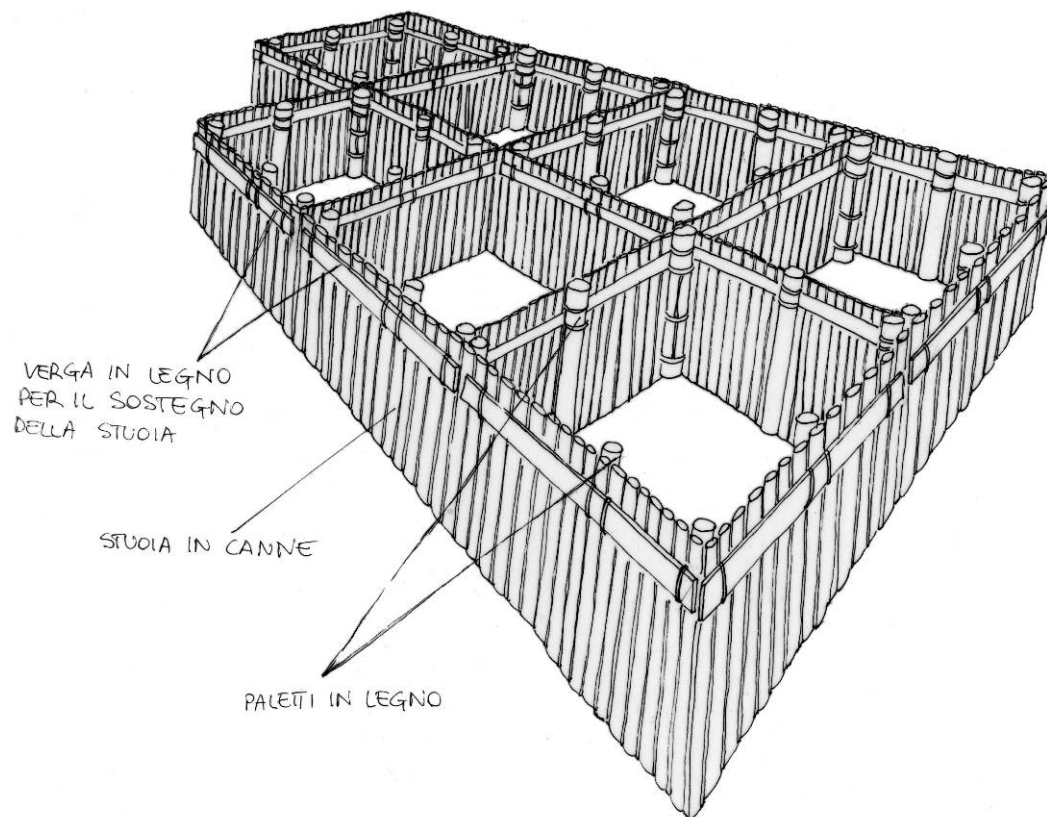
Possibilità di impiego di biomasse vegetali spiaggiate, di origine marina (*Posidonia oceanica*), per favorire il consolidamento e l'accumulo sabbioso entro la struttura.

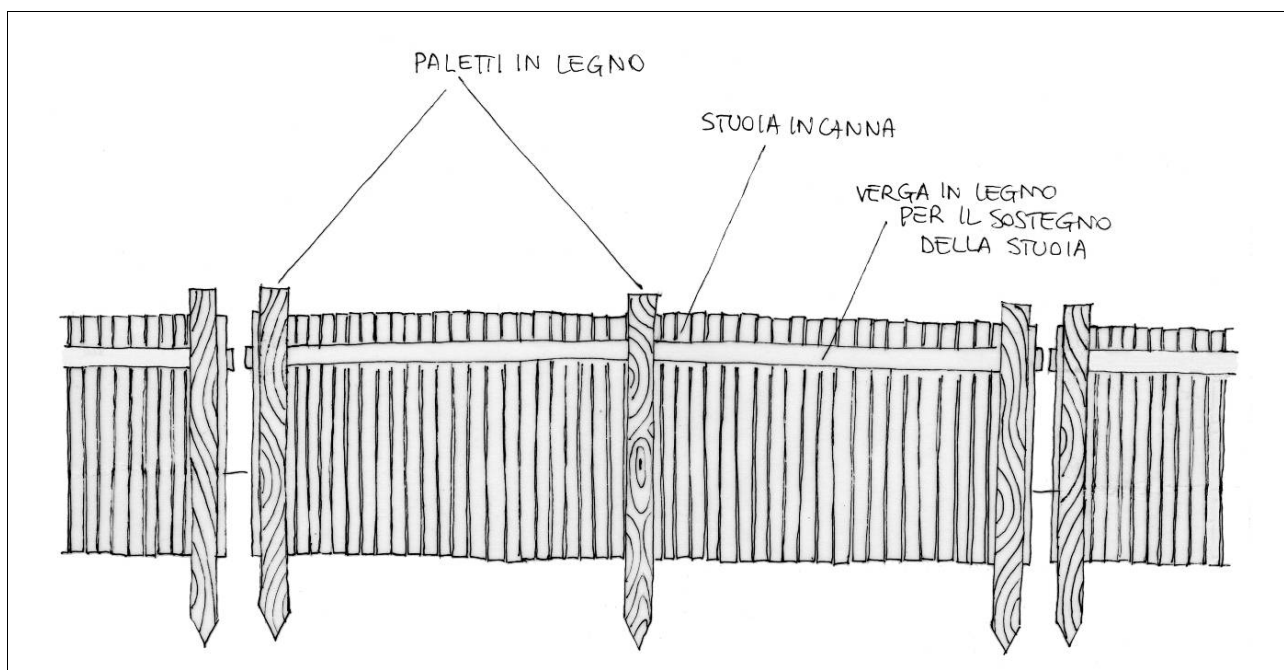
L'intervento è adatto alla mitigazione di fenomenologie erosive a carico dei corpi dunari di avanduna ed alla riduzione dei processi di accrescimento dei *blow out* nelle dune primarie, oltre che facilitare la colmata di eventuali abbassamenti o depressioni di retrospiaggia indotte dal costipamento e calpestio della frequentazione in genere; l'efficacia dell'intervento viene valutata in relazione all'arresto o riduzione dei processi di accrescimento dei *blow out* o alla capacità di accumulo sedimentario. Le stuoie in canne hanno una durata di circa 7-8 anni; la degradazione finale è completa. Se l'esito dell'intervento è positivo e consente la formazione di accumuli eolici, il processo di evoluzione delle dune di neoformazione si evolve spontaneamente anche dopo la degradazione delle strutture in canna.

## Schermi a scacchiera

### Materiali:

- Pali di castagno (d = 10 cm; h = 100 cm)
- Stuoie di canne (dcanne = 2 - 3 cm) legate mediante corde in fibra naturale
- Verghe di legno (spessore 1 cm e altezza 3 cm; lunghezza = 2,20 m)
- Tirafondi in acciaio zincato (6x80 mm)
- Corde di canapa (d = 0,6 cm; portata 50 kg)





Schemi tipologici <sup>1</sup>



Dune di Chia (Domus de Maria - CA). Progetto Integrato Territoriale (PIT) CA 4 "Area Vasta Sud Occidentale" Risanamento delle dune di Chia e sistemazione delle zone limitrofe - Il stralcio.  
Foto CRITERIA



Le immagini evidenziano l'area prima e dopo l'intervento. Foto CRITERIA

<b>Limiti di applicazione</b>	Aree soggette a ristagno idrico; aree di influenza delle mareggiate; settori con scarso apporto detritico dalla spiaggia emersa.
<b>Contesti applicativi</b>	G
<b>Adattamento all'ambito regionale</b>	Non sono necessari particolari adattamenti all'ambito regionale, se non per gli eventuali impianti o semina da effettuare contestualmente alla realizzazione delle strutture, che richiederebbero l'utilizzo di specie autoctone idonee al contesto floristico-vegetazionale della seriazione psammifila

<sup>1</sup> Ministero dell'Ambiente e della tutela del territorio "Manuale di indirizzo per le scelte progettuali per interventi di Ingegneria naturalistica" Roma 2005

	spiaggia-duna
<b>Specie vegetali utilizzabili</b>	<i>Pancratium matitimum</i> , <i>Othanthus maritimum</i> , <i>Eryngium maritimum</i> L., <i>Crucianella maritima</i> L
<b>Vantaggi</b>	Facile posizionamento; fenomeni di accumulo immediati; una volta esaurita la sua funzione non rimane alcun rifiuto (biodegradabilità totale) e la duna si evolve spontaneamente; favorisce la protezione e lo sviluppo di eventuali specie vegetali pioniere spontanee. Inoltre, l'intervento manifesta un basso impatto in termini estetico-percettivi in quanto perfettamente integrato nel paesaggio per la coerenza cromatica rispetto alle superfici circostanti.
<b>Svantaggi</b>	Locali fenomeni di scalzamento a seconda dell'inclinazione della struttura rispetto alla direzione del vento che comunque non inficiano il risultato complessivo che è sempre di accumulo. Le strutture possono risultare ingombranti rispetto alle aree utilizzate per scopi turistico ricreativi e balneari della spiaggia.
<b>Effetto</b>	Protezione immediata dall'erosione eolica all'interno di <i>blow out</i> ; favorisce la deposizione di materiale sabbioso internamente ed esternamente; formazione di accumuli eolici che favoriscono il colmamento delle depressioni di retrospiaggia; intrappola la sabbia accumulatasi all'interno delle celle, favorendo il processo di formazione ed evoluzione di dune embrionali, che verrebbero via via stabilizzate spontaneamente dalle specie psammofile pioniere.
<b>Periodo intervento</b>	Preferibile non intervenire durante la stagione estiva per evitare interferenze con la fruizione balneare
<b>Possibili errori</b>	Posizionamento dei manufatti in aree non idonee dal punto di vista morfodinamico
<b>Voce di capitolato</b>	<p>Schermi quadrati montati a scacchiera, di 2 m di lato, tendenzialmente orientati ortogonalmente rispetto alle direzioni dei venti dominanti. La struttura portante è realizzata con pali di castagno (h= 100 cm, d = 10 cm), interrati per circa 50 cm, posti ai vertici del quadrato e a distanza di un metro l'uno dall'altro. Gli schermi sono costituiti da stuoia in canne, tessuta con cordino in canapa e tale da risultare semipermeabile al vento, interrata per circa 20 cm e fissata ai pali in legno mediante due verghe, ancorate con tirafondi, e legatura con corde in canapa.</p> <p>Gli schermi frangivento dovranno sempre risultare semipermeabili al vento in modo da ridurre l'energia di trasporto, favorendo la deposizione del sedimento anche internamente alla struttura.</p> <p>PROCEDURA:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Posizionamento di pali di castagno ai vertici e a metà di ciascun lato di un quadrato di 2 metri di lato, infissi per una profondità pari a circa 50 cm;</li> <li>2. scavo di piccolo solco longitudinalmente tra un palo e l'altro;</li> <li>3. posizionamento delle stuoie di canne e interrimento delle stesse per circa 20 cm;</li> <li>4. fissaggio della stuoia alle verghe di armatura a circa 10 cm dalla sommità dei pali e successivamente fissaggio della struttura ai pali mediante tirafondi e legatura con corde;</li> <li>5. sistemazione e ricalzo della sabbia attorno agli schermi.</li> </ol>
<b>Operazioni di manutenzione</b>	Eventuali danni compiuti da animali o da atti vandalici, che compromettono la funzionalità delle strutture realizzate devono essere riparate sostituendo gli

elementi danneggiati o eccessivamente usurati, come ad esempio i legaggi, oppure ancorando le strutture o eliminando eventuali fossi o scavi nelle loro vicinanze. Le operazioni vanno eseguite almeno per 5-6 volte l'anno, per i primi tre anni, in particolare per scongiurare gli effetti negativi di eventuali atti di vandalismo;  
 La verifica che i legaggi non siano allentati e che la stabilità delle strutture sia salda, si esegue per 5-6 volte l'anno, almeno per i primi tre anni .

Altre foto illustrative di applicazioni:



*Dune di Chia (Domus de Maria - CA). Progetto Integrato Territoriale (PIT) CA 4 "Area Vasta Sud Occidentale"  
 Risanamento delle dune di Chia e sistemazione delle zone limitrofe – Il stralcio.  
 Foto CRITERIA*