

# INGEGNERIA NATURALISTICA PER I LAGHI

*12 novembre 2020 – Roma*

*habitat lacuali*

Federico Boccalaro - ingegnere per l'ambiente  
AIPIN - socio docente esperto

**L'Ingegneria Naturalistica è una disciplina tecnico-naturalistica che utilizza piante vive autoctone come materiale da costruzione, in abbinamento a materiali inerti tradizionali e non.**

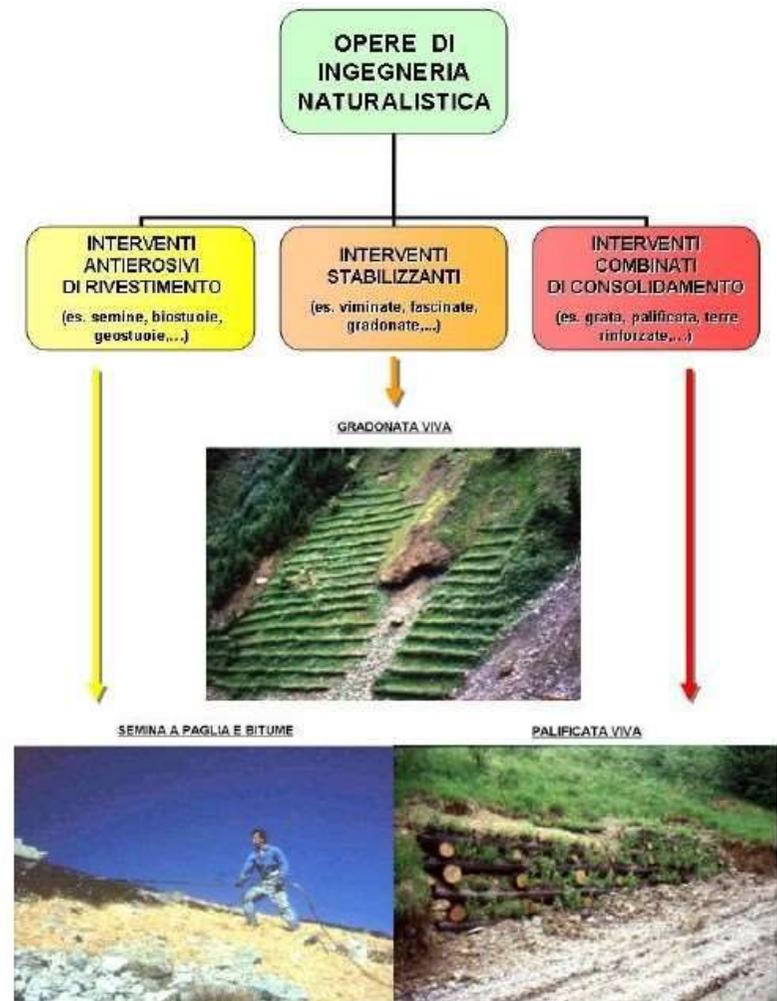
#### L'INGEGNERIA NATURALISTICA E' UNA DISCIPLINA CHE UTILIZZA:

- Tecniche di rinaturazione finalizzate alla realizzazione di ambienti idonei a specie o comunità vegetali e/o animali
- Le piante vive, o parti di esse, quali materiali da costruzione, da sole o in abbinamento con altri materiali
- Materiali, anche solo inerti, infrastrutture ed altri provvedimenti volti a fornire condizioni favorevoli alla vita di specie animali.

#### FINALITA' DELL'INGEGNERIA NATURALISTICA:

- **tecnico-funzionali**, per esempio antierosive e di consolidamento di una scarpata;
- **naturalistiche**, non di semplice copertura a verde ma di ricostruzione o innesco di ecosistemi paranaturali;
- **paesaggistiche**, di "ricucitura" al paesaggio naturale circostante;
- **economiche**, in quanto strutture competitive e talvolta alternative ad opere tradizionali.

## LE TECNICHE DI INGEGNERIA NATURALISTICA



# Ingegneria Naturalistica

## Premessa

Tra le discipline tecniche che intervengono nella soluzione dei problemi creati dal dissesto idrogeologico e dal degrado ambientale, si è inserita ormai da diversi anni l'Ingegneria Naturalistica.

L'**Ingegneria Naturalistica** (I.N., ted. *Ingenieurbiologie*, ingl. *Soil Bioengineering*, franc. *Génie Biologique*, spagn. *Ingeniería Biológica*) è una disciplina tecnica che utilizza le **piante vive** negli interventi antierosivi e di consolidamento, in genere in abbinamento con altri materiali (legno, terra, roccia, geotessili, reti zincate, ecc.), per la ricostruzione di **ecosistemi** tendenti al naturale ed all'aumento della biodiversità.

LIV. MEDIO

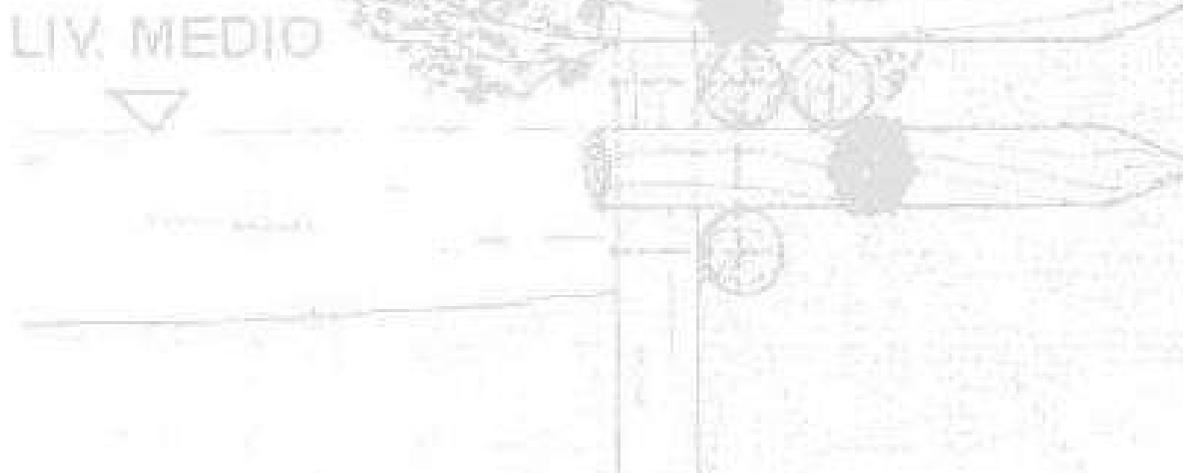


PROF. ING. ...

# Ingegneria Naturalistica

## Premessa

I campi di intervento vanno da quelli tradizionali di consolidamento dei **versanti** al **recupero** di aree degradate (cave, discariche, cantieri), alla **mitigazione** degli impatti causati da opere di ingegneria (barriere antirumore, ecosistemi-filtro a valle di scarichi idrici), all'**inserimento ambientale** delle infrastrutture di trasporto lineari (scarpate stradali e ferroviarie), alla **rinaturazione** dei **corsi e specchi d'acqua**, alla **difesa costiera**, ecc.



LIV. MEDIO

# Ingegneria Naturalistica

## Premessa

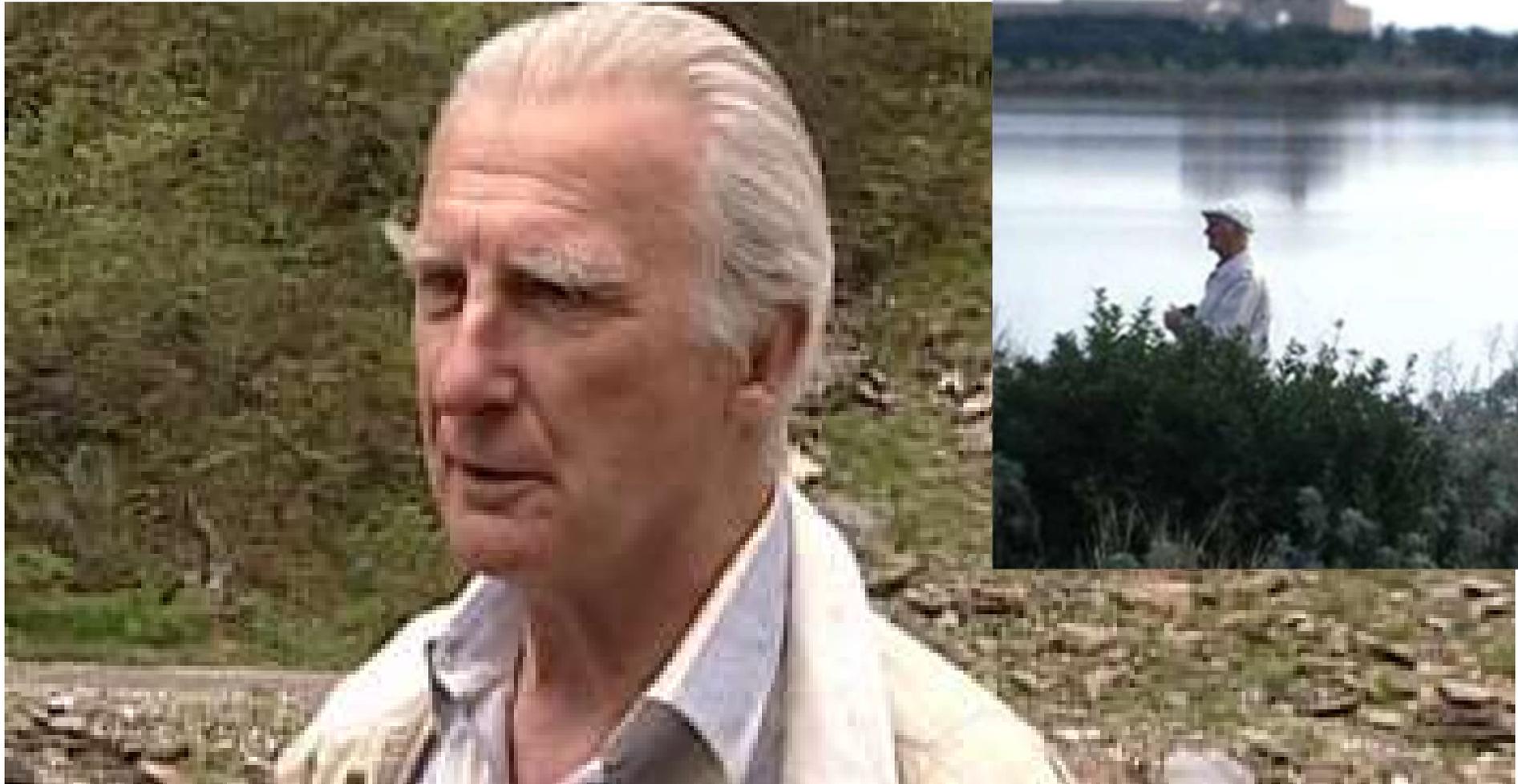
Le finalità degli interventi di I.N. sono principalmente:

- **tecnico-funzionali**, ad esempio antierosive e di consolidamento di una scarpata o di una sponda;
- **naturalistiche**, in quanto lo scopo non è la semplice copertura a verde ma la ricostituzione o l'innescò di comunità vegetali appartenenti alla serie dinamica autoctona;
- **estetiche e paesaggistiche** di inserimento nel paesaggio naturale;
- **economiche**, in quanto tipologie alternative e competitive alle opere tradizionali (ad esempio muri di sottoscarpa in cemento sostituiti da palificate vive).

**Figura** - *Giuliano Sauli tra i salici e Florin Florineth in Val Venosta*  
(da F. Boccalaro, 1994)



**Figura** - *Hugo Schiechl* (1997-2001)



# Ingegneria Naturalistica

## Premessa

Gli interventi di I.N. si contraddistinguono da quelli tradizionali per:

- l'esame delle caratteristiche **microclimatiche, geomorfologiche e pedologiche** delle aree di intervento;
- l'**analisi floristica e vegetazionale**, con particolare riferimento alla ricostruzione della serie dinamica e all'individuazione delle specie d'impiego in funzione delle loro caratteristiche biotecniche;
- l'uso di **materiali non tradizionali** quali i geotessuti sintetici o le bioreti naturali in abbinamento a piante o parti di esse;
- l'accurata selezione delle **specie vegetali** da impiegare (miscele di sementi, specie arboree ed arbustive, talee, rizomi, trapianti di zolle);
- l'abbinamento della funzione di **consolidamento** con quella del **reinsediamento ambientale**;

# Ingegneria Naturalistica

## Premessa

- il **miglioramento nel tempo** delle suddette funzioni per lo sviluppo delle parti aeree e sotterranee delle piante.

Opere di Ingegneria Naturalistica vengono realizzate da oltre cinquanta anni nei paesi di lingua tedesca, mentre in Italia le esperienze principali sono state fatte negli ultimi trent'anni nel centro - nord e più recentemente nel sud con clima mediterraneo.

LIV. MEDIO



1000-1000

# Ingegneria Naturalistica

## Premessa

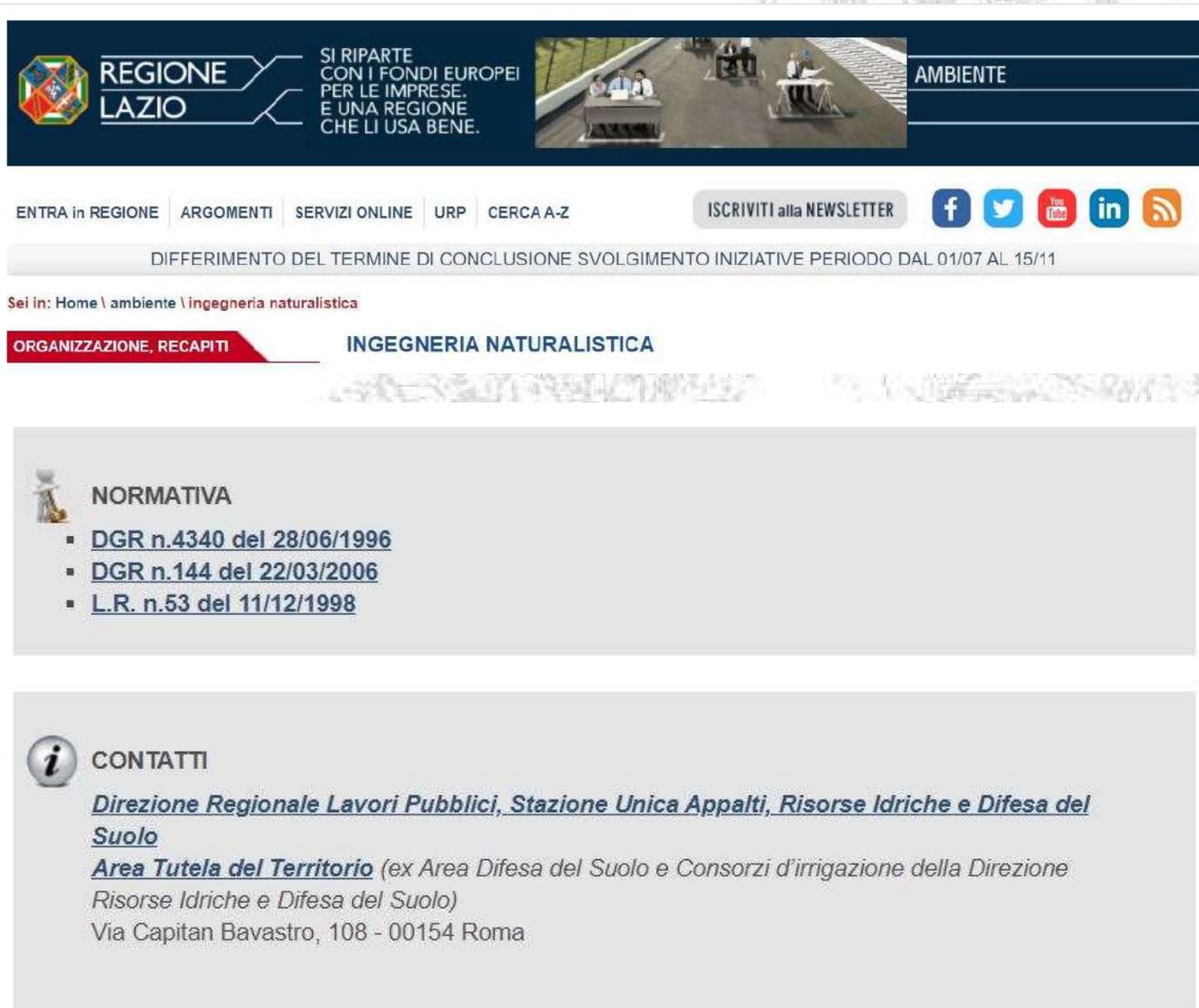
Anche sul piano **legislativo** tali tecniche vengono ormai espressamente richieste come nella legge speciale 102/90 per la Valtellina o nella norma regionale per gli interventi di difesa del suolo della Regione Lazio [http://www.regione.lazio.it/prl\\_ambiente/?vw=contenutiDettaglio&cat=1&id=226](http://www.regione.lazio.it/prl_ambiente/?vw=contenutiDettaglio&cat=1&id=226) e di altre Regioni italiane.

L'interesse per tali tecniche è anche manifestato dai **manuali tecnici** usciti negli ultimi anni quali quelli predisposti dalle Regioni Emilia Romagna e Veneto, Lazio, Toscana, Liguria, Lombardia, dalla Provincia di Trento, dalla Provincia di Terni, ecc. e dal Ministero dell'Ambiente.

Si può quindi affermare che l'Ingegneria Naturalistica ha ormai superato in Italia la fase pioniera e si sta accreditando presso le pubbliche amministrazioni ed i professionisti come uno strumento fondamentale per la **salvaguardia del territorio e la riqualificazione dell'ambiente**.

# Figura - Ingegneria Naturalistica nella Regione Lazio

([http://www.regione.lazio.it/prl\\_ambiente/?vw=contenutiDettaglio&cat=1&id=226](http://www.regione.lazio.it/prl_ambiente/?vw=contenutiDettaglio&cat=1&id=226))



The screenshot shows the website interface for the Lazio Region's environmental services. At the top, there is a dark blue header with the Regione Lazio logo on the left, a central text box stating 'SI RIPARTE CON I FONDI EUROPEI PER LE IMPRESE. E UNA REGIONE CHE LI USA BENE.', and a photo of people working at desks on the right. Below the header is a navigation bar with links for 'ENTRA in REGIONE', 'ARGOMENTI', 'SERVIZI ONLINE', 'URP', and 'CERCA A-Z'. To the right of these links is a 'ISCRIVITI alla NEWSLETTER' button and social media icons for Facebook, Twitter, YouTube, LinkedIn, and RSS. A grey banner below the navigation bar reads 'DIFFERIMENTO DEL TERMINE DI CONCLUSIONE SVOLGIMENTO INIZIATIVE PERIODO DAL 01/07 AL 15/11'. The breadcrumb trail indicates the current location: 'Sei in: Home \ ambiente \ ingegneria naturalistica'. The main content area has a red tab for 'ORGANIZZAZIONE, RECAPITI' and a blue tab for 'INGEGNERIA NATURALISTICA'. Under the 'INGEGNERIA NATURALISTICA' tab, there are two sections: 'NORMATIVA' with a list of legal references and 'CONTATTI' with contact information for the Regional Directorate of Public Works, Tenders, Water Resources, and Soil Defense.

**REGIONE LAZIO** SI RIPARTE CON I FONDI EUROPEI PER LE IMPRESE. E UNA REGIONE CHE LI USA BENE. AMBIENTE

ENTRA in REGIONE | ARGOMENTI | SERVIZI ONLINE | URP | CERCA A-Z | ISCRIVITI alla NEWSLETTER | f | | YouTube | in |

DIFFERIMENTO DEL TERMINE DI CONCLUSIONE SVOLGIMENTO INIZIATIVE PERIODO DAL 01/07 AL 15/11

Sei in: Home \ ambiente \ ingegneria naturalistica

**ORGANIZZAZIONE, RECAPITI** | **INGEGNERIA NATURALISTICA**

**NORMATIVA**

- [DGR n.4340 del 28/06/1996](#)
- [DGR n.144 del 22/03/2006](#)
- [L.R. n.53 del 11/12/1998](#)

**CONTATTI**

***Direzione Regionale Lavori Pubblici, Stazione Unica Appalti, Risorse Idriche e Difesa del Suolo***

***Area Tutela del Territorio** (ex Area Difesa del Suolo e Consorzi d'irrigazione della Direzione Risorse Idriche e Difesa del Suolo)*

Via Capitan Bavastro, 108 - 00154 Roma

# Figura - A.I.P.I.N. Associazione Italiana Per l'Ingegneria Naturalistica (<http://www.aipin.it>)



## L'ASSOCIAZIONE

L'AIPIN è un'associazione tecnico-scientifica con finalità culturali e professionali senza fini di lucro fondata nel 1989 con lo scopo di divulgare i metodi e le tecniche dell'ingegneria naturalistica. Si intende per ingegneria naturalistica la disciplina trasversale che promuove l'impiego delle piante autoctone in abbinamento con materiali inerti a fini antierosivi, stabilizzanti e di consolidamento (vedi anche le definizioni e finalità dell'ingegneria naturalistica).

# Ingegneria Naturalistica

## Premessa

Lo **studio** di un intervento di Ingegneria Naturalistica comporta le seguenti fasi:

- indagini **bibliografiche**;
- indagine **geologica e geomorfologica**;
- indagini **pedologica**;
- indagine **floristica e vegetazionale** per l'individuazione delle specie e delle tipologie vegetazionali d'intervento;
- definizione dei **criteri progettuali**;
- definizione delle **tipologie** di Ingegneria Naturalistica;
- elenco delle **specie floristiche** da impiegare.

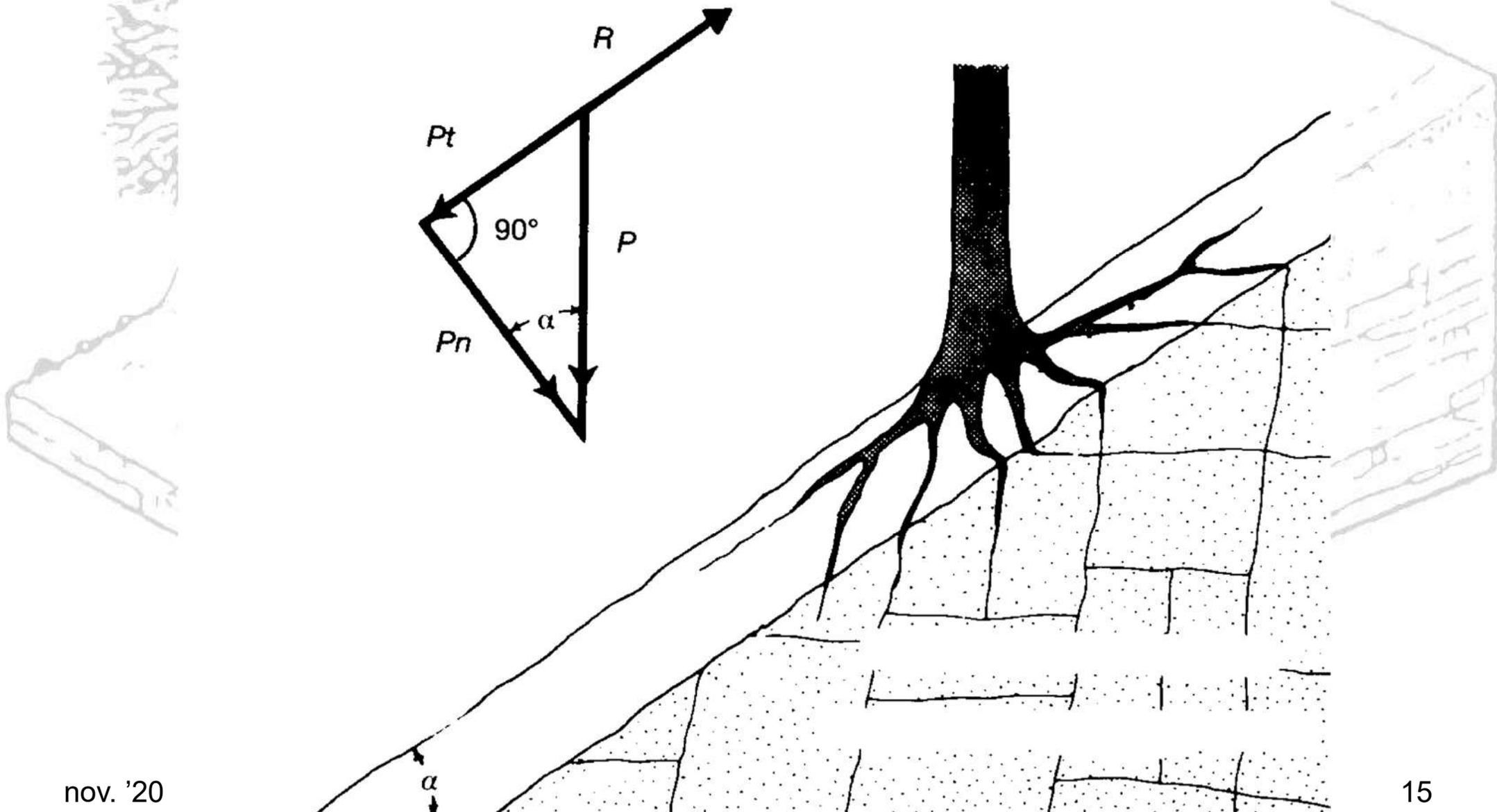
# Ingegneria Naturalistica

## Premessa

Accanto agli esempi classici le tecniche di Ingegneria Naturalistica possono fornire un'alternativa all'uso dei materiali tradizionali nei casi di:

- verde tecnico e verde urbano;
- ripristino degli imbocchi delle gallerie;
- realizzazione di barriere antirumore;
- ripristino della rete idraulica minore;
- sistemazioni idrauliche per la protezione delle infrastrutture viarie dall'attività erosiva;
- ripristino delle cave di prestito e delle discariche dei materiali;
- ripristino dei fondali marini a praterie di fanerogame.

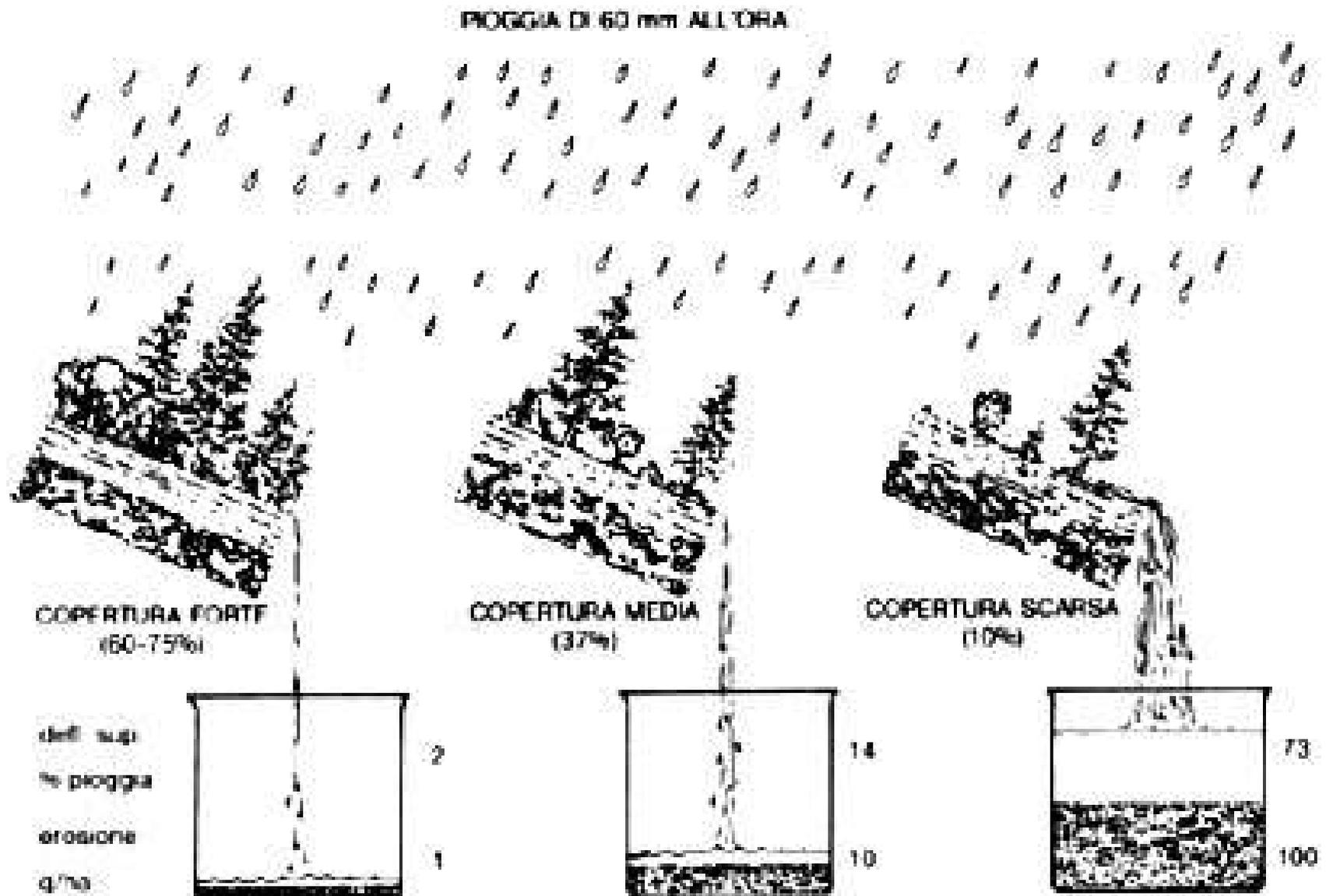
Figura - Forze in gioco nell'equilibrio di un pendio (da FAO, 1977)



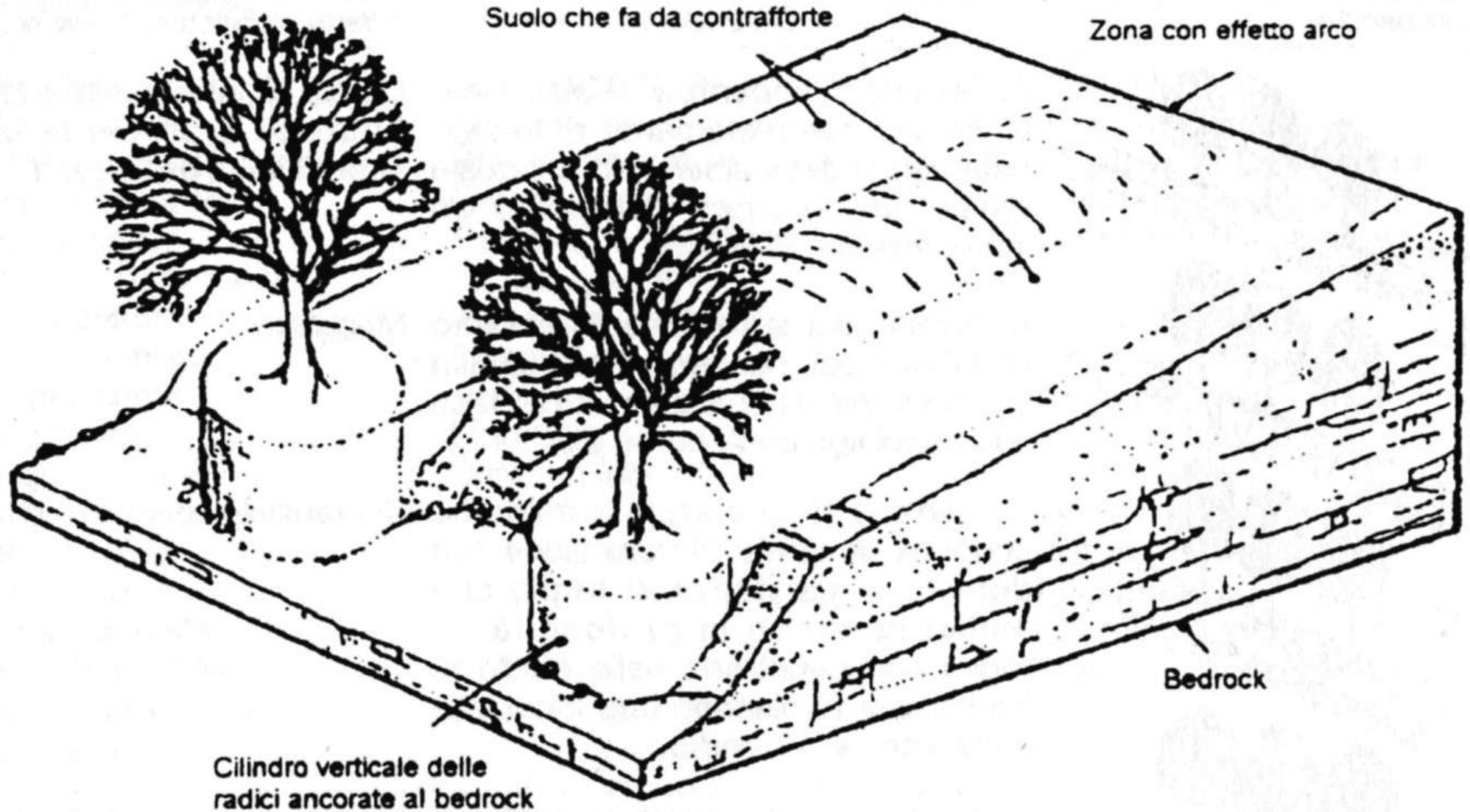
Suolo che fa da contrafforte

Zona con effetto arco

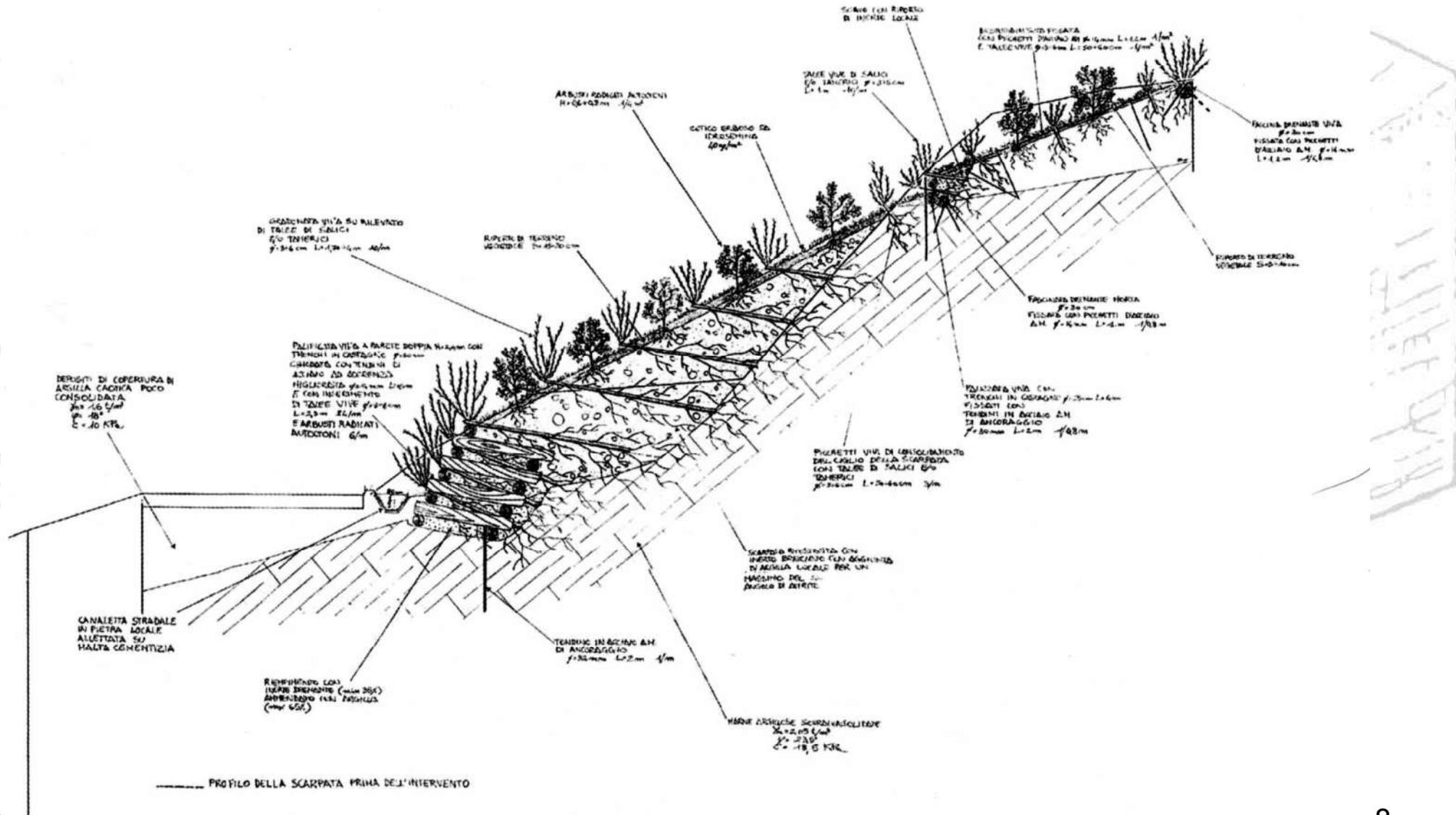
# Figura - Influenza della copertura vegetale sull'erodibilità del suolo (-)



**Figura** - *Effetto arco svolto da apparati radicali*  
(da Wang - Yang, 1974)



# Figura - Sezione tipo di intervento di I.N. su scarpata franosa ad Atina (FR) (da G.Sauli, 1994)



**Figura** - *Efficacia di una sistemazione in Valle Aterno (AQ)*  
(da F. Boccalaro, 2016)



**Figura** - *Efficacia di una sistemazione in Alto Adige*  
(da F. Boccalaro, 2016)



**Figura** - *Palificata viva a parete doppia nel bacino del Noce a Mezzocorona (TN)* (da F. Boccalaro, 1996)



**Figura** - *Efficacia di una sistemazione a Colle S. Michele (CA) (da F. Boccalaro, 1997)*



Suolo che fa da contrafforte  
Zona con effetto arco

**Figura** - *Gradonata viva in Val Venosta (BZ)* (da F. Boccalaro, 1994)



Figura - Gradonata viva a Rio Ponte di Muro (UD) (da ICE, 2001)

**LAVORI DI RIPRISTINO AMBIENTALE**  
Rio Ponte di Muro



**Figura** - *Palificata viva a parete doppia a Tarvisio (UD)* (da ICE, 2001)



Suolo che fa da contrafforte  
Zona con effetto arco

**Figura** - *Grata viva a Cadibona (SV)* (da F. Boccalaro, 1994)



Suolo che fa da contrafforte  
Zona con effetto arco

**Figura - Grata viva a Cadibona (SV) (da F. Boccalaro, 1994)**



Bedrock

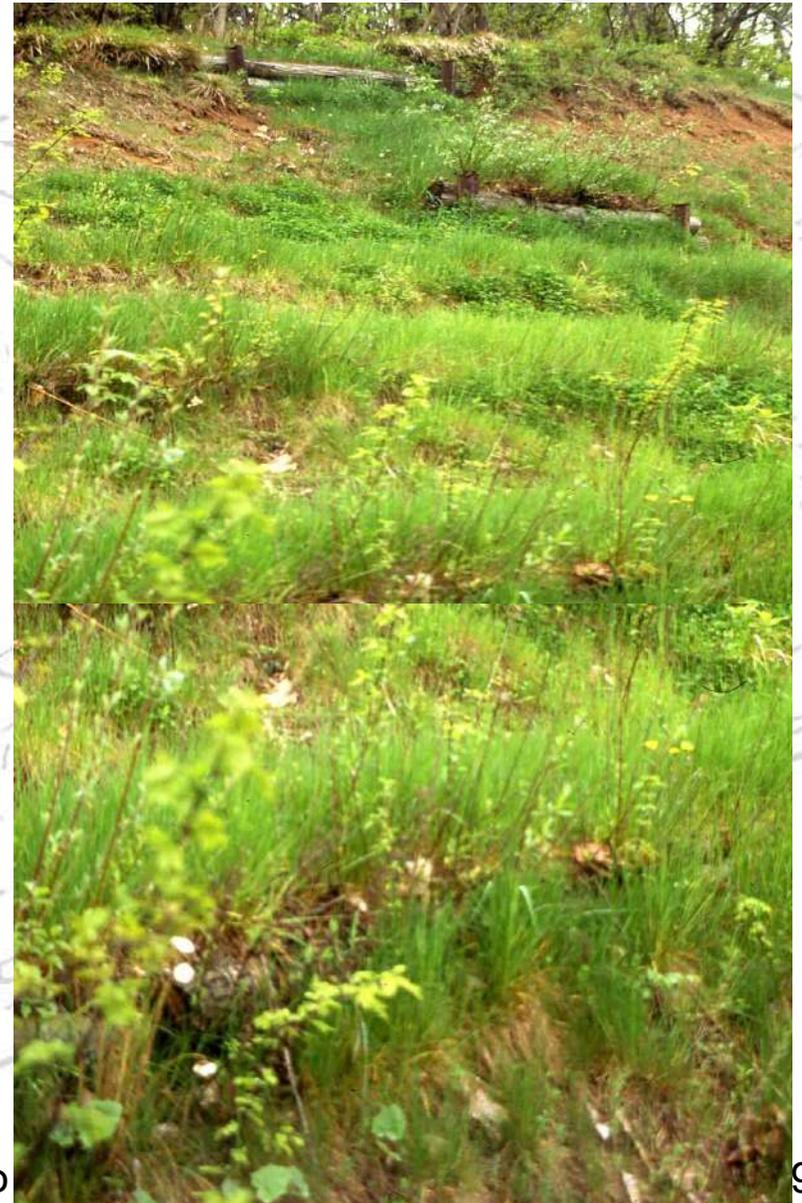
Figura - Grata viva a Cadibona (SV) (da F. Boccalaro, 1994)



Suolo che fa da contrafforte

Zona con effetto arco

# Figura - Fascinata viva (da F. Boccalaro)



Suolo che fa da contrafforte

Zona con effetto arco

**Figura** - *Grata viva in Val Venosta (BZ)* (da F. Boccalaro, 1994)



**Figura** - *Palificata viva a parete doppia in Val Venosta (BZ)* (da F. Boccalaro, 1994)

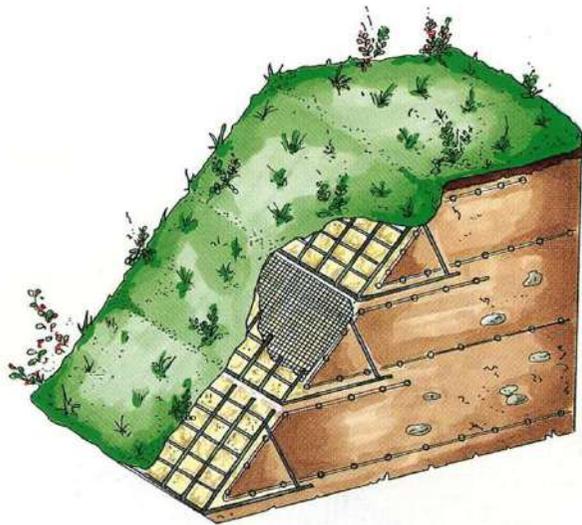


**Figura** - *Efficacia di una terra rinforzata* (da F. Boccalaro, 1994)



Suolo che fa da contrafforte  
Zona con effetto arco

# Figura - Terra verde rinforzata (da VIGANO')



Cilindro verticale delle radici ancorate al bedrock



**Figura** - *Muratura in pietrame a secco rinverdita in Val Venosta*  
(da F. Boccalaro, 2005)





SOSTengo 200 (2,00 x 2,00).

L'assemblaggio viene eseguito in cantiere da una sola persona, in circa due minuti e mezzo.

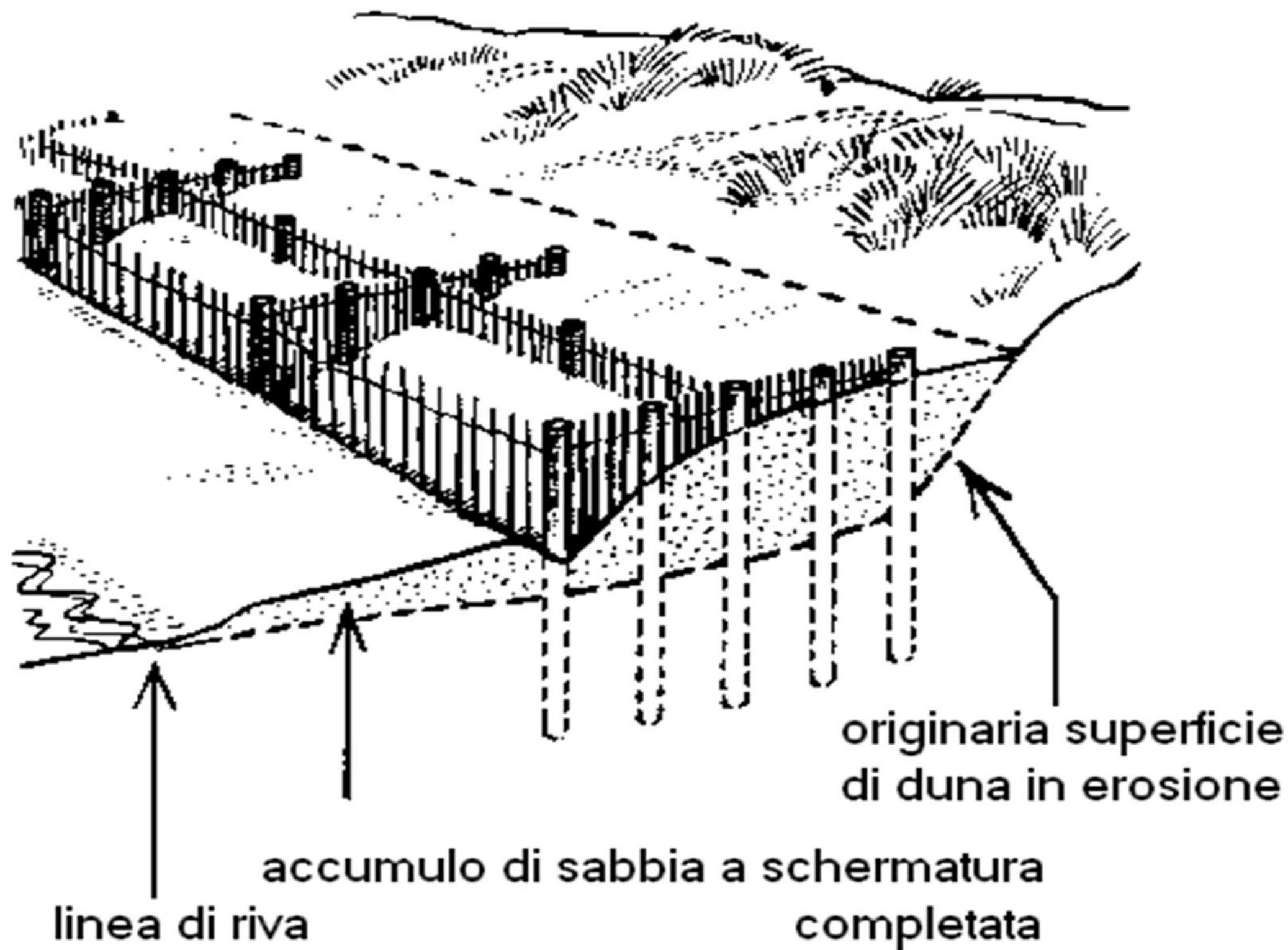




**JemmBuild**



SOSTengo h. 2.50 ml + 2-00 + 1.00



**Figura** - *Efficacia di una rivegetazione schermata (...)*









 Área de regeneración dunar  
Por favor, no pase. No pise las dunas.  
(Muchas gracias!)

 Àrea de regeneració dunar  
Per favor, no passeu. No trepitgeu les dunes.  
(Moltes gràcies!)

 Dune regeneration area  
Please do not pass this point. Do not walk on the dunes.  
(Thank you very much!)

 Areal zur Regenerierung der Dünen  
Bitte nicht durchgehen. Nicht die Dünen betreten.  
(Vielen Dank!)

# Ingegneria Naturalistica

## Progettazione di opere idrauliche di rivestimento

Le opere di **rivestimento** agiscono coprendo e proteggendo il terreno. Tali interventi migliorano inoltre il bilancio dell'umidità e del calore favorendo lo sviluppo della vita vegetale sia nel terreno che nello strato aereo prossimo al suolo. Gli strati con copertura di paglia offrono, già prima dell'attecchimento della vegetazione (graminacee, leguminose, piante legnose), una protezione contro le precipitazioni. Gli interventi di rivestimento vanno quindi impiegati laddove è richiesta una **protezione rapida della superficie**.

I metodi di **semina** saranno manuali o meccanizzati.

In tutti i metodi di semina descritti possono essere applicate in aggiunta **bioreti, biostuoie, biofeltri, geocelle, geostuoie, georeti**.

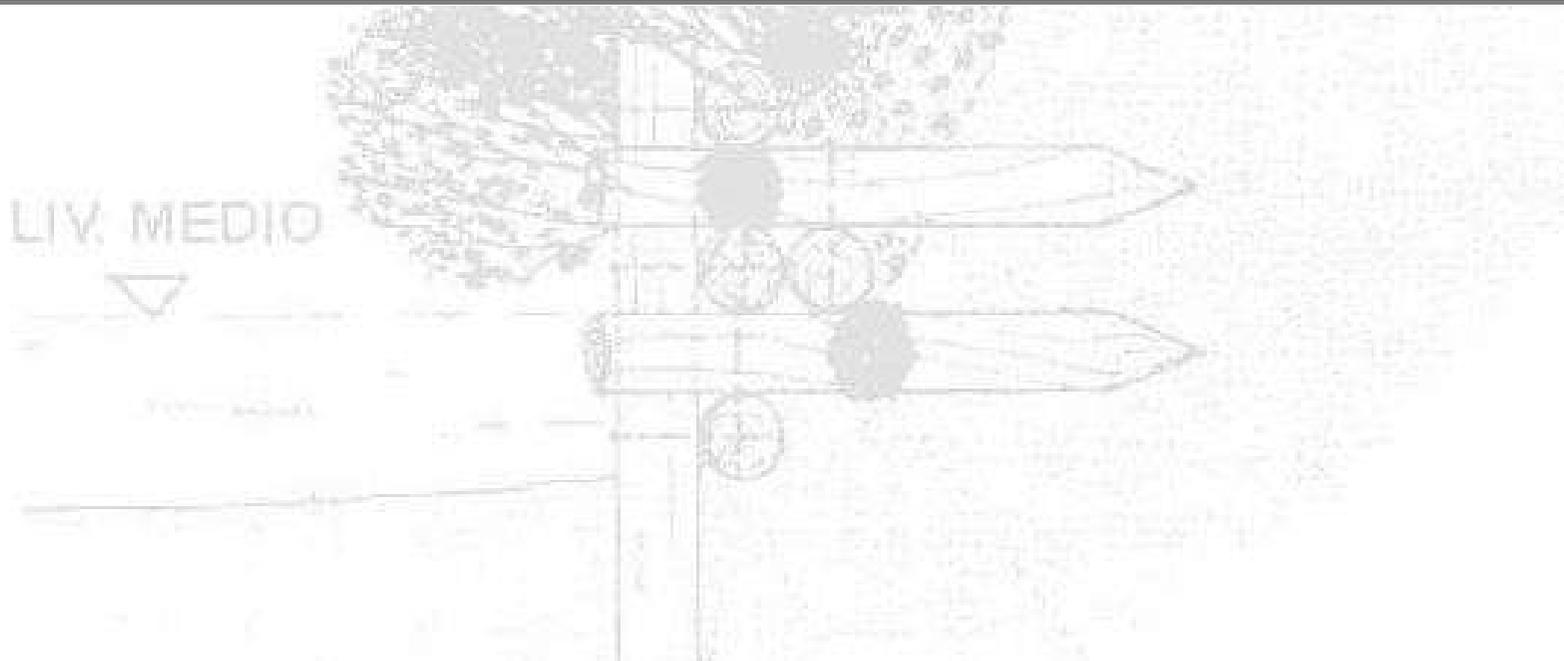
Questi accorgimenti hanno costi notevolmente più alti e pertanto il loro impiego deve essere motivato da evidente ed elevato **pericolo di erosione**.

## Tabella - Opere di rivestimento (da Schiechl e Stern, 1992)

METODI	IMPIEGO	VANTAGGI	SVANTAGGI
<b>Zolle erbose</b>	consolidamento di luoghi minacciati da erosione	<ul style="list-style-type: none"> <li>• vegetazione in equilibrio con la stazione</li> <li>• effetto immediato</li> <li>• posa in opera semplice e rapida</li> </ul>	provista di zolle erbose difficile
<b>Manto erboso pronto</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• scarpate spondali</li> <li>• fossi rivestiti con zolle</li> <li>• scarpate pianeggianti</li> <li>• aree da rimodellare</li> </ul>	effetto immediato	necessità di terreno vegetale
<b>Semine manuali:</b>			
<b><i>semina con fiorume</i></b>	in località ad alta quota, dove la natura è protetta, in combinazione con altri metodi di semina	miscugli di manto erboso in equilibrio con la stazione, ricchi di specie	<ul style="list-style-type: none"> <li>• provvista del fiorume difficile</li> <li>• il terreno coltivabile ne è la premessa</li> </ul>
<b><i>semina con miscuglio standard</i></b>	su terreno coltivato come manto erboso permanente o intermedio	semina rapida, semplice, è la più conveniente	il terreno vegetale umifero, ricco di sostanze nutritive, ne è la premessa
<b>Semine meccanizzate:</b>			
<b><i>idrosemina tipo "nero-verde"</i></b>	rinverdimento meccanizzato di scarpate ripide con terreno grezzo	adatto per quote elevate	procedimento complicato e costoso
<b><i>idrosemina tipo "bianco-verde"</i></b>	rinverdimento meccanizzato di scarpate ripide con terreno grezzo	<ul style="list-style-type: none"> <li>• procedimento rapido e semplice</li> <li>• possibile impiego di macchinari</li> <li>• riporto di tutti i componenti in un unico processo di lavorazione</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• il cantiere deve essere percorribile con veicoli</li> <li>• limitato raggio d'azione delle macchine</li> <li>• su stazioni aride (pendii soleggiati), esito della crescita incerto</li> </ul>
<b><i>idrosemina a spessore o con mulch</i></b>	consolidamento su vaste aree di scarpate in trincea o di scarpate arginali con terreno minerale sterile	<ul style="list-style-type: none"> <li>• il miglior effetto ecoclimatico</li> <li>• germinazione rapida e sicura (effetto serra) e sviluppo</li> <li>• formazione di uno strato di humus</li> <li>• protezione meccanica della superficie del terreno</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• più cicli di lavoro</li> <li>• nei cantieri d'alta quota gli strati di copertura marciscono lentamente</li> </ul>

## Tabella - Opere di rivestimento (da Schiechl e Stern, 1992)

METODI	IMPIEGO	VANTAGGI	SVANTAGGI
<b>Semina di specie arboree e arbustive oltre a specie erbacee</b>	per creare soprassuoli legnosi e completare altre sistemazioni biotecniche	<ul style="list-style-type: none"> <li>• conveniente</li> <li>• conforme alla natura</li> <li>• utilizzazione su aree dove non si possono eseguire piantagioni</li> </ul>	sviluppo lento
<b>Semina su reti di protezione contro l'erosione</b>	scarpate ripide, scarpate su sabbia, scarpate su sponde	immediata protezione contro l'erosione	dispendioso
<b>Posa in opera di materassi seminati</b>	fossi rivestiti con zolle, scarpate pianeggianti e regolari	protezione immediata	<ul style="list-style-type: none"> <li>• richiede uno spianamento accurato</li> <li>• è utile disporre di terreno coltivabile</li> </ul>
<b>Posa in opera di mantellate grigliate</b>	creazione di parcheggi, accessi, aree di stazionamento, consolidamento di scarpate basse	<ul style="list-style-type: none"> <li>• sopporta subito carichi</li> <li>• il rinverdimento è possibile durante l'utilizzazione</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• richiede molto lavoro</li> <li>• limitata altezza della costruzione</li> </ul>
<b>Copertura vegetale diffusa</b>	consolidamento di scarpate minacciate da erosione, dovuta all'acqua corrente o al vento	<ul style="list-style-type: none"> <li>• immediatamente efficace</li> <li>• copertura arbustiva densa in poco tempo</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• impiego di molto materiale</li> <li>• limitata altezza della costruzione</li> </ul>



# Ingegneria Naturalistica

## Progettazione di opere idrauliche di rivestimento

Schematicamente il consolidamento superficiale delle scarpate verrà adottato nei casi indicati in **tabella**.

A titolo riassuntivo si elencano nel successivo schema i **materiali antierosivi** utilizzati per l'Ingegneria Naturalistica.

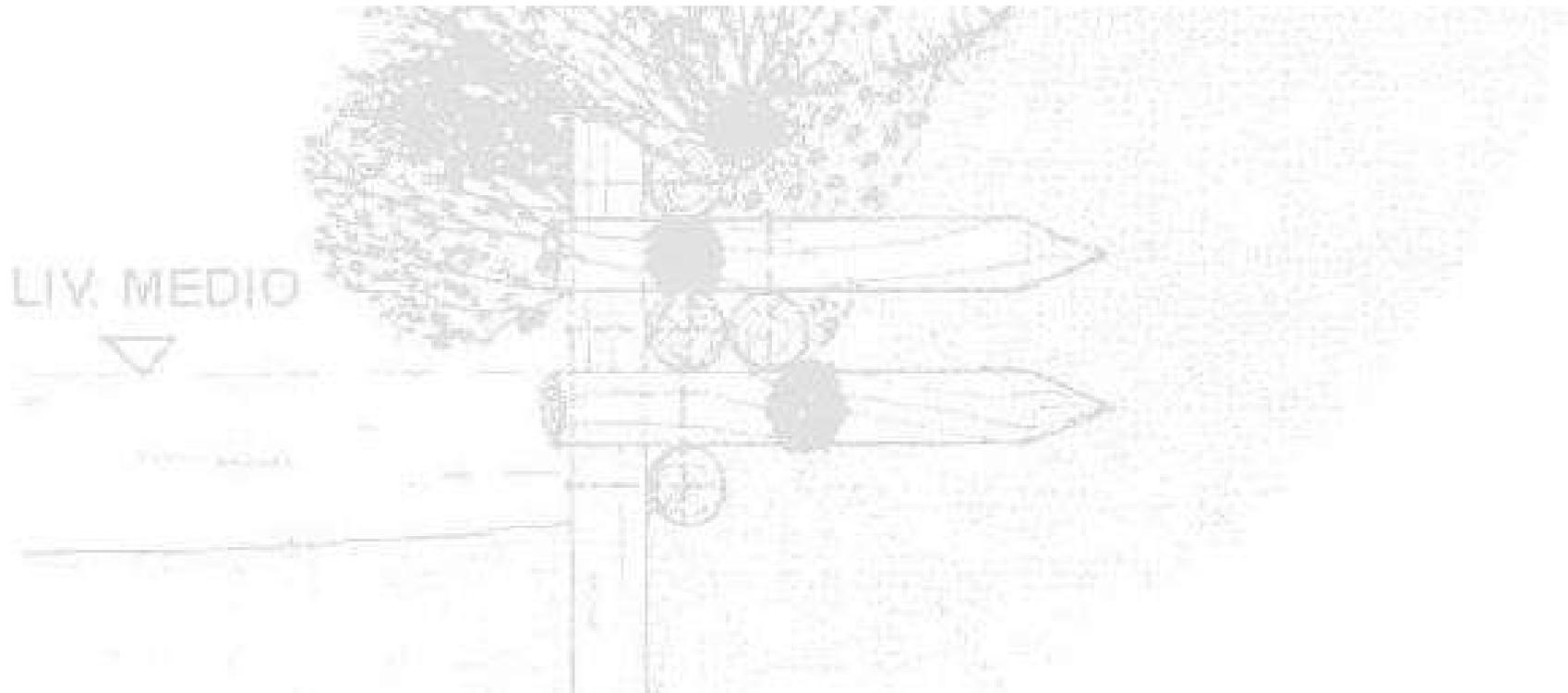


LIV. MEDIO

The image shows a technical drawing of a slope reinforcement structure. It features a central vertical post with several horizontal layers of reinforcement. The top layer is a dense, rounded structure, likely representing a vegetation mat. Below it are two layers of horizontal reinforcement, each with a circular element in the center. The drawing is overlaid on a background of a tree and a landscape.

## Tabella - Criteri di rivestimento di scarpate (da Sauli, 1996)

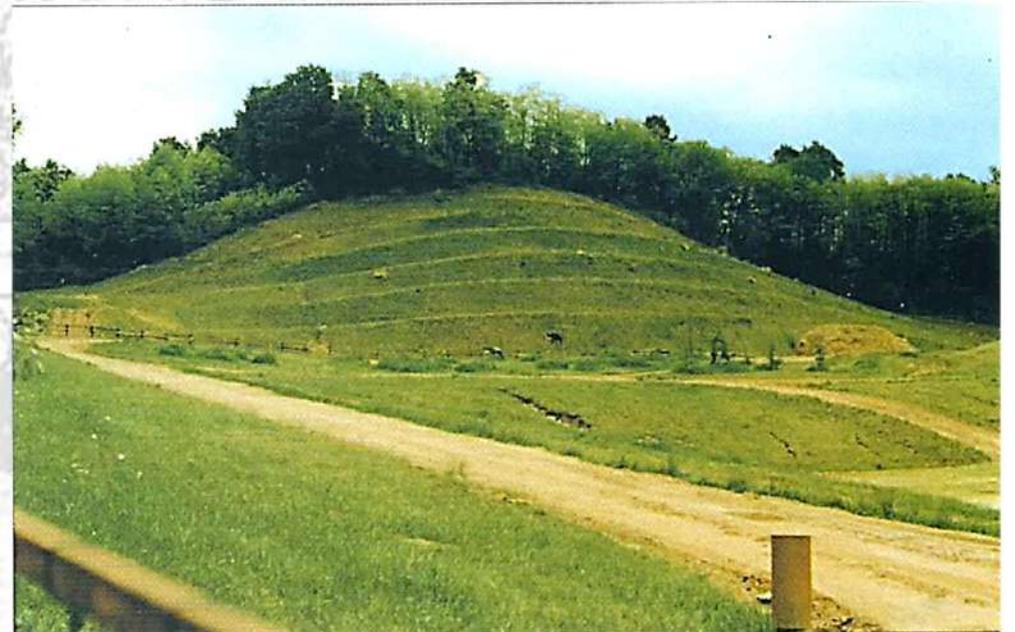
TIPO SUPERFICIE	ROCCIA	ROCCIA E TERRA	TERRA
<i>Pendenza:</i>			
<b>molto bassa</b> 0° - 15°	riporto di terreno + idrosemina	biostuoia + idrosemina	idrosemina
<b>bassa</b> 15° - 30°	riporto di terreno + idrosemina + biostuoia	georete + idrosemina	idrosemina + biostuoia
<b>media</b> 30° - 45°	riporto di terreno + georete + idrosemina	georete + terreno + idrosemina + biostuoia	georete + idrosemina + biostuoia
<b>alta</b> 45° - 65°	georete + terreno + idrosemina + biostuoia + rete metallica	georete + idrosemina + biostuoia + rete metallica	georete + idrosemina + biostuoia + rete metallica
<b>molto alta</b> > 65°	georete + rete metallica + idrosemina	georete + rete metallica + idrosemina	



## Tabella - Caratteristiche prestazionali di rivestimenti di scarpate (da Sauli, 1996)

Materiali	Massa areica (g/mq)	Durabilità min (anni)	Durabilità max (anni)	Resistenza a trazione min (kN/m)	Resistenza a trazione max (kN/m)
Stuoia o rete di juta	200 - 500	1	2	1	2
Stuoia o rete di cocco	400-900	5	8	5	10
Biostuoia in cocco	300 - 400	0,5	1	0,3	0,5
Biostuoia in paglia	300-400	0,3	0,5	0,3	0,4
Biostuoia in legno	500 - 800	1	2	1,8	2,2
Geostuoia tridimensionale	500 - 800	> 5		1,3	1,8
Geostuoia tridimensionale rinforzata	1500 - 2500	> 5		38	200
Geogriglie	300 - 2200	20	120	30	1000
Geotessuti	80 - 1000	10	50	10	500
Reti metalliche a doppia torsione	1200 - 1750	30	> 100	27	65

**Tabella** - *Inerbimenti in cava nel Biellese* (da ALTHALLER, 1998)



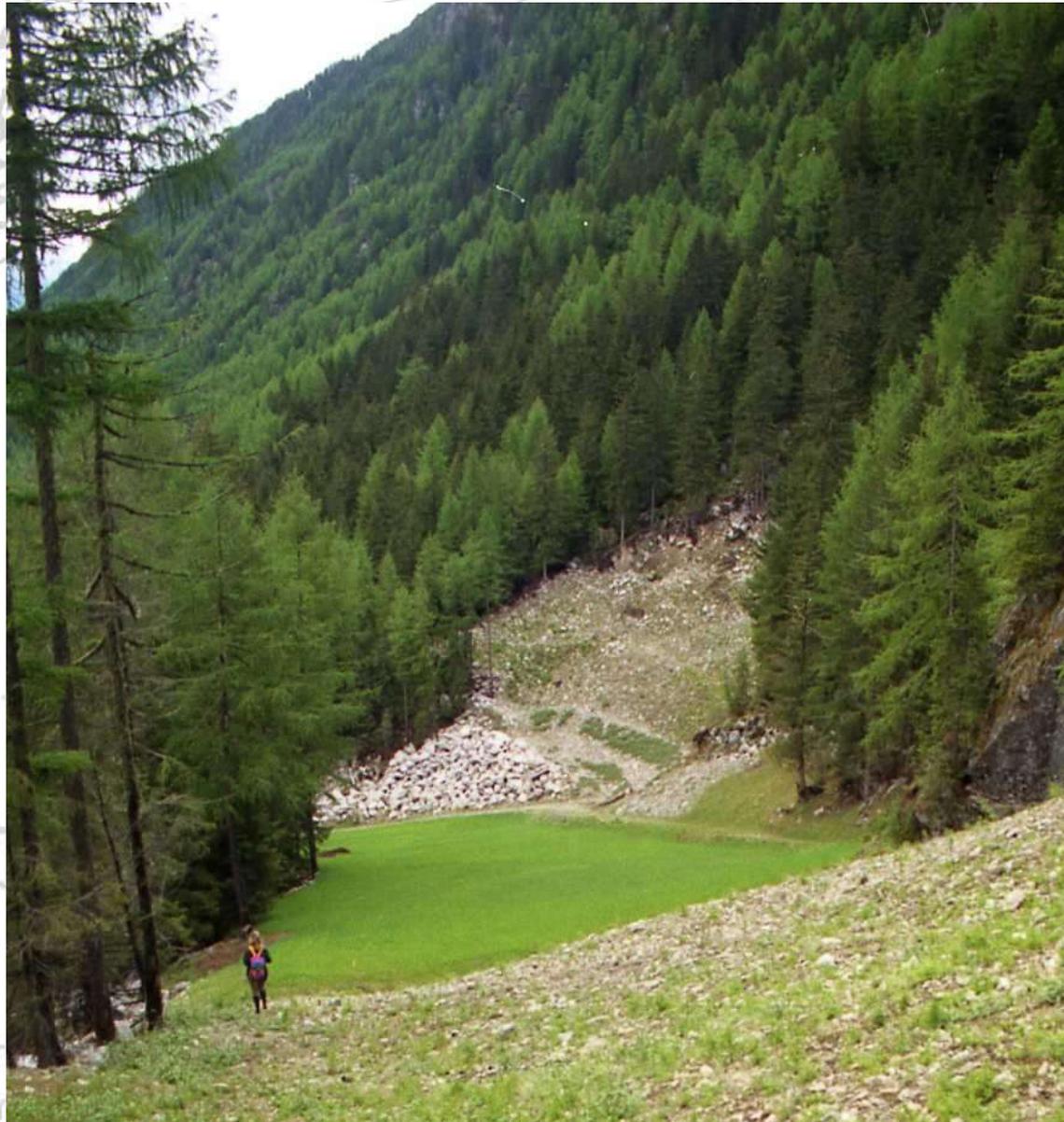
LIV. MEDIO



Suolo che fa da contrafforte

Zona con effetto arco

**Figura - Semina a spaglio** (da F. Boccalaro, 1994)



**Figura** - *Zolle erbose nel bacino di invaso della diga di Alaca (CZ)*  
(da G. Sauli, 2003)



nov. '20

Cilindro verticale delle  
radici ancorate al bedrock

Federico Boccalaro

50

**Figura** - Rivestimento vegetativo naturale con stuoie in fibra di paglia (da Maccaferri)



**Figura** - Scarpata in roccia arenacea a 45° con rivestimento vegetativo e stuoia organica presso stazione FS, Tarvisio-Boscoverde (UD) (da G. Sauli, 2000)



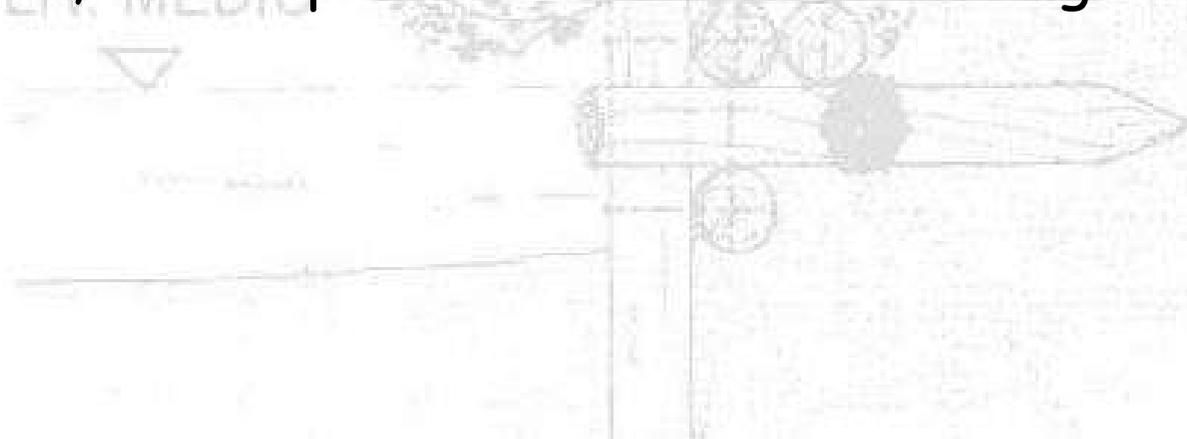
# Ingegneria Naturalistica

## Progettazione di interventi idraulici

In generale tutte le modalità e le tipologie costruttive di consolidamento e difesa del suolo applicate nel settore terrestre dei versanti possono essere impiegate anche per tutti i campi dell'idraulica.

Oltre gli effetti di staticità delle terre e pedomeccanici, devono qui essere considerate le forze supplementari che derivano dalla **velocità di scorrimento** e dalla **forza di trascinamento** dell'acqua corrente.

Nel caso di interventi **stabilizzanti** e di **sostegno** viene quindi ampliata l'offerta di alcune tipologie sviluppate specificatamente per l'idraulica, come specificato nella tabella seguente.



# Tabella - Opere stabilizzanti e di sostegno (da Schiechl e Stern, 1992)

TIPOLOGIE	IMPIEGO	VANTAGGI	SVANTAGGI
<i>Opere trasversali interessanti l'intero profilo</i>			
<b>Consolidamento di erosione lineare con ramaglia</b>	risanamento di canali e di fossi erosi	effetto permanente	grande fabbisogno di ramaglia viva
<b>Palizzate</b>	risanamento di canali profondi e stretti	<ul style="list-style-type: none"> <li>• costruzione rapida</li> <li>• effetto immediato</li> </ul>	luce e altezze limitate solo per siti poco elevati con materiale a granulometria fine
<b>Soglie di fondo vive:</b>			
<b>- soglia a cespuglio vivo</b>	per corsi d'acqua stretti	<ul style="list-style-type: none"> <li>• esecuzione semplice</li> <li>• elastica, in parte mobile</li> <li>• facilmente riparabile</li> <li>• possibilità di combinazione</li> </ul>	poco stabile
<b>- soglia di fascine</b>	per corsi d'acqua stretti	<ul style="list-style-type: none"> <li>• esecuzione semplice</li> <li>• effetto immediato</li> <li>• possibilità di combinazione</li> <li>• stabile quanto la soglia a cespuglio vivo</li> </ul>	poco stabile
<b>- soglia di graticciate</b>	per corsi d'acqua stretti	<ul style="list-style-type: none"> <li>• effetto immediato</li> <li>• possibilità di combinazione</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• occorre tanto materiale</li> <li>• modesto effetto in profondità</li> <li>• sensibile al trasporto solido</li> <li>• richiede molto lavoro</li> </ul>
<b>- soglia in gabbioni metallici</b>	torrenti e fiumi torrentizi con larghezza alveo fino a 10 m	<ul style="list-style-type: none"> <li>• esecuzione semplice</li> <li>• effetto immediato</li> <li>• materiali autoctoni</li> <li>• lascia filtrare l'acqua</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• esecuzione molto laboriosa</li> <li>• guarnizione supplementare difficile</li> </ul>
<b>- soglia in geotessile</b>	ruscelli di depressioni larghe fino a 5 m	<ul style="list-style-type: none"> <li>• esecuzione semplice</li> <li>• effetto immediato</li> <li>• elastico</li> <li>• buon adattamento al terreno</li> </ul>	poca esperienza circa la durata
<b>- soglia in legname</b>	burrone torrentizi e corsi d'acqua stretti e ripidi	<ul style="list-style-type: none"> <li>• materiali da costruzione in loco</li> <li>• esecuzione semplice</li> <li>• consolidamento rapido</li> <li>• elastico</li> </ul>	nessuno

## Tabella - Opere stabilizzanti e di sostegno (da Schiechl e Stern, 1992)

TIPOLOGIE	IMPIEGO	VANTAGGI	SVANTAGGI
<b>Palificate di sostegno vive</b>	consolidamento e rinterro del fondo nelle sistemazioni idrauliche	<ul style="list-style-type: none"> <li>• materiali da costruzione in loco</li> <li>• consolidamento rapido</li> <li>• elastico</li> <li>• lasciano filtrare l'acqua</li> </ul>	inserimento successivo di ramaglia impossibile
<b>Briglia in gabbioni metallici</b>	innalzamento e consolidamento dell'alveo nelle sistemazioni idrauliche	<ul style="list-style-type: none"> <li>• materiali da costruzione in loco</li> <li>• effetto immediato</li> <li>• lasciano filtrare l'acqua</li> </ul>	inserimento successivo di ramaglia difficile o impossibile
<b>Briglia in pietrame e/o legname</b>	trattenuta del materiale e consolidamento del fondo	<ul style="list-style-type: none"> <li>• materiali da costruzione in loco</li> <li>• costruzione semplice</li> <li>• effetto immediato</li> <li>• molto stabile</li> </ul>	costruzione con materiali vivi solo durante il riposo vegetativo
<b>Opere trasversali vicine a sponde</b>			
<b>Repellenti</b>	deviazione della corrente, al fine di strutturare le sponde	<ul style="list-style-type: none"> <li>• strutture modificabili</li> <li>• opere utili dal punto di vista ecologico del corso d'acqua ed idraulico</li> </ul>	necessita di notevole spazio
<b>Pettini vivi</b>	interrimento vicino alle sponde	<ul style="list-style-type: none"> <li>• esecuzione semplice e rapida</li> <li>• possibilità di combinazione</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• poco stabile</li> <li>• da impiegare solo in ambiti spondali di acque poco profonde</li> </ul>
<b>Repellenti a cespuglio</b>	repellente a forte indirizzo biologico, adatto anche per il risanamento di sponde lacustri	<ul style="list-style-type: none"> <li>• tipologia semplice</li> <li>• effetto rapido</li> <li>• grande economicità</li> <li>• ampliabile</li> <li>• manutenzione semplice</li> <li>• possibilità di combinazione</li> </ul>	inadatto per corsi d'acqua con trasporto solido pesante
<b>Graticciate con ramaglia</b>	modellamento di nuove linee spondali, risanamento di grossi franamenti spondali	<ul style="list-style-type: none"> <li>• effetto immediato e stabile</li> <li>• possibilità di combinazione</li> <li>• è possibile un adeguato modellamento spondale</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• richiede molto lavoro</li> <li>• elevato consumo di materiale da costruzione</li> </ul>

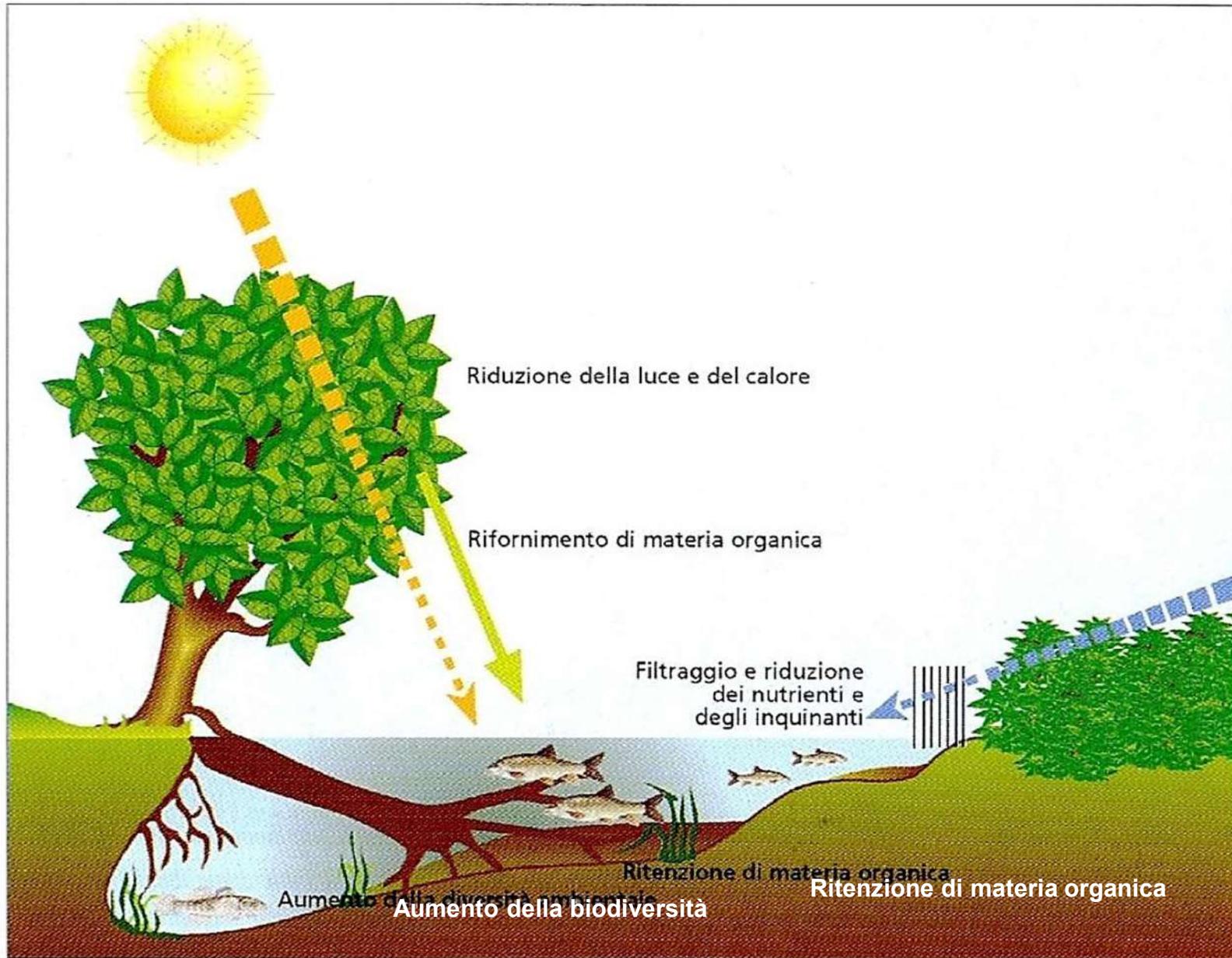
## Tabella - Opere stabilizzanti e di sostegno (da Schiechl e Stern, 1992)

TIPOLOGIE	IMPIEGO	VANTAGGI	SVANTAGGI
<b>Opere longitudinali</b>			
<b>Piantagione di culmi di canne</b>	corsi d'acqua calmi e fermi, sponde piane sui laghi	<ul style="list-style-type: none"> <li>• esecuzione semplice tecnicamente</li> <li>• tecnica economica</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• può essere eseguita solo per brevi periodi</li> <li>• richiede molto lavoro</li> </ul>
<b>Trapianto di canneto con pane di terra</b>	consolidamento spondale su corsi d'acqua e laghi calmi e vitali	<ul style="list-style-type: none"> <li>• ricavo del materiale da costruzione semplice</li> <li>• costruzione semplice</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• periodi di costruzione breve</li> <li>• effetto solo dopo 2-3 periodi di vegetazione</li> </ul>
<b>Rullo di canne</b>	consolidamento spondale su ruscelli e fiumi di pianura, collettori rurali	<ul style="list-style-type: none"> <li>• effetto immediato</li> <li>• sviluppo di un fitto bordo spondale</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• periodo costruttivo limitato</li> <li>• richiede molto lavoro</li> <li>• molto materiale</li> </ul>
<b>Talee e pavimentazioni in pietrame</b>	sono d'aiuto per i rivestimenti spondali massicci	<ul style="list-style-type: none"> <li>• intervento semplice</li> <li>• creazione di una larga fascia di specie legnose</li> </ul>	l'effetto del fitto cespugliame si fa sentire solo dopo 2-3 periodi vegetativi
<b>Messa a dimora di ramaglia su rivestimenti di pietrame</b>	consolidamento spondale su corsi d'acqua vitali e calmi	<ul style="list-style-type: none"> <li>• materiali in loco</li> <li>• sopporta trasporto solido</li> <li>• sopporta il ghiaccio galleggiante</li> <li>•</li> </ul>	non è possibile l'inserimento di rami a lavoro ultimato
<b>Fascinata viva</b>	protezione spondale su corsi d'acqua da calmi a vitali	<ul style="list-style-type: none"> <li>• esecuzione semplice</li> <li>• possibilità di combinazione</li> <li>• effetto immediato</li> </ul>	costruzione possibile solo durante il riposo vegetativo
<b>Cataste di salici</b>	risanamento di franamenti spondali e di scavi , consolidamento del fondo	<ul style="list-style-type: none"> <li>• opera stabile</li> <li>• effetto immediato</li> <li>• esecuzione semplice</li> <li>• materiali autoctoni</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• richiede molto lavoro</li> <li>• grande fabbisogno di materiale vivo</li> </ul>
<b>Opere longitudinali in ramaglia</b>	protezione della linea spondale	<ul style="list-style-type: none"> <li>• esecuzione semplice e rapida</li> <li>• riparazioni che non presentano problemi</li> <li>• possibili combinazioni</li> </ul>	periodo lavorativo limitato

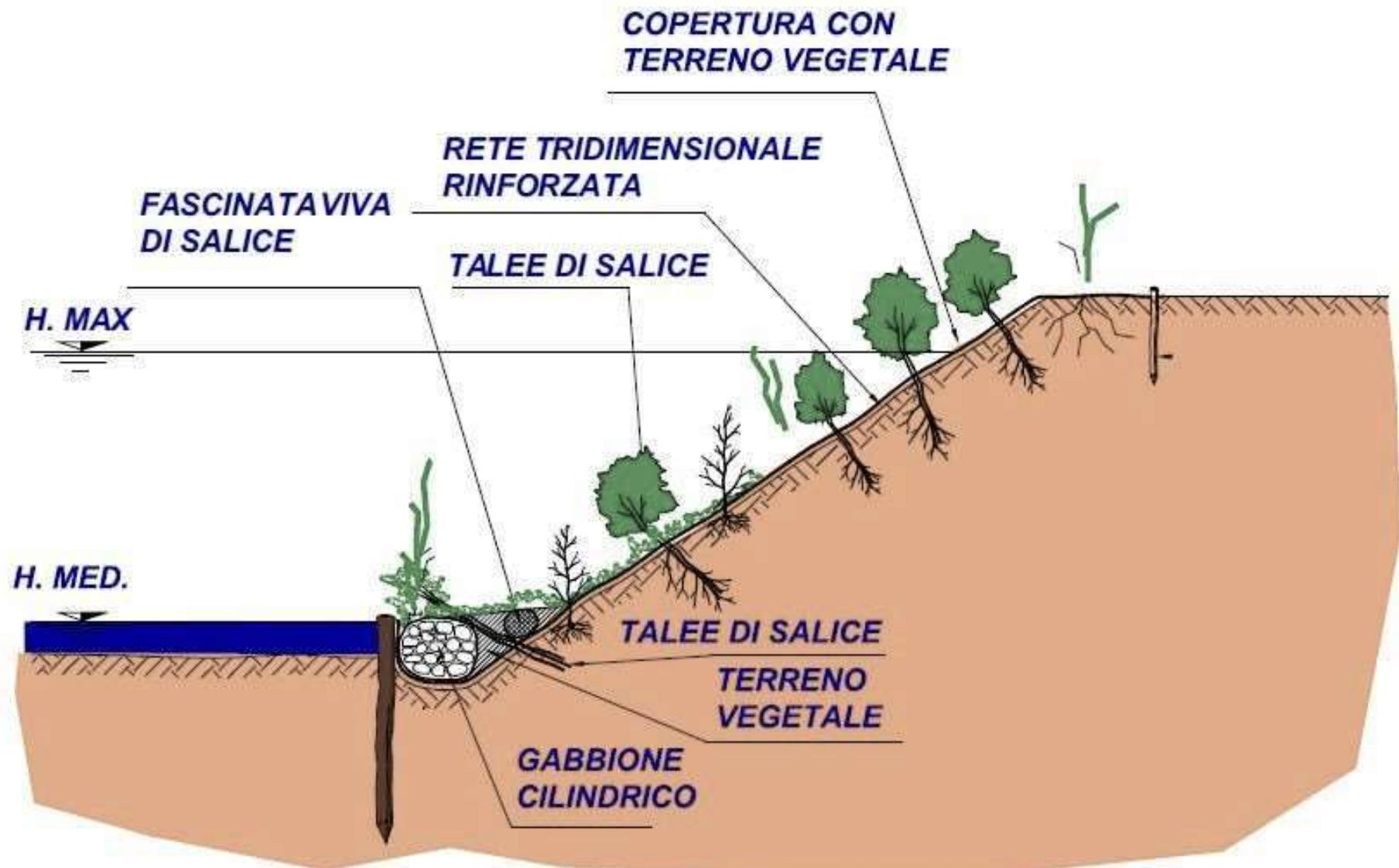
# Tabella - Opere stabilizzanti e di sostegno (da Schiechl e Stern, 1992)

TIPOLOGIE	IMPIEGO	VANTAGGI	SVANTAGGI
<b>Strati di rami</b>	risanamento di sponde ripide in sedimenti fini	<ul style="list-style-type: none"> <li>• esecuzione semplice</li> <li>• materiali da costruzione autoctoni</li> </ul>	elevato fabbisogno di materiale vivo e morto
<b>Palificate di sostegno</b>	protezione spondale su torrenti e fiumi torrentizi	<ul style="list-style-type: none"> <li>• esecuzione semplice</li> <li>• materiali in loco (in zone boscate)</li> <li>• adattabile al terreno</li> <li>• elastico</li> <li>• effetto immediato</li> <li>• permeabile all'acqua di versante</li> <li>• imboschimento delle sponde</li> </ul>	periodo di costruzione limitato, in quanto l'inserimento successivo non è conveniente
<b>Grata viva su scarpata</b>	protezione di scarpate spondali ripide e alte	<ul style="list-style-type: none"> <li>• effetto immediato</li> <li>• effetto diffuso</li> <li>• resta invisibile</li> <li>• possibili combinazioni</li> <li>• imboschimento delle sponde</li> </ul>	nessuno
<b>Gabbionate metalliche</b>	protezione spondale di fiumi torrentizi e torrenti	<ul style="list-style-type: none"> <li>• materiali in loco</li> <li>• effetto immediato</li> <li>• si adatta al terreno</li> <li>• permeabile all'acqua di versante</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• la vegetazione conserva il carattere pioniero</li> <li>• successivo inserimento di ramaglia viva da difficile a impossibile</li> <li>• periodo costruttivo limitato</li> </ul>
<b>Intelaiature in geotessile</b>	protezione spondale su corsi d'acqua da calmi a vivaci e su acque calme	<ul style="list-style-type: none"> <li>• esecuzione semplice</li> <li>• adattabile al terreno</li> <li>• elastico</li> <li>• effetto immediato</li> <li>• imboschimento delle sponde</li> </ul>	non c'è esperienza pratica circa la durata dei geotessili
<b>Sistemazione spondale elastica</b>	protezione spondale su fiumi e torrenti da calmi a impetuosi	<ul style="list-style-type: none"> <li>• molto elastica</li> <li>• effetto immediato</li> </ul>	l'esecuzione richiede molto lavoro

# Figura - Effetti fisici-biologici della vegetazione riparia (-)



**Figura - Sistemazione spondale (-)**

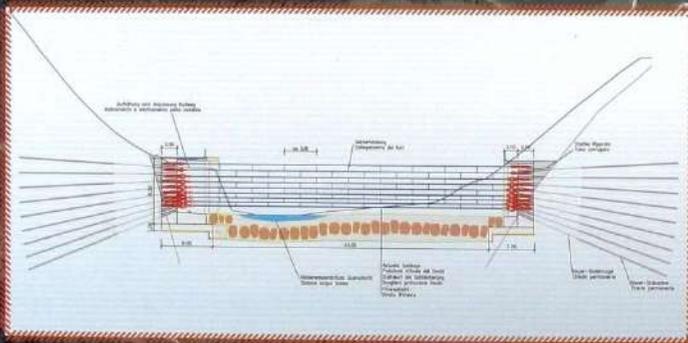


# Figura - lavori di ingegneria naturalistica lungo la Rienza - Brunico (da F. Boccalaro, 2013)

## Seilsperre für Wildholz - Briglia a funi per legname galleggiante

Zum Schutz der Stadt Bruneck vor Wildholz und Geschiebe hat die Landesabteilung Wasser- schutzbauten über ein EFRE-Projekt in der Rienzschlucht zwei Bauwerke geplant: die Arbeiten am 1. Bauwerk, der Wildholzsperrre in Percha, konnten bereits abgeschlossen werden. 2012/13 folgt nun die Errichtung einer Seilsperre.

Per proteggere la città di Brunico dal legname galleggiante in alveo e dal trasporto solido in generale, la Ripartizione opere idrauliche della provincia ha progettato due opere di trattenuta nella gola della Rienza attraverso un progetto EFRE. I lavori di costruzione della prima opera, la briglia per la trattenuta del legname a Perca, possono considerarsi già conclusi. Nel corso del 2012/13 sarà realizzata una briglia a funi.



**Vorgesehene Arbeiten:**  
Das zweite Schutzbauwerk wird hier, circa 200 Meter oberhalb der Brücke des Radweges am Eingang in die Rienzschlucht entstehen. Bei der Planung wurde neben dem Hauptaspekt der Sicherheit vor allem auf die Landschaft Rücksicht genommen. Die gewählte Bauwerksart ist eine Seilsperre: neun Stahlseile mit einer Länge von jeweils 50 Metern werden bis auf eine Gesamthöhe von sieben Meter quer über die Rienz gespannt. Die vergleichsweise höheren Herstellungskosten werden durch die geringen landschaftlichen Auswirkungen mehr als wettgemacht. Allerdings ist es nötig, während der Bauzeit, die voraussichtlich bis Sommer 2013 andauern wird, den Radweg umzuleiten.

**Lavori previsti:**  
La seconda opera di protezione sorgerà in questo punto, circa 200 m sopra il ponte della pista ciclabile all'ingresso della gola della Rienza. Durante la progettazione è stato considerato, accanto all'aspetto principale della sicurezza, soprattutto il rispetto del paesaggio. L'opera scelta è una briglia a funi: saranno tese nove funi in acciaio trasversalmente al letto della Rienza, ciascuna di circa 50 m di lunghezza, fino ad un'altezza complessiva di 7 m. I maggiori costi di realizzazione rispetto ad un'analogo briglia tradizionale vengono più che controbilanciati da un basso impatto paesaggistico dell'opera. Nonostante ciò è necessario, durante l'esecuzione dei lavori, che si concluderanno probabilmente entro il 2013, deviare la pista ciclabile.

„Eines müssen wir uns allerdings bewusst sein“, gibt Abteilungsleiter Pollinger zu bedenken. „Die genannten Bauwerke erfüllen keine Rückhaltfunktion gegen den Hochwasserabfluss selbst. Sie dienen allein dem Rückhalt der mitgeführten Wildholzmengen sowie eines Teils des Geschiebes während eines Hochwasserereignisses.“ Für eine Hochwassererreichung der Stadt Bruneck bei Extremereignissen seien weitere Maßnahmen notwendig. „Diese sind jedoch immer auf ein funktionierendes System zum Rückhalt von Geschiebe und Wildholz angewiesen, das wir mit den beiden Schutzbauwerken zur Zeit realisieren“, so Pollinger.  
  
„Dobbiamo tuttavia essere consapevoli di una cosa“ fa presente il direttore di Ripartizione Pollinger. „Tali opere non svolgono di fatto alcuna funzione di ritenzione contro le piene. Esse servono esclusivamente per trattenere il legname trasportato dalla corrente come pure una parte del trasporto solido durante un evento di piena.“ Per la sicurezza idraulica della città di Brunico in caso di eventi estremi saranno necessari altri interventi di messa in sicurezza. „Questi sono tuttavia sempre subordinati ad un sistema funzionante di trattenuta del materiale solido e del legname flottante, sistema che stiamo attualmente realizzando con queste due opere“ così spiega Pollinger.

Sonderbetrieb für Boderschutz, Wildbach- und Lawinervertrauung Azienda speciale per la regolazione dei corsi d'acqua e la difesa del suolo

Autonome Provinz Bozen SÜDTIROL

Provincia Autonoma di Bolzano ALTO ADIGE

Investition in die Zukunft Investition nel futuro

**Figura** - lavori di ingegneria naturalistica gola della Rienza -  
**Brunico** (da F. Boccalaro, 2013)

Zona con effetto arco



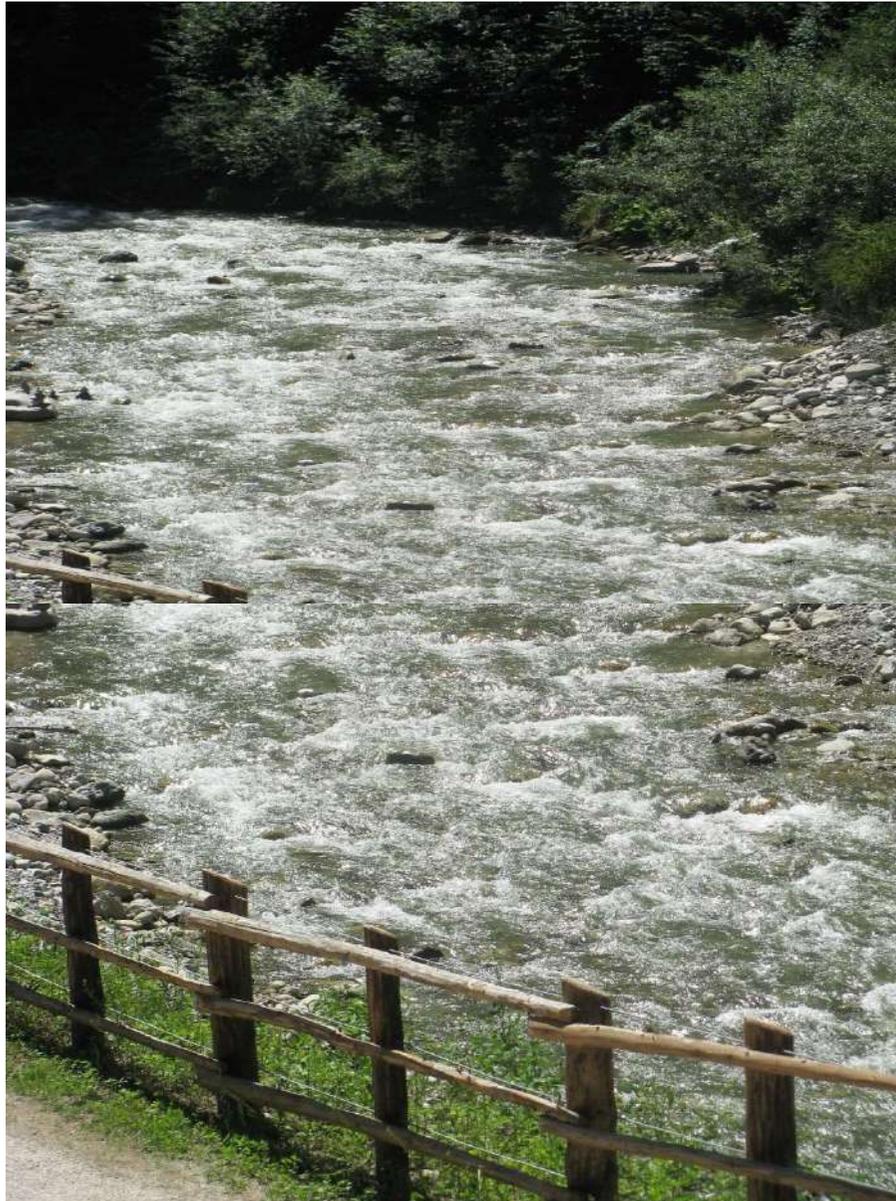
**Figura** - *Veduta di un intervento di riqualificazione della Rienza a Brunico (BZ) (da F. Boccalaro, 2013)*



**Figura** - *Veduta di un intervento di riqualificazione della Rienza a Brunico (BZ) (da F. Boccalaro, 2013)*



**Figura** - *Veduta di un intervento di riqualificazione della Rienza a Brunico (BZ) (da F. Boccalaro, 2013)*



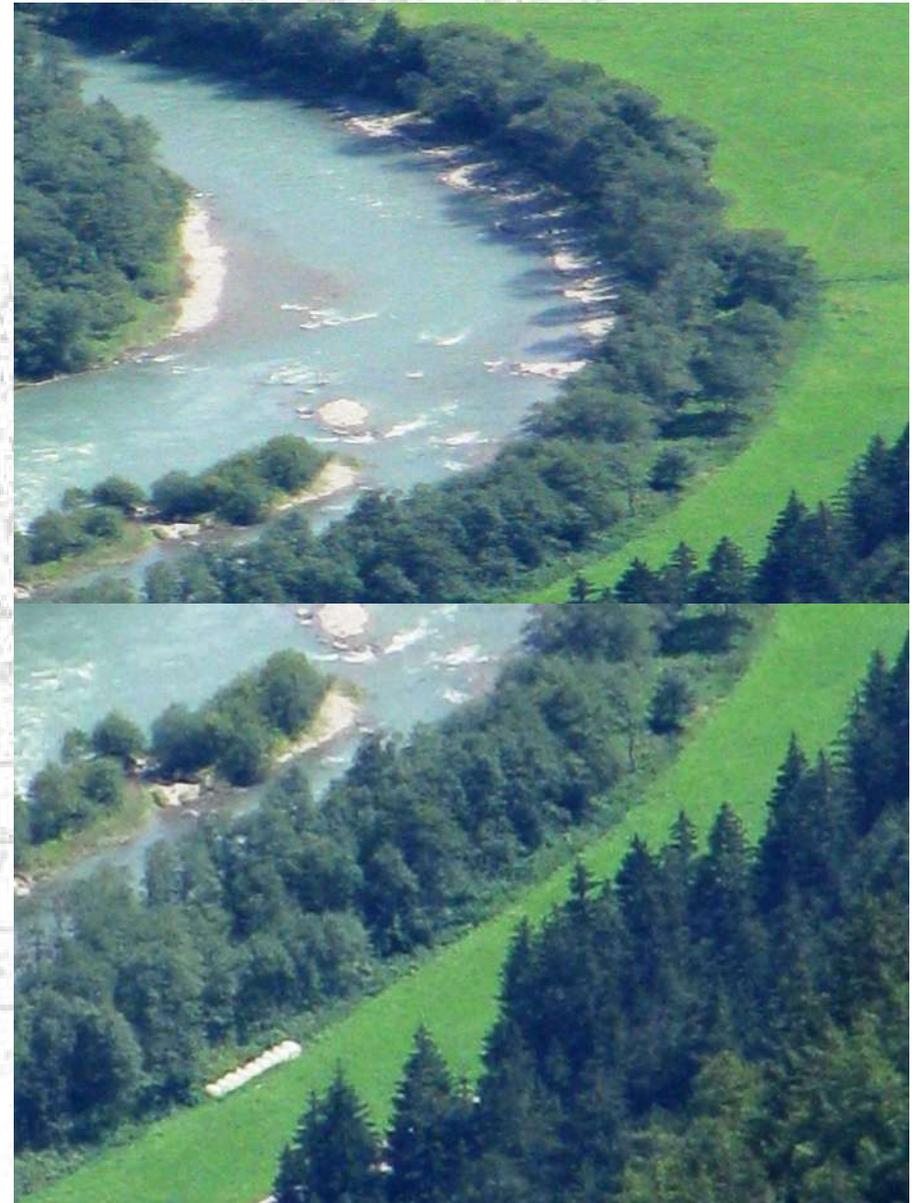
**Figura - lavori di ingegneria naturalistica in Alto Adige** (da F. Boccalaro, 1996)



**Figura** - *Veduta sistematoria di un corso d'acqua in Val d'Adige (BZ) (da F. Boccalaro, 1994)*



**Figura** - *Sistemazioni spondali di un corso d'acqua in Val Aurina (BZ)* (da F. Boccalaro, 2010)



**Figura** - *Sistemazioni spondali di un corso d'acqua in Val di Vizze (BZ) (da F. Boccalaro, 1994)*

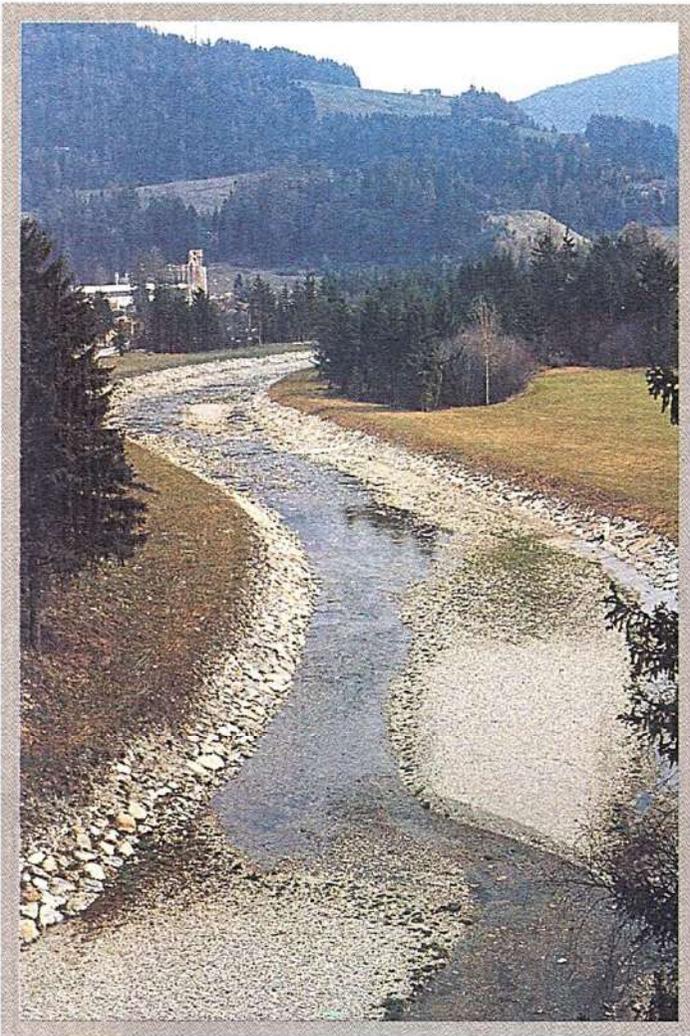


**Figura** - Veduta di una rampa in pietrame su un corso d'acqua in Val d'Adige (BZ) (da F. Boccalaro, 1994)



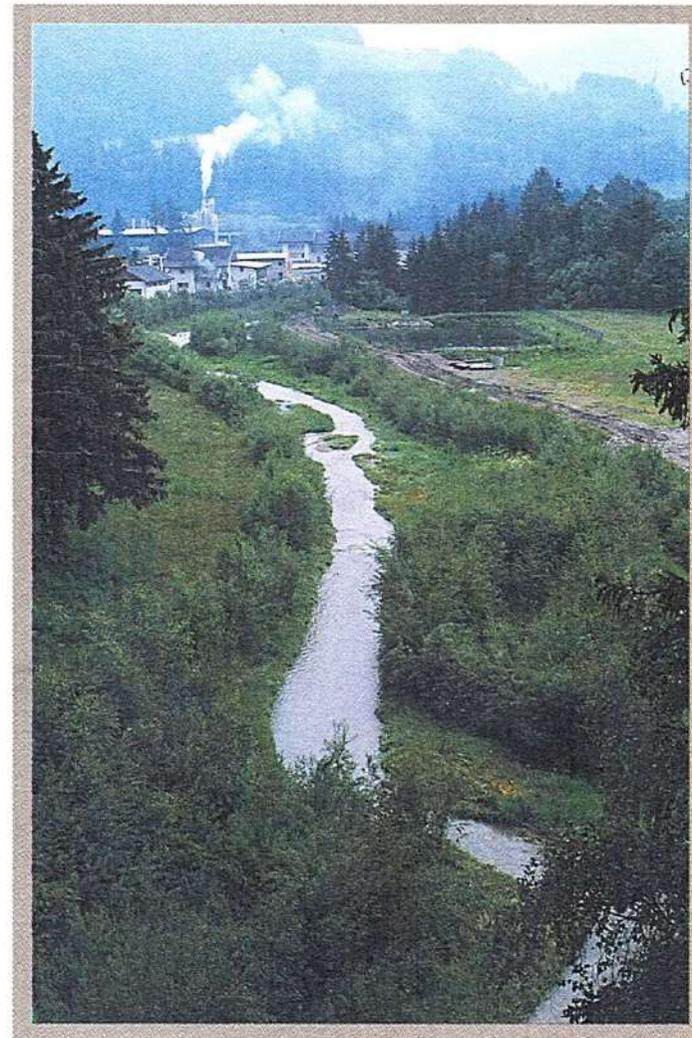
**Figura** - *Efficacia di una palificata spondale* (da F. Boccalaro, 1994)





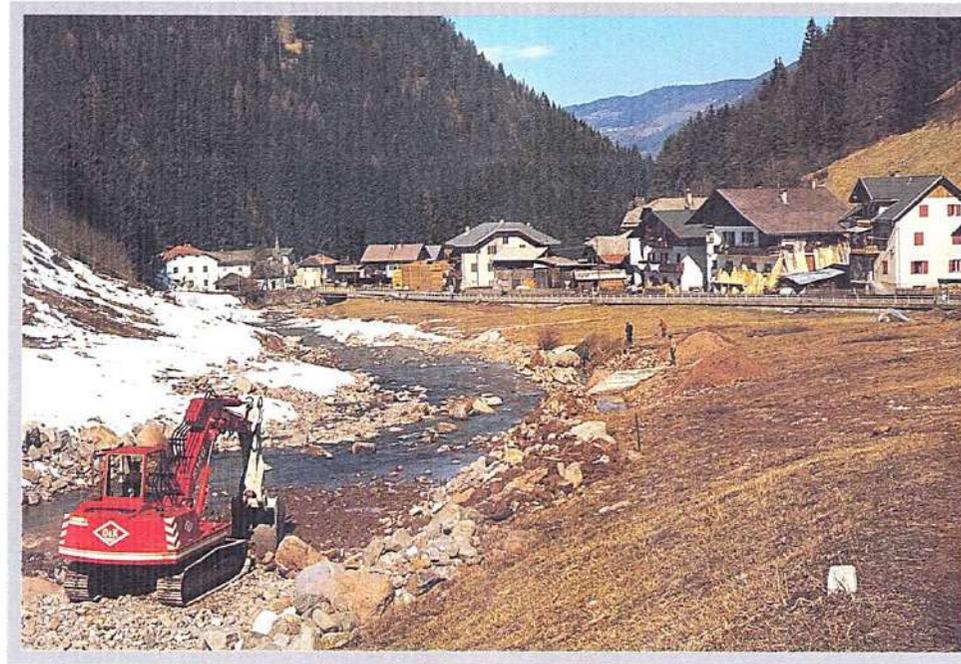
■ *Die Rienz bei Olang - 1980.*

■ *Fiume Rienza a Valdaora - 1980.*

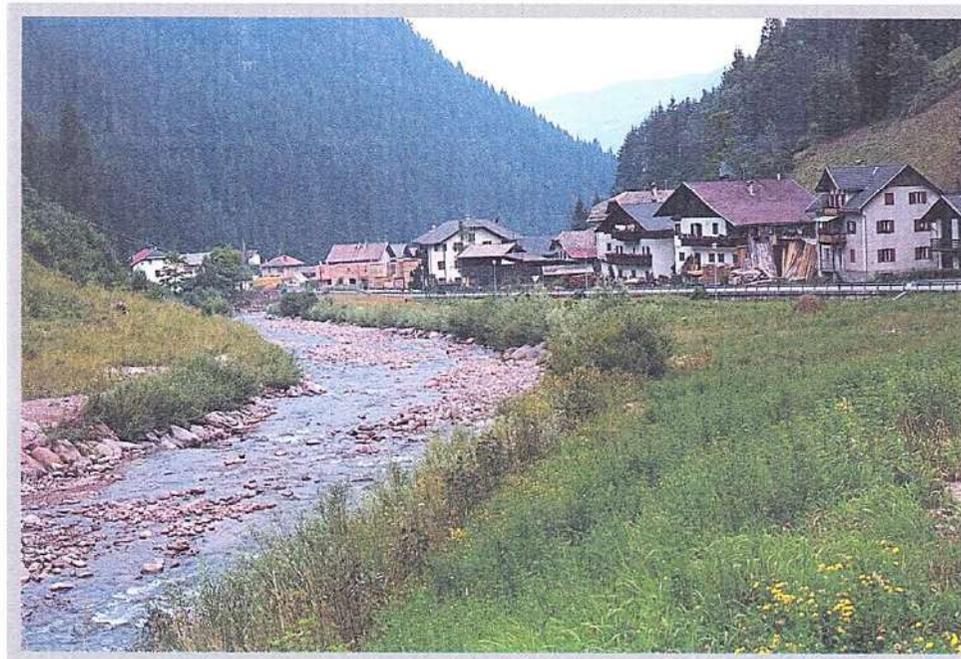


■ *1985.*

# Figura - 1



7e (da F.)

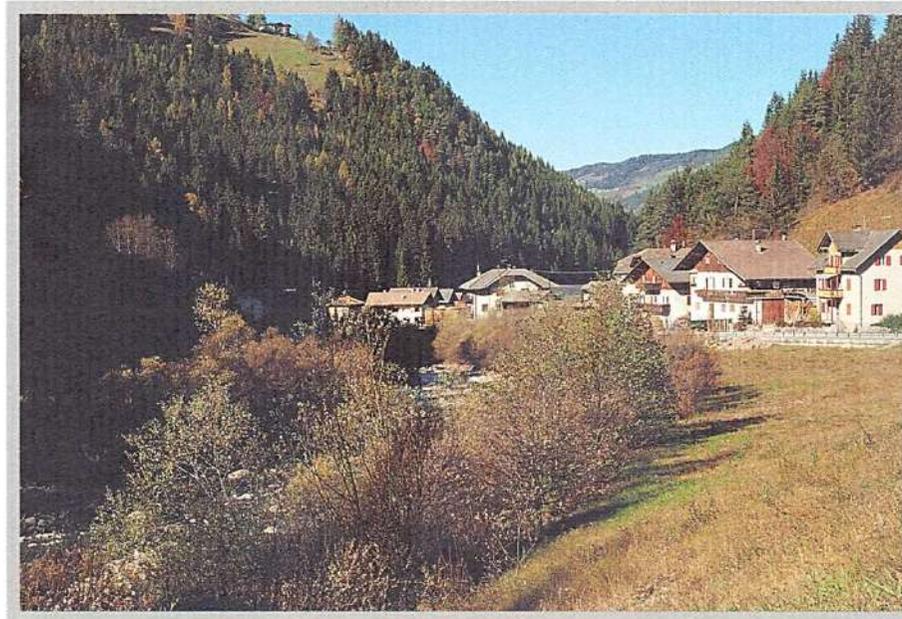


drock

nov. '20

Cilind  
radici

# Figura - 1

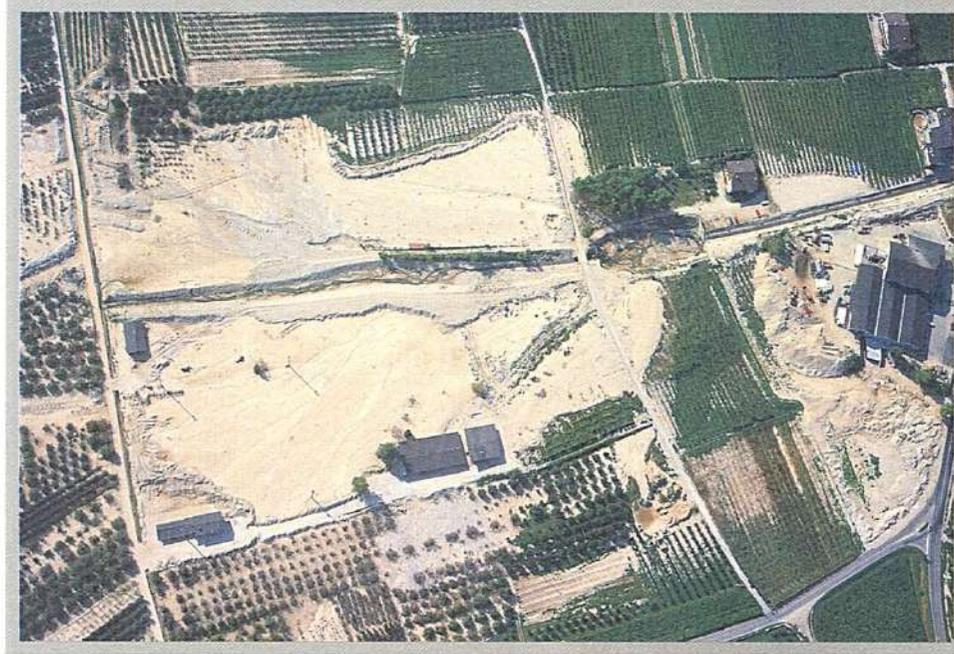


- Herstellung einer Weidenspreitlage am Zanggenbach im Eggental 1980 und das folgende Wachstum: 1983, 1986 (auch im Detail) und 1988.
- Costruzione di copertura diffusa con salici, sul rio della Pala in val d'Ega, nel 1980 e situazioni successive: nel 1983, 1986 (anche in dettaglio) e 1988.

**dige** (da F.)



Figura -



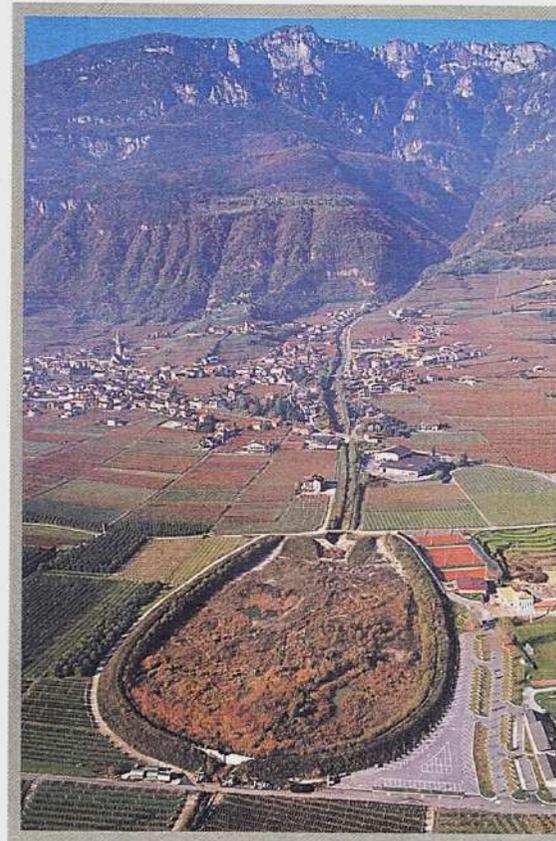
ige (da F.)



edrock

nov. '20

Cili  
rad

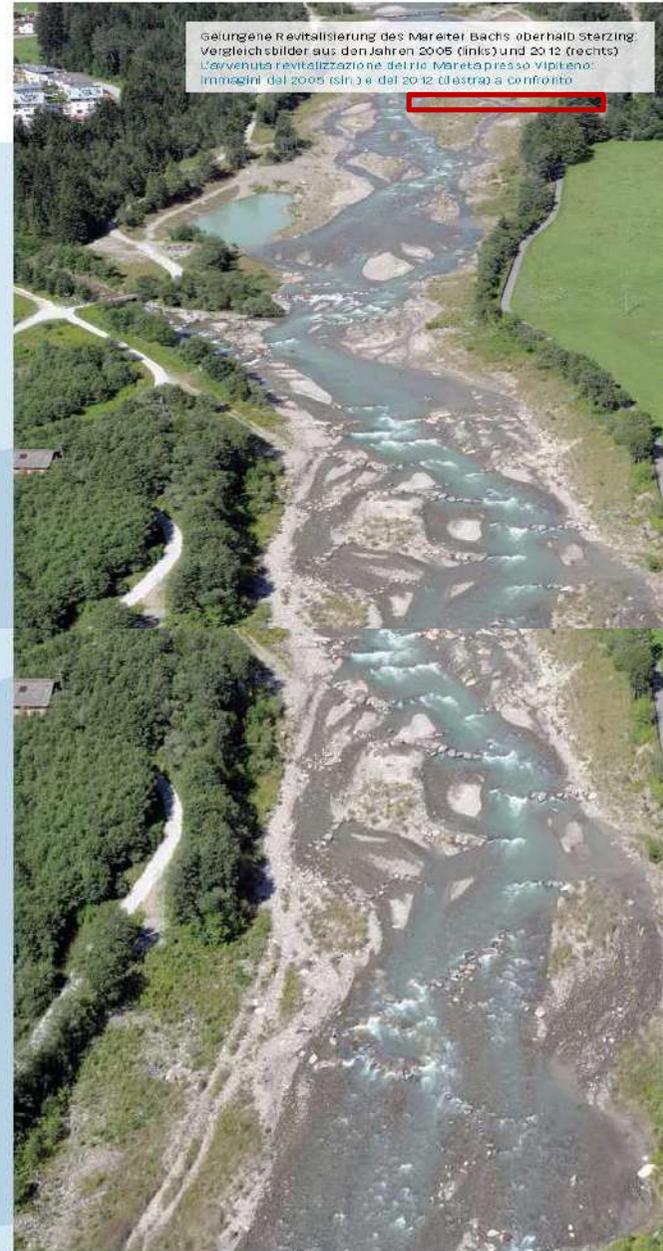


- *Das Ablagerungsbecken von Tramin nach der schweren Überflutung des Höllentalbaches im Juli 1986 und in den folgenden Phasen in den Jahren 1987, 1990 und 1991: In seinem Inneren wurden einzelne Teiche angelegt, die gemeinsam mit dem Ansiedeln von geeigneten Pflanzenformen die Bildung eines Biotops ermöglicht haben.*
- *Il bacino di Termeno all'indomani della drammatica alluvione del rio Inferno nel luglio 1986 e nelle fasi successive nel 1987/90/91: al suo interno sono stati allestiti alcuni stagni che, unitamente all'insediamento di specie vegetali adatte, hanno favorito il ricrearsi di una zona umida.*

**Figura** - *Veduta di una cassa d'espansione di un corso d'acqua in Val d'Adige (BZ) (da F. Boccalaro, 1994)*



**Figura - Piano di sviluppo dei corsi  
d'acqua in Alto Adige (PCA 30) (da P.A. Bolzano, 2013)**



**Figura** - *Veduta di un intervento di riqualificazione fluviale a Tarvisio (UD) (da F. Boccalaro, 2009)*



**Figura** - *Veduta di un intervento di riqualificazione fluviale a Tarvisio (UD) (da F. Boccalaro, 2009)*



**Figura** - *Veduta di un intervento di riqualificazione fluviale a Tarvisio (UD) (da F. Boccalaro, 2009)*



**Figura** - Veduta di una palificata spondale su un corso d'acqua sul fiume Roncaglia (CH) (-)



# Ingegneria Naturalistica lacuale

## Tecniche per la protezione delle zone umide

Si tratta per lo più di opere che prevedono l'utilizzo di tecniche di **ingegneria naturalistica**, che sono riassumibili nelle seguenti tipologie principali:

- Opere di sistemazione idraulica e geomorfologica;
- Opere per il controllo dell'erosione;
- Opere stabilizzanti;
- Opere combinate di consolidamento.

# Ingegneria Naturalistica lacuale

## Tecniche per la protezione delle zone umide

Le opere per il **mantenimento idraulico e geomorfologico** di una zona costiera umida sono:

- Opere di regolazione idrica (dragaggi);
- Opere di ricostruzione di terre emerse.

# Ingegneria Naturalistica lacuale

## Tecniche per la protezione delle zone umide

Le opere per il **controllo dell'erosione** sono volte al controllo dei processi erosivi che si verificano lungo le sponde delle lagune e lungo gli argini dei canali lagunari, attraverso la protezione superficiale ed il rinforzo delle porzioni di sponda instabile a contatto con l'acqua.

Le tipologie più comunemente realizzate sono costituite da:

- **Rivestimento vegetativo** con biostuoie in cocco o in juta;
- Rivestimento vegetativo con geostuoie sintetiche tridimensionali;
- Rivestimento vegetativo con geostuoie sintetiche tridimensionali e rete metallica a doppia torsione.

# Ingegneria Naturalistica lacuale

## Tecniche per la protezione delle zone umide

La maggior parte delle aree costiere umide si sviluppa in corrispondenza di settori dove i processi geomorfologici e sedimentari sono attivi e dove si registra la presenza di **terreni incoerenti** dalle caratteristiche geotecniche piuttosto scadenti.

Nel caso di bacini lacustri la **stabilità delle sponde** deve essere spesso assicurata tramite opere di protezione e stabilizzazione, che possono essere realizzate mediante l'utilizzo di tecniche a basso impatto sull'ambiente naturale proprie dell'**ingegneria naturalistica**.

Tra le tipologie più frequentemente adottate vi sono le **difese con materiali vegetali morti o vivi**. In particolare, gli interventi con specie vegetali vive costituite da piante di ambiente lagunare o paludoso, nel rispetto del sistema ecologico ospitante, risultano particolarmente efficaci.

# Ingegneria Naturalistica lacuale

## Tecniche per la protezione delle zone umide

L'azione di trattenimento del suolo da parte degli **apparati radicali**, unitamente alla protezione superficiale conferita da fusto, rami e foglie delle specie vegetali, fanno sì che i rivestimenti di questo tipo abbiano un discreto successo nel controllo dei fenomeni erosivi. Alcune specie possono essere utilizzate anche nella zona intertidale per stabilizzare direttamente la linea di riva.

**I materiali vivi** possono essere messi a dimora con svariate tecniche tra cui:

- Messa a dimora di piante in vaso o contenitore;
- Messa a dimora di talee;
- Trapianto di rizomi e cespi;
- Fascinata spondale viva con culmi di canna;
- Fascinata sommersa;
- Copertura diffusa con culmi di canna.

# Ingegneria Naturalistica lacuale

## Tecniche per la protezione delle zone umide

La protezione delle sponde lagunari soggette a fenomeni erosivi può essere efficacemente ottenuta anche attraverso la realizzazione di **opere antierosive e stabilizzanti miste**, costituite da materiali vivi combinati con materiali vegetali morti.

Le tipologie d'opera più comuni sono costituite da:

- **Rullo Spondale** con zolle di canne in fibre vegetali o sintetiche;
- **Palificata Spondale** con palo verticale frontale.

# Ingegneria Naturalistica

## Interventi idraulici stabilizzanti - messa a dimora di arbusti

La messa a dimora di **arbusti** è un valido metodo per ricreare condizioni naturali sulla sponda e consolidarla seppur in tempi più lunghi rispetto a quanto è possibile con i salici.

La possibilità di usare piante in **vaso** od in **fitocella** consente di intervenire anche nei periodi in cui le piante non sono a riposo vegetativo.

Consiste nella messa a dimora di giovani arbusti autoctoni di produzione vivaistica in zolla o in vasetto. Generalmente la piante utilizzate sono a comportamento **pioniero** appartenenti agli stadi corrispondenti della serie dinamica potenziale naturale del sito.

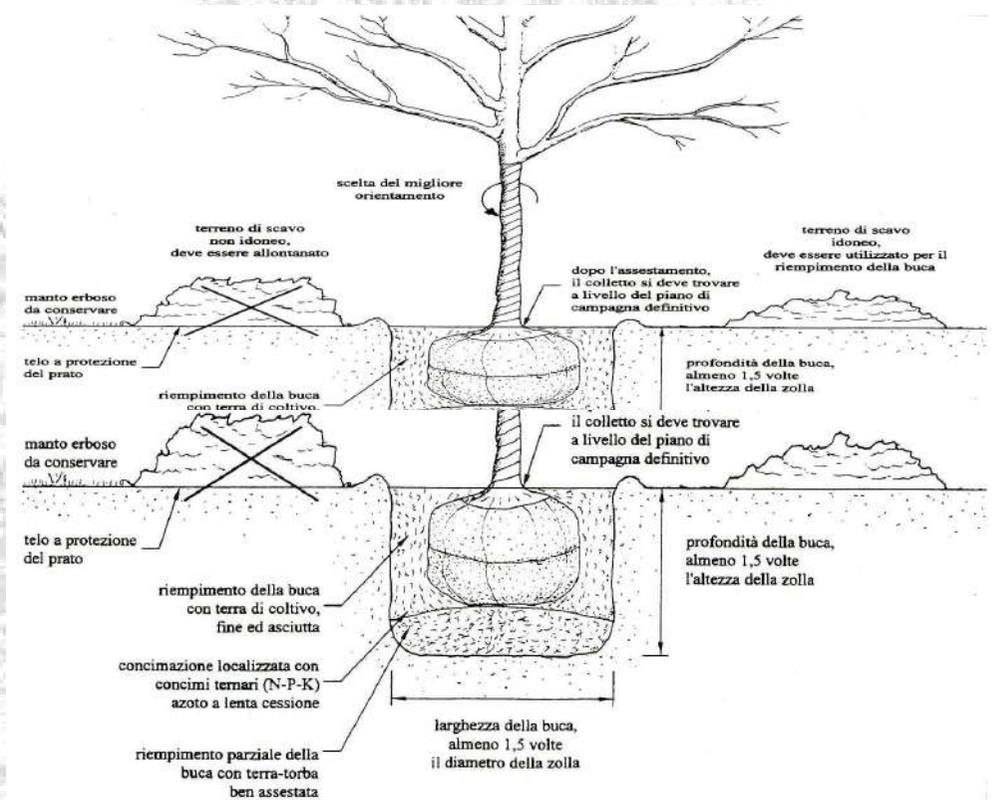
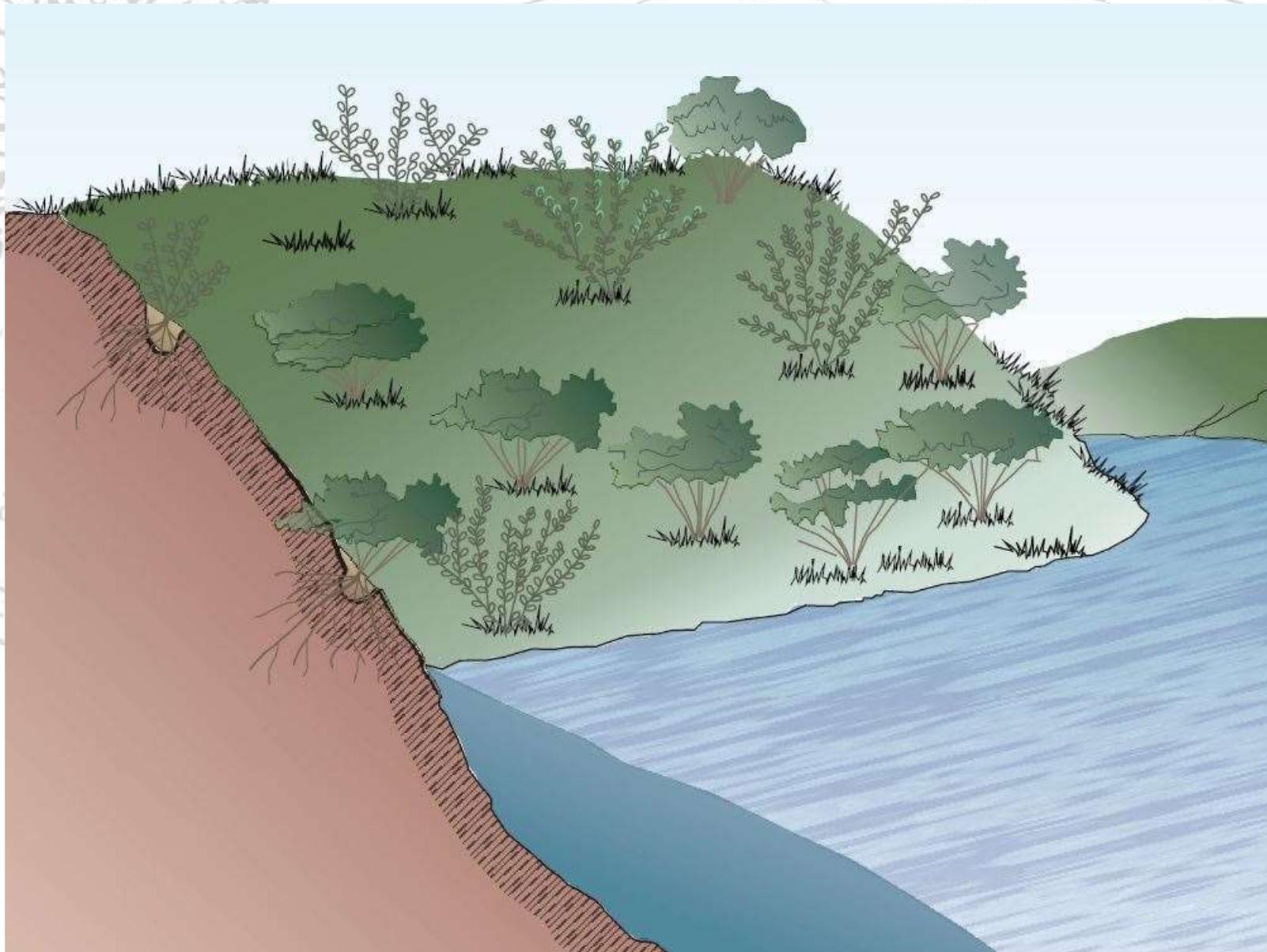


Figura - Messa a dimora di arbusti (da APAT, 2003)

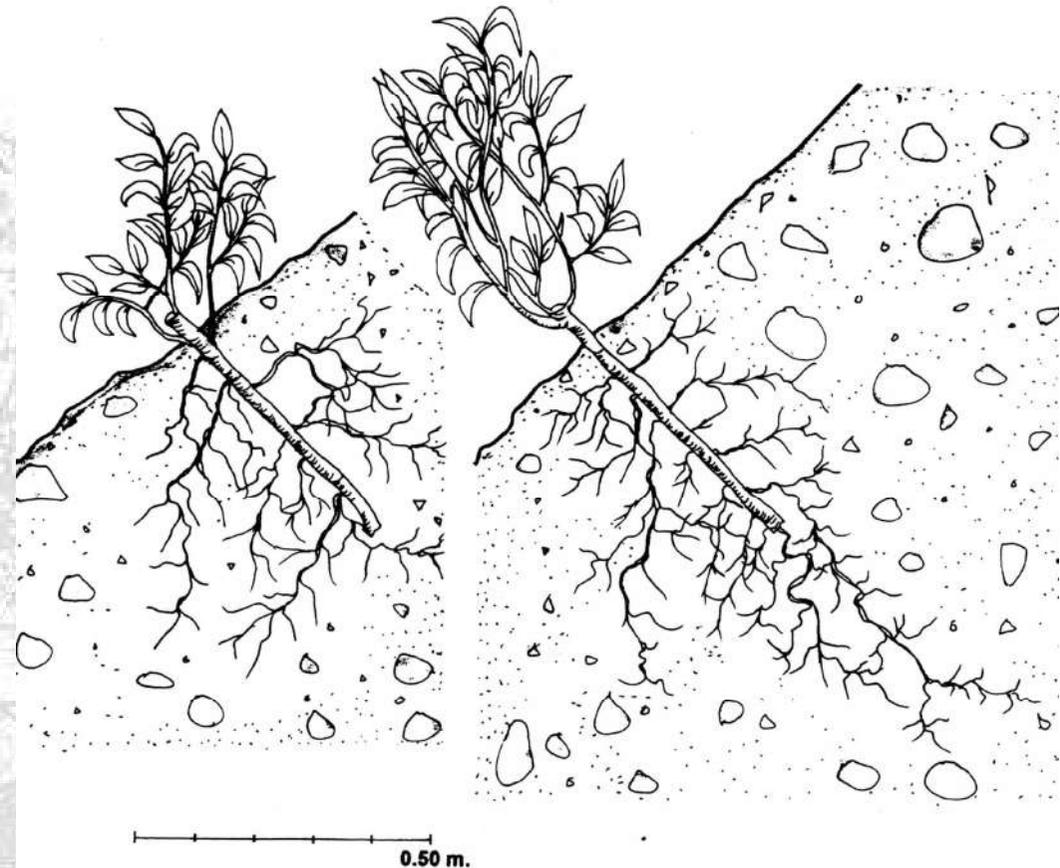


# Ingegneria Naturalistica

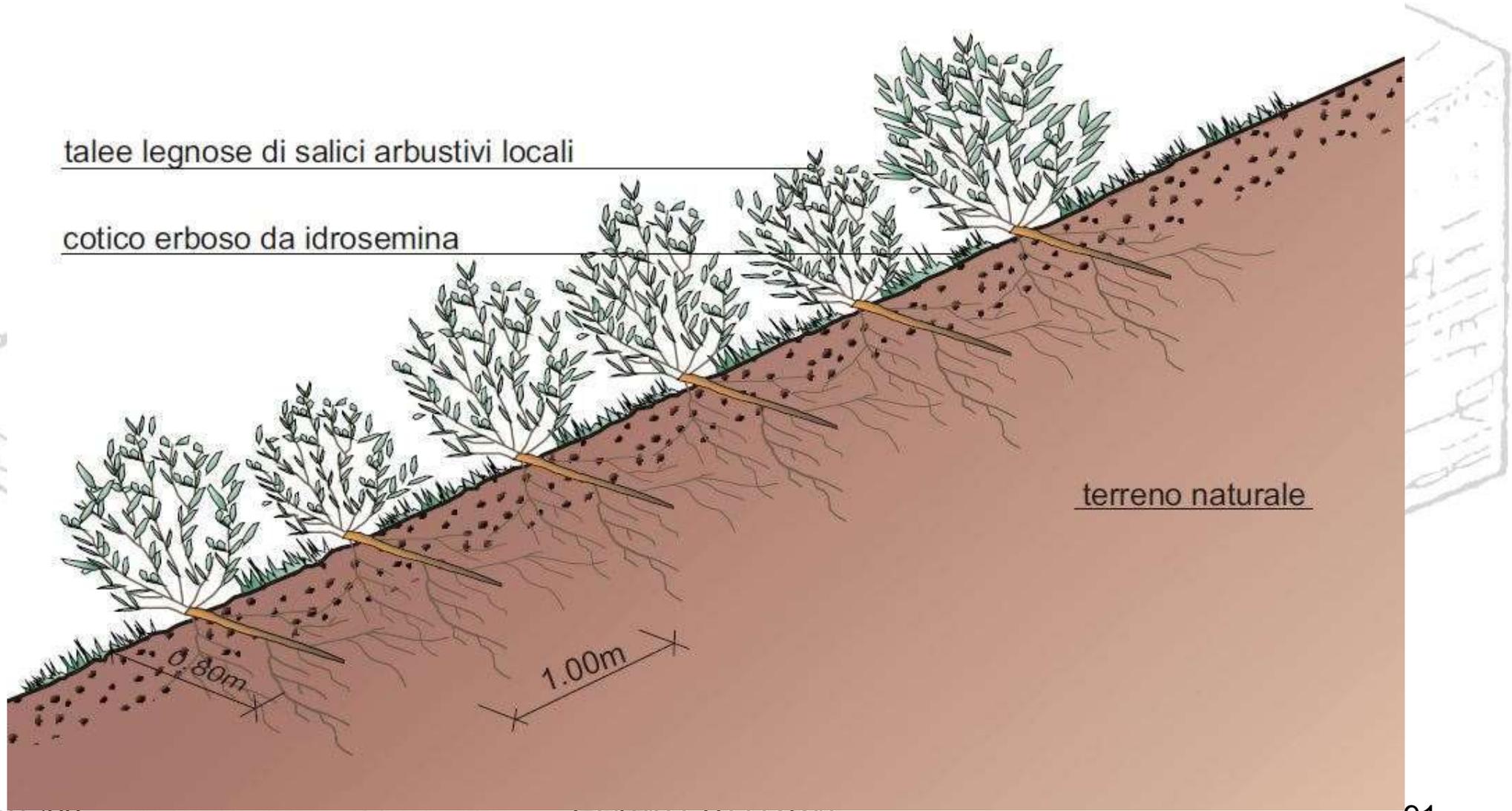
## Interventi idraulici stabilizzanti - messa a dimora di talee

Si realizza mediante infissione nel terreno o nelle fessure tra massi di una scogliera di talee legnose e/o ramaglie di specie vegetali con capacità di propagazione vegetativa. Le piante più usate per questa tecnica sono certamente i **salici**; in ambiente mediterraneo in alternativa si potranno usare le **tamerici**, specie quest'ultima resistente a condizioni alterne di forte aridità e presenza di sali nel terreno. Questa tecnica ha un **effetto consolidante** che è tanto più marcato quanto maggiore è la profondità cui vengono infisse le talee. Se si usano i salici inoltre si ottiene anche una funzione di **drenaggio** dovuto ad assorbimento e traspirazione del materiale vivo impiegato.

Talee della *Salix nigricans* dopo due anni



**Figura - Messa a dimora di talee** (da APAT, 2003)



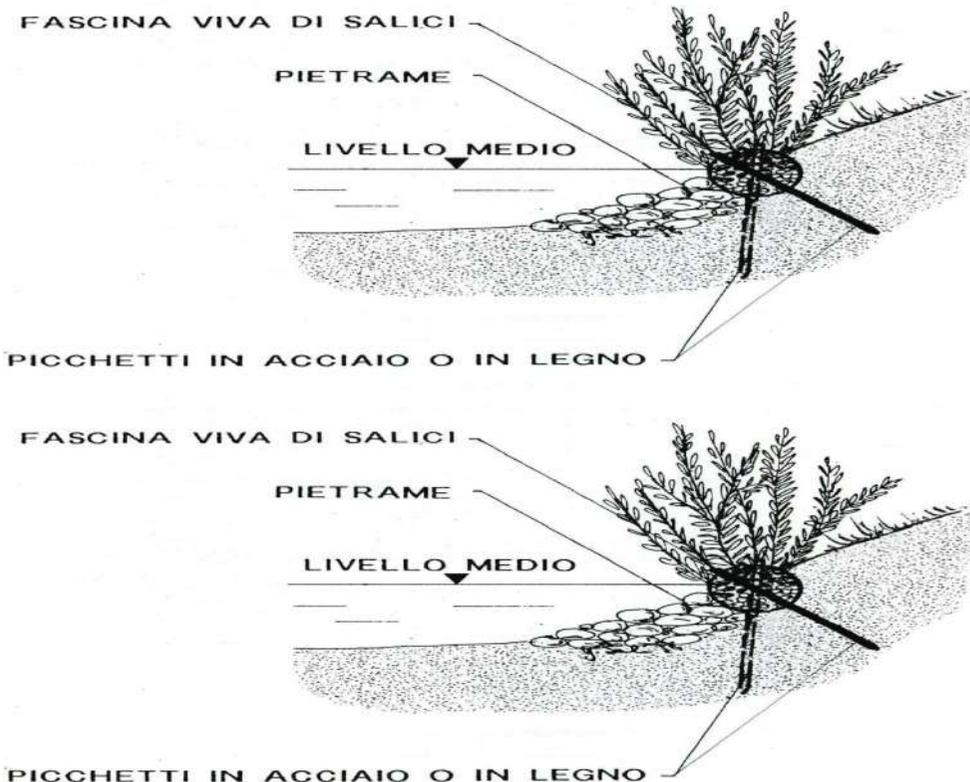
**Figura** - *Particolare talea di Salice, prima fase di sviluppo fogliare, e di arbusto ripariale* (da F. Boccalaro, 2006)



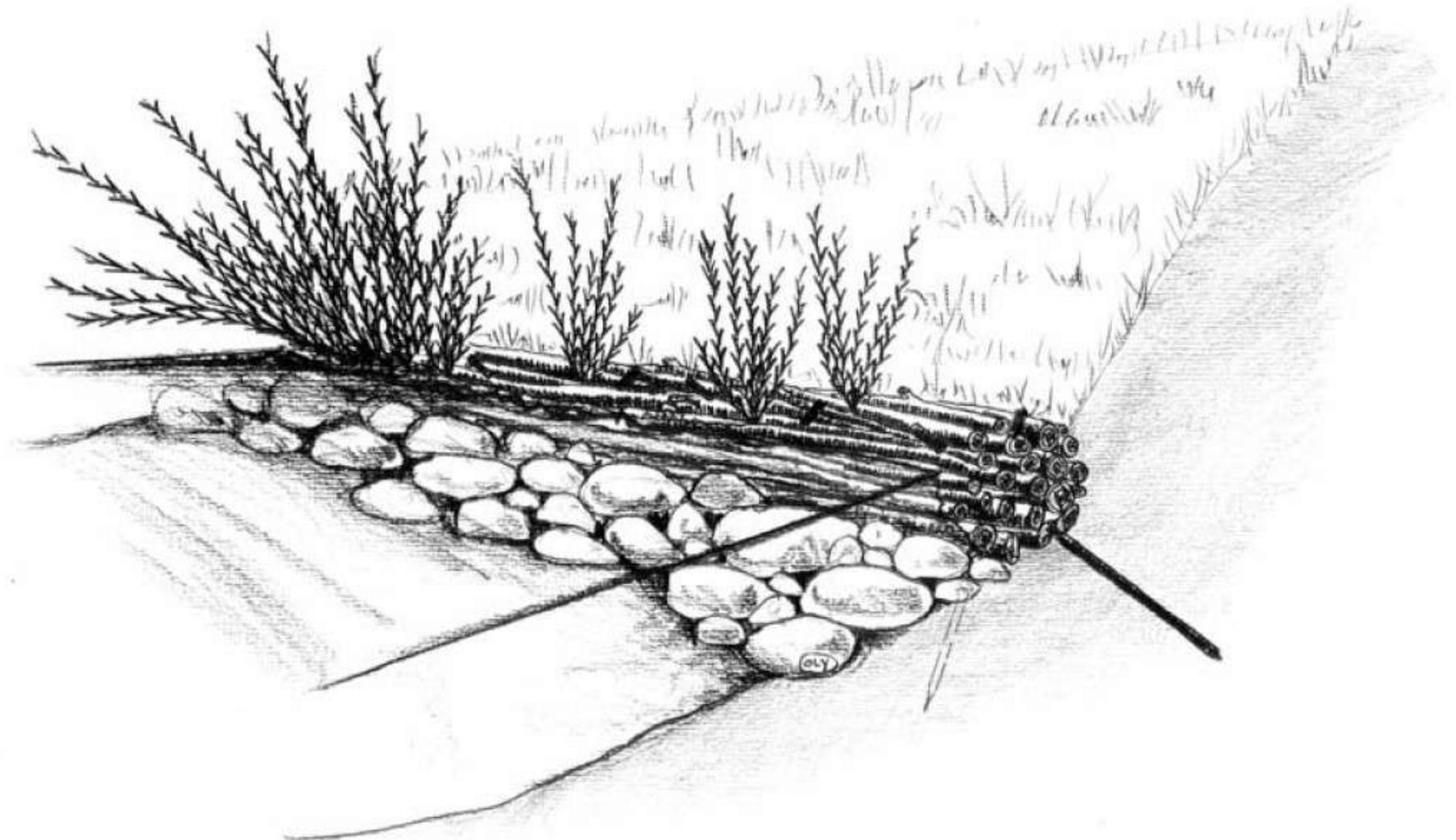
# Ingegneria Naturalistica

## Interventi idraulici stabilizzanti - fascinata spondale viva

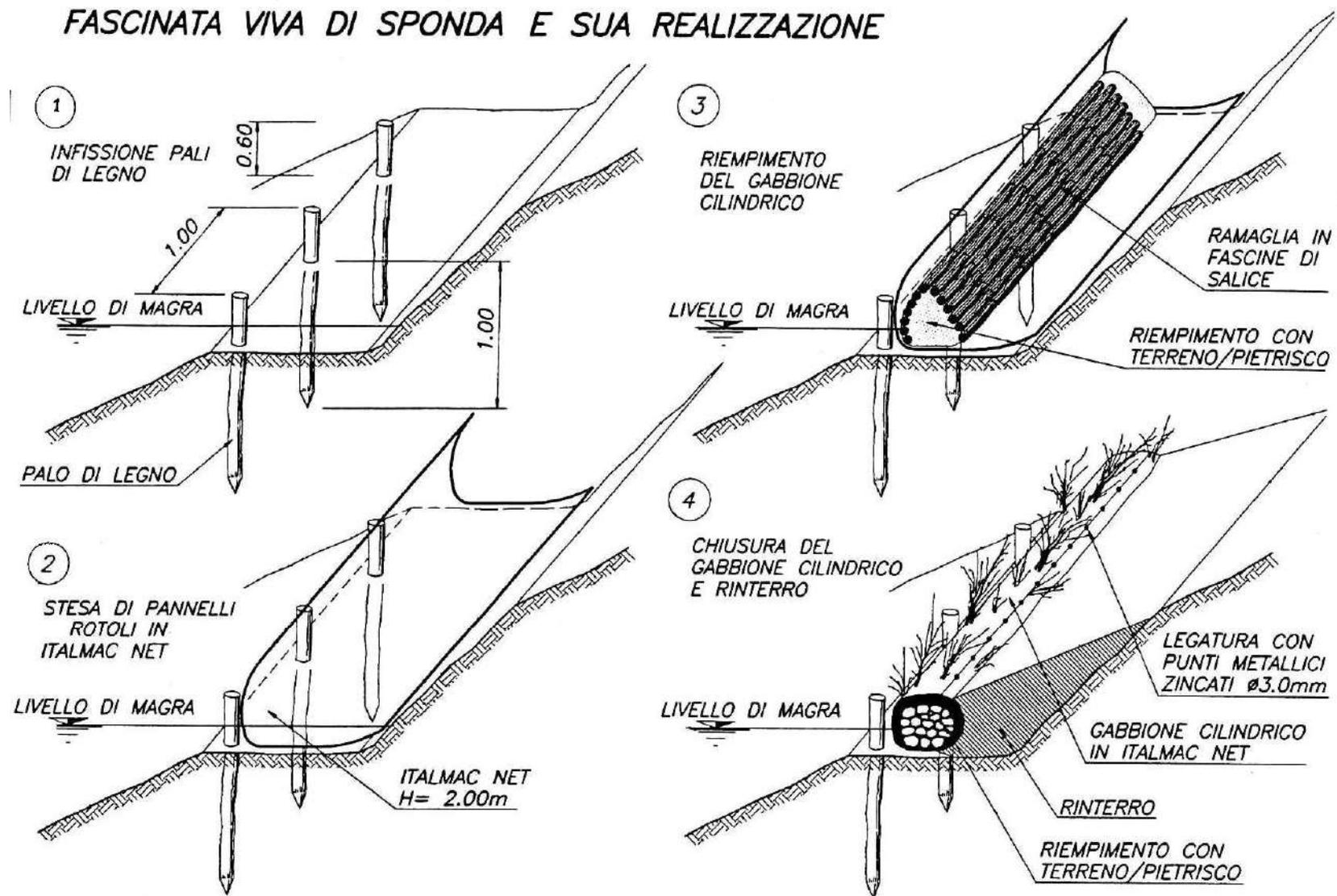
Messa a dimora, lungo sponde di corsi d'acqua, di **fascine vive** di specie legnose con capacità di riproduzione vegetativa. La base del solco che ospita la fascina può essere rivestita da **ramaglia** che sporge nell'acqua al di sotto della fascina stessa. La fascina viene assicurata mediante l'infissione di **picchetti** in legno con orientazione alternata, per rendere così la struttura più elastica e solidale in caso di piena.



**Figura** - *Fascinata spondale viva* (da *Manuale Regione Lazio*, 2002)



**Figura - Fascinata spondale viva e sua realizzazione (da MACCAFERRI, 1994)**



**Figura** - *Fascinata spondale viva* (da APAT, 2003)

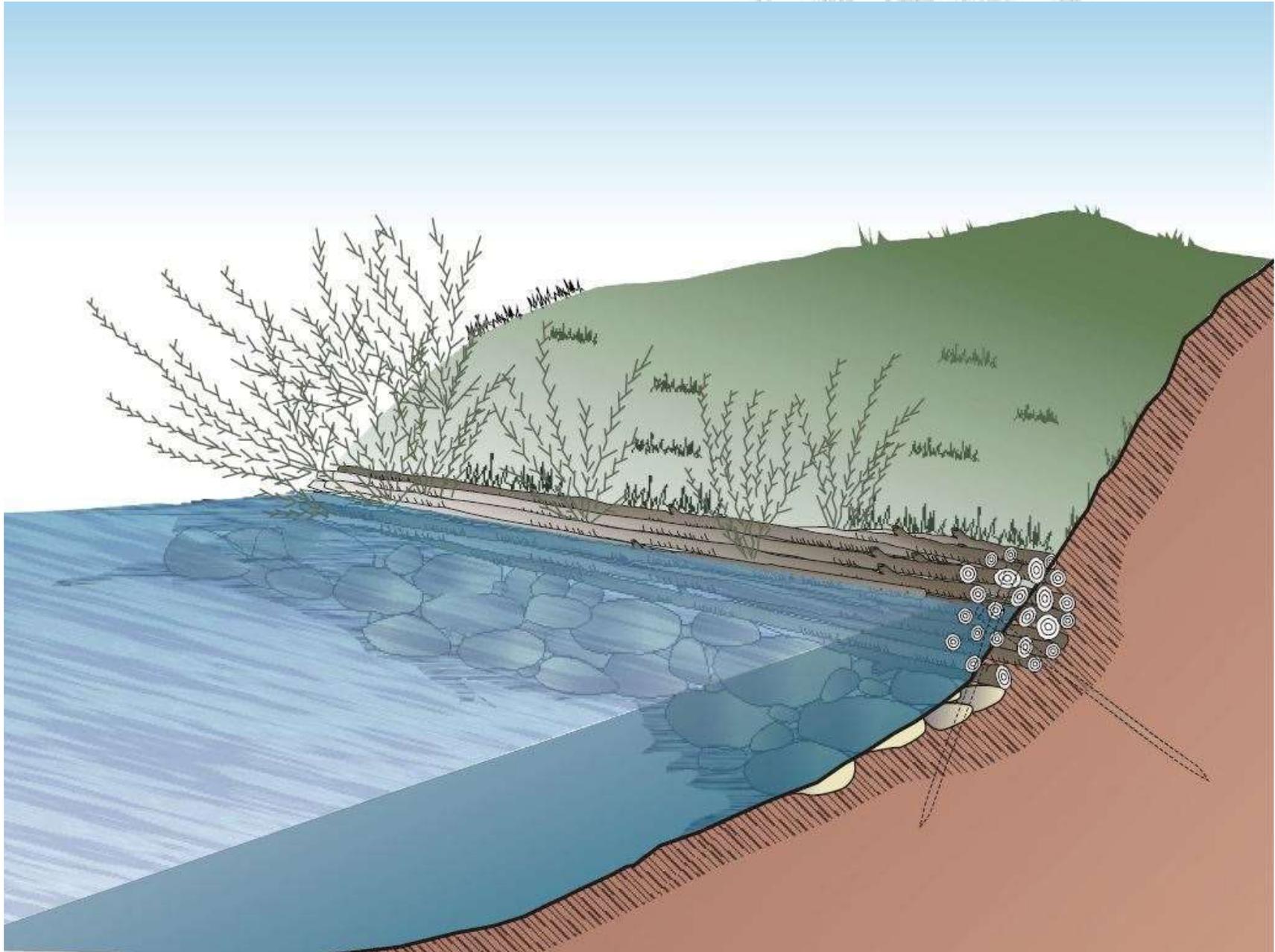
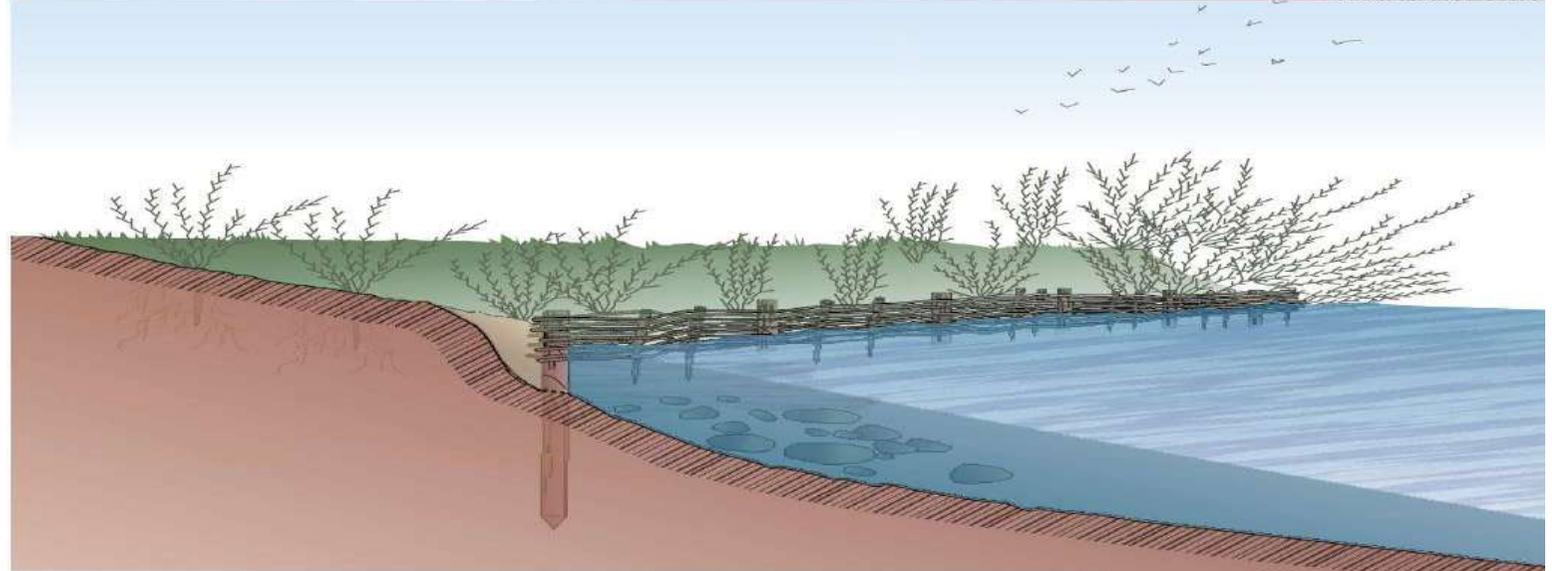
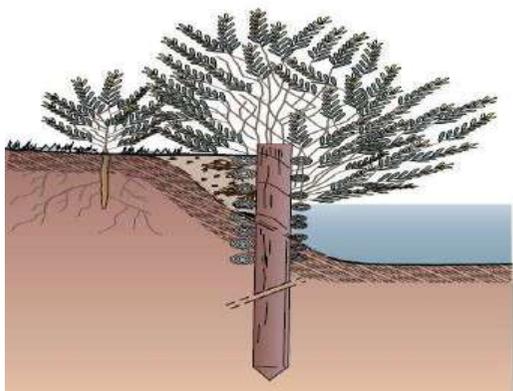
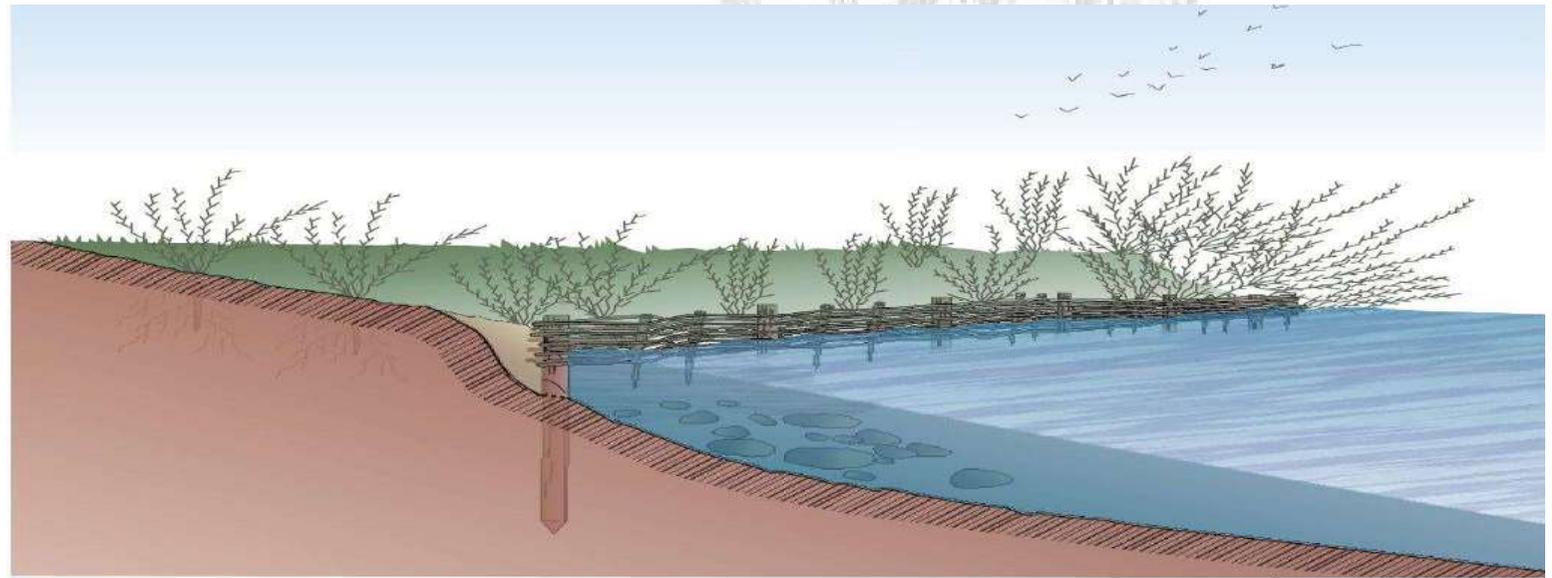
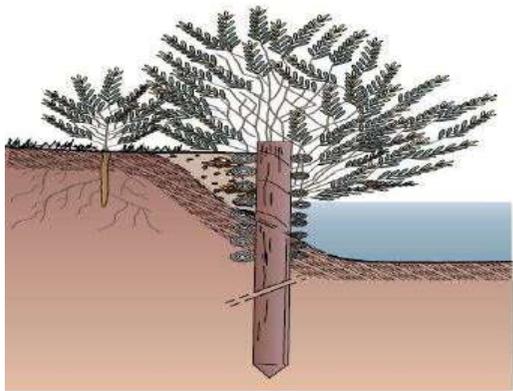


Figura - *Viminata spondale viva* (da APAT, 2003)



**Figura** - *Palizzata spondale con fascine di tamerici nell' Oasi WWF di Macchia Grande (Roma) (da P. Cornelini, ...)*



**Figura** - Fascine vive di tamerici lungo il  
F. Natissa, Aquileia (UD) (da C. Loss, ...)



**Figura** - *Fascinata spondale viva a F. Wien (Austria)* (da G. Sauli)

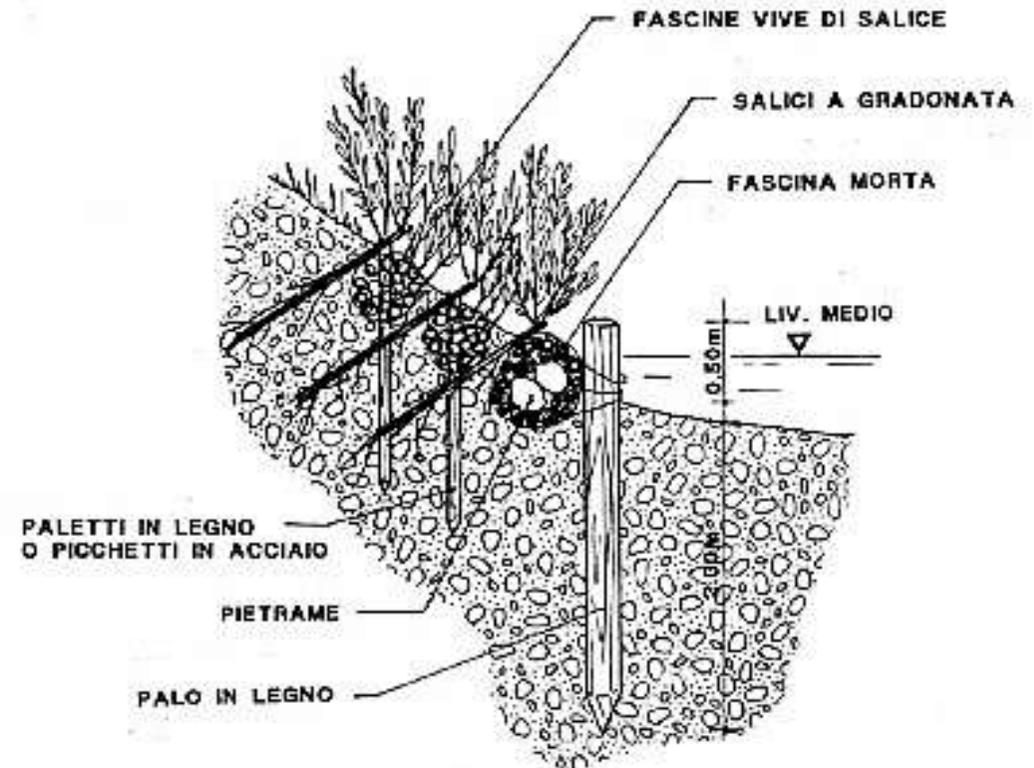


# Ingegneria Naturalistica

## Interventi idraulici stabilizzanti - ribalta viva

Ricostruzione e stabilizzazione di sponda mediante strati alterni di **ramaglia viva** di salici, tamerici o altra specie legnosa con capacità di riproduzione vegetativa, disposti perpendicolarmente alla linea di sponda e **fascine** di salici, disposte longitudinalmente alla sponda stessa. Il modulo andrà ripetuto sino a riempire l'**erosione** e raggiungere l'altezza desiderata, completando la costruzione con **riempimento** con inerte a tergo delle fascine e sopra la ramaglia.

La parte ubicata sotto il livello medio dell'acqua andrà rivestita con **massi da scogliera** (se del caso basati su geotessuto) o con **fascine morte**.



# Ingegneria Naturalistica

## Realizzazione di interventi idraulici stabilizzanti - ribalta viva

La ramaglia, eventualmente disposta in obliquo rispetto alla corrente, andrà legata con molti punti di legatura e fissata con **piloti** in funzione della pressione idraulica.

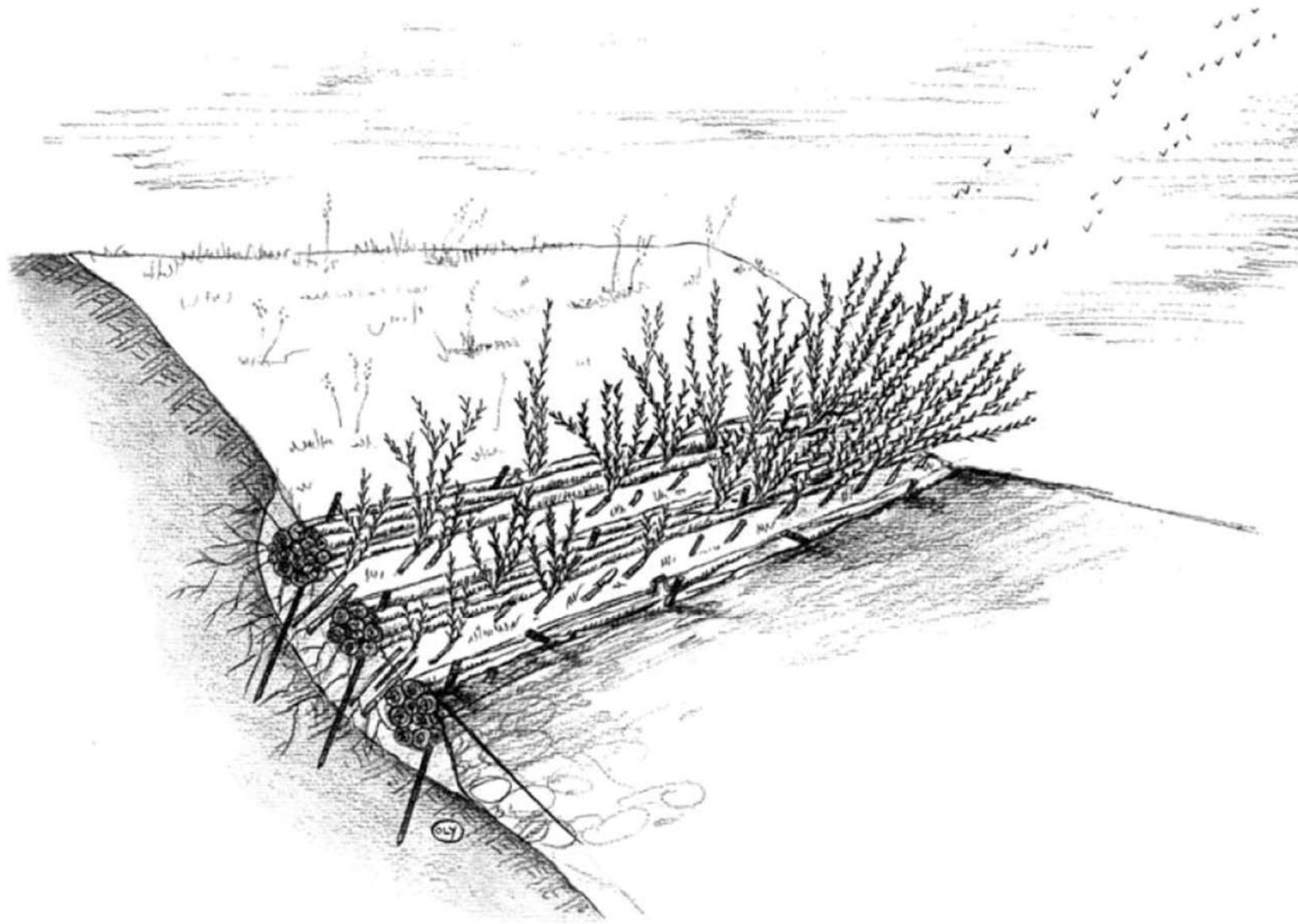
La realizzazione di fascine e gradonate spondali determina un **restringimento dell'alveo**, è necessario quindi prevedere lo spazio necessario per il regolare deflusso delle acque.

Si riesce a ricostruire tratti di sponda franati **senza ricorrere a strutture di sostegno** o disporre di inerte da riempimento, e si ha una immediata protezione spondale.

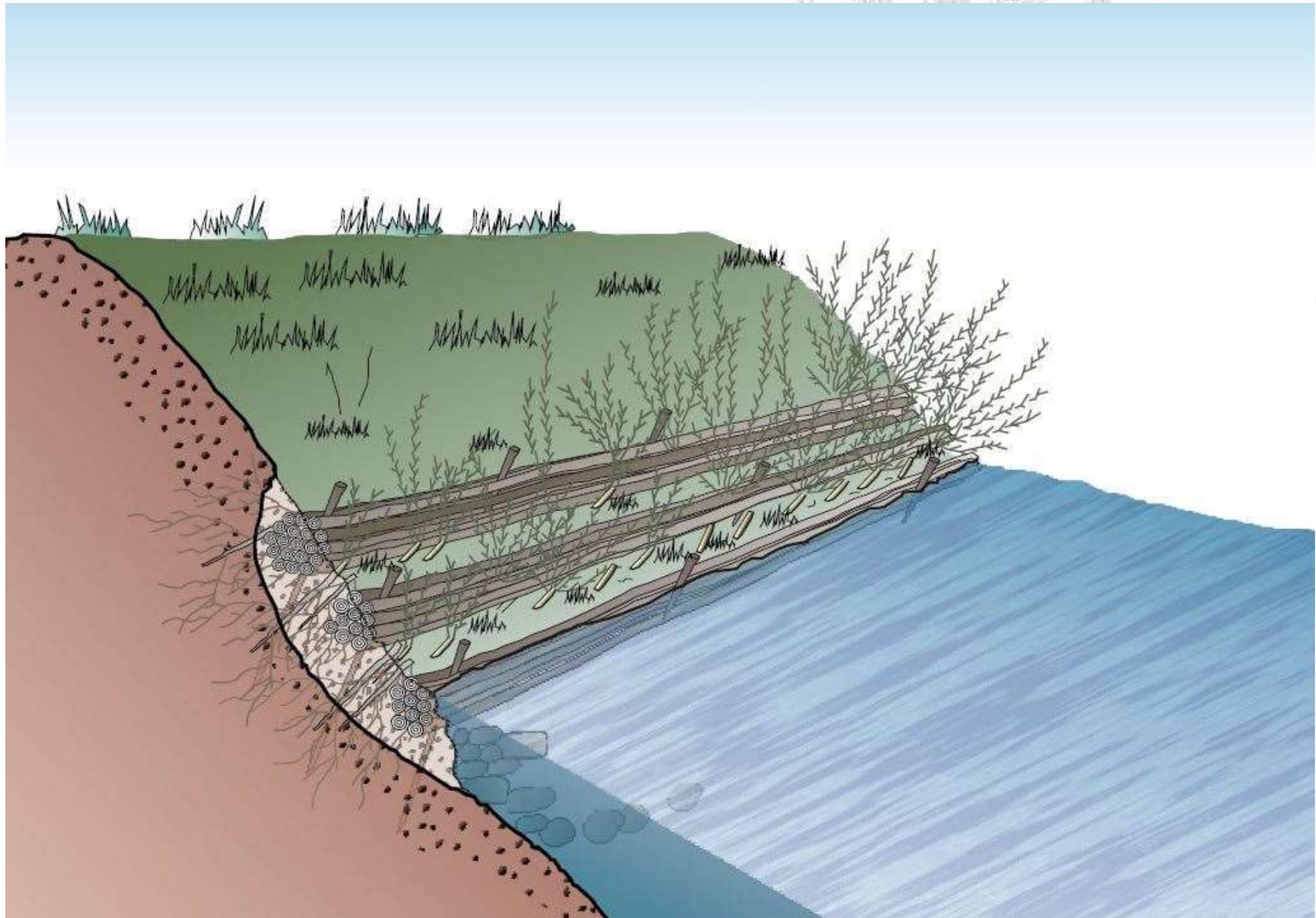
Richiede **molto materiale vivo** e lunghi tempi di realizzazione. Si rischia il **collasso** nel primo periodo perché in realtà vi è un solo strato di rami vivi, il resto è inerte di riempimento che viene legato nel tempo dalla radicazione.

La messa in opera potrà avvenire solo durante il periodo di **riposo vegetativo**.

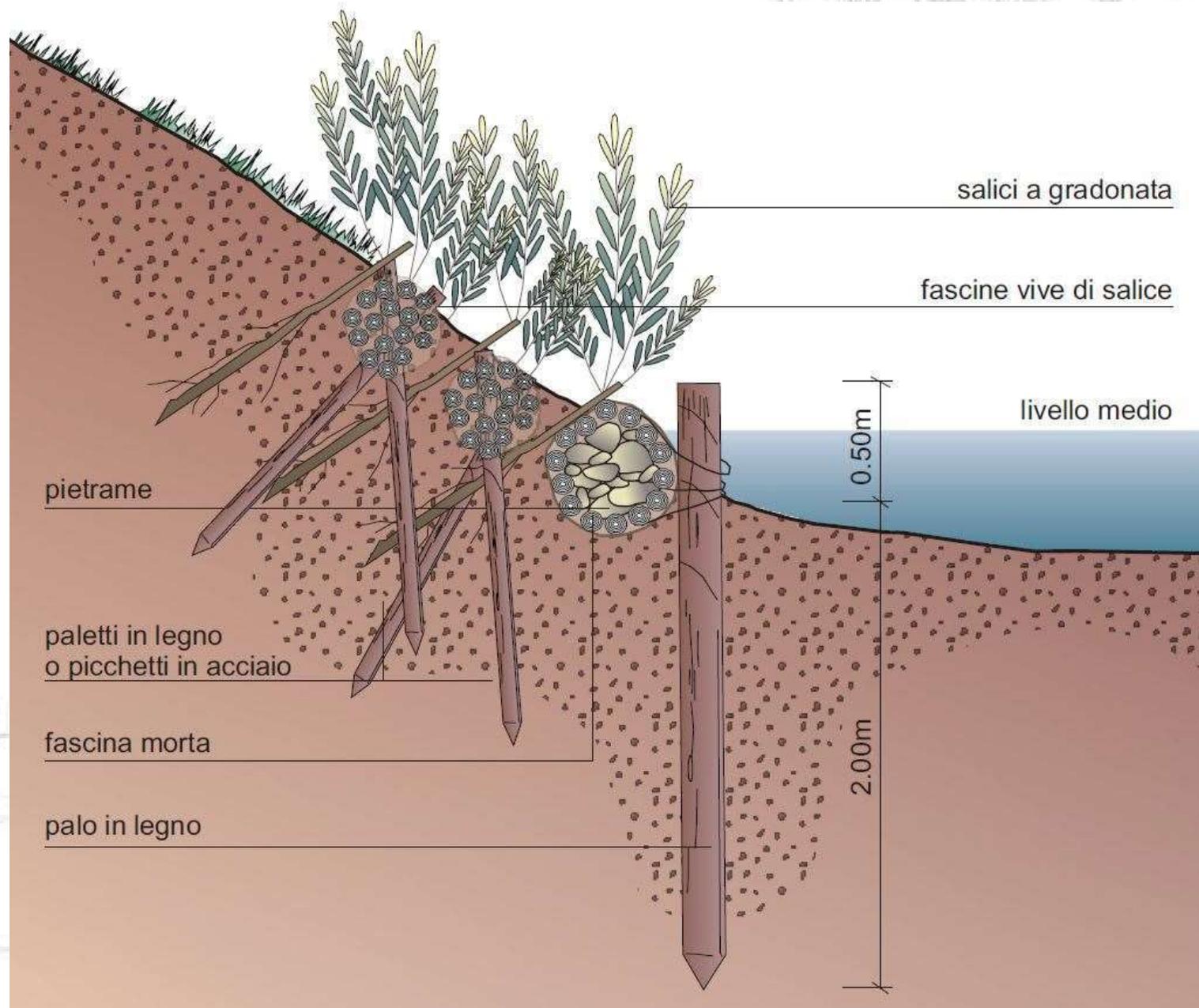
**Figura** - *Ribalta viva* (da Olivia Iacoangeli, 2003)



**Figura** - Ribalta viva (da APAT, 2003)



**Figura - Ribalta viva (da APAT, 2003)**



**Figura** - Ribalta viva in fase di costruzione in Canton Ticino  
(Svizzera) (da G. Sauli)



**Figura** - Ribalta viva in fase di costruzione lungo il Ticino in località Bosco Danico - Treocate (NO) (da R. Gazzola, 1982)



**Figura** - Ribalta viva completata lungo il Ticino in località Bosco Danico - Treccate (NO) (da R. Gazzola, 1982)



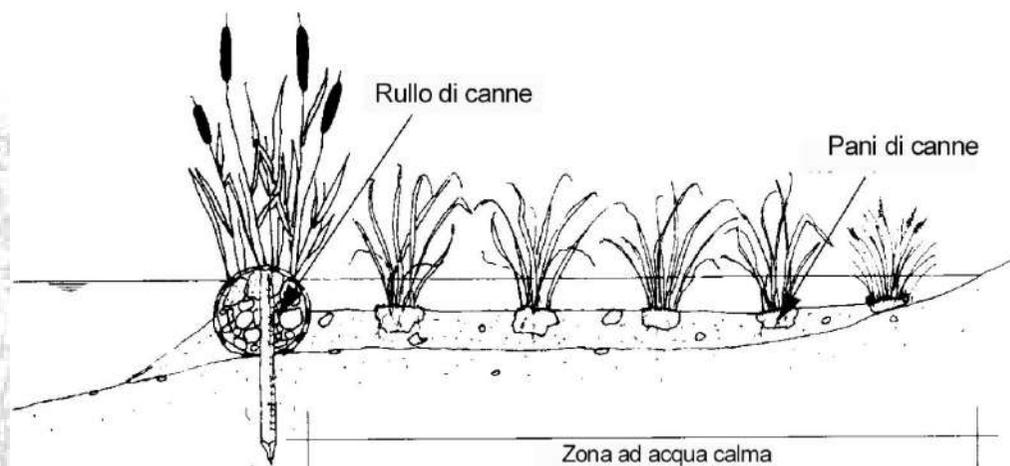
# Ingegneria Naturalistica

## Interventi idraulici stabilizzanti - Trapianto di rizomi e di cespi

Si tratta di una tecnica utilizzata per la propagazione delle specie di difficile reperimento in commercio e di difficile propagazione per seme, come ad esempio *Phragmites aus.* e *Typha* in zone palustri. Dal selvatico vengono prelevati rizomi e cespi in pezzi di alcuni centimetri. Questi vengono posti a dimora sul terreno e poi ricoperti con uno strato leggero di terreno, onde evitarne il disseccamento.

Questa tecnica garantisce una copertura del terreno rapida e più efficace rispetto a quella ottenibile con la semplice semina e consente di introdurre specie rapidamente edificatrici e di difficile reperimento commerciale sfruttando materiale reperibile nei pressi del luogo di intervento.

Il trapianto di rizomi e di cespi è adatto alle sponde fluviali, lacustri e paludi costiere salmastre nonché in ambienti igrofili e su substrati non drenanti.



# Ingegneria Naturalistica

## Interventi idraulici stabilizzanti - Trapianto di rizomi e di cespi

Sotto il profilo del consolidamento questa tecnica è meno efficace rispetto all'impiego di piante nate da seme in quanto la radicazione non è altrettanto profonda, ma ha certamente un'ottima valenza ecologica.

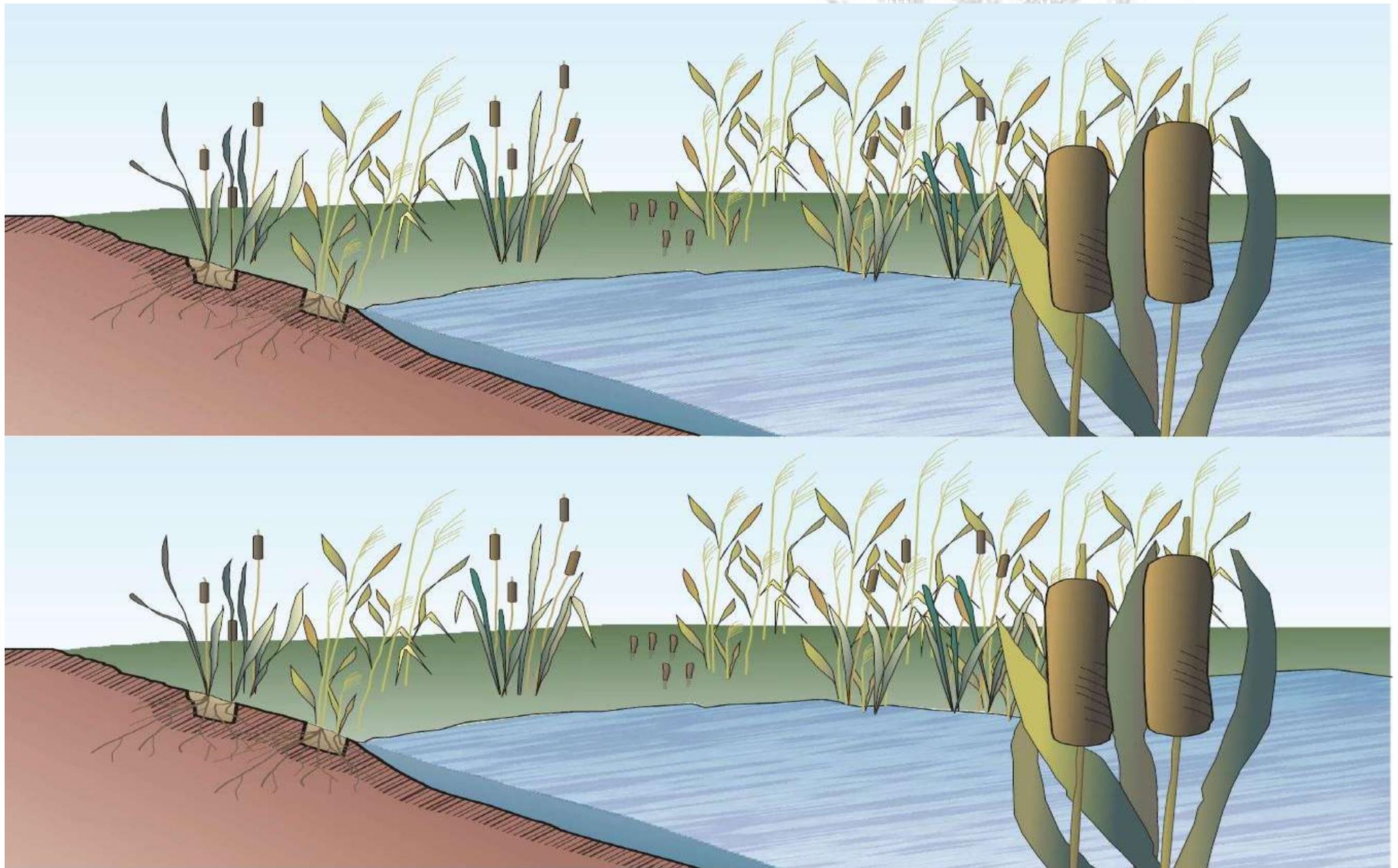
Svantaggi del trapianto di rizomi e di cespi sono l'elevato consumo di materiale ed lavoro lungo e impegnativo. Il trapianto va eseguito all'inizio o al termine del periodo di riposo vegetativo in ragione di 3-5 pezzi per mq.



LIV. MEDIO

The image shows a technical drawing of a stabilization structure. It features a central vertical post with several horizontal beams. On the left side, there is a reed bed structure. The drawing is overlaid on a background of a reed bed. The text 'LIV. MEDIO' is written on the left side of the drawing.

**Figura** - *Trapianto di rizomi e cespi* (da APAT, 2003)



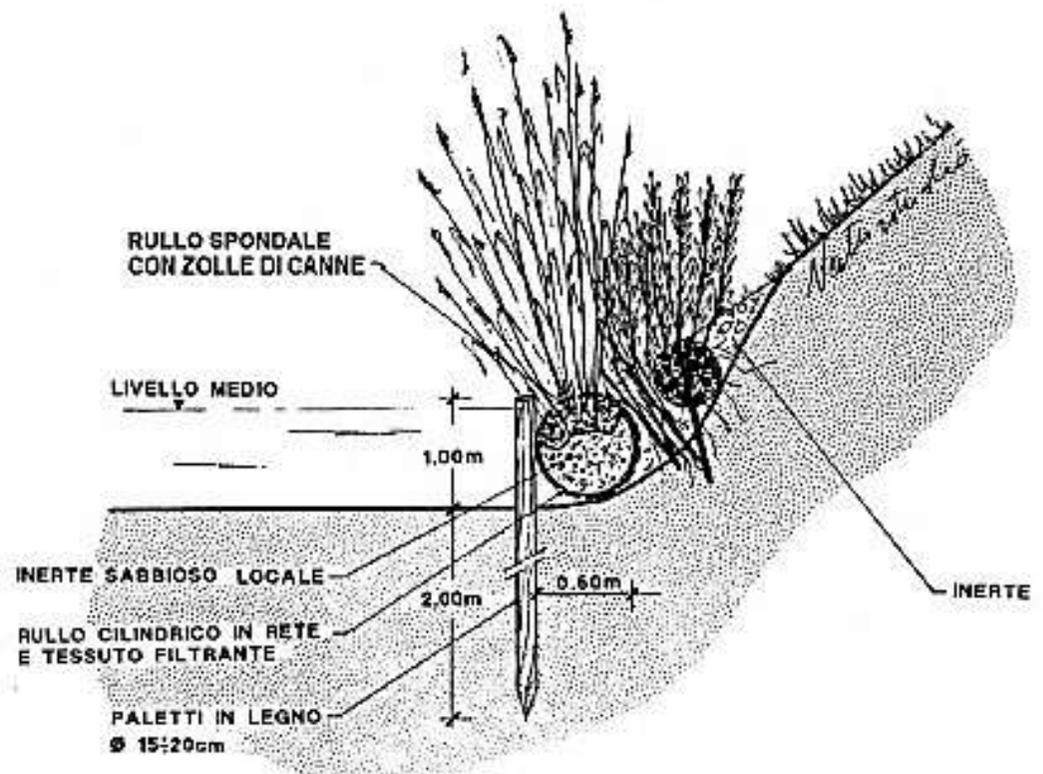
**Figura - Prosciugamento di un terreno paludoso mediante piantagione con zolle di canneto (da H. M. Schiechl, 1991)**



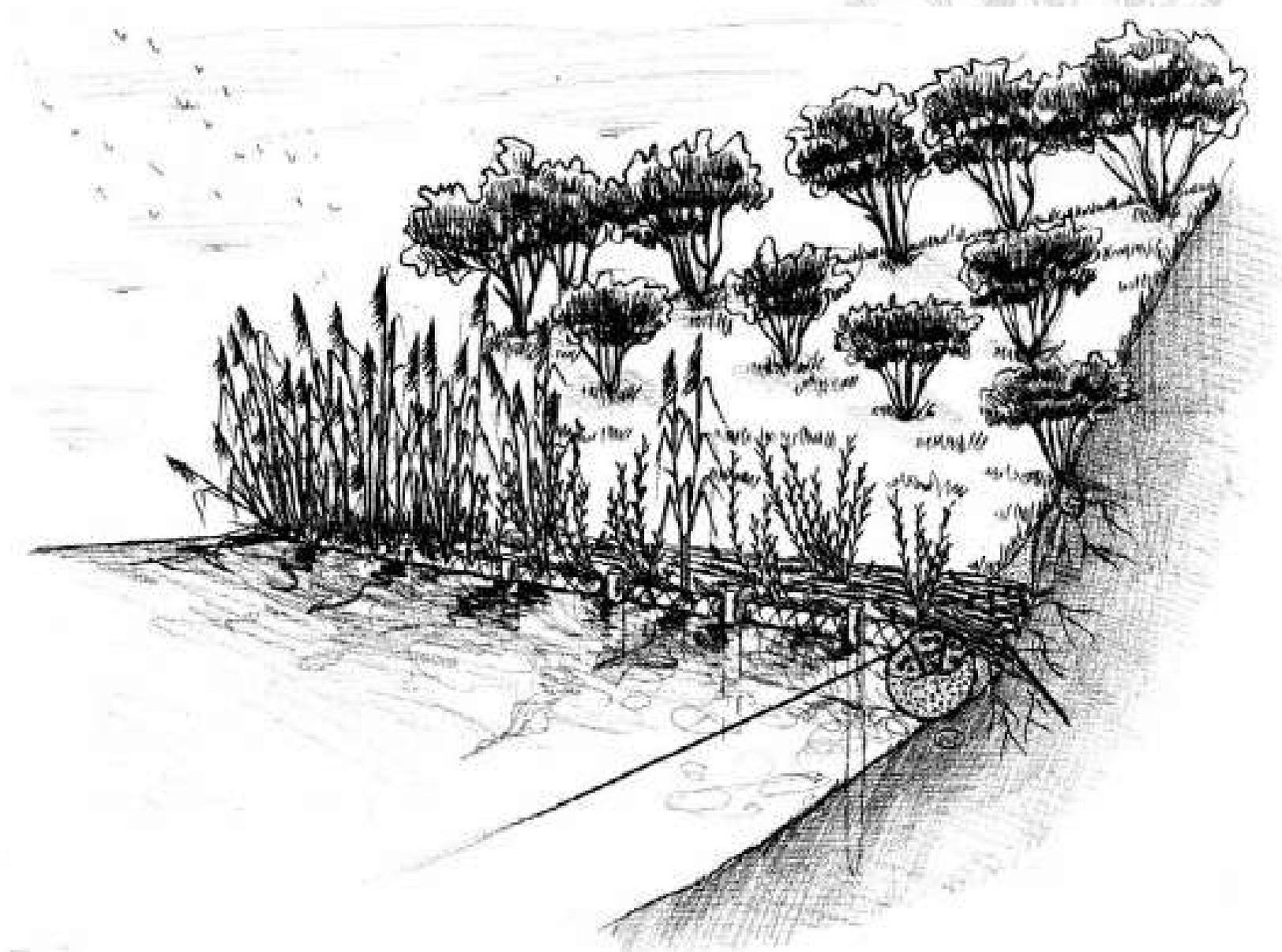
# Ingegneria Naturalistica

## Interventi idraulici stabilizzanti - rullo spondale con zolle (pani) di canne

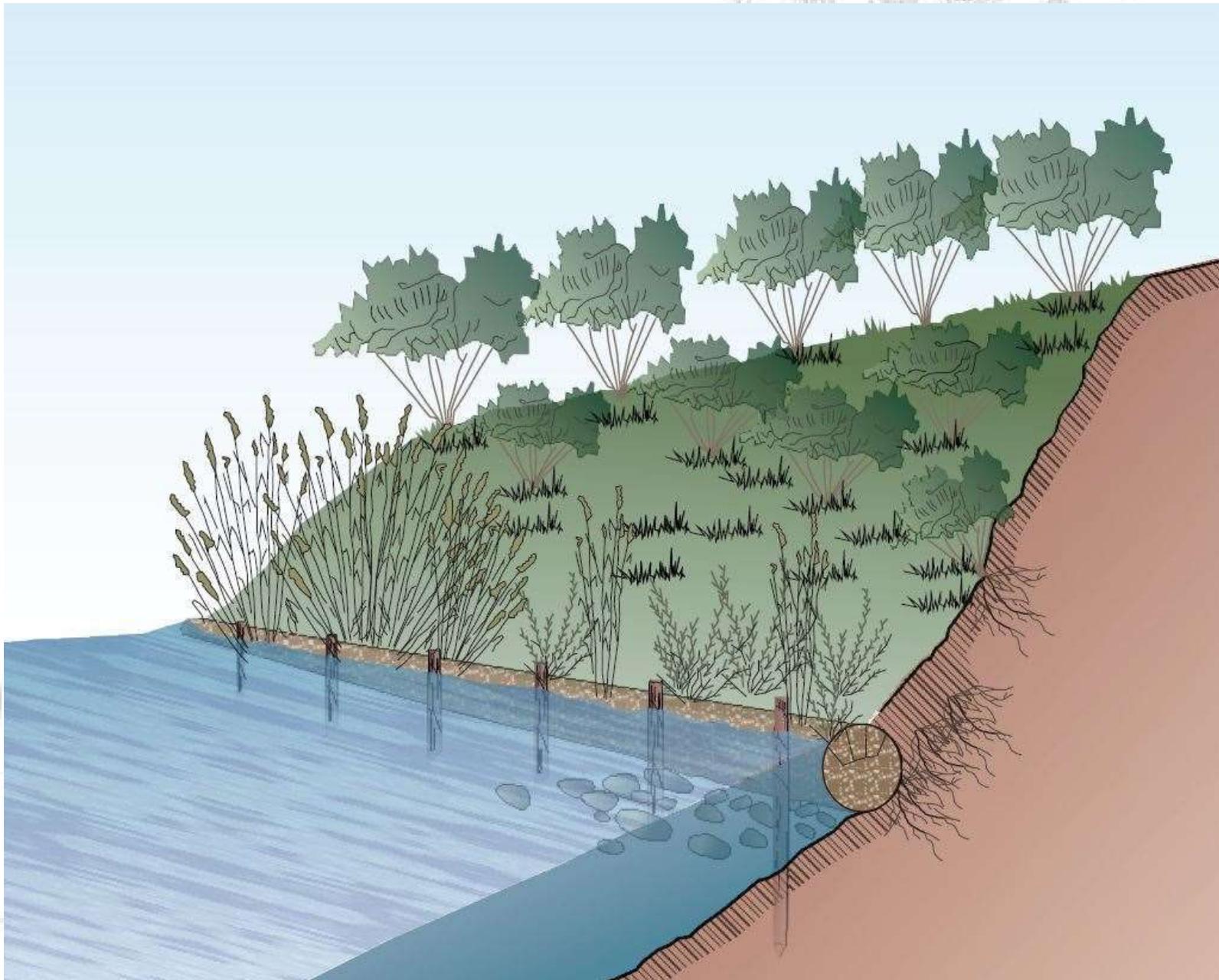
Cilindro in rete metallica zincata e plastificata o in rete sintetica, ancorato con **pali frontali** e rivestito internamente con **geostuoia** sintetica o organica molto compatta, tipo feltro, e riempito nella parte inferiore con materiale **ghiaioso** e sabbioso, nella parte superiore con **pani di canne** e altre specie igrofile, impiegato per la protezione di aree di foce e canali lagunari in erosione, corsi d'acqua a bassa pendenza, **sponde di laghi**, zone paludose in genere e comunque con acque debolmente correnti.



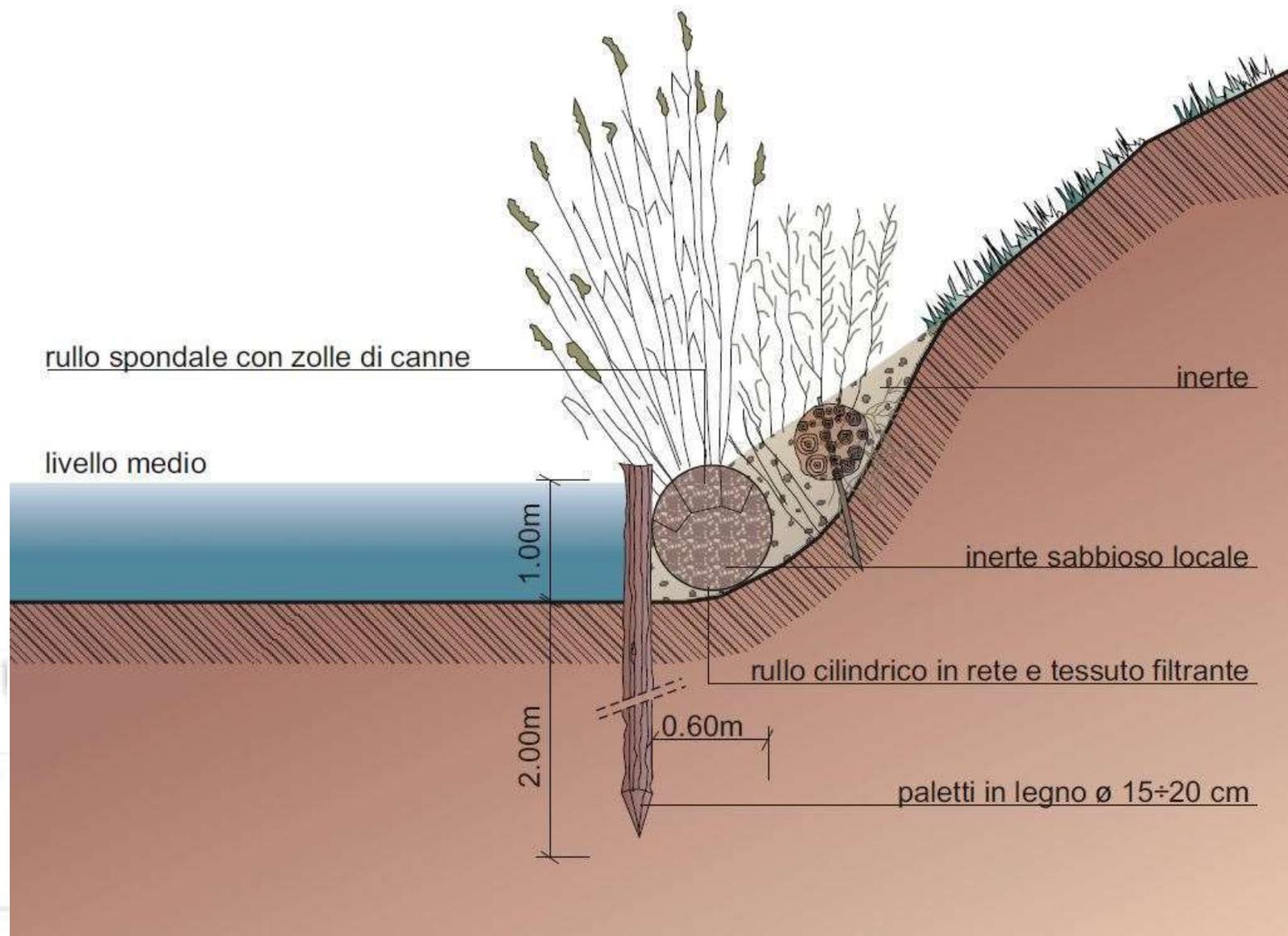
**Figura** - *Rullo spondale con zolle (pani) di canne* (da Olivia Iacoangeli, 2003)



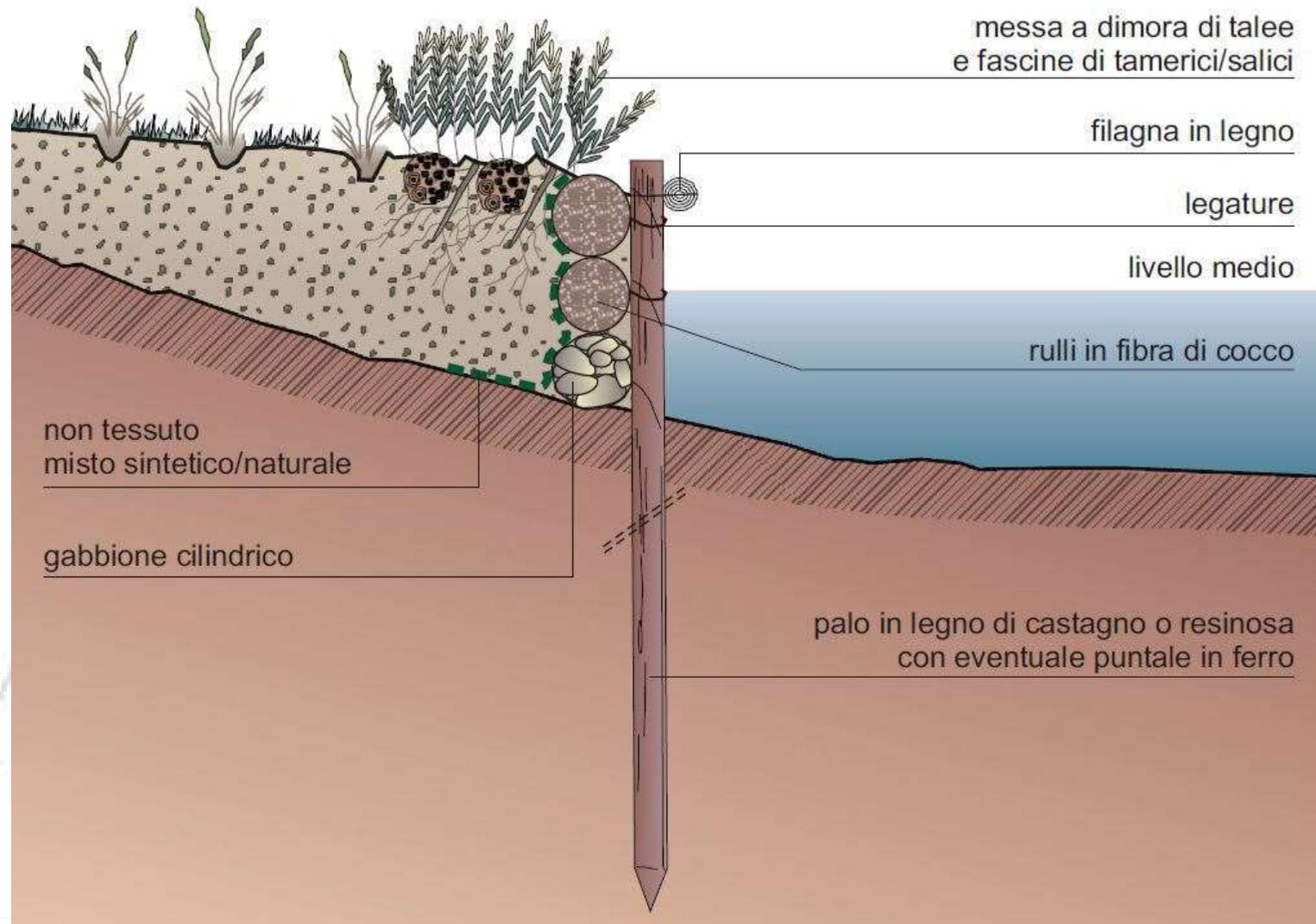
**Figura** - *Rullo spondale con zolle di canne* (da APAT, 2003)



**Figura** - *Rullo spondale con zolle di canne* (da APAT, 2003)



## Figura - Rullo spondale in cocco (da APAT, 2003)



**Figura** - *Rullo spondale con zolle (pani) di canne* (da H.M. Schiechl, 1994)



**Figura** - *Rullo spondale con zolle (pani) di canne* (da Aase in Munster, 1992)



**Figura** - *Rullo spondale in cocco (-)*



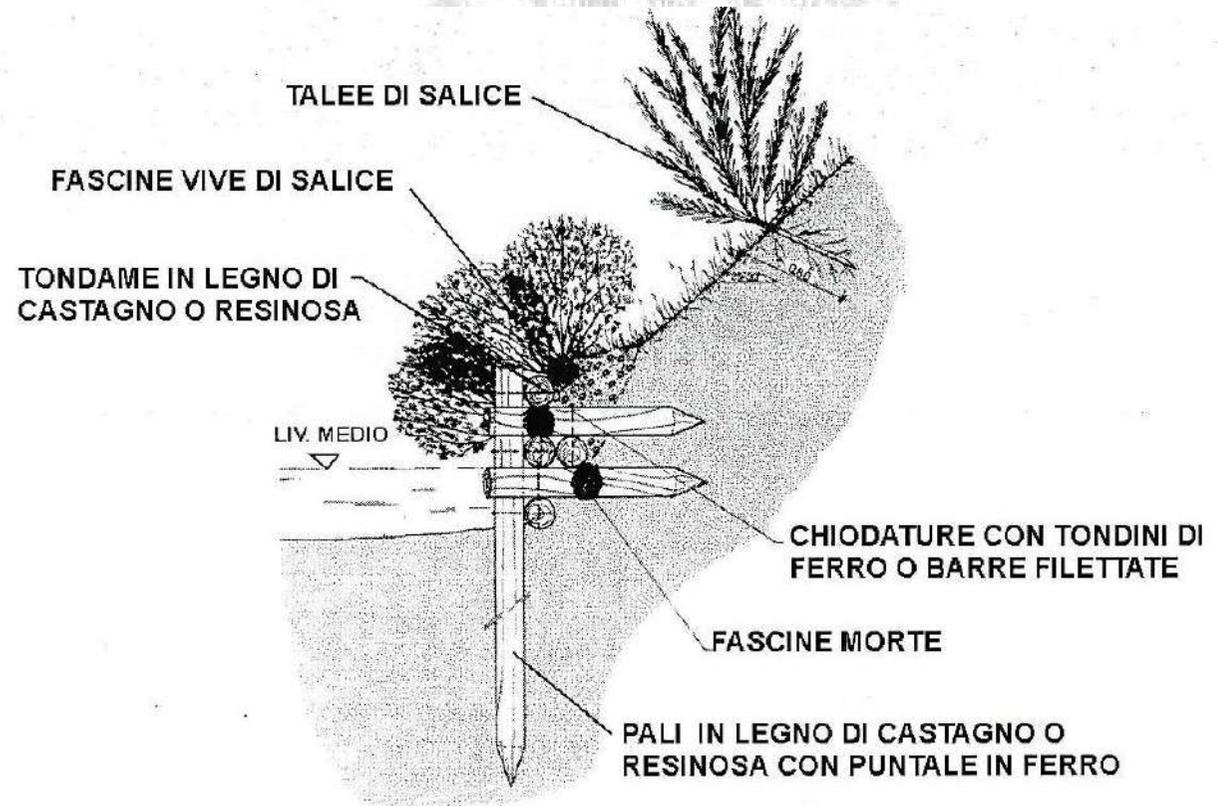
**Figura** - *Rullo spondale in cocco (-)*



# Ingegneria Naturalistica

## Interventi idraulici di sostegno - palificata spondale

La palificata rinverdata di sostegno in legname a parete semplice con **palo frontale** e difesa al piede spondale in massi vincolati, riempita di terreno e rinverdata con talee di salice o tamerice e piantine radicate di specie autoctone, è composta da **correnti e traversi** di legno scortecciato idoneo e durabile di latifoglia o conifera (diametro minimo di 10÷25 cm, lunghezza di 1÷3 m), **fissati** tra loro con **chiodi, staffe e caviglie** di acciaio zincato, opportunamente sagomati negli incastri, ancorata al piano di base con **picchetti e filo di ferro** ( $\phi = 3$  mm) in acciaio zincato.



# Ingegneria Naturalistica

## Realizzazione di interventi idraulici di sostegno - palificata spondale

La base di appoggio deve avere una contropendenza del 10÷15 %.

Si inseriscono **talee** di salice posate contigue in ogni strato, sporgenti per 15÷20 cm ( $L = 30\div 40$  cm,  $\phi = 3\div 10$  cm, minimo 20 talee al  $m^2$ ), e **piantine** radicate di specie arbustive pioniere (minimo 5 piantine radicate al  $m^2$ ), e si riempie a strati con **materiale ghiaio-terroso** proveniente dagli scavi e/o riportato, previa miscelazione.

Le piante e le parti di piante legnose vanno inserite nella costruzione solo durante il **riposo vegetativo**.



LIV. MEDIO

# Ingegneria Naturalistica

## Realizzazione di interventi idraulici di sostegno - palificata spondale

La palificata in legname con talee può essere ad una o a due **pareti**. La palificata a due pareti richiede uno scavo maggiore, ma può resistere a spinte più elevate ed avere un'altezza superiore (max 5 m).

Il **paramento** a valle non deve essere verticale, ma leggermente inclinato verso monte.

Sul lato verso l'alveo verranno messi in opera dei **massi** (volume non inferiore a 0,30 mc e peso superiore a 8 ql.), vincolati a **piloti** a doppio T (anima 10 cm, lunghezza 2 m), infissi nel terreno per circa 1 m, tramite **fune** in acciaio (diametro 16 mm) e **barra** in acciaio inserita nei massi, previa foratura, con malta cementizia antiritiro, compreso ogni altro onere e accessorio per eseguire il lavoro a regola d'arte.

Allo scopo di mantenere un popolamento vegetale abbastanza elastico, si dovrà intervenire con periodiche **manutenzioni** (2÷4 anni), consistenti nel diradamento o nel taglio dei salici in maniera scalare nel tempo e nello spazio.

L'intervento è da effettuare durante il periodo di **riposo vegetativo**.

# Ingegneria Naturalistica

## Realizzazione di interventi idraulici di sostegno - palificata spondale

Il consolidamento della scarpata è **immediato**. La struttura a camere sovrapposte funge anche da **microhabitat** (riparo e tane per piccoli animali e pesci). Effetto visuale immediatamente gradevole e di grande effetto paesaggistico legato al rapido sviluppo delle ramaglie.

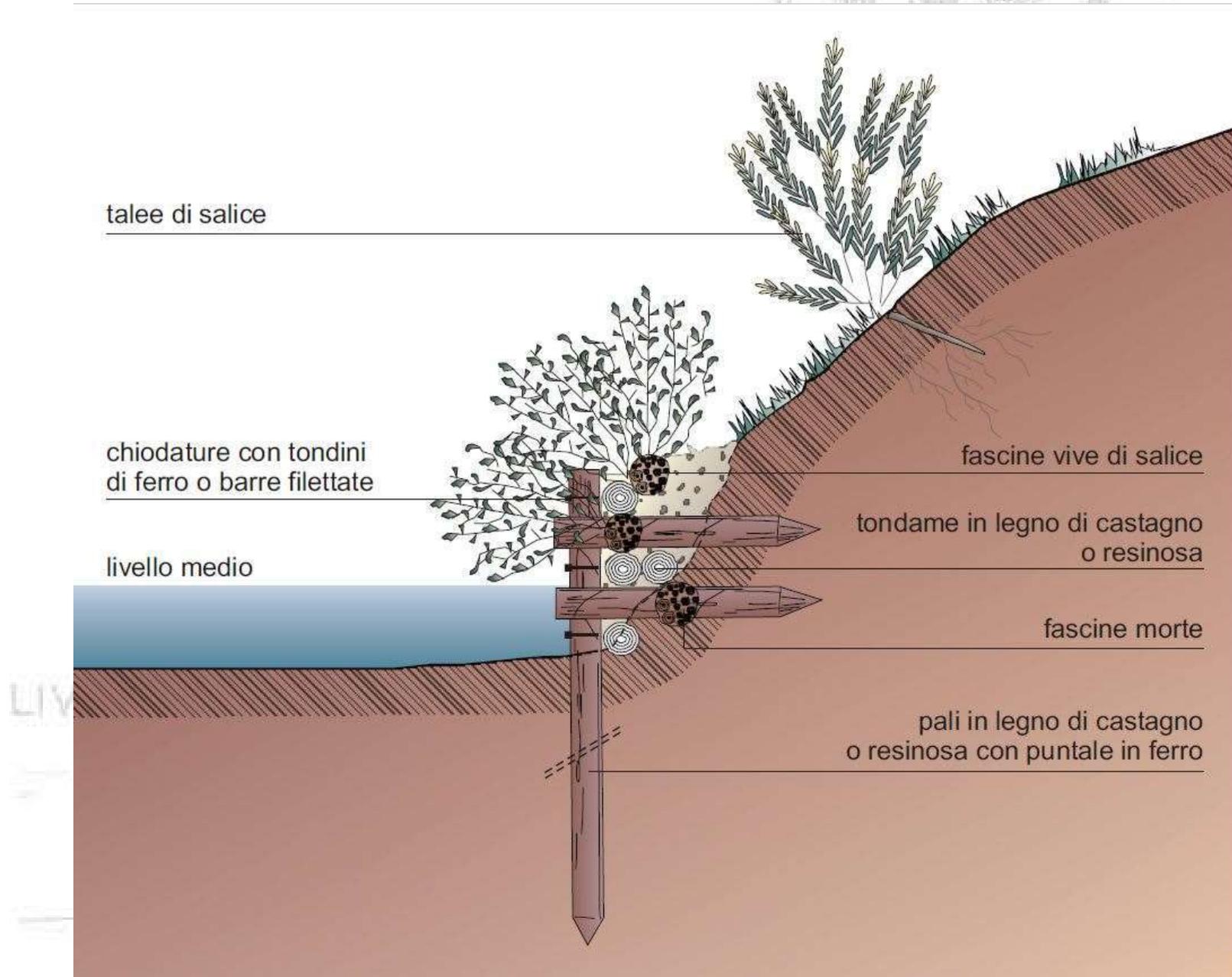
Rapido e robusto **consolidamento** della sponda.

Il legno col tempo marcisce, per cui oltre a buone chiodature, è necessario che le talee e le fascine inserite nella struttura siano vive e radichino in profondità, così da sostituire la funzione di sostegno e consolidamento della scarpata, una volta che il legno ha perso le sue funzioni.

**Lunghi tempi** di realizzazione.

LIV. MEDIO

**Figura** - *Palificata spondale con palo frontale* (da APAT, 2003)



**Figura - Palificata spondale (-)**



**Figura** - *Palificata spondale appena realizzata a Rio dei Gamberi (BZ) (da F. Florineth)*



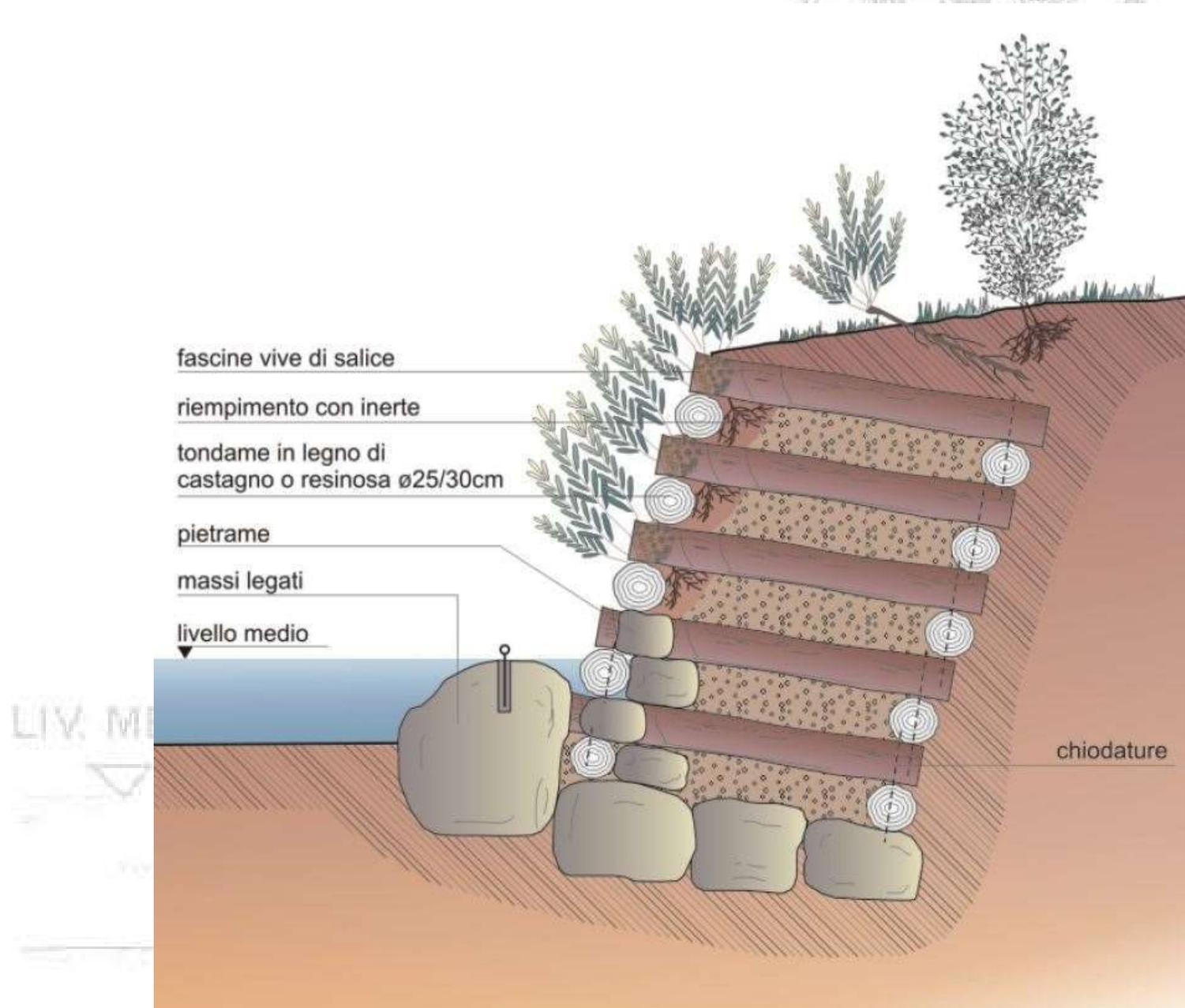
**Figura** - *Palificata spondale a Rio dei Gamberi (BZ)* (da F. Boccalaro)



**Figura** - *Palificata spondale a crescita avvenuta dei salici dalle fascine vive a Rio dei Gamberi (BZ) (da F. Boccalaro)*



**Figura** - *Palificata spondale doppia* (da APAT, 2003)



**Figura** - *Palificata spondale doppia* (da APAT, 2003)



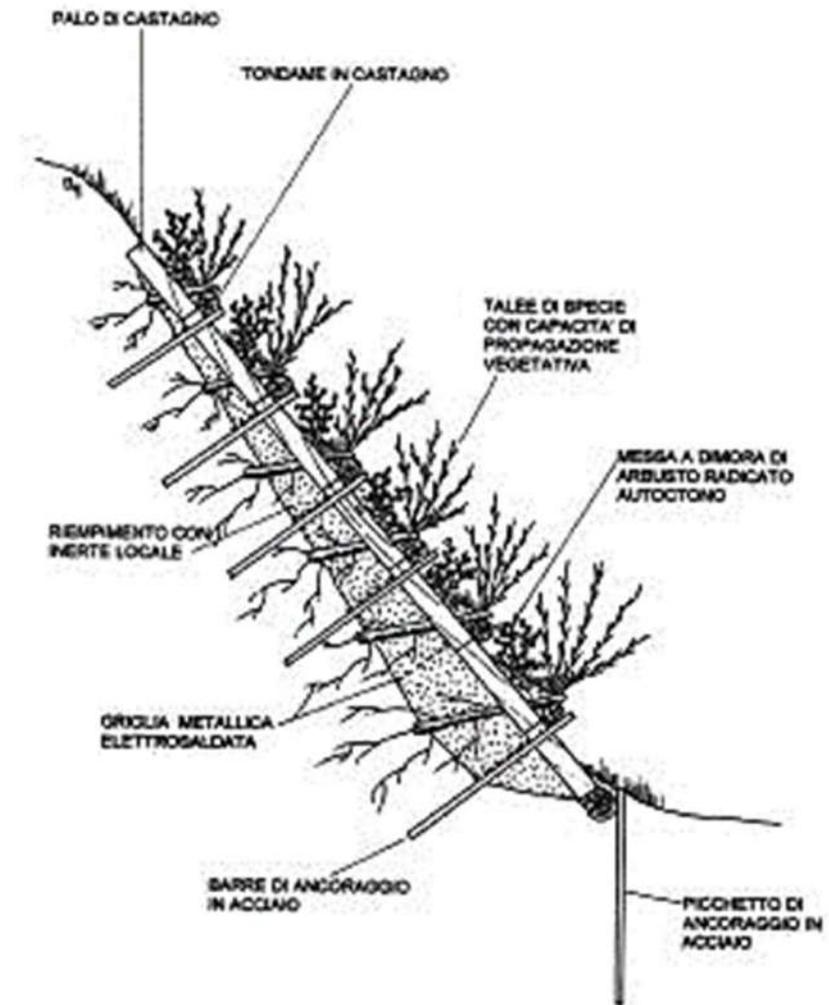
# Ingegneria Naturalistica

## Interventi idraulici di sostegno - grata viva spondale

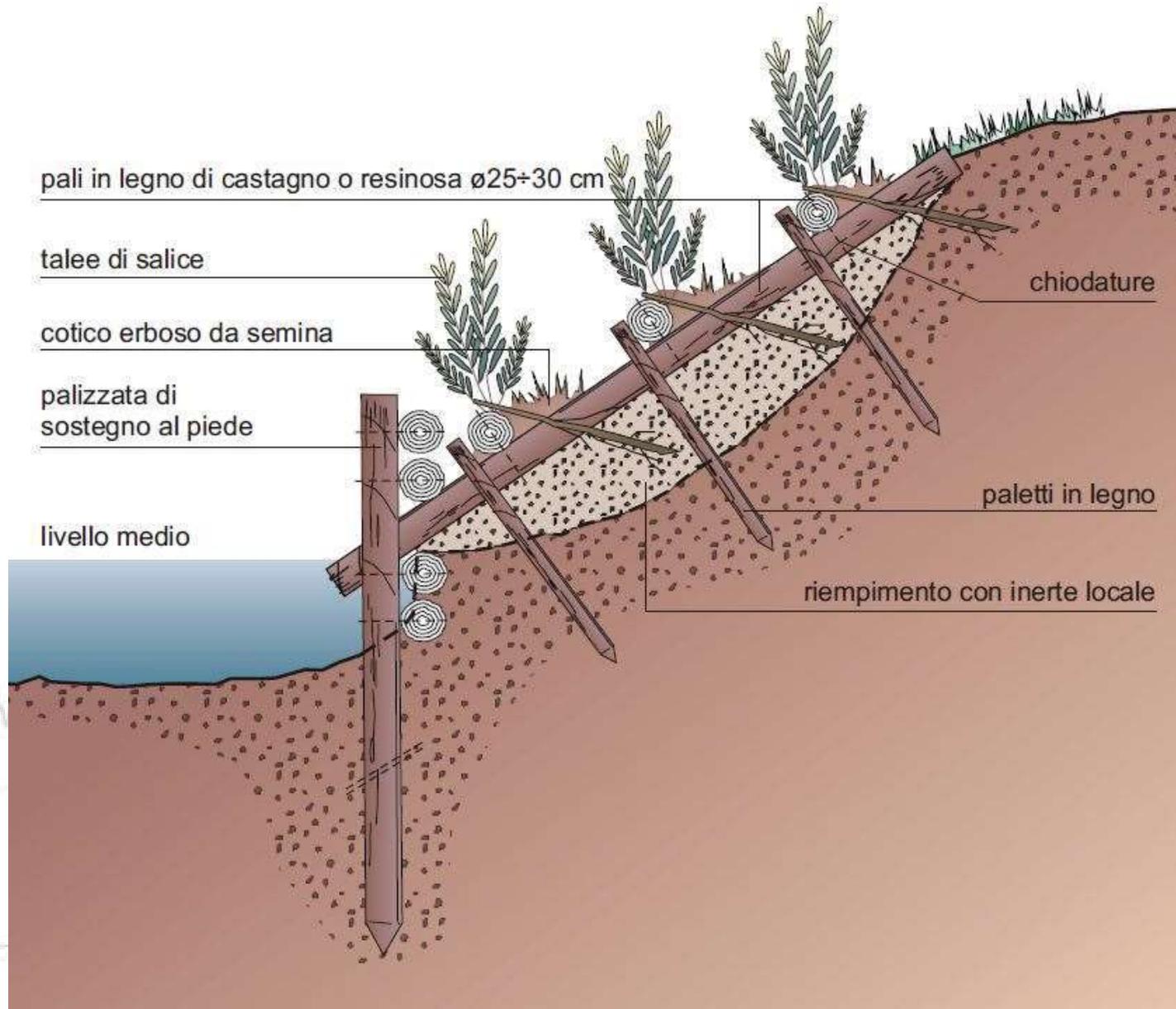
In caso di erosione di una sponda, anche piuttosto ripida, la **grata viva** può essere usata per stabilizzare la sponda ed il terreno di riporto necessario al ripristino morfologico.

La struttura è realizzata con **tondame** sistemato in modo da formare una grata addossata al pendio e solidarizzata ad esso mediante dei **picchetti** in legno infissi per almeno un metro.

All'interno della grata andranno messe a dimora delle talee per consolidare e proteggere in maniera permanente il terreno della sponda.



## Figura - Grata viva spondale (da APAT, 2003)



**Figura** - *Grata viva spondale* (da APAT, 2003)

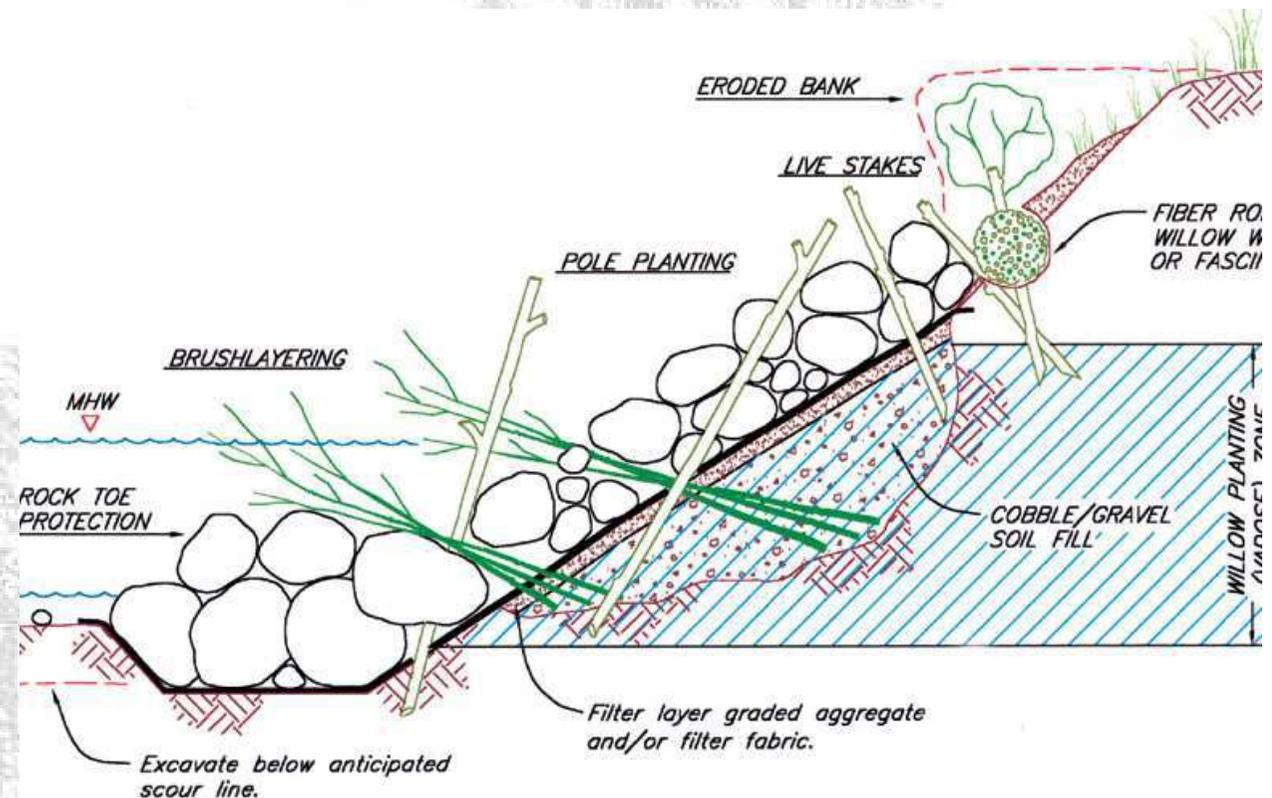


# Ingegneria Naturalistica

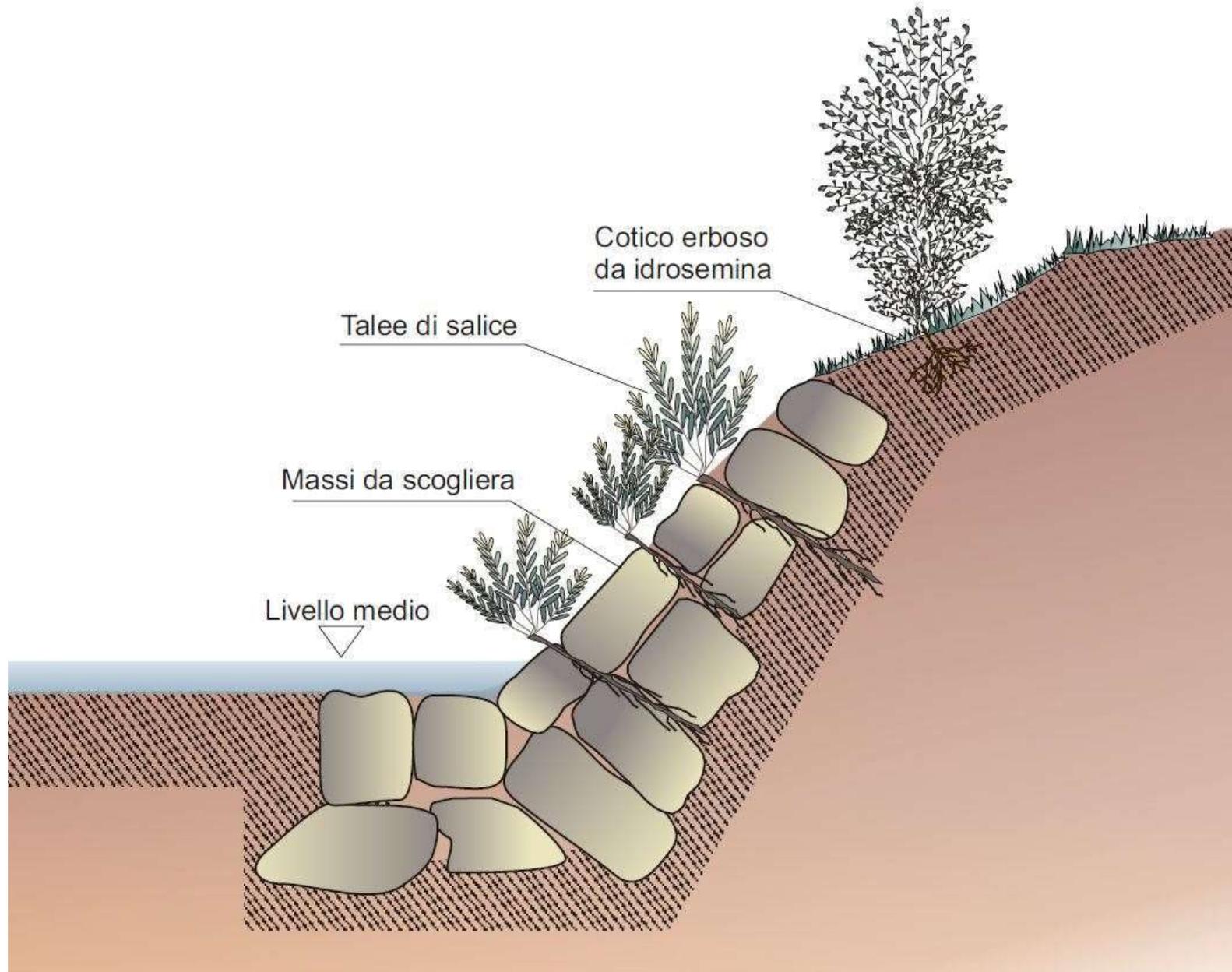
## Interventi idraulici di sostegno - scogliera rinverdita

Si tratta di difese con materiali inerti naturali caratterizzate dall'essere permeabili ed in grado di subire assestamenti senza danni. Le scogliere sono costituite da **massi ciclopici** caratterizzati da grandi dimensioni, che vengono posti in opera singolarmente.

Per migliorare l'impatto ambientale delle scogliere si possono inserire materiali vivi usando tecniche diverse. La messa a dimora di **talee** di specie adeguate o l'inerbimento, previo intasamento con terreno delle fessure.



**Figura** - *Scogliera rinverdita* (da APAT, 2003)



**Figura** - *Scogliera rinverdita* (da APAT, 2003)





# habitat lacuale

nov 20

Federico Boccalaro

139

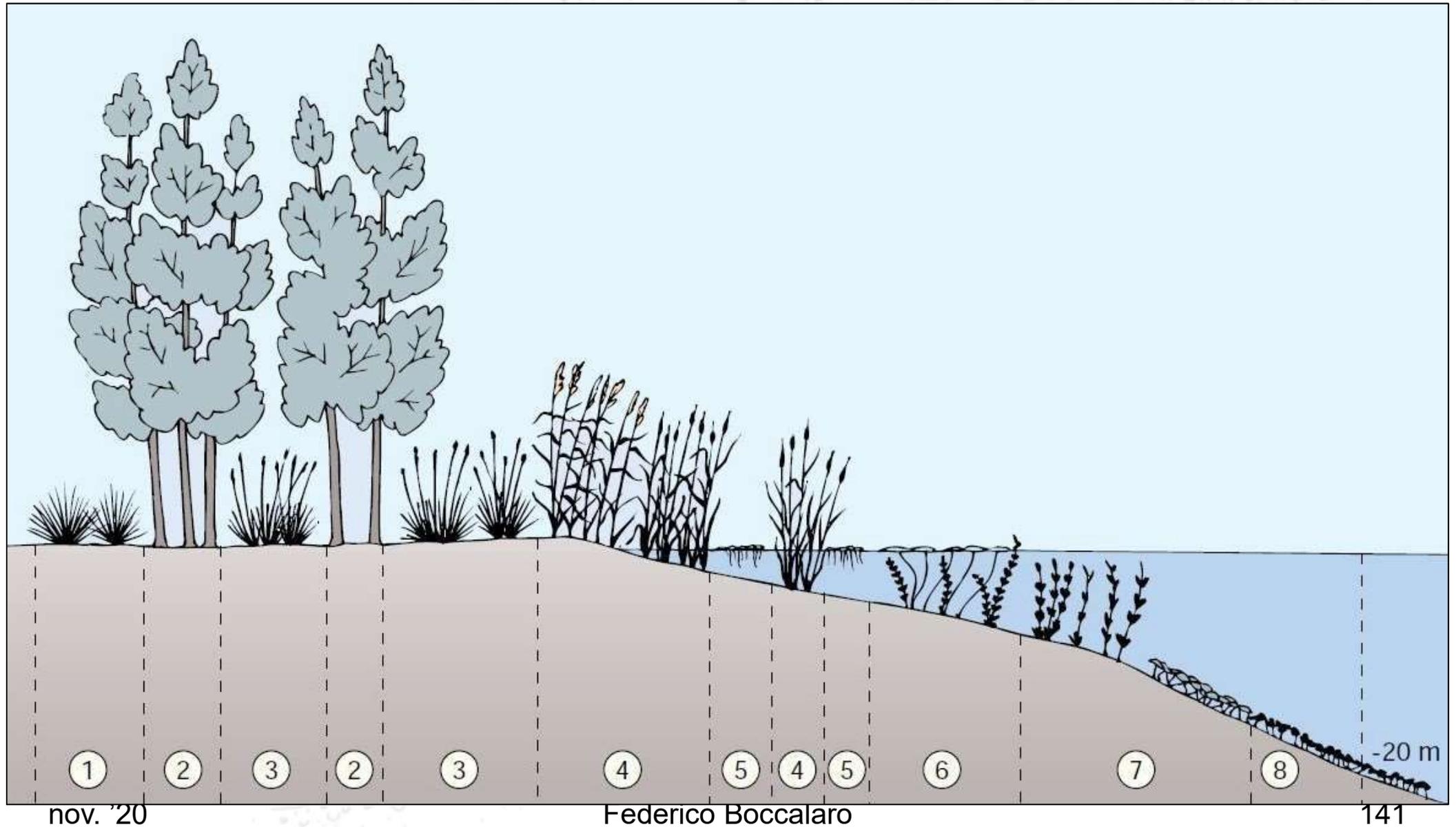
# Ingegneria Naturalistica lacuale

## Tutela degli habitat

In un bacino lacustre, in condizioni di naturalità, le comunità vegetali acquatiche e ripariali presentano una **distribuzione** caratteristica in cinture **concentriche** legate essenzialmente al livello dell'acqua e alla natura dei sedimenti.

In generale il substrato sabbioso-limoso dei fondali che degradano dolcemente favorisce la presenza della **vegetazione** che può raggiungere livelli di copertura piuttosto elevati. I laghi vulcanici hanno in genere acque **profonde** e **trasparenti** che possono ospitare la vegetazione fino a 15-20 metri di profondità. È possibile schematizzare una **sequenza tipica** delle cinture di vegetazione di un lago con linea di costa più o meno piatta che non abbia subito alcun tipo di intervento antropico. In particolare, per un **lago vulcanico** con **acque limpide**, profonde a basso tenore di calcio, tale sequenza teorica può essere così illustrata:

**Figura** - *Seriazione della vegetazione lungo le rive di un lago vulcanico (i numeri fanno riferimento al testo) (da Mauro Iberite, 2007)*

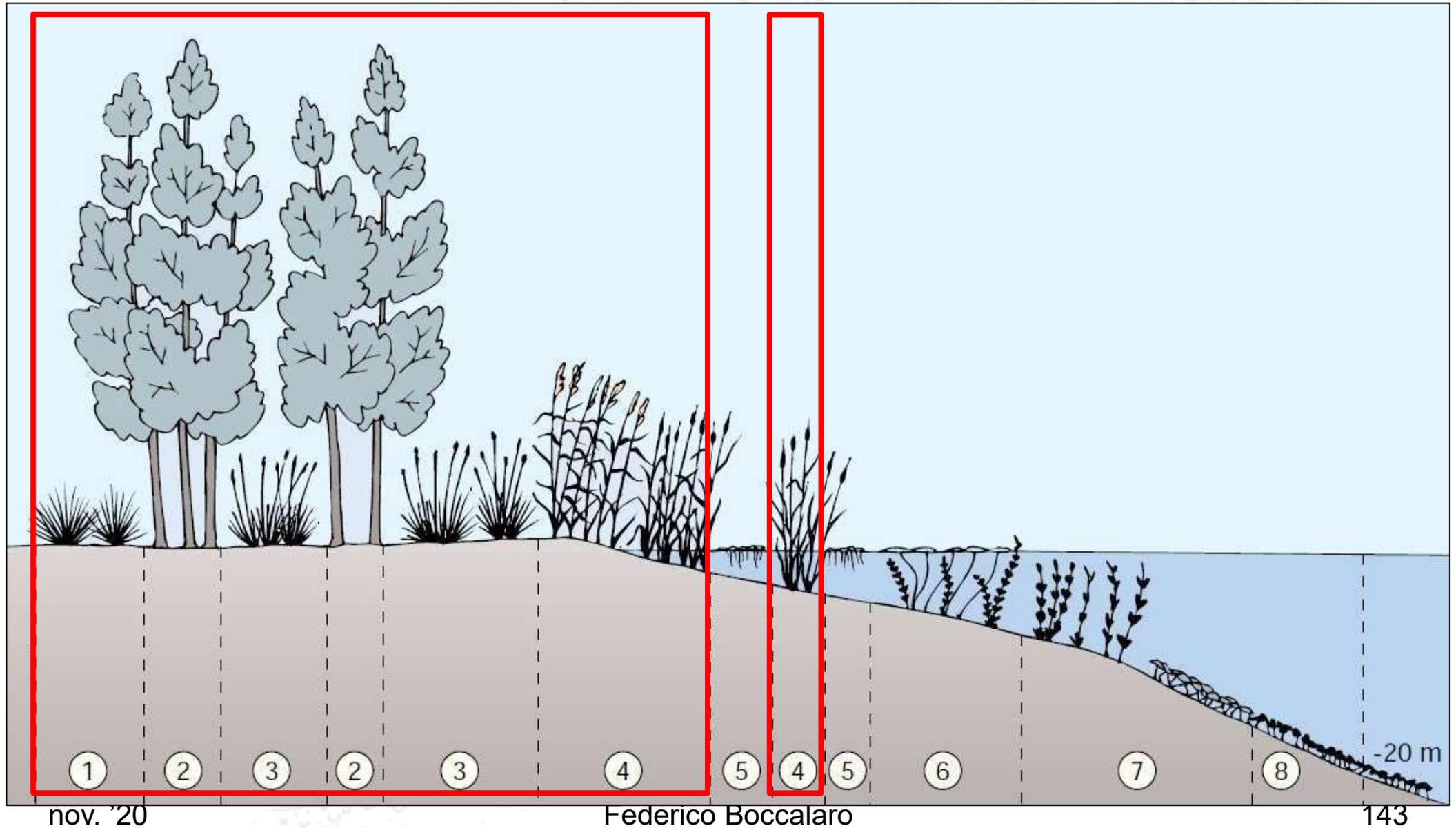


# Ingegneria Naturalistica lacuale

## Tutela degli habitat

1. **prati** su suoli idromorfi, caratterizzati da giunchi (*Juncus*), equiseti (*Equisetum*) e zigoli (*Cyperus*).
2. vegetazione arborea e arbustiva **palustre** costituita da salici (*Salix*), pioppi (*Populus*), ontano comune (*Alnus glutinosa*) e subordinatamente frassino meridionale (*Fraxinus oxycarpa*).
3. vegetazione **riparia** a grandi carici della sponda emersa, con carici (*Carex*), giaggiolo palustre (*Iris pseudacorus*), coltellaccio maggiore (*Sparganium erectum*), salcerella comune (*Lythrum salicaria*), mazza d'oro comune (*Lysimachia vulgaris*).
4. vegetazione ubicata in corrispondenza dell'interfaccia terra/acqua, fino ad una profondità di 2 m circa; è caratterizzata dalla presenza di grandi **elofite** (canneti) quali la cannuccia di palude (*Phragmites australis*), la tifa o lisca a foglie strette (*Typha angustifolia*) e la lisca lacustre (*Schoenoplectus lacustris*).

**Figura** - *Seriazione della vegetazione lungo le rive di un lago vulcanico (i numeri fanno riferimento al testo) (da Mauro Iberite, 2007)*



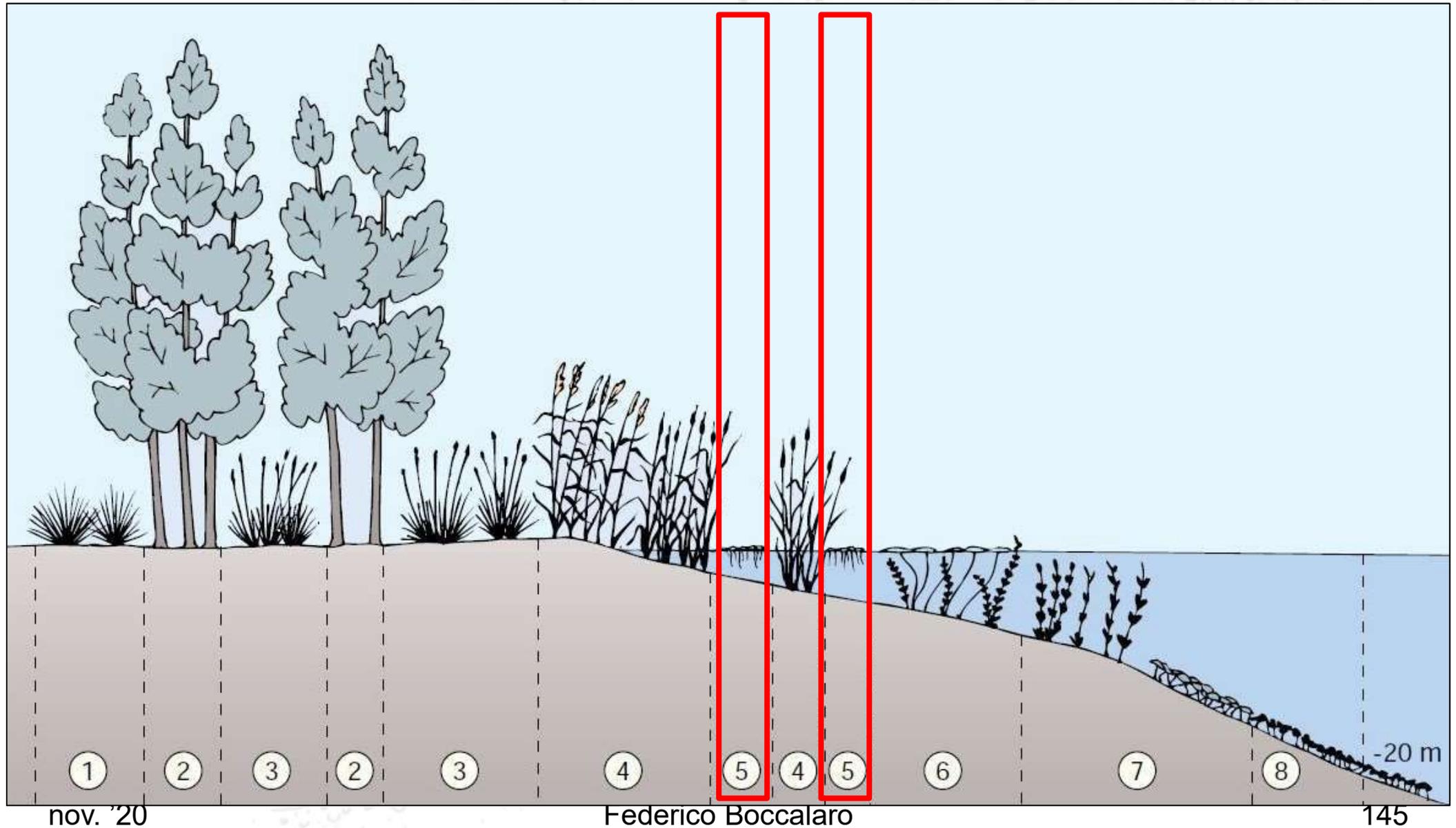
# Ingegneria Naturalistica lacuale

## Tutela degli habitat

5. idrofite natanti (**pleustofite**), cioè flottanti liberamente alla superficie dell'acqua o nello strato infracquatico superiore, non ancorate al substrato quali la lenticchia d'acqua (*Lemna* sp. pl.), l'azolla (*Azolla filiculoides*), l'epatica acquatica (*Riccia fluitans*).

Queste comunità sono molto sensibili al moto ondoso, per cui prediligono acque calme e riparate dove il movimento dell'acqua è pressoché assente.

**Figura** - *Seriazione della vegetazione lungo le rive di un lago vulcanico (i numeri fanno riferimento al testo) (da Mauro Iberite, 2007)*



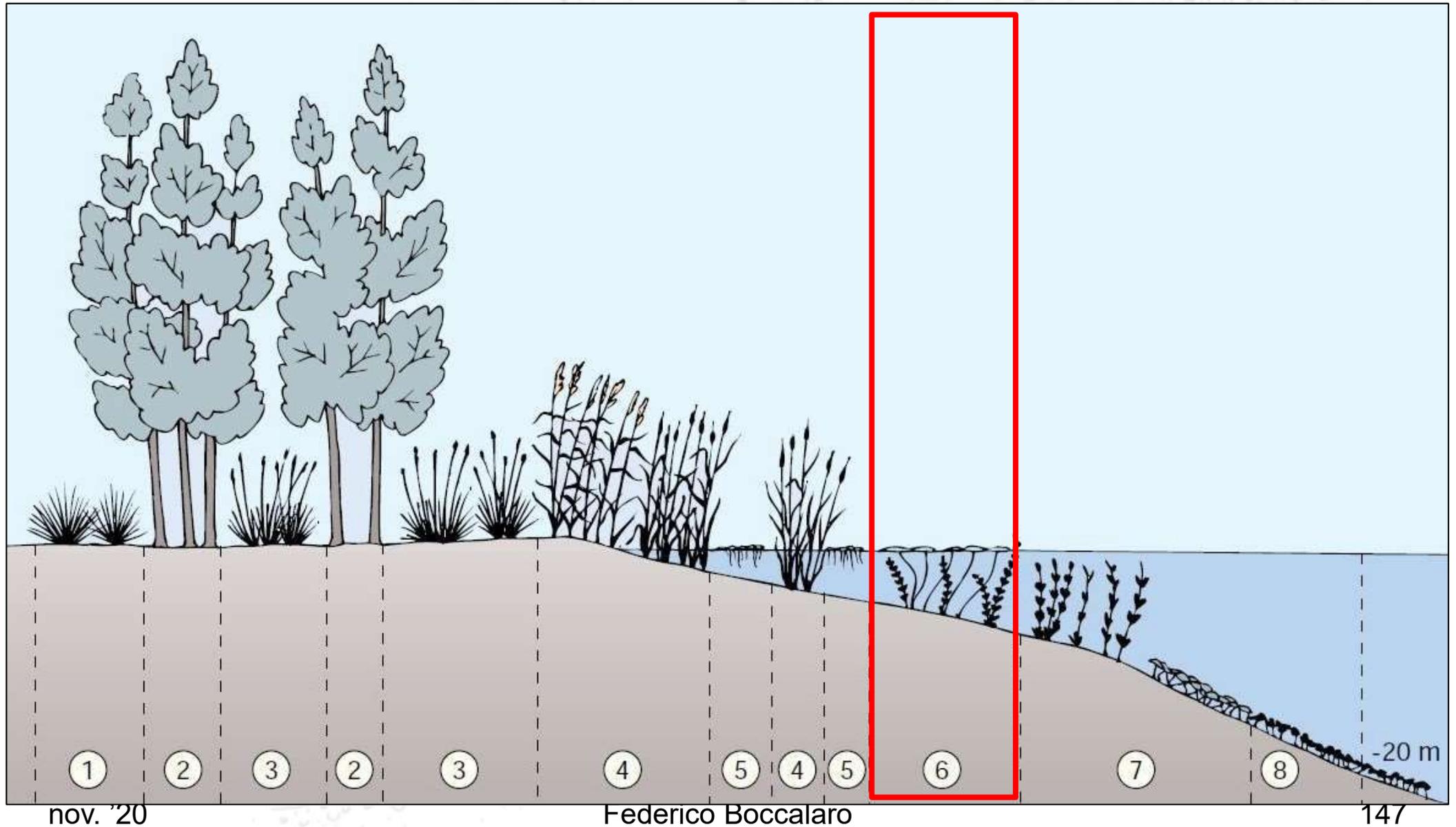
# Ingegneria Naturalistica lacuale

## Tutela degli habitat

6. idrofite radicate (**rizofite**) flottanti, con parte dell'apparato vegetativo sommerso e parte galleggiante sul pelo dell'acqua (lamineto), compresi gli organi riproduttori, come le ninfee (*Nymphaea*, *Nuphar*), la brasca nodosa (*Potamogeton nodosus*) il poligono anfibio (*Polygonum amphibium f. aquatica*) e il miriofillo verticillato (*Myriophyllum verticillatum*).

Questa cintura si insedia su substrato ricco in nutrienti, in acque a limitato moto ondoso profonde da 0,5 a 3 m circa, in genere all'esterno dei canneti o nelle schiarite di questi; in questa zona, in acque basse si insediano le cenosi dei **potamogeti** di piccola taglia spesso misti a zannichellia (*Zannichellia palustris*) e caracee.

**Figura** - *Seriazione della vegetazione lungo le rive di un lago vulcanico (i numeri fanno riferimento al testo) (da Mauro Iberite, 2007)*



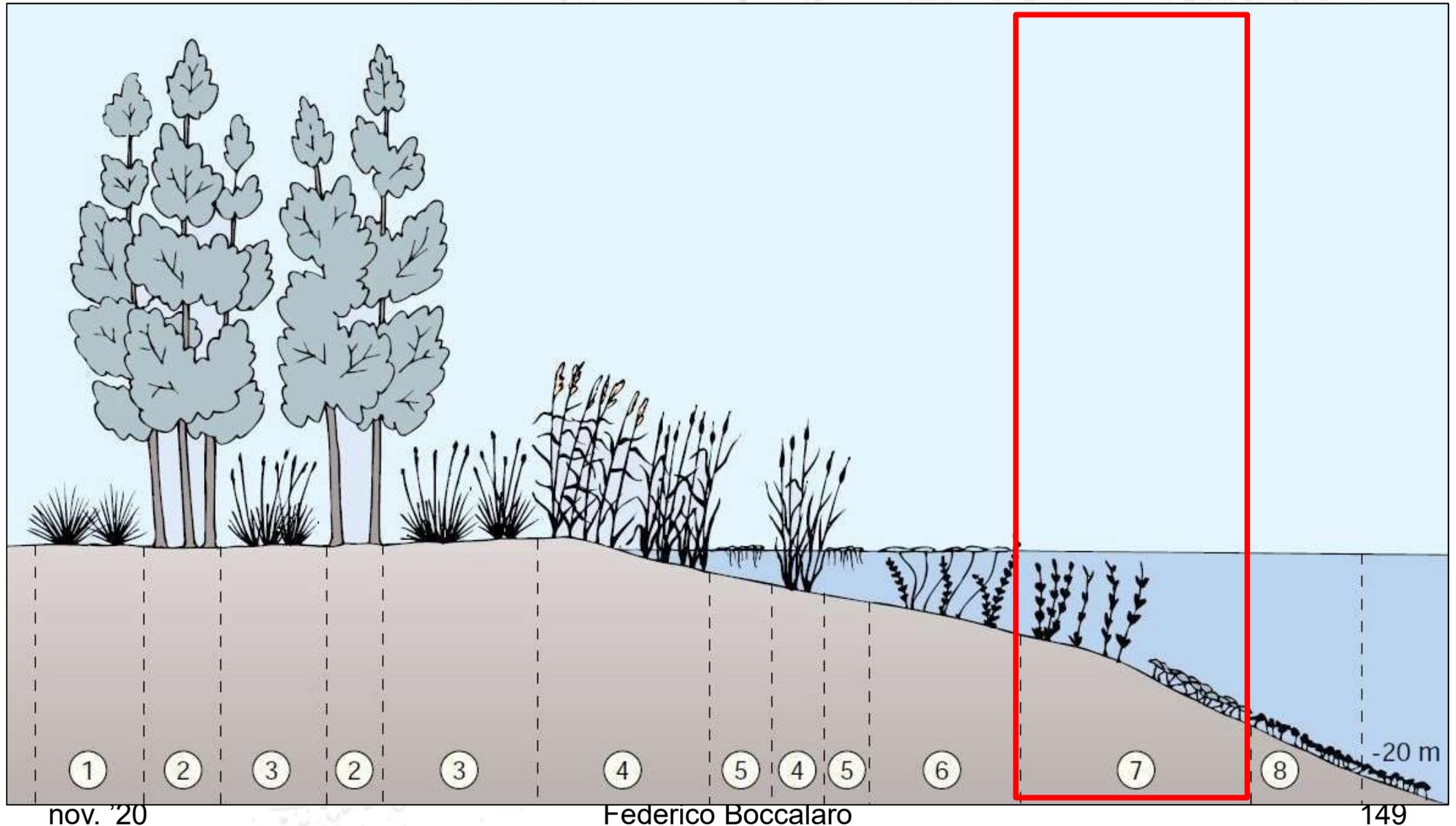
# Ingegneria Naturalistica lacuale

## Tutela degli habitat

7. vegetazione caratterizzata da **rizofite** parzialmente sommerse, affioranti solo durante la fioritura e la fruttificazione quali la brasca arrotondata (*Potamogeton perfoliatus*) e la brasca trasparente (*P. lucens*), il miriofillo comune (*Myriophyllum spicatum*), la vallisneria (*Vallisneria spiralis*); o completamente sommerse come il ceratofillo (*Ceratophyllum demersum*), la ranocchina maggiore (*Najas marina*), che spesso tipizzano con elevati indici di copertura la fascia più esterna di questa cintura.

Questa fascia si sviluppa fino a circa 5-6 m di profondità in base alla trasparenza dell'acqua.

**Figura** - Seriazione della vegetazione lungo le rive di un lago vulcanico (i numeri fanno riferimento al testo) (da Mauro Iberite, 2007)



# Ingegneria Naturalistica lacuale

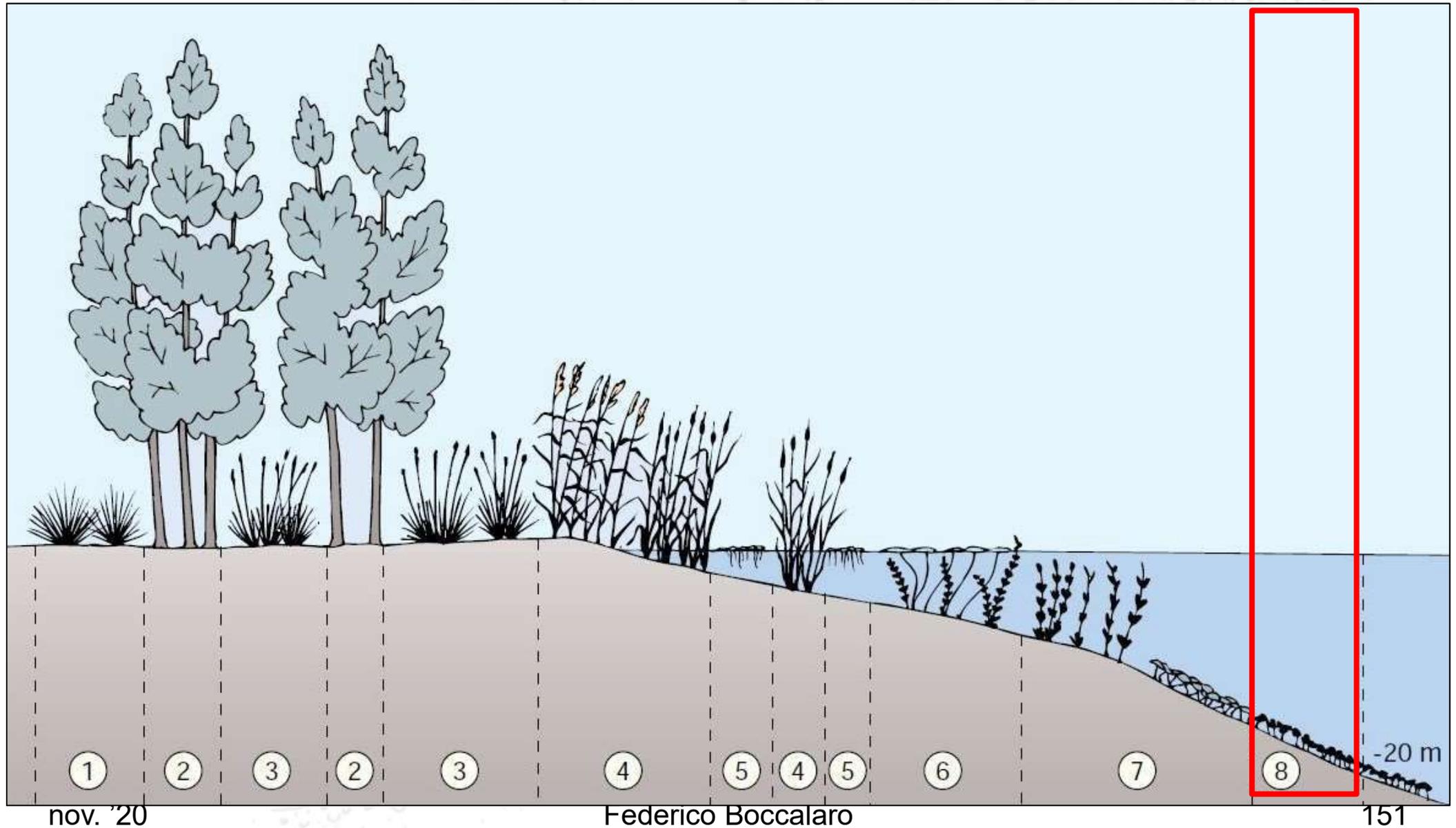
## Tutela degli habitat

8. **vegetazione sommersa** a grandi **caracee** (*Chara tomentosa*, *C. hispida*) di acque profonde oligotrofe o mesotrofe; queste cenosi sono particolarmente importanti nei laghi vulcanici in quanto si sviluppano su fondali profondi fino a 15-20 m, in acque limpide, con coperture ed estensioni elevate, e sono quindi da considerare i principali produttori primari dell'ecosistema lacustre.

È comunque fondamentale sottolineare che i laghi vulcanici, per la loro morfologia imbutiforme, hanno queste **cinture spesso ridotte** per l'acclività del fondo; in alcuni settori del lago a volte manca del tutto lo spazio ecologico di loro competenza.

Inoltre, anche le attività umane hanno ulteriormente **ridotto le comunità vegetali** attraverso il disturbo meccanico e l'inquinamento.

**Figura** - *Seriazione della vegetazione lungo le rive di un lago vulcanico (i numeri fanno riferimento al testo) (da Mauro Iberite, 2007)*



# Ingegneria Naturalistica lacuale

## Flora e vegetazione

I laghi vulcanici dell'Italia peninsulare presentano nell'insieme una varietà di ambienti molto **complessa** e articolata per le caratteristiche morfologiche del bacino. È necessario, inoltre, tener presente che lo stato delle conoscenze non è omogeneo e in taluni casi gli studi si riferiscono ad uno o due decenni fa. Nonostante queste disparità è possibile delineare le caratteristiche della vegetazione che questi peculiari ecosistemi ospitano.

La cintura della vegetazione **palustre** formata da prati umidi, giuncheti, cariceti e canneti presenta il maggior **impatto antropico** di tipo meccanico per cui ha risentito maggiormente di tagli, diradamenti e rettifiche della linea di costa.

Nella maggioranza dei casi sono rimaste solo le **elofite** propriamente dette (canneti) mentre tutte le altre tipologie sono scomparse per far posto a coltivi, strade, porticcioli, centri urbani o sportivi.

# Ingegneria Naturalistica lacuale

## Flora e vegetazione

Il canneto è dominato dalla **cannuccia di palude** (*Phragmites australis*), la più resistente delle elofite, alla quale si accompagnano rari individui di erba-sega comune (*Lycopus europaeus*), morella rampicante (*Solanum dulcamara*), vilucchione bianco (*Calystegia sepium*).

Questa è la situazione che ritroviamo nei grandi laghi di Bolsena e Bracciano e in quelli di **Nemi** e **Albano**. Il canneto è frammentario e diffuso solo nei settori lontani dai centri abitati e dai coltivi; dove il fondale lo permette può estendersi anche per decine di metri verso il centro lago. Spesso la cannuccia è sostituita dalla **canna comune** (*Arundo donax*) che meglio tollera l'eutrofizzazione ed è favorita dal rimaneggiamento del suolo.

Le porzioni sommerse del fusto della cannuccia costituiscono inoltre un supporto per i muschi acquatici. Queste specie, molto sensibili alle alterazioni ambientali, sono ormai divenute molto rare.

# Ingegneria Naturalistica lacuale

## Flora e vegetazione

Sono stati comunque segnalati per i laghi di Bracciano e di Albano due specie (*Fontinalis squamosa* e *Amblystegium riparium*) buone indicatrici di qualità ambientale.

Le cenosi dominate dalla **lisca a foglie strette** e dalla **lisca lacustre** sono in genere molto più rare e ridotte a pochi lembi. La prima necessita di condizioni ecologiche particolari, suolo profondo e organico; non essendo poi una pianta stolonifera come la cannuccia non sopporta l'estirpazione per cui soccombe alle pratiche di "pulizia" delle zone litoranee lacustri. La lisca lacustre è invece una specie **pioniera** e tende a colonizzare la fascia più profonda dei canneti raggiungendo i 2-3 m di profondità, compenetrandosi con la vegetazione delle idrofite flottanti quasi sempre rappresentate dai lamineti a poligono anfibio. Questa situazione può essere osservata a Bolsena, Vico, **Nemi** e ai laghi di Monticchio.

# Ingegneria Naturalistica lacuale

## Flora e vegetazione

Anche la cintura delle **idrofite flottanti** ha subito, a causa dell'uomo, delle trasformazioni notevoli. Sono queste le piante più appariscenti per le loro fioriture bianche (**ninfea bianca** - *Nymphaea alba*, e ranucoli), gialle (ninfea gialla, morso di rana - *Hydrocharis morsus-ranae*) e rosa (poligono anfibia), ma purtroppo occupano la zona litoranea da 50 cm a 3 m di profondità utilizzata per la pesca e per gli approdi delle barche.

Nei laghi vulcanici peninsulari, alla fine degli anni '50, tale cintura era presente ed estesa in molti laghi, quali quelli di Bolsena, Bracciano e **Albano**.

Attualmente essa è quasi del tutto scomparsa o ridotta a limitatissimi lembi di poligono anfibia.

# Ingegneria Naturalistica lacuale

## Flora e vegetazione

Specie rare e interessanti rimangono ancora in alcuni laghi a testimoniare una potenzialità di recupero non ancora del tutto esaurita.

La cintura delle idrofite sommerse nel complesso ha risentito in minor misura delle trasformazioni ambientali, almeno nei grandi laghi dove l'ecosistema ha ancora una discreta capacità di autoregolazione (omeostasi). Nei bacini minori invece questa capacità è molto ridotta e l'impatto antropico può portare una notevole rarefazione di queste idrofite con la dominanza di specie molto tolleranti quali il **miriofillo** comune (**Lago di Nemi**). In generale questa cintura non presenta una copertura molto elevata, è sempre sommersa e, durante l'estate, affiorano solo le esili infiorescenze del miriofillo e delle brasche (arrotondata e trasparente).

# Ingegneria Naturalistica lacuale

## Flora e vegetazione

Nei diversi laghi la composizione floristica è varia, ma in generale il miriofillo comune, il ceratofillo e la brasca arrotondata costituiscono le specie dominanti; le accompagnano la vallisneria (Bolsena, Albano), la brasca increspata (*P. crispus*) (Martignano, Monticchio) e la brasca trasparente (Bolsena, Vico, **Albano**).

Questa vegetazione raggiunge i 5 m di profondità, ma nei laghi più torbidi e disturbati si arresta intorno a 3 m ed è rappresentata quasi esclusivamente dal **miriofillo comune** sempre con copertura ridotta (**Lago di Nemi**). Da segnalare la presenza dell'idrofita esotica nordamericana *Elodea canadensis* (peste d'acqua comune) che sta colonizzando anche i nostri laghi peninsulari (Bolsena, Bracciano, Martignano e **Albano**). Le cenosi delle idrofite sommerse, in condizioni di spiccata trofia, sono caratterizzate dalla **brasca delle lagune** (*Potamogeton pectinatus*); ciò si verifica in corrispondenza di foci di canali, fossi e nei porticcioli.

# Ingegneria Naturalistica lacuale

## Flora e vegetazione

Le cenosi dominate dalle idrofite di piccole dimensioni (parvopotameti), sempre con estensioni molto limitate, si rinvengono nei laghi di Bolsena e **Albano** in uno spessore d'acqua in media di 30 cm, alla foce dei canali e nei diradamenti del canneto operati dall'uomo. Le comunità sono dominate da zannichellia e brasca palermitana (*Potamogeton pusillus*), specie termofile tipiche di acque poco profonde e basiche.

L'ultima cintura di vegetazione della zona litoranea è caratterizzata dalle **alghe** del gruppo delle caracee. La profondità dell'acqua fra 6 e 20 m riduce notevolmente la quantità di luce che raggiunge il fondo, per cui nessuna fanerogama può sopravvivere.

Le **caracee** invece trovano a queste profondità le condizioni ideali al loro sviluppo. Nei laghi dell'Italia peninsulare queste cenosi sono state poco studiate, in particolare per la difficoltà di campionamento.

# Ingegneria Naturalistica lacuale

## Flora e vegetazione

Pur essendoci una disomogeneità di dati riguardanti la vegetazione dei laghi vulcanici dell'Italia peninsulare, è comunque possibile trarre alcune **conclusioni**. La **flora** è nel complesso poco ricca in specie, inoltre quelle che determinano la fisionomia delle diverse fasce sono le più comuni e tolleranti i fattori di disturbo quali la cannuccia, la lisca lacustre, la brasca arrotondata, il miriofillo comune e il ceratofillo.

Nonostante ciò la presenza di specie rare (la ranocchina minore e il giunco fiorito) o sensibili alle alterazioni ambientali (il ranuncolo a foglie capillari, la brasca palermitana, la ninfea gialla e la porracchia dei fossi o *Ludwigia palustris*), evidenziano una condizione non ancora del tutto compromessa e le **potenzialità di recupero di questi ecosistemi**.

**Figura** - Effetti fisici-biologici della vegetazione riparia (-)



**Figura** - *Salcerella comune* (*Lythrum salicaria*) (da Mauro Iberite, 2007)



nov. '20

**Figura** - *Brasca comune (Potamogeton natans)* (da Mauro Iberite, 2007)



**Figura** - *Lisca lacustre*  
(*Schoenoplectus lacustris*) (da  
*Mauro Iberite, 2007*)



**Figura** - *Ninfea gialla (Nuphar luteum) e ninfea bianca (Nymphaea alba)* (da Mauro Iberite, 2007)



**Figura -**  
**Giaggiolo**  
**palustre**  
**(Iris**  
**pseudacorus)**  
**(da Mauro**  
**Iberite, 2007)**



**Figura** - *Cannuccia di palude (Phragmites australis)* (da Federico Boccalaro, 2017)



# Ingegneria Naturalistica lacuale

## L'evoluzione vegetazionale del Lago di Monterosi (1955-2020)

Il **Lago di Monterosi** è situato a 237 m s.l.m. nella cavità di un cratere del settore NE dell'apparato vulcanico sabatino, il cui centro è occupato dal Lago di Bracciano, e rappresenta uno dei rari esempi di lago-stagno osservabili nel Lazio. Per questo bacino è possibile ricostruire un'analisi temporale delle **variazioni cenologiche** in quanto esiste uno studio che risale al 1955 ed uno più recente del 1987.

Il bacino lacustre, pressoché circolare, è alimentato da una sorgente, ma le variazioni del livello stagionale, che si aggirano intorno al metro, dipendono quasi esclusivamente dalle piogge e dalle pratiche agricole. La profondità massima attuale è di circa 5 m, ma negli anni '50 superava gli 8 m; la variazione è dovuta ad alcuni **smottamenti** e al naturale processo di **interramento**.

# Ingegneria Naturalistica lacuale

## L'evoluzione vegetazionale del Lago di Monterosi (1955-2020)

La cintura delle **elofite**, caratterizzata da cannuccia di palude, lisca a foglie strette e lisca lacustre, era negli anni '50 pressoché continua lungo il perimetro del lago; alla fine degli anni '80 la tifa aveva esteso la sua popolazione evidenziando una condizione di maggior eutrofia. Attualmente, a causa dei continui tagli, i canneti sono estremamente rarefatti e discontinui.

Inoltre, già negli anni '50, i prati umidi e i giuncheti erano molto ridotti, ma era ancora presente un cospicuo contingente di specie di questi ambienti: porracchia dei fossi (*Ludwigia palustris*), zigolo comune (*Cyperus longus*), mestolaccia comune (*Alisma plantago-aquatica*), menta acquatica (*Mentha aquatica*), gramignone natante (*Glyceria fluitans*), sedano d'acqua (*Apium nodiflorum*).

Nello studio successivo quasi tutte queste specie erano scomparse, tranne la porracchia dei fossi, pianta palustre di notevole pregio ambientale, rarissima nel Lazio.

# Ingegneria Naturalistica lacuale

## L'evoluzione vegetazionale del Lago di Monterosi (1955-2020)

Le idrofite hanno subito una trasformazione ancora maggiore sia a causa dell'accentuarsi dell'eutrofizzazione sia per l'introduzione, agli inizi degli anni '80, del fior di loto (*Nelumbo nucifera*). Questa bellissima ninfea di origine asiatica ha grandi fiori rosa e un caratteristico frutto che ricorda la coppa forata di un annaffiatoio, ha ampie foglie peltate che emergono dalla superficie dell'acqua e un rizoma che può crescere fino a 20 m l'anno.

Negli anni '50 le idrofite si presentavano in tre fasce concentriche lungo tutto il perimetro del lago. A ridosso del canneto si estendeva il lamineto a ninfea bianca e ranuncolo peltato, seguito dalle rizofite (brasca arrotondata, brasca increspata e miriofillo comune) fino alla profondità di 5 m. La zona centrale fino agli 8 m era invece dominata da una cenosi compatta di ceratofillo. Alla fine degli anni '80 la situazione era completamente cambiata.

# Ingegneria Naturalistica lacuale

## L'evoluzione vegetazionale del Lago di Monterosi (1955-2020)

La cintura delle idrofite flottanti era invasa dal fior di loto; delle specie autoctone il ranuncolo peltato era sparito e la ninfea bianca ridotta a pochi individui; il fior di loto ha completamente soppiantato la specie nostrana creando una cintura compatta e monofitica fra 1 e 3 m di profondità. I vigorosi rizomi di questa pianta impediscono a qualunque altra specie di crescere. Oltre i 3 m le idrofite sommerse sono attualmente rappresentate da **miriofillo** e **ceratofillo**; le diverse specie di brasche sono scomparse ad eccezione della brasca increspata presente con pochi individui. Fra tutte la più vigorosa è il ceratofillo, con elevate coperture specialmente nella zona più profonda.

L'introduzione di una specie aliena (fior di loto) e le trasformazioni ambientali (interramento, pratiche agricole e alieutiche) hanno provocato un generale degrado dell'ecosistema con notevole perdita di biodiversità.

# Ingegneria Naturalistica lacuale

## L'evoluzione vegetazionale del Lago di Monterosi (1955-2020)

A specie rare e indicatrici di acque oligotrofe (ranucolo peltato, brasca arrotondata, gramignone natante, sedano d'acqua) si sono sostituite altre ad ampio spettro ecologico. Il fior di loto, seppur contenuto nel suo espandersi dall'asportazione dei rizomi, sta soppiantando le specie autoctone, comprese le rizofite sommerse. La presenza di alcune specie rare e indicatrici di qualità delle acque (porracchia dei fossi, ninfea bianca) testimoniano comunque che l'ambiente non è ancora irrimediabilmente compromesso.

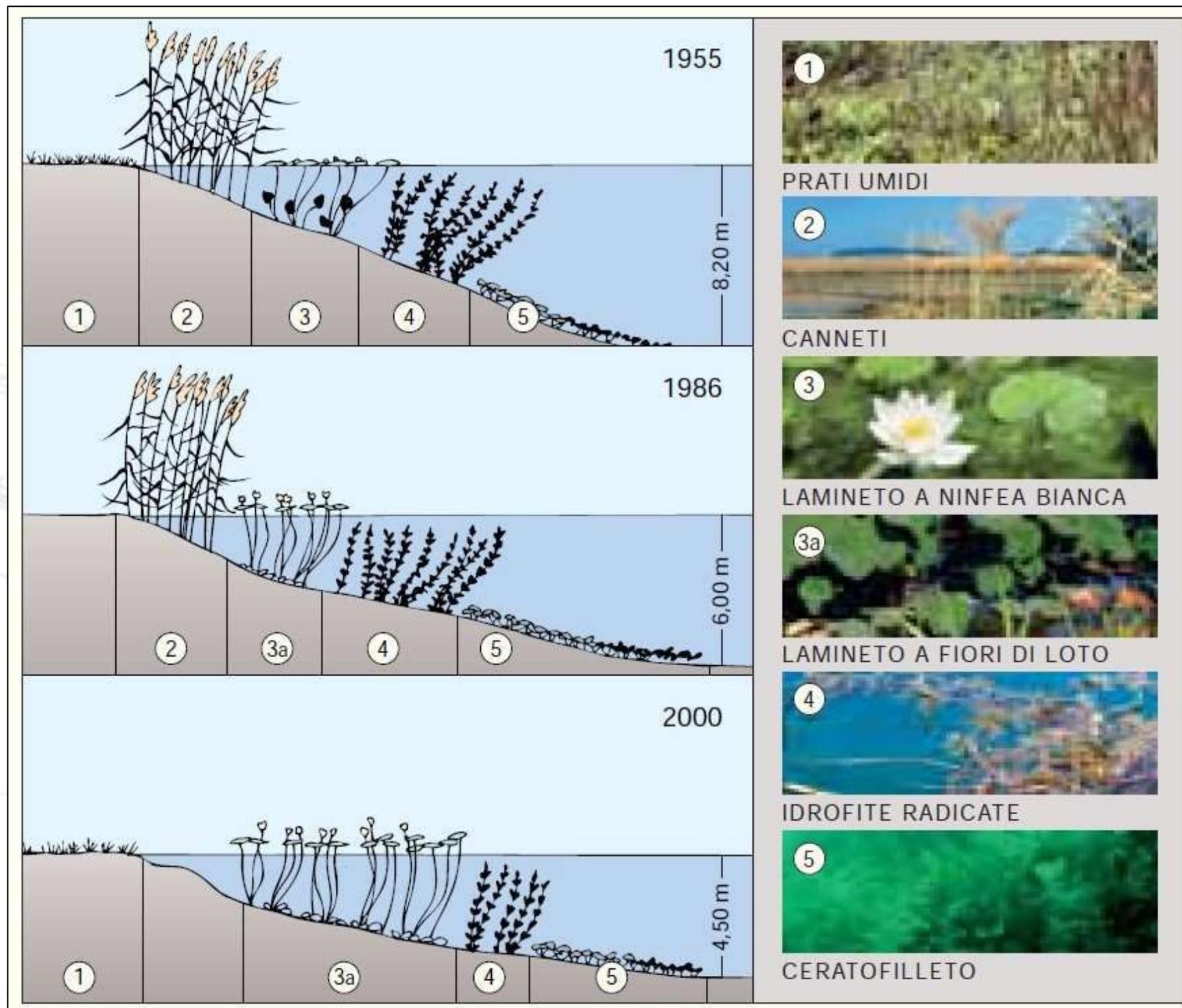
# Ingegneria Naturalistica lacuale

## L'evoluzione vegetazionale del Lago di Monterosi (1955-2020)

La cintura delle **elofite**, caratterizzata da cannuccia di palude, lisca a foglie strette e lisca lacustre, era negli anni '50 pressoché continua lungo il perimetro del lago; alla fine degli anni '80 la **tifa** aveva esteso la sua popolazione evidenziando una condizione di maggior eutrofia. Attualmente, a causa dei continui tagli, i canneti sono estremamente rarefatti e discontinui.

L'introduzione di una specie aliena (fior di loto) e le trasformazioni ambientali (interramento, pratiche agricole e alieutiche) hanno provocato un generale **degrado dell'ecosistema** con notevole perdita di biodiversità.

**Figura -**  
**Analisi**  
**temporale**  
**delle**  
**variazioni**  
**cenologiche**  
**da studio**  
**che risale**  
**al 1955 ed**  
**uno più**  
**recente del**  
**1987** (da  
**Mauro**  
**Iberite,**  
**2007)**



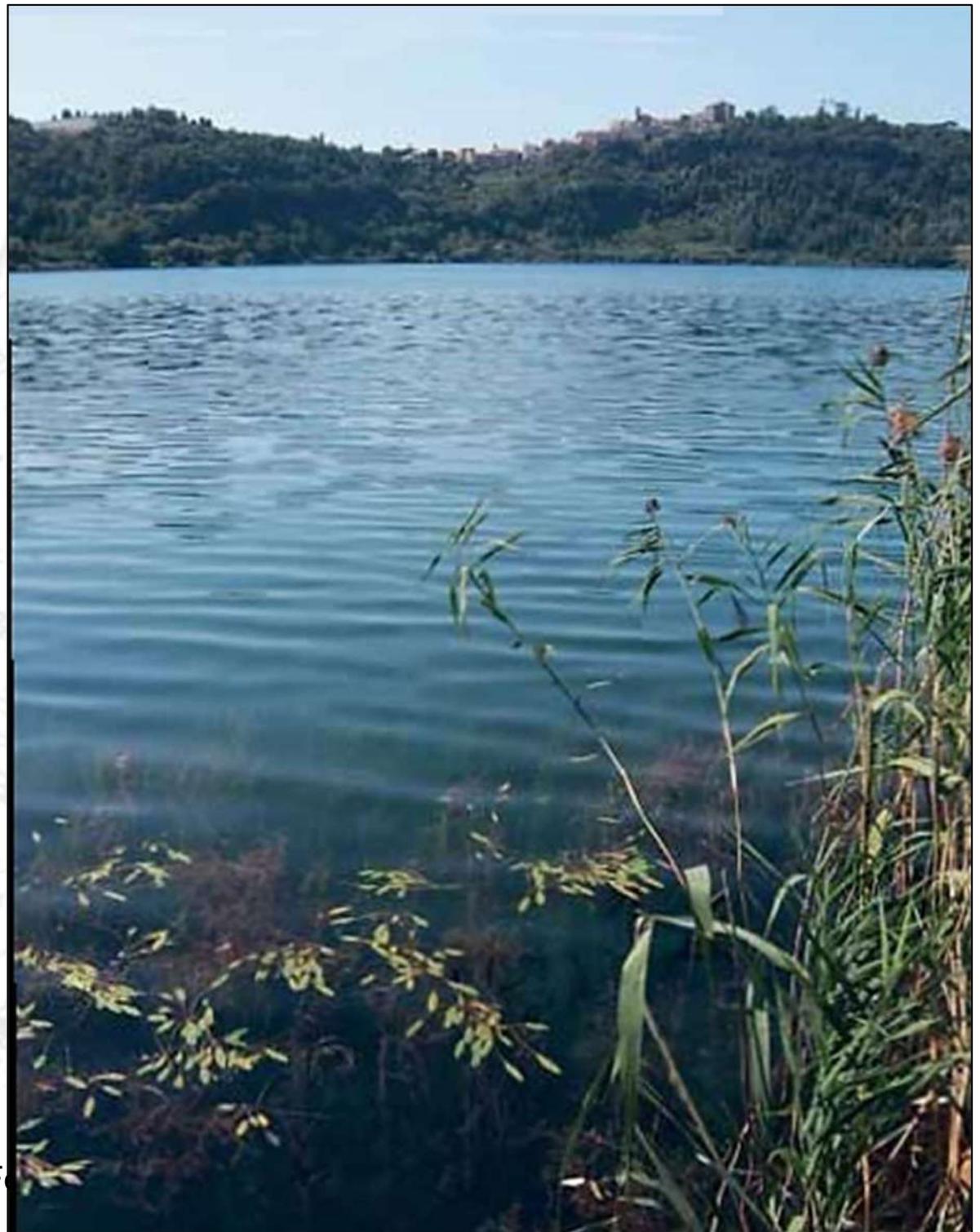
# Ingegneria Naturalistica lacuale

## L'evoluzione trofica del Lago di Nemi

Il **Lago di Nemi**, situato nel complesso vulcanico dei Colli Albani, è un bacino profondo circa 34 m con superficie pari a 1,6 km<sup>2</sup> e tempo di ricambio stimato in circa 15 anni. Negli ultimi trent'anni il bacino lacustre ha subito profondi **cambiamenti** dal punto di vista trofico, soprattutto in seguito a **impatti ed interventi antropici** che hanno pesantemente modificato gli equilibri dei diversi comparti ecosistemici.

Negli anni '60 il lago si presentava in buone condizioni con comunità biologiche diversificate ed elevati livelli di ossigenazione delle acque. La situazione cominciò a peggiorare negli anni '70; in questo periodo infatti proliferarono **scarichi puntiformi e diffusi**, derivanti da attività antropiche, che si riversavano direttamente nelle acque del lago. Già agli inizi degli anni '80 un monitoraggio fisico, chimico e biologico mostrò un forte **deterioramento** della qualità ambientale.

**Figura** - Vegetazione lungo le rive del Lago di Nemi (Lazio): in primo piano la cannuccia di palude (*Phragmites australis*) e, in acqua, miriofillo comune (*Myriophyllum spicatum*) e brasca nodosa (*Potamogeton nodosus*) (da Mauro Iberite, 2007)



# Ingegneria Naturalistica lacuale

## L'evoluzione trofica del Lago di Nemi

Una grave deossigenazione interessava la zona profonda del bacino, i nutrienti (fosforo e azoto) presentavano concentrazioni molto elevate che favorivano lo sviluppo di un'ingente biomassa algale. Tutti i popolamenti, sia animali che vegetali, si concentravano nei primi metri di profondità, è ciò avveniva anche in conseguenza della scarsa trasparenza delle acque.

All'interno delle comunità si assisteva al netto predominio da parte di alcune specie o gruppi (come i cianobatteri) che in determinati periodi dell'anno andavano incontro a fioriture eccezionali.

Da segnalare, inoltre, il verificarsi di estese morie di coregoni, la presenza di molti planctonti parassitati da funghi e da alghe epizoiche e il popolamento bentonico estremamente ridotto.

Preso atto di una situazione insostenibile le amministrazioni locali provvedettero nei primi anni '90 a convogliare tutti gli scarichi in un collettore circumlacuale e a deviarli al di fuori del bacino.

# Ingegneria Naturalistica lacuale

## L'evoluzione trofica del Lago di Nemi

Preso atto di una situazione insostenibile le amministrazioni locali provvedettero nei primi anni '90 a convogliare tutti gli scarichi in un collettore circumlacuale e a deviarli al di fuori del bacino.

Un **monitoraggio** effettuato dall'Università "La Sapienza" di Roma, a circa 10 anni di distanza dall'intervento, ha evidenziato una situazione nettamente migliorata: il carico di nutrienti è diminuito, la trasparenza è aumentata, permettendo alla luce di raggiungere il metalimnio.

# Ingegneria Naturalistica lacuale

## L'evoluzione trofica del Lago di Nemi

Un monitoraggio effettuato dall'Università "La Sapienza" di Roma, a circa 10 anni di distanza dall'intervento, ha evidenziato una situazione nettamente migliorata: il carico di nutrienti è diminuito, la trasparenza è aumentata, permettendo alla luce di raggiungere il metalimnio.

Questa situazione ha favorito il cambiamento della composizione delle cenosi algali, con lo sviluppo di *Planktothrix*, tipica specie metalimnetica. Contemporaneamente sono aumentati i livelli di ossigenazione, le comunità zooplanctoniche ed in parte quelle zoobentoniche sono risultate più diversificate e un miglior stato di salute caratterizza le popolazioni di coregone.

# Ingegneria Naturalistica lacuale

## L'evoluzione trofica del Lago di Nemi

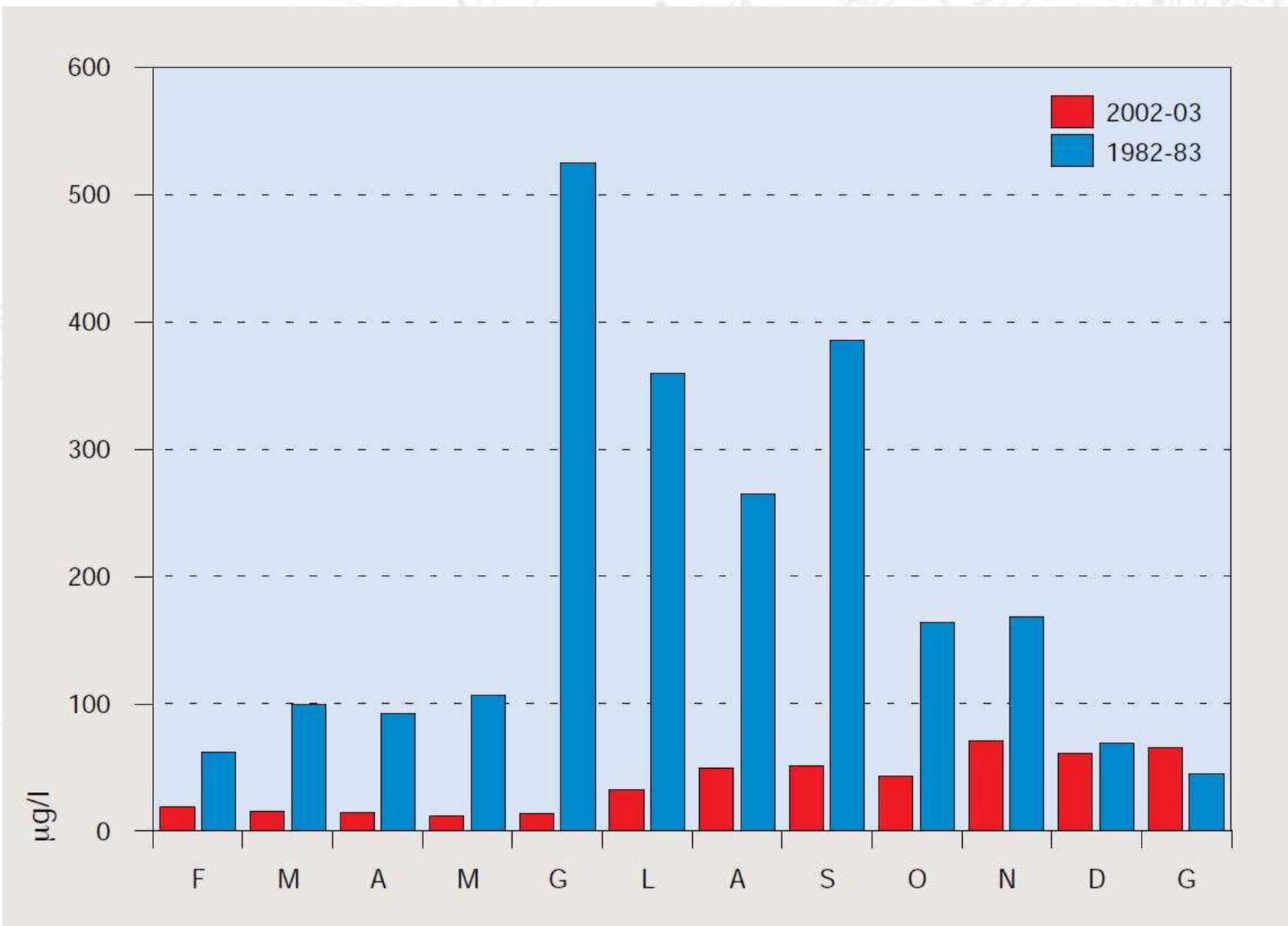
Nonostante questi elementi positivi il lago è classificabile ancora come **eutrofico** e i suoi equilibri sono a tutt'oggi fortemente instabili; questo è causato soprattutto del massiccio utilizzo di **fertilizzanti** nelle aree agricole lungo le rive, che dilavando continuamente nelle acque apportano ancora quantità consistenti di nutrienti. Tale esperienza insegna che è indispensabile prevenire l'inquinamento di questi bacini effettuando **monitoraggi periodici** e adottando corrette **misure** dal punto di vista **gestionale**.

Lì dove le situazioni si rivelano già critiche un costante controllo ed un tempismo negli interventi sono fondamentali per avviare il risanamento, che avrà un esito soddisfacente solamente se verranno individuate e controllate tutte le **pressioni antropiche** che hanno un impatto sulla qualità dell'ambiente acquatico.

**Figura** - *Effetti dell'eutrofizzazione lungo le rive* (da Daria Vagaggini, 2007)



**Figura** - Concentrazioni mensili medie di fosforo lungo la colonna d'acqua nei periodi 1982-83 e 2002-03 (da Daria Vagaggini, 2007)

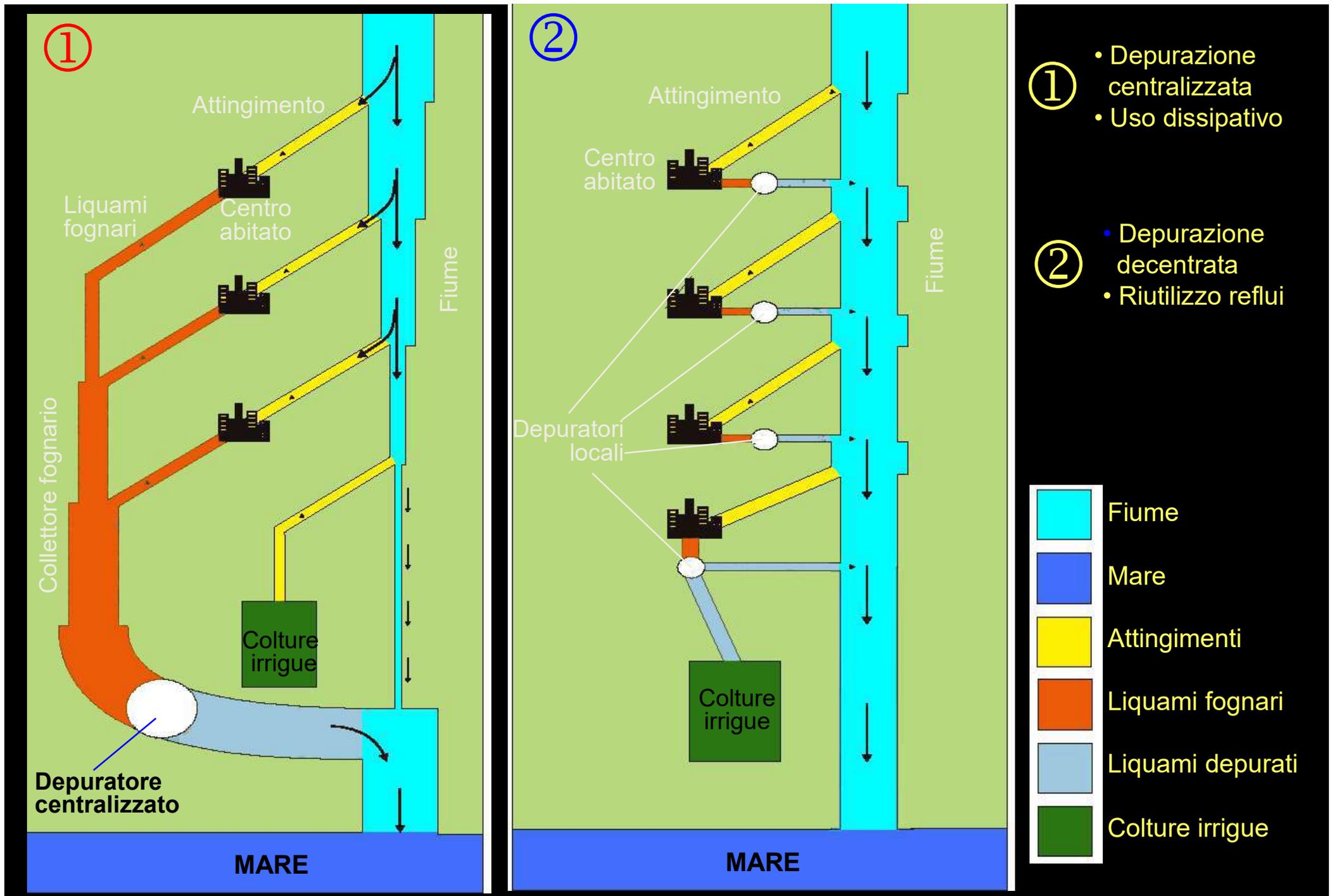


# La Fitodepurazione



Lino Ruggieri

# Filosofia della depurazione (tratto da Sansoni G.)



# Fitodepurazione - lagunaggio



# Fitodepurazione a flusso subsuperficiale



# Fitodepuratore di Aielli (AQ)



Lino Ruggieri

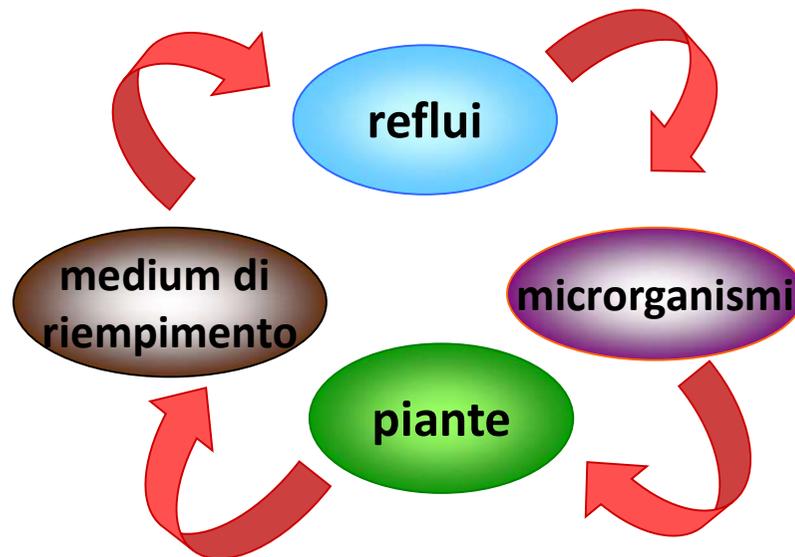
# Cos'è la fitodepurazione

- ❖ Un insieme di processi di trattamento di acque inquinate, basate sull'utilizzo del sistema suolo-vegetazione quale filtro naturale depurativo;
- ❖ si utilizzano particolari piante acquatiche:
  - macrofite natanti
  - macrofite emergenti



# Processi in gioco nella fitodepurazione

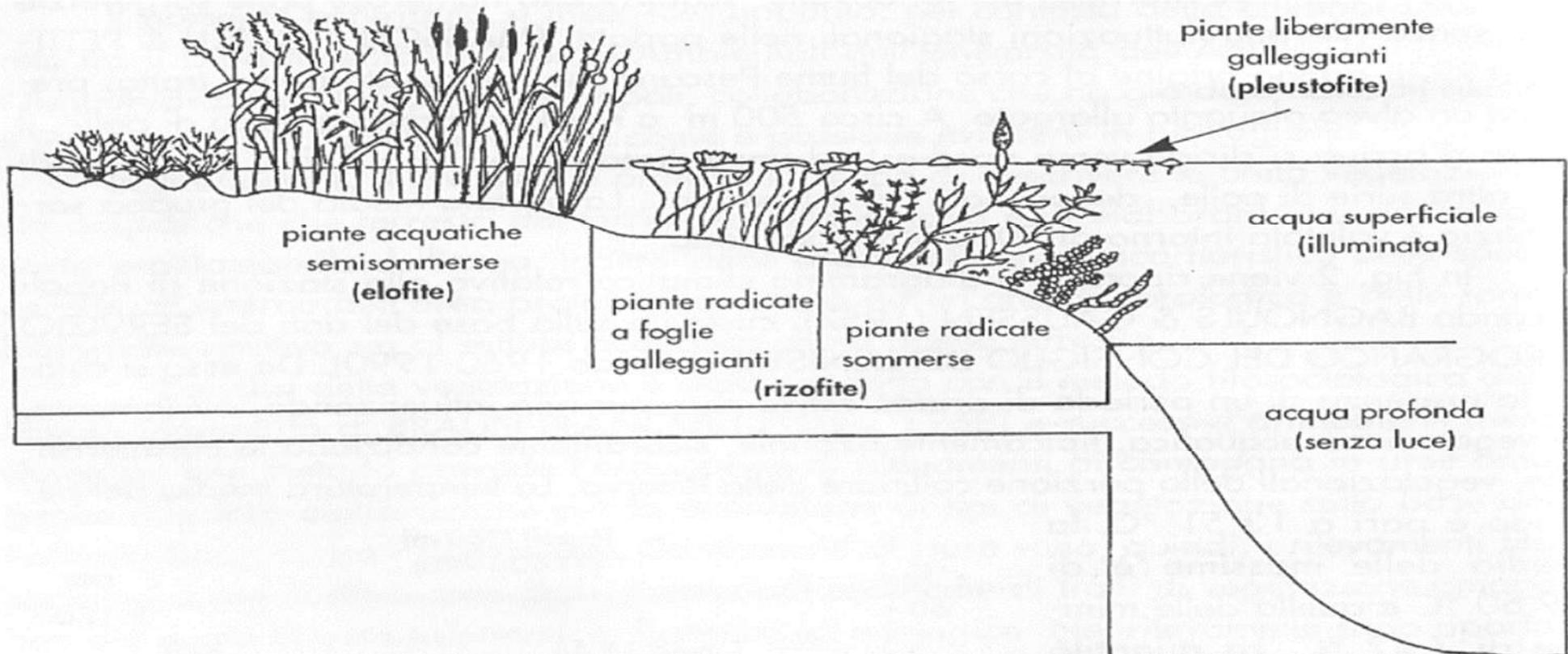
- microrganismi → Nitrificazione, denitrificazione, decomposizione della sostanza organica
- vegetazione (macrofite acquatiche) → Trasferimento dell'O<sub>2</sub> dalle foglie alle radici; assimilazione dei nutrienti N e P
- suolo → Filtrazione meccanica ed adsorbimento, supporto per la vegetazione.



# Essenze vegetali utilizzate

In base alla tipologia di piante acquatiche utilizzate:

- sistemi a macrofite galleggianti (idrofite > pleustofite)
- sistemi a macrofite radicate sommerse (idrofite > rizofite)
- sistemi a macrofite radicate emergenti (elofite).



# Tipologie impiantistiche

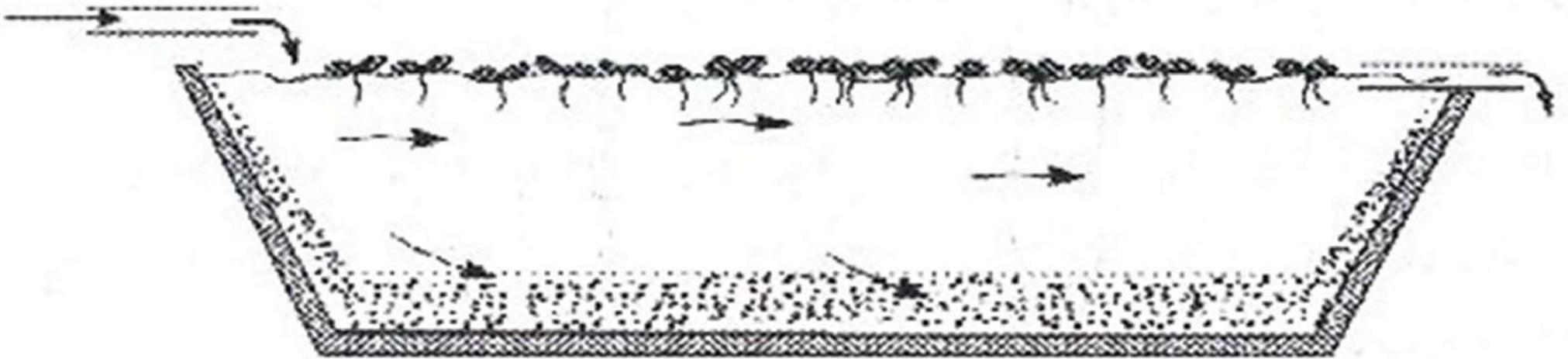
in base al regime di funzionamento idraulico:



# Tipologie impiantistiche

- ❖ **Laguna a macrofite natanti (FMS)**
- ❖ **Laguna a macrofite radicate emergenti (FWS)**
- ❖ **Vasca a flusso sub-superficiale con macrofite radicate (SSF)**

# Laguna a macrofite natanti (FMS) Floating Macrophytes System



# Macrofite natanti



Giacinto d'acqua (*Eichhornia c.*)

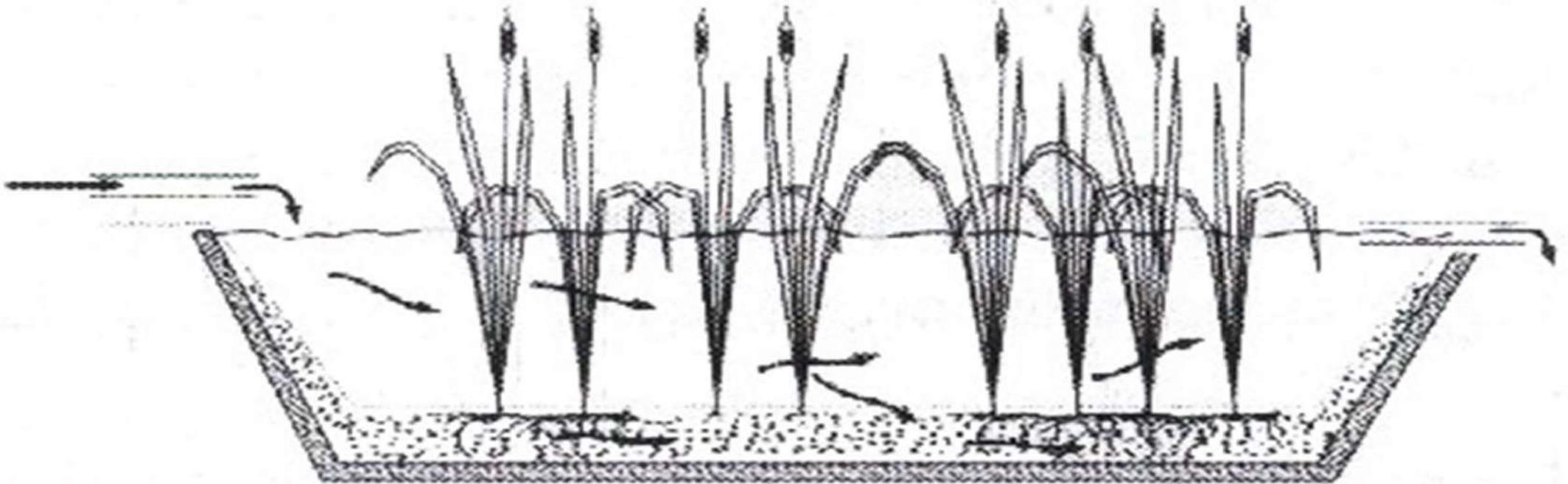


Lenticchia d'acqua (*Lemna sp*)



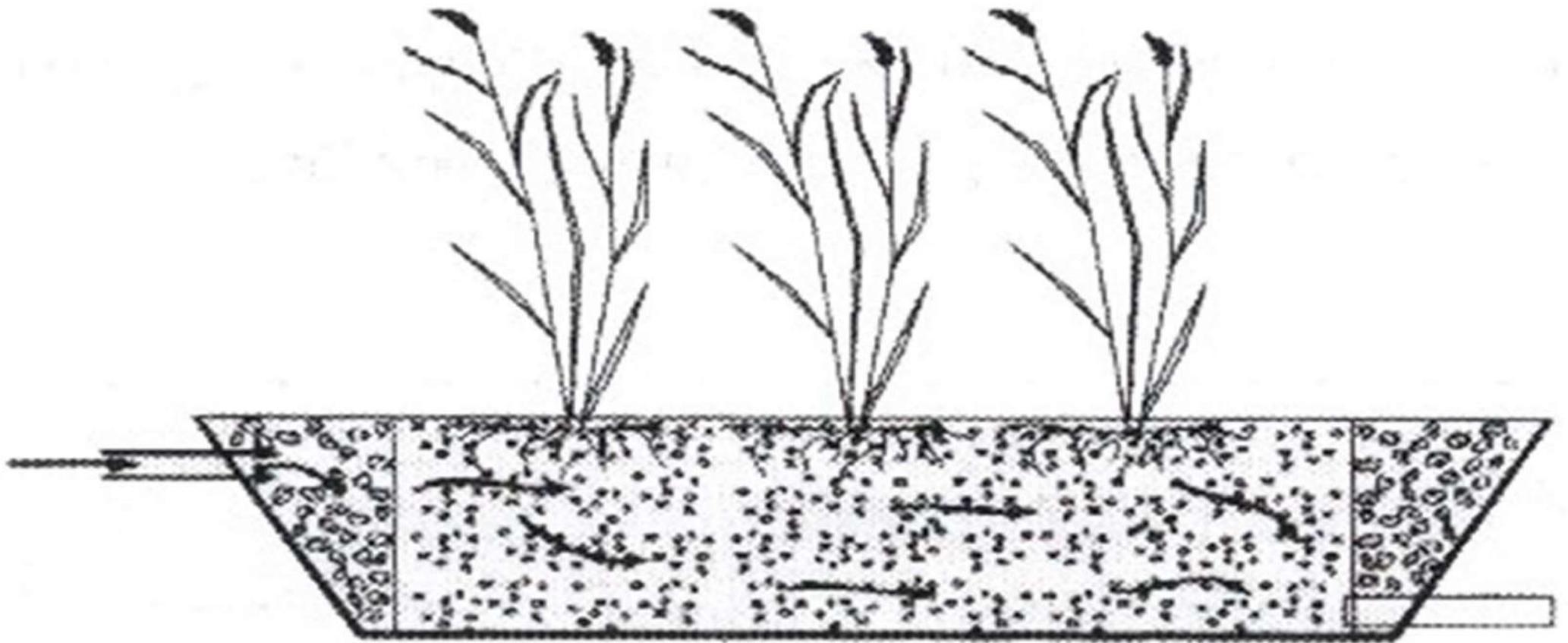
Morso di rana (*Hydrocharis m. r.*)

# Laguna a macrofite radicate Free Water System (FWS)



# Vasca a flusso sub-superficiale

## Sub-Surface Flow (SSF)



# Macrofite radicate

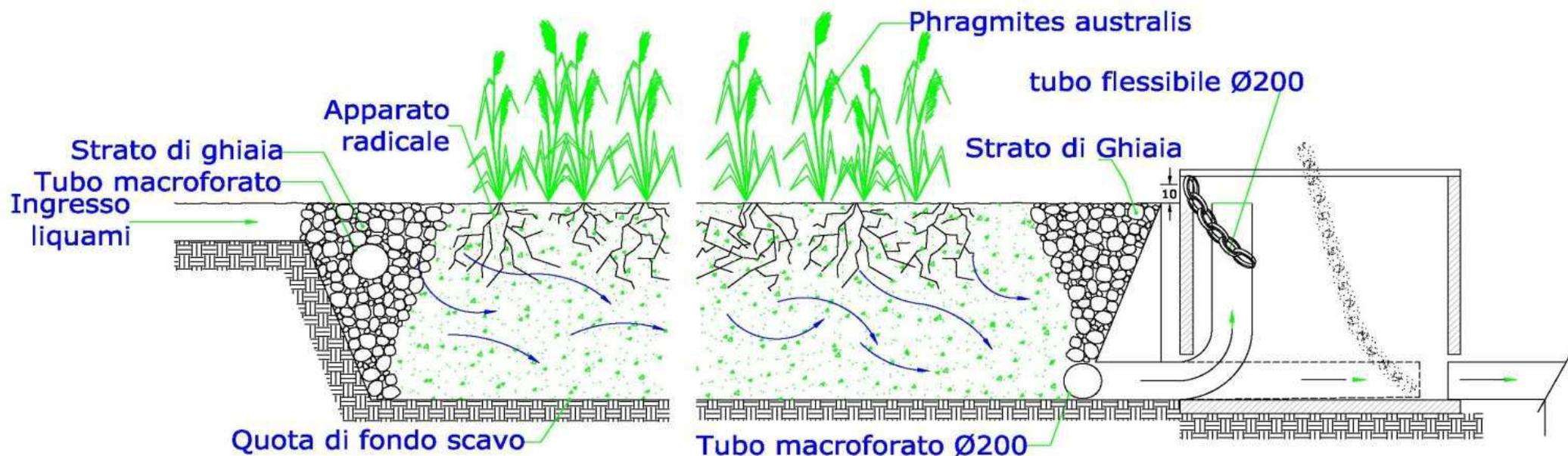


## Confronto tra le elofite

Genere	°C	Crescita	Copertura	Radici
Typha	10-30	+ + +	+ + +	30-40
Phragmites	12-33	+ + + +	+ + + +	60
Juncus	16-26	+ +/+ + +	+ + +	70-80
Carex	14-32	+/+ + +	+ + +	60

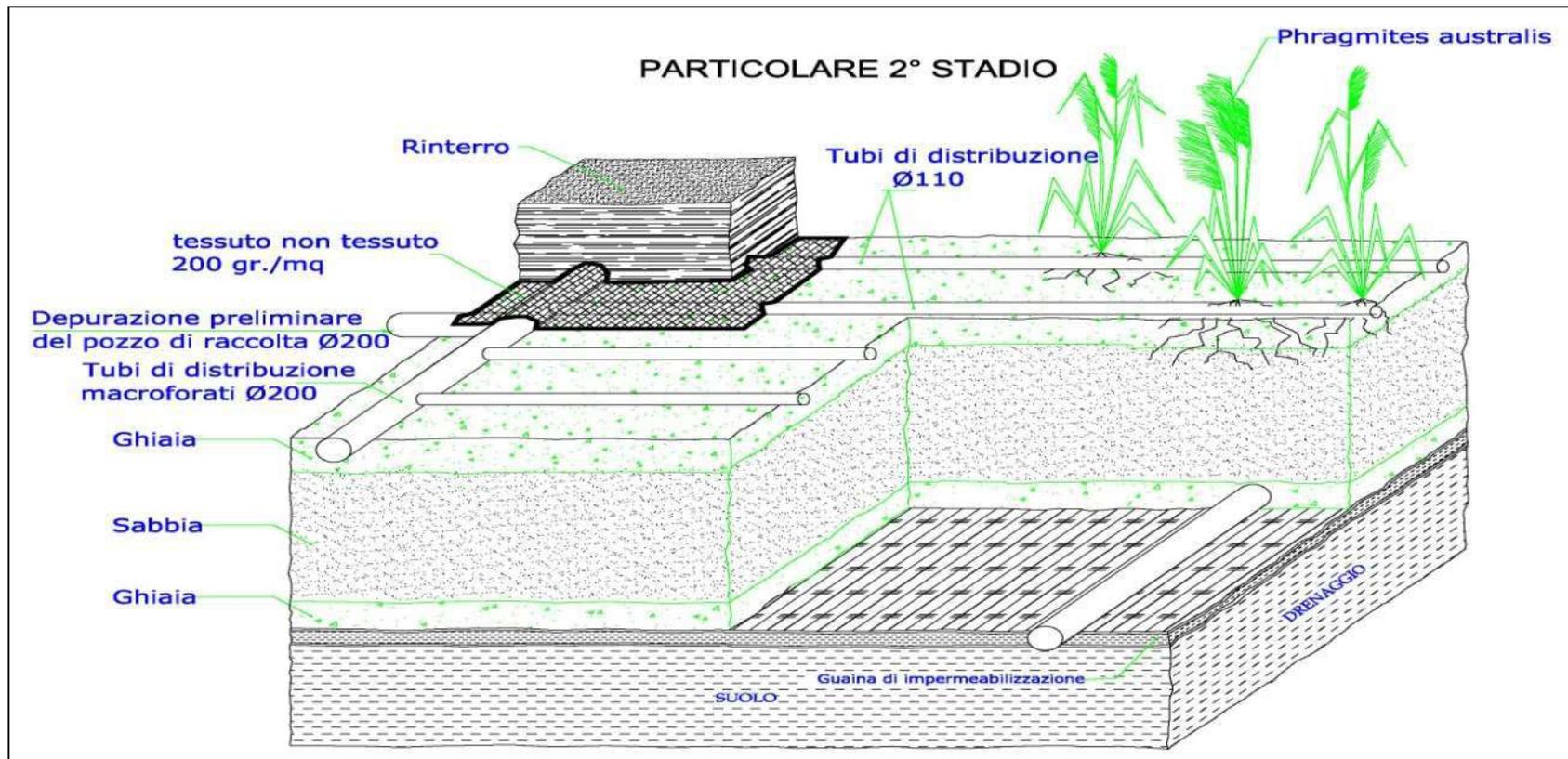
# Flusso sub-superficiale orizzontale (h-SSF)

PARTICOLARE LAGUNE A FLUSSO SUB-SUPERFICIALE 1° E 3° STADIO  
sul terzo stadio modificare ghiaietto



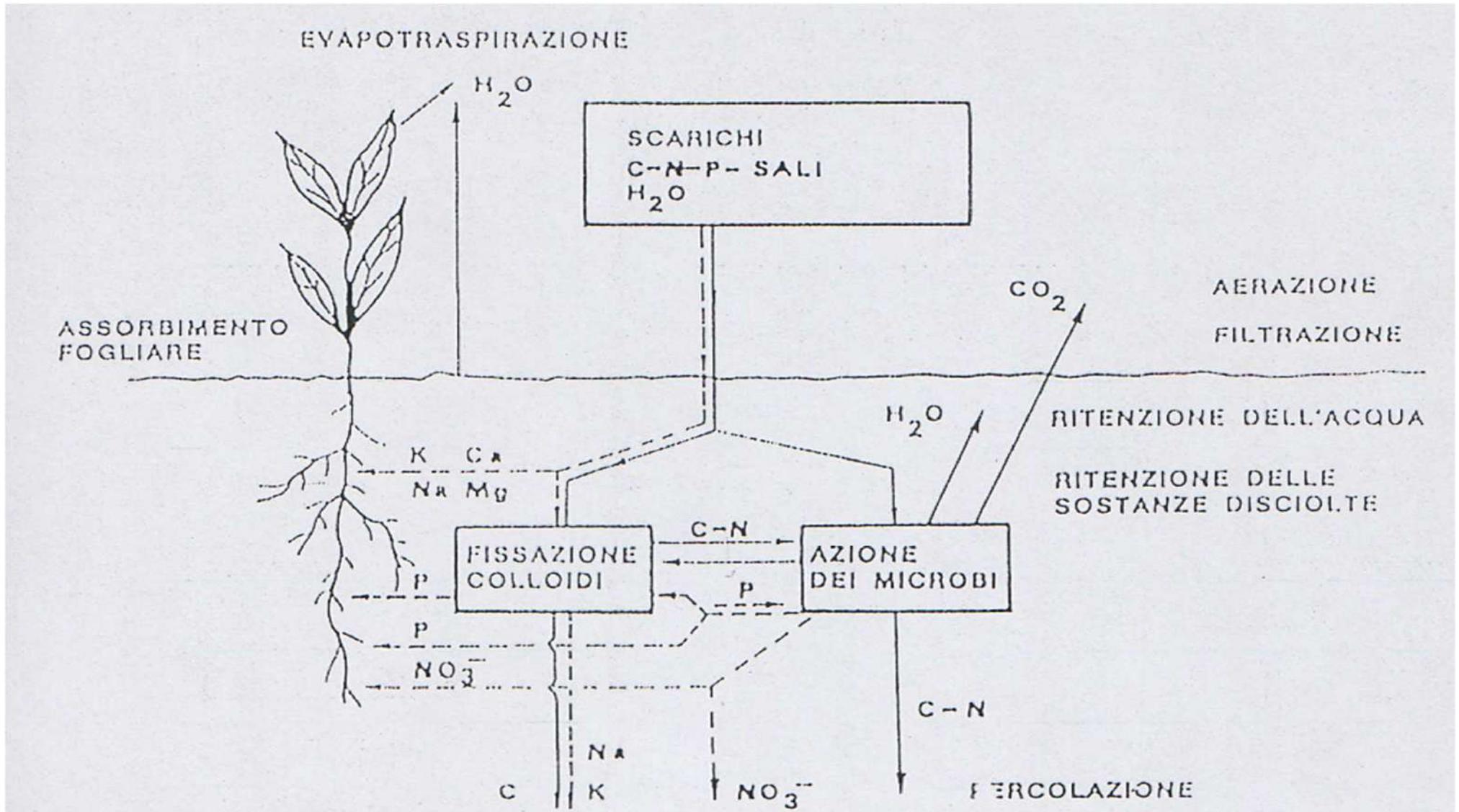
- flusso continuo
- granulometria costante, con pezzatura in ingresso e in uscita >
- superficie: 4-5 m<sup>2</sup>/AE (abitante equivalente o carico organico specifico)
- ambiente aerobico – anaerobico

# Flusso sub-superficiale verticale (v-SSF)



- flusso discontinuo e alternato
- granulometria non omogenea
- superficie: 1-2 m<sup>2</sup>/AE
- > presenza di ossigeno
- > efficienza di nitrificazione
- > efficienza di degradazione organica

# Funzioni sistema suolo-pianta



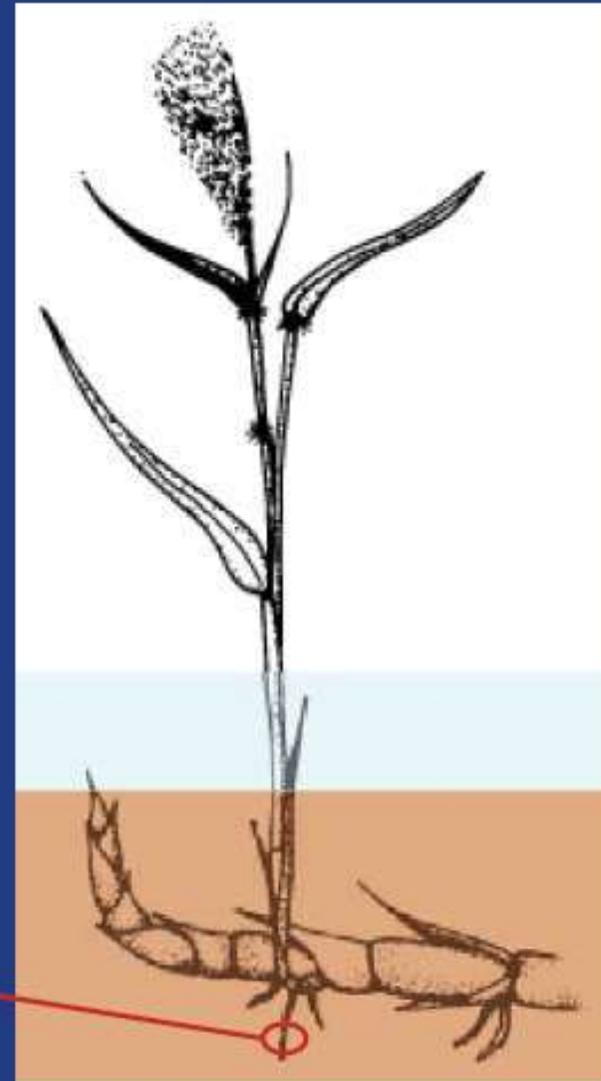
# Funzioni svolte dalle macrofite

- ❖ Riduzione del volume del refluo attraverso l'assorbimento radicale e la evapotraspirazione
- ❖ Supporto alla popolazione microbica, con apporto di  $O_2$  alle radici
- ❖ Assorbimento ed asportazione di nutrienti (N e P)
- ❖ Filtrazione del refluo (aumento della conducibilità idraulica)
- ❖ Rimozione di elementi tossici (metalli pesanti e composti organici)
- ❖ Produzione di antibiotici da parte delle radici

# Funzioni svolte dalle macrofite

Macrofite con il fusto emergente dall'acqua e organi ipogei ben sviluppati (rizosfera) – es. *Phragmites australis*

Parenchima spugnoso adatto al trasporto di gas dalla foglia alla radice e vice-versa



# Funzioni svolte dai batteri

- ❖ Nitrosazione ( $\text{NH}_4 \rightarrow \text{NO}_2$ )
- ❖ Nitrificazione ( $\text{NO}_2 \rightarrow \text{NO}_3$ )
- ❖ Denitrificazione ( $\text{NO}_3 \rightarrow \text{N}_2$ )
- ❖ Degradazione microbica in ambiente aerobico
- ❖ Degradazione microbica in ambiente anaerobico

# Funzioni svolte dal substrato

- ❖ Sedimentazione
- ❖ Filtrazione
- ❖ Scambio cationico
- ❖ Adsorbimento
- ❖ Precipitazione

## Utilizzo per il trattamento di:

- ❖ Reflui domestici
- ❖ Reflui urbani
- ❖ Reflui agricolo-industriali (vitivinicoli, caseari)
- ❖ *Runoff* agricolo e/o stradale
- ❖ Percolato di discarica
- ❖ Disidratazione ed essiccamento fanghi di supero

# Fitodepuratore Pettorano sul Gizio (AQ)

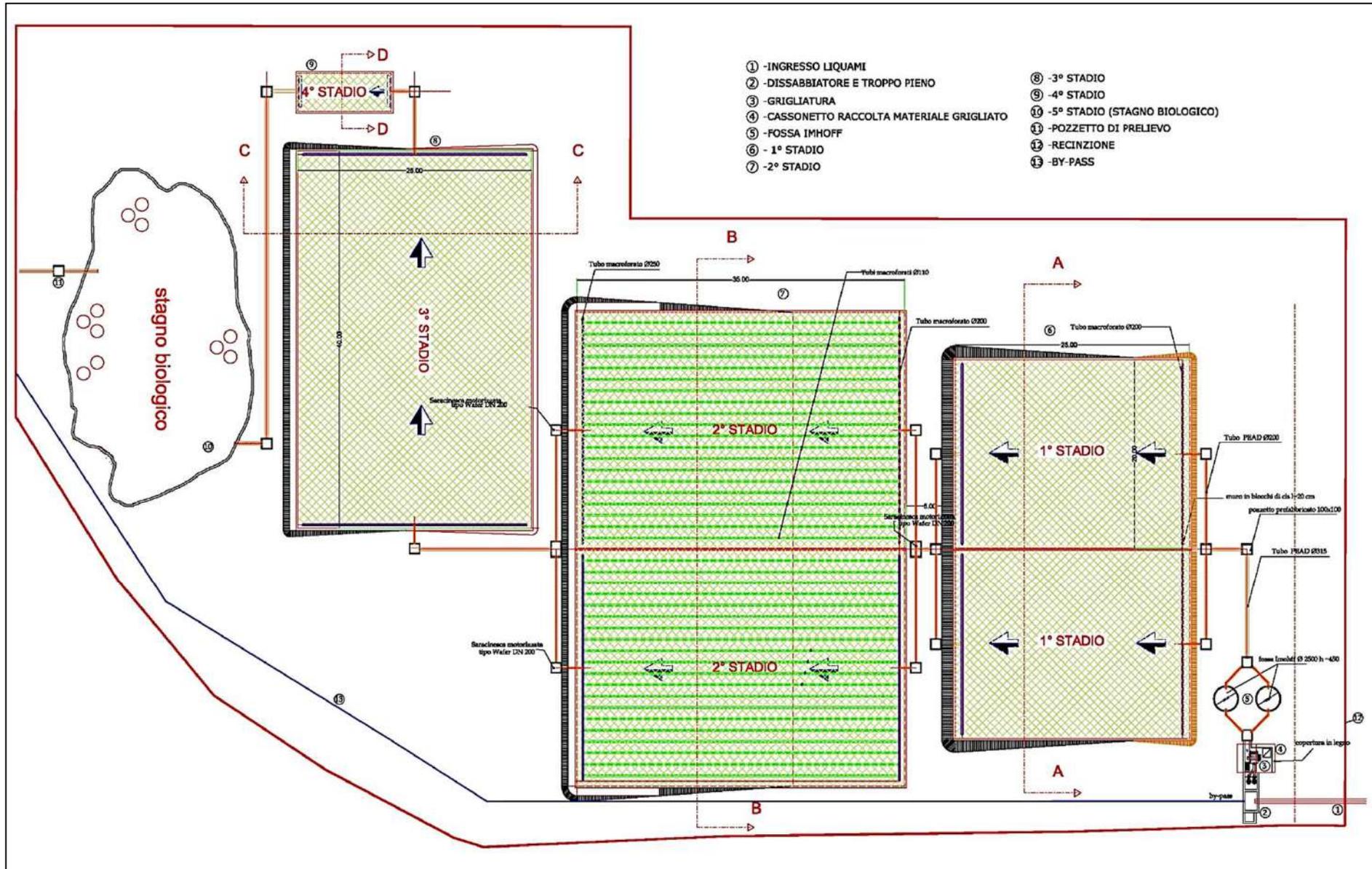
## Impianto secondario multistadio

Accordo di Programma Quadro – Delibera CIPE 84/2000



**Lino Ruggieri**

# Fitodepuratore Pettorano sul Gizio



Lino Ruggieri

# Fitodepuratore Pettorano sul Gizio



Lino Ruggieri

# Fitodepuratore Pettorano sul Gizio

STADI			AREA (m <sup>2</sup> )	
I Stadio (hSSF1 +hSSF2)			1000	
II Stadio (vSSF3+vSSF4)			1750	
III Stadio (hSSF5)			1000	
IV Stadio ( Zeoliti)			40	
V Stadio ( FWS – Stagno biologico)			500	
SUPERFICIE (m <sup>2</sup> x AE)	hSSF	vSSF	FWS	Totale
	2	1,75	0,5	4,25

Lino Ruggieri

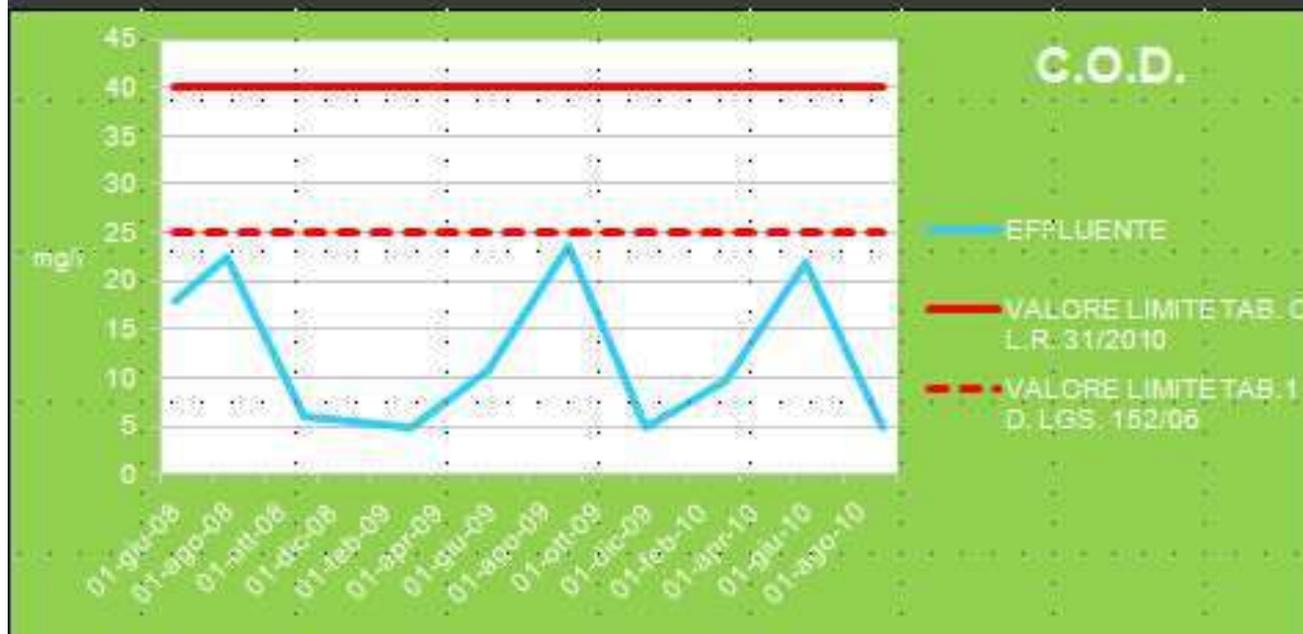
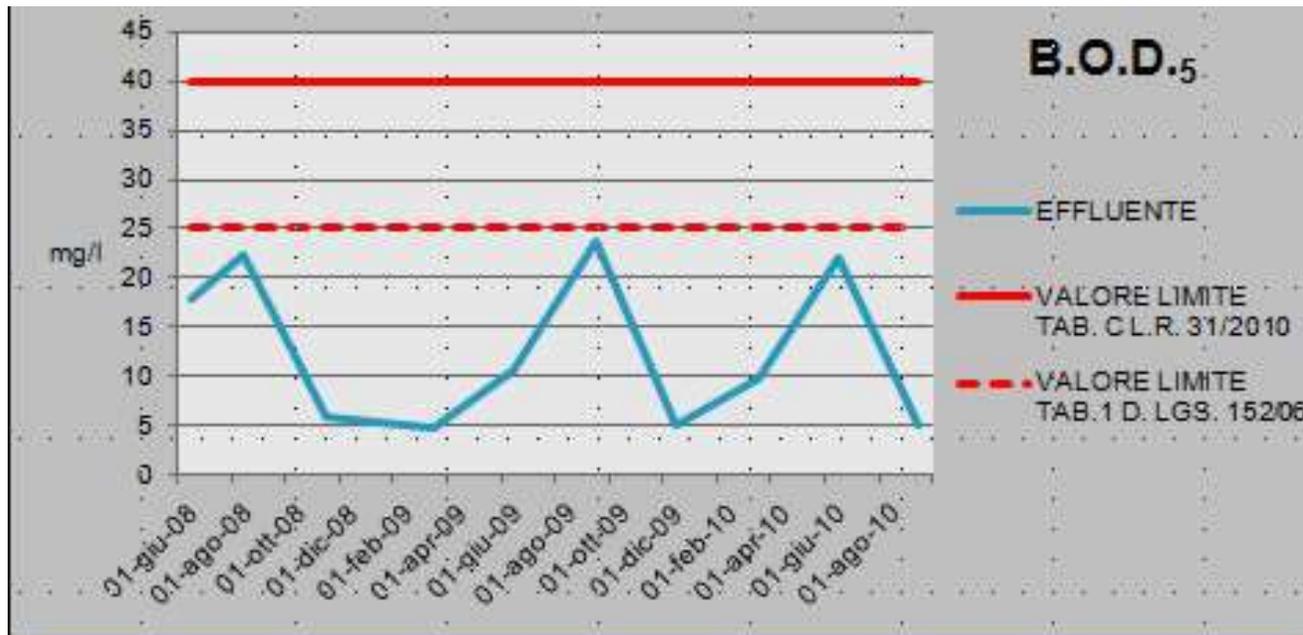
# Fitodepuratore Pettorano sul Gizio



**Lino Ruggieri**

# Efficienza depurativa (Pettorano)

Lino Ruggieri

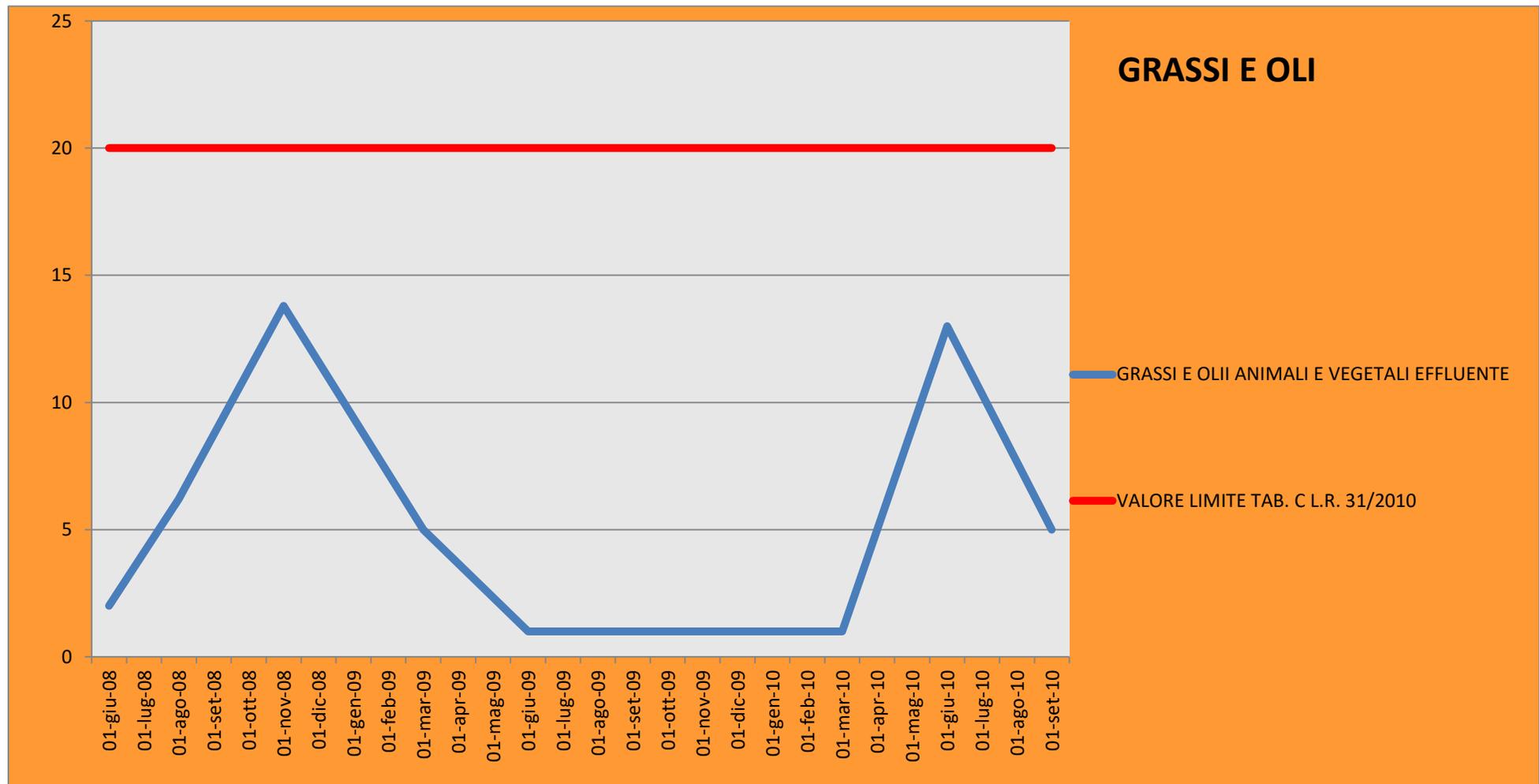


**Domanda Biochimica di Ossigeno**, è la quantità di  $O_2$  ( $mgO_2/L$ ) che viene utilizzata in 5 giorni dai microorganismi aerobi per decomporre (ossidare) al buio e alla temperatura di  $20\text{ }^\circ\text{C}$  le sostanze organiche presenti in un litro d'acqua o di soluzione acquosa.

**Domanda Chimica di Ossigeno**.

Il suo valore, espresso in milligrammi di ossigeno per litro ( $mgO_2/L$ ), rappresenta la quantità di ossigeno necessaria per la completa ossidazione per via chimica dei composti organici ed inorganici presenti in un campione di acqua.

# Efficienza depurativa (Pettorano)



Lino Ruggieri

# Abbattimento carica batterica

È stato dimostrato che i protozoi ciliati migliorano la qualità dell'effluente attraverso la predazione della maggior parte dei batteri dispersi nella miscela areata che continuamente entrano nel sistema con il liquame (Curds et al., 1968).

**In assenza di ciliati, infatti, l'effluente del sistema è caratterizzato da BOD più elevato e da alta torbidità, per la presenza di molti batteri dispersi.**

# Fitodepuratore Pettorano sul Gizio

(dati ARTA)

PARAMETRI	marzo 2014	marzo 2015	marzo 2016	aprile 2016*
SST	4	2	<2	35
BOD <sub>5</sub>	11	2	4	4
COD	23	10	19	16
Azoto Amm.				
A. Nitroso				
A. Nitrico				
Fosforo totale				
Escherichia coli				conforme

Lino Ruggieri

# Fitodepuratore Pettorano sul Gizio



**Lino Ruggieri**

# Fitodepuratore Pettorano sul Gizio



**Federico Boccalaro**

# Fitodepuratore Pettorano sul Gizio



# Fitodepuratore Pettorano sul Gizio



Federico Boccalaro

# Fitodepuratore Pettorano sul Gizio



# Fitodepuratore Pettorano sul Gizio



Federico Boccalaro

# Fitodepuratore Pettorano sul Gizio



Federico Boccalaro

# Fitodepuratore Pettorano sul Gizio



Federico Boccalaro

# Fitodepuratore Pettorano sul Gizio



Federico Boccalaro

# Fitodepuratore Pettorano sul Gizio



Federico Boccalaro

# Ingegneria Naturalistica lacuale

## Aspetti di conservazione e gestione

I laghi vulcanici, ecosistemi così complessi e di elevata valenza naturalistica, celano dietro un apparente stato di quiete, forse legato alle loro calme acque di antica genesi, tutta una serie di **problemi** che minano progressivamente i delicati equilibri che li sostengono.

È solo in tempi relativamente recenti, infatti, che l'uomo e le sue regole sociali hanno scoperto e cominciato a **sfruttare** in maniera incondizionata questi ambienti.

Nonostante le forme di protezione che nell'ultimo decennio sono state istituite per questi biotopi, gli specchi lacustri e le aree circostanti sono ancora soggette ad una **gestione poco eco-compatibile**, in cui progressive e inarrestabili alterazioni del territorio vengono portate avanti con pesanti conseguenze sulla qualità delle acque e sull'integrità ecologica di questi bacini.

# Ingegneria Naturalistica lacuale

## Aspetti di conservazione e gestione

Le **minacce** provengono da diversi settori produttivi, quali ad esempio **edilizia, agricoltura, zootecnia e turismo**, che con il loro rapido sviluppo hanno modificato e stravolto le originarie vocazioni del territorio, alterando profondamente le zone litorali dei laghi e apportando consistenti carichi inquinanti nelle acque.

I **monitoraggi**, ormai su serie di dati pluriennali, dimostrano nella maggior parte dei casi un progressivo peggioramento delle condizioni ambientali, con profonde alterazioni delle comunità biologiche a seguito di stress chimico-fisici (come eccesso di nutrienti e anossia).

Vengono di seguito elencate le **problematiche** che interessano da vicino questi ambienti, con la speranza che in futuro la loro salvaguardia possa essere garantita attraverso politiche di gestione corrette e rispettose del patrimonio unico ed insostituibile che essi rappresentano per il nostro paese.

# Ingegneria Naturalistica lacuale

## Aspetti di conservazione e gestione

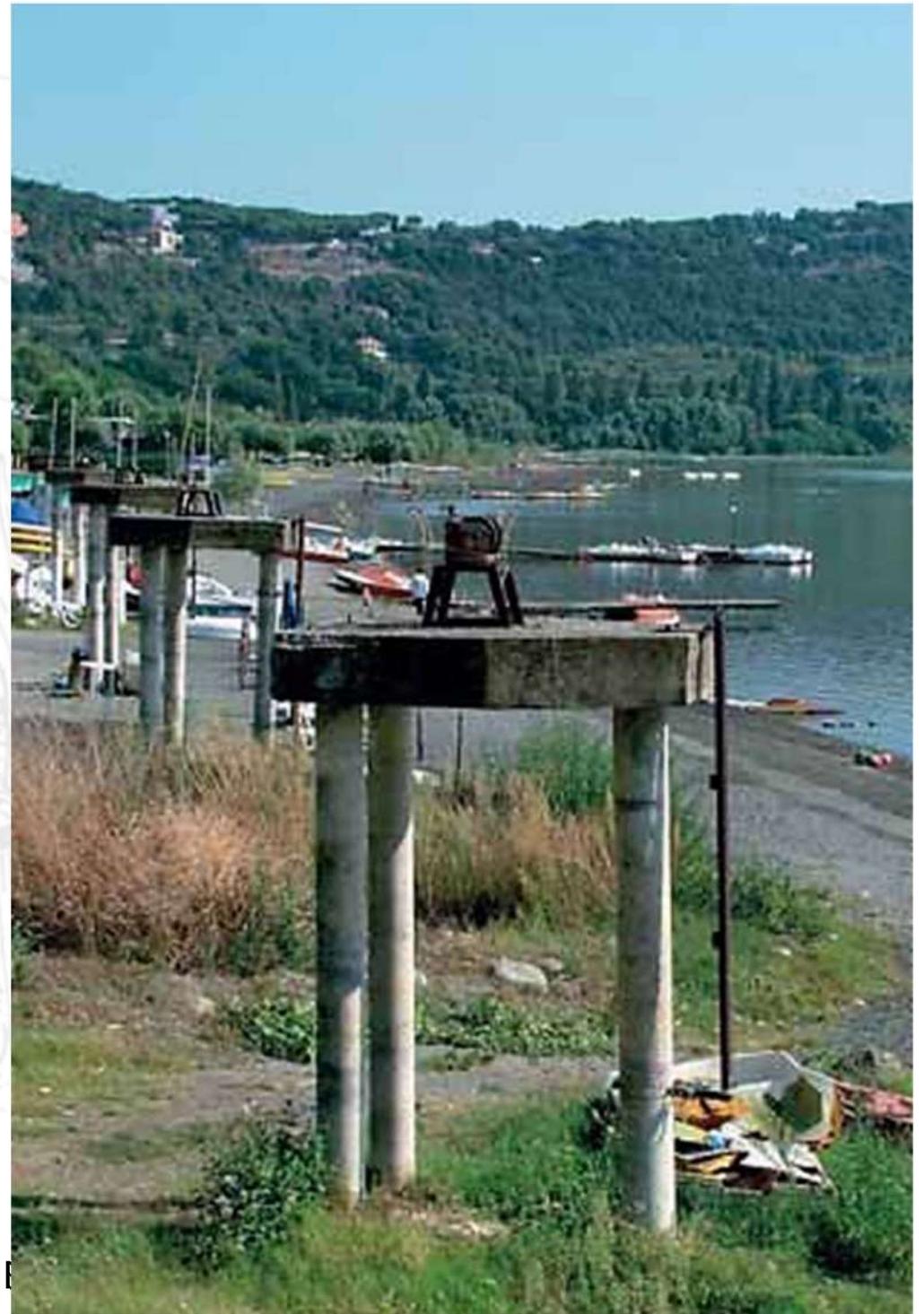


Antropizzazione delle rive  
Emungimenti  
Eutrofizzazione  
Pressione alienica

**Figura** - *Laghi di Nemi e Albano (Lazio) circondati da aree fortemente antropizzate ()*



**Figura** - Diminuzione del livello delle acque del Lago Albano (Lazio): negli anni '50 le imbarcazioni per le gare sportive venivano attraccate alla sommità dei piloni in cemento (da Fabio Stoch)



# Ingegneria Naturalistica per le acque interne

## Riqualificazione del laghetto del Paì (BS)

Interventi di ripristino hanno conferito un nuovo aspetto all'area del laghetto del Paì, nel territorio della Franciacorta

Tecniche di **ingegneria naturalistica** mirate al paesaggio e alla funzionalità hanno trasformato uno spazio degradato in **giardino rurale**. La riqualificazione dell'area del laghetto del Paì è un raro esempio in Italia di opera realizzata a seguito di un concorso per la progettazione preliminare, bandito nel 2001 dal Comune di **Cazzago San Martino**, nel bresciano.

L'idea iniziale, che aveva convinto a proporre una soluzione in cui forma e tecnica si bilanciassero e integrassero, è stata ulteriormente avvalorata dalla recente realizzazione.

# Ingegneria Naturalistica per le acque interne

## Riqualficazione del laghetto del Paì (BS)

La considerazione successiva è che riqualficare uno spazio come il Paì, di cui è stata mantenuta e integrata la **funzione originale**, consiste nella "**riqualificazione del paesaggio moderno**".

Si tratta infatti di un intervento che **recupera** uno stato "esistente" di recente formazione, con lo scopo di restituire al territorio un lembo di paesaggio perduto.

L'intervento del Paì non consiste in un *maquillage* paesaggistico, ma interpreta esigenze naturalistiche e di mantenimento della memoria territoriale, spesso in luoghi ameni e talvolta inaspettati.

# Ingegneria Naturalistica per le acque interne

## Riqualificazione del laghetto del Paì (BS)

Da spazio tecnico a giardino rurale

L'occasione del Concorso di riqualificazione del laghetto del Paì ha portato a considerare gli aspetti più generali legati al territorio della **Franciacorta**. In particolare, grazie all'analisi paesaggistica e territoriale, evidenziata anche con le tavole di progetto, emerge come un sito di superficie ridotta sia fortemente coinvolto dalle strategie di gestione e programmazione delle risorse in un ambito a più vasta scala.

L'area oggetto del concorso è situata a Cazzago San Martino, frazione di **Bornato**, in provincia di Brescia. La riqualificazione del bacino idrico aveva l'obiettivo di rendere fruibile lo spazio e poneva il problema di come risolvere la **regimazione idrica** di un lago realizzato essenzialmente per risolvere problemi esondativi e di recapito delle acque del **torrente Longherone**.

# Ingegneria Naturalistica per le acque interne

## Riqualficazione del laghetto del Paì (BS)

Agli inizi del '900, il bacino disponeva di un alveo semi rettangolare connesso a un'area di spaglio (risalente alla fine del '500), **vaso di espansione** naturale-artificiale del torrente.

Il lago riceveva le acque del bacino del Longherone, lungo il cui corso affacciano cinque comuni e, più recentemente, da un **troppo pieno** più a Nord, sulla rete di scarico delle **acque fognarie** del comune di Bornato.

Ciò implicava la permanenza nel Paì degli **inquinanti** presenti nel torrente e delle acque di superficie dello scolmatore idrico.

# Ingegneria Naturalistica per le acque interne

## Riqualificazione del laghetto del Pai (BS)

Il Longherone risulta l'unico immissario del lago e l'andamento fortemente stagionale, con il conseguente e proporzionale aumento delle concentrazioni di inquinanti, ha portato a un progressivo stato di **degrado** dell'ambiente circostante.

L'individuazione di varie cause dell'alterazione del corso d'acqua, tra cui l'immissione di acque di scarico di alcuni depuratori posti lungo il percorso, ha reso necessario riflettere sui temi relativi alla riqualificazione ambientale della **valle del Longherone**.

# Ingegneria Naturalistica per le acque interne

## Riqualficazione del laghetto del Pai (BS)

### Scheda tecnica

**Luogo:** Cazzago San Martino (BS)

**Periodo di realizzazione** del primo lotto: gennaio-maggio 2004

**Progettisti:** Silvia Calatroni, architetto, Andrea Cassone, architetto, Giulia Gatti, architetto, Francesca Oggioni, agronomo, Alessandro Trivelli, architetto

**Direzione lavori:** Silvia Calatroni, architetto, Francesca Oggioni, agronomo

**Coordinatore per la sicurezza:** Alessandro Trivelli, architetto

**Committente:** Comune di Cazzago San Martino (BS)

**Impresa costruttrice:** Cama, Floridia (SR)

**Subappalto:** Ecotecnica Valtrumpina - Gardone Val Trompia (BS)

**Costo di realizzazione:** 165.000,00 €

# Ingegneria Naturalistica per le acque interne

## Riqualificazione del laghetto del Paì (BS)

### Progetto di recupero

La riqualificazione del laghetto del Paì va sicuramente inserita nell'ambito di progetto comprendente il **territorio** nella complessità, altrimenti risulterebbe un caso isolato, destinato a esaurire i benefici introdotti.

Realizzato prima per il primo lotto e in seguito per il secondo, l'opera consiste nella verifica, nello sviluppo e nell'affinamento delle soluzioni proposte in fase di concorso e nel **progetto preliminare**.

**Figura** - visibile degrado del bacino prima dei lavori da inquinamento pregresso, legato all'impiego di pesticidi in agricoltura (da Francesca Oggioni, 2004)



nov. '20

Federico Boccalaro

237

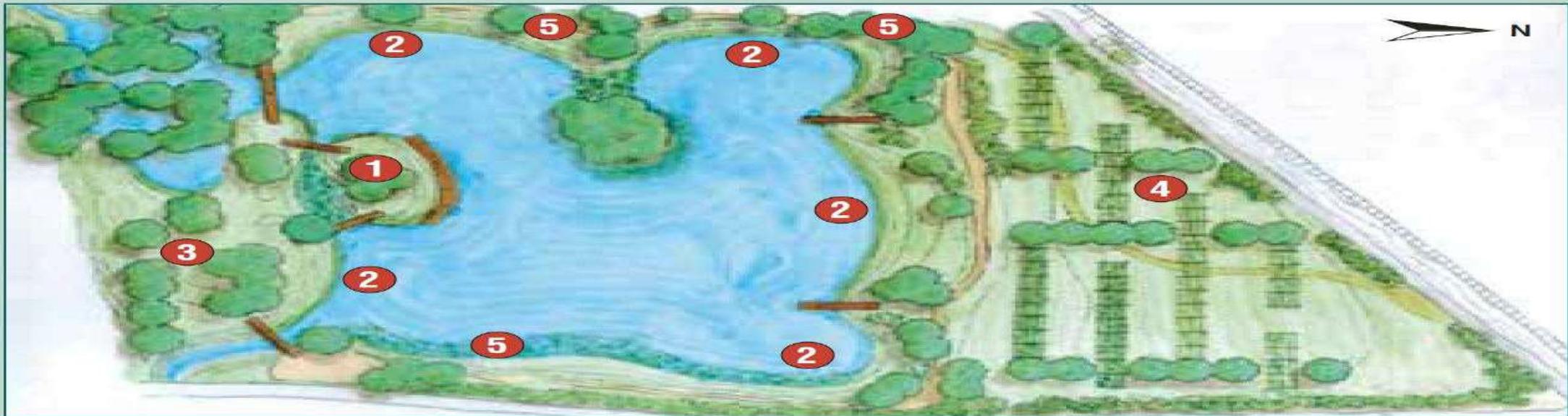
**Figura** - *il laghetto del Pai in seguito alla rinaturalizzazione ()*



nov. '20

238

## PLANIMETRIA DELL'AREA E LOCALIZZAZIONE DEI NUOVI ELEMENTI



Elementi introdotti nel progetto: la nuova isola (1); le sponde sagomate (2); il parziale interrimento dell'area di spaglio (3); le pergole (4); i nuovi impianti a verde (5).

## PLANIMETRIA DELL'AREA E LOCALIZZAZIONE DEI NUOVI ELEMENTI



Elementi introdotti nel progetto: la nuova isola (1); le sponde sagomate (2); il parziale interrimento dell'area di spaglio (3); le pergole (4); i nuovi impianti a verde (5).

# Ingegneria Naturalistica per le acque interne

## Riqualificazione del laghetto del Pai (BS)

### Progetto di recupero - Obiettivi e soluzioni

Riqualificare paesaggisticamente e funzionalmente il sito sono gli obiettivi principali del progetto che vengono perseguiti attraverso le seguenti **azioni** mirate.

**Riqualificazione paesaggistica** - Viene perseguita attraverso la formazione di una sola area di bacino, intervenendo in modo da alterare solo in parte la forma originale, i suoi valori paesaggistici e la memoria a essi legata. Si integra la **vegetazione esistente** (sfoltita e curata) e si inserisce nella parte a nord del bacino (secondo lotto) un impianto compositivo geometrico con le caratteristiche del **paesaggio antico** (rurale) e moderno.

# Ingegneria Naturalistica per le acque interne

## Riqualificazione del laghetto del Pai (BS)

Progetto di recupero - Obiettivi e soluzioni

**Riqualificazione funzionale** - Viene garantita attraverso:

1. la riqualificazione di **sponde** e argini, resi **fruibili** e percorribili;
2. il ripristino dell'**area di spaglio** del Longherone mediante il collegamento con il bacino e il suo parziale interramento;
3. l'allestimento di **strutture**, ponti e pontili, realizzate con materiali naturali, per una fruizione più agevole.

Da molti punti di vista, per ottenere gli obiettivi prefissati, è risultato necessario l'impiego di tecniche innovative per l'ambiente padano, come l'**ingegneria naturalistica**. Sono, quindi, stati individuati i seguenti strumenti:

# Ingegneria Naturalistica per le acque interne

## Riqualficazione del laghetto del Pai (BS)

### Progetto di recupero - Obiettivi e soluzioni

- utilizzo di tecniche di sistemazione ambientale a **basso impatto**, compatibili con il tipo di intervento richiesto;
- agevolazione della **manutenzione** dell'area e della gestione a breve e a lungo termine;
- regolazione della **regimazione idrica**;
- controllo del **microclima**.

Le immagini relative allo stato di fatto e alla situazione di progetto rivelano che le nuove geometrie del lago non si discostano molto dalla forma passata, "ammorbidita" e resa più "idrodinamica" anche grazie alla rimozione parziale della penisola centrale. In tale area il piano del terreno è stato tenuto 20 cm sotto il livello dell'acqua e sono stati impiantati **culmi** e **rizomi** in modo che il flusso d'acqua passante potesse essere riossigenato dall'azione **fitodepurante** vegetativa.

# Ingegneria Naturalistica per le acque interne

## Riqualficazione del laghetto del Pai (BS)

### Progetto di recupero - Obiettivi e soluzioni

Là dove la velocità dell'acqua si è ipotizzata più bassa sono state realizzate opere simili. Il ridisegno del bacino, arricchito e articolato dalla formazione di **isole artificiali**, la razionalizzazione dell'attuale **area di spaglio**, con interventi volti a integrarne una parte nel bacino stesso, e il recupero della **fruibilità**, valorizzandone le peculiarità ambientali (vegetazione esistente), configurano l'ambiente come uno nuovo spazio, simile al precedente, ma con un **valore paesaggistico** profondamente modificato.

La completa risistemazione delle rive, articolate in sponde a **prato**, a **vegetazione lacustre**, o rialzate con interventi di **ingegneria naturalistica** e **argini** attrezzati per la percorribilità, permette un'estesa fruibilità dell'area, consentendo l'accessibilità e la permanenza in un "luogo" caratterizzato da elementi vegetazionali.

# Ingegneria Naturalistica per le acque interne

## Riqualficazione del laghetto del Pai (BS)

Progetto di recupero - Obiettivi e soluzioni

La **rinaturalizzazione del sito**, con estesi interventi di impianti di vegetazione nuova e di sfoltimento e cura di quella esistente, con la futura formazione di verde ornamentale mediante l'impianto di filari di **gelsi**, intersecati perpendicolarmente da **pergole di vite** (nel secondo lotto) ha reso l'ambiente gradevole come un **giardino rurale**.

**Figura** - sponda con impianto di culmi e rizomi (da Francesca Oggioni, 2004)



**Figura** - *l'area di spaglio con i platani* (da Francesca Oggioni, 2004)



**Figura** - *area di spaglio del Longherone* (da Francesca Oggioni, 2004)



**Figura** - *i nuovi ponti di collegamento con l'isola e la piattaforma*  
(da Francesca Oggioni, 2004)



**Figura** - *impianto di vitigno a pergoletta* (da Comavit, 2019)



# Ingegneria Naturalistica per le acque interne

## Riqualficazione del laghetto del Pai (BS)

### Le tecniche applicate

Grazie all'**ingegneria naturalistica** è possibile realizzare gli obiettivi prefissati dal progetto di rinaturalizzazione del laghetto del Pai.

Le tecniche utilizzate per il sostegno delle sponde, soprattutto quelle di nuova **sagomatura**, hanno l'obiettivo di coniugare l'azione **stabilizzatrice** con quella **estetico-percettiva** e **naturalistica**, proponendo un ambiente il più possibile naturale, soprattutto in corrispondenza dei punti di maggiore interesse, e quindi di fruizione più intensa (effetto sfondo, paesaggio acquatico, ecc.). Sono impiegate le seguenti tecniche.

# Ingegneria Naturalistica per le acque interne

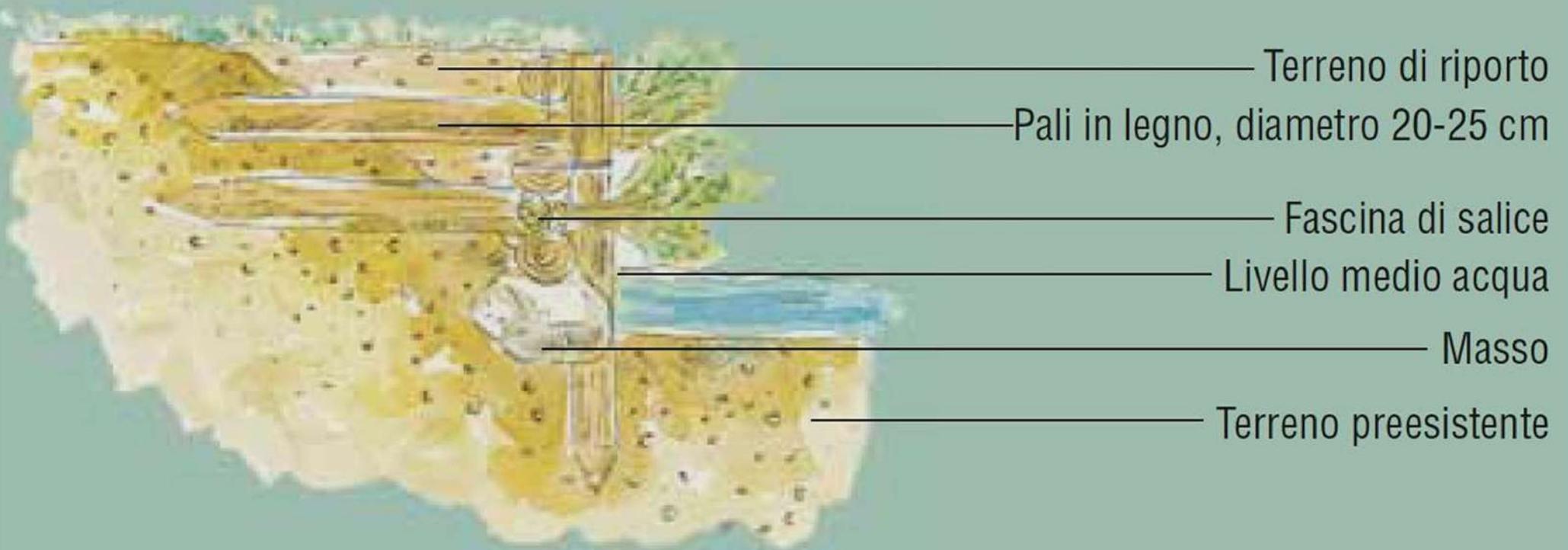
## Riqualficazione del laghetto del Pai (BS)

### Le tecniche applicate

**Palificata viva spondale a una parete** (vedi **figura**). Impiegando legno di larice o di stagno, sono stati costruiti 248 metri palificata semplice. I pali hanno diametro 18-20 cm e i montanti sono lunghi 1,5 m. Tra i due ordini successivi di correnti (i due pali orizzontali della struttura) sono state inserite, nella parte più a contatto con l'acqua, fascine di salice, impiegando nella parte bassa, esclusivamente specie a portamento arbustivo, che non danneggiano la struttura della palificata, e nella parte alta, al di fuori della portata massima, talee di salice (*Salix purpurea*, *Salix nigricans*, *Salix cinerea*). La necessità di realizzare **palificate doppie** si è verificata soprattutto nelle parti di nuova sponda, dove cioè la sagomatura del corso d'acqua rendeva necessaria la creazione di nuovi meandri.

**Figura** - *palificata viva spondale a una parete* (da Francesca Oggioni, 2004)

**FIGURA 1 - PALIFICATA VIVA SPONDALE A UNA PARETE**



**Figura** - *la sagomatura delle sponde con le opere di ingegneria naturalistica (da Francesca Oggioni, 2004)*



**Figura** - *la palificata viva spondale con le fascine di salice e i pali in legno*  
(da Francesca Oggionni, 2004)



**Figura** - *Salice rosso (Salix purpurea)* (da F. Boccalaro, 2009)



# Ingegneria Naturalistica per le acque interne

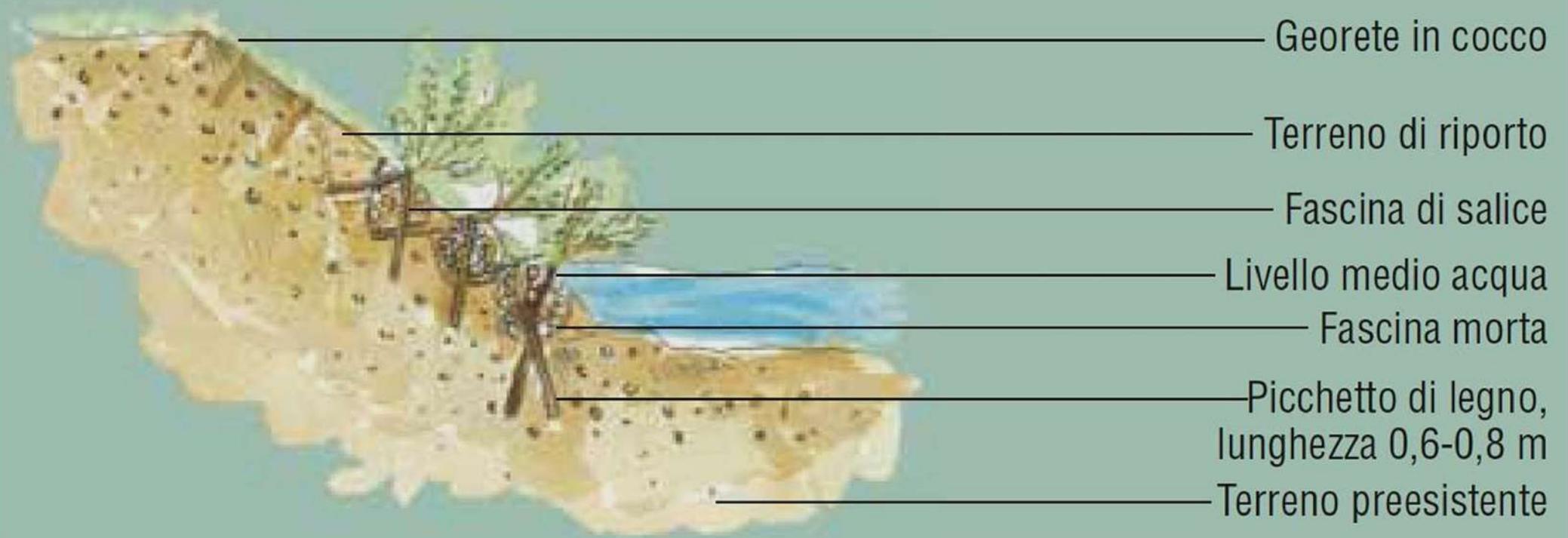
## Riqualficazione del laghetto del Pai (BS)

### Le tecniche applicate

**Ribalta viva** (vedi **figura**). Ne sono stati realizzati 234 metri quadrati. Questa tecnica è stata utilizzata per ottenere una pendenza spondale di circa  $35^\circ$ , con impianti di nuova vegetazione per oltre 60 cm di dislivello. L'oscillazione delle acque del lago può, infatti, andare a erodere in modo considerevole la sponda, che necessita di un'opera più complessa rispetto alla semplice fascinata viva spondale. La ribalta viva è stata realizzata sovrapponendo tre fascine e due gradonate.

**Figura** - *ribalta viva con georete in cocco* (da Francesca Oggioni, 2004)

**FIGURA 2 - RIBALTA VIVA CON GEORETE IN COCCO**



# Ingegneria Naturalistica per le acque interne

## Riqualficazione del laghetto del Pai (BS)

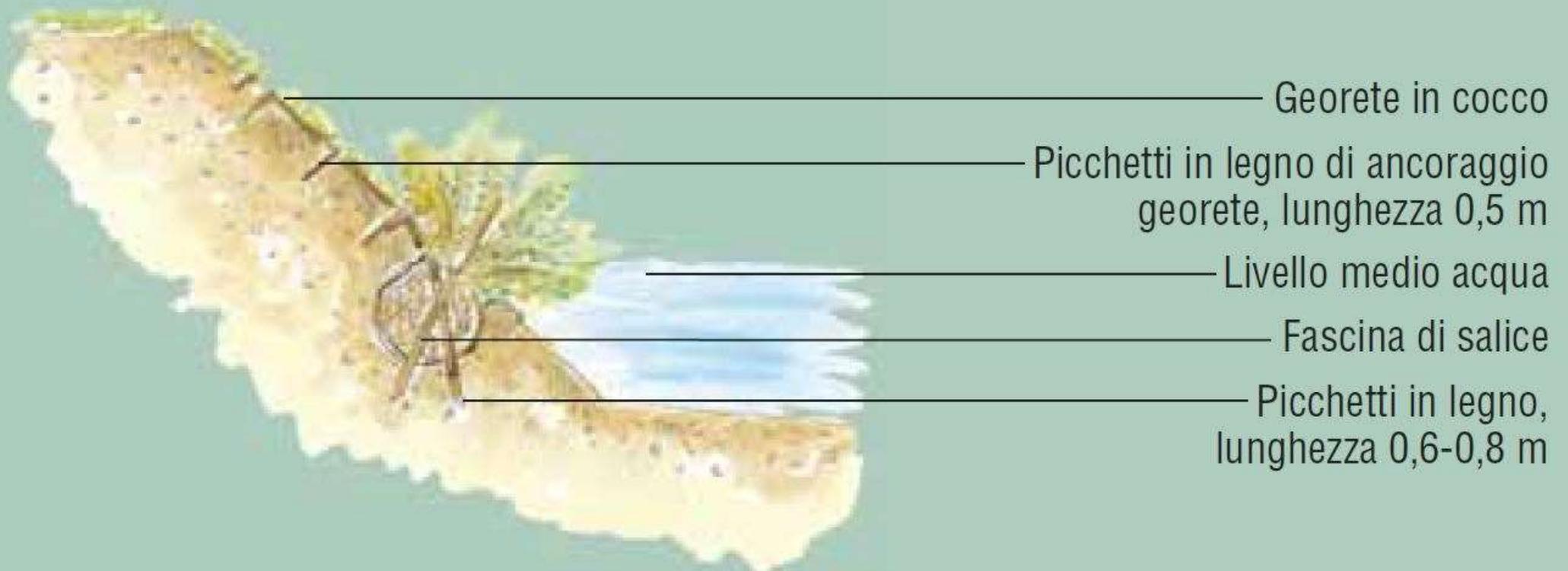
### Le tecniche applicate

**Fascinata viva spondale** (vedi **figura**). Ne sono stati realizzati 33 metri. La sponda in alcuni tratti presentava pendenze modeste, inferiori a  $30^\circ$  e la relativa opera di sistemazione è stata ubicata alla quota media del lago, punto più sensibile. Le fascine realizzate con astoni di salice hanno diametro di circa 30 cm. Data la migliore capacità di radicazione delle talee di diametro di 4-5 cm è stato richiesto di impiegare materiale vivo che rispondesse a tale richiesta.

**Biorivestimento.** Al di sopra della ribalta e della fascina è stata affrancata una stuoia di cocco di peso 750 g/mq. Ne sono state impiegate complessivamente 420 metri quadrati.

**Figura** - *fascinata spondale con georete in cocco* (da Francesca Oggioni, 2004)

**FIGURA 3 - FASCINATA SPONDALE CON GEORETE IN COCCO**



# Ingegneria Naturalistica per le acque interne

## Riqualficazione del laghetto del Pai (BS)

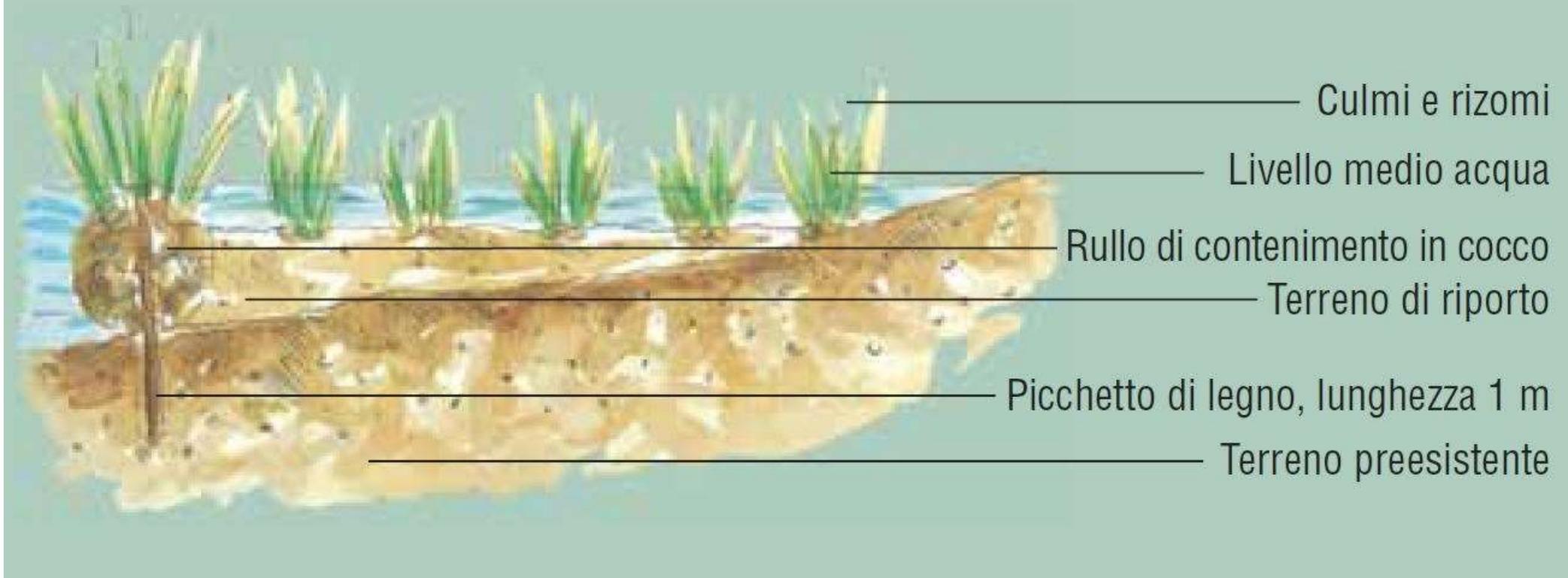
### Le tecniche applicate

**Impianto di culmi e rizomi** (vedi **figura**). Sono stati previsti 440 metri quadrati di impianto di culmi e rizomi con una densità di 6-8 piante/m<sup>2</sup>. Le specie impiegate sono: *Carex acutiformis* (Carice tagliente), *Carex gracilis* (Carice palustre), *Carex riparia* (Carice riparia), *Typha latifolia* (Tifa), *Iris pseudacorus* (Giaggiolo acquatico), *Phragmites communis* (Cannuccia di palude).

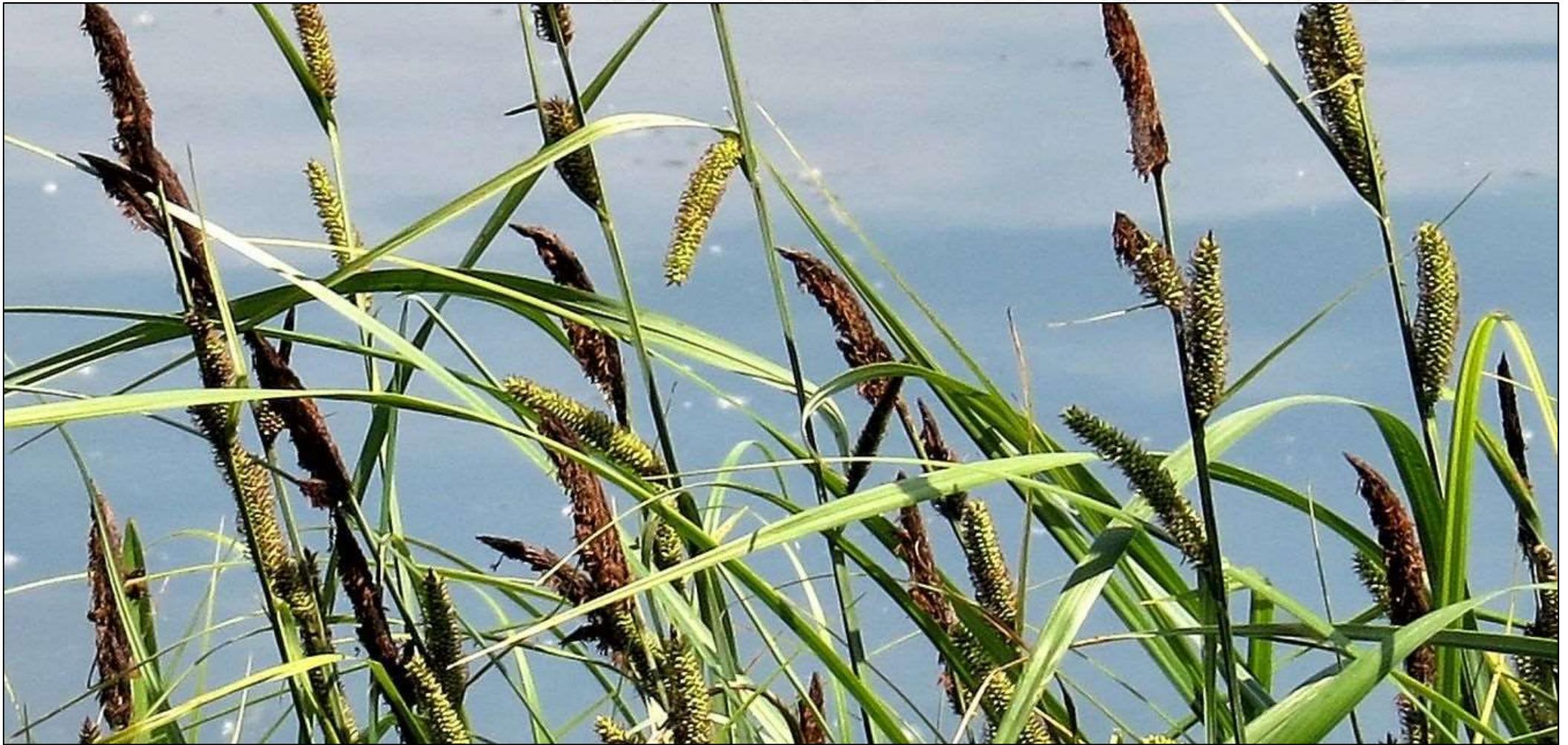
L'impiego di specie di sponda è stato associato all'uso del rullo di cocco di diametro 40 cm, affrancato al terreno mediante paletti lunghi 1-1,5 m e di diametro di 8 cm. In questo modo è stata possibile una sagomatura delle pendenze della sponda che altrimenti non sarebbe stata idonea all'insediamento di specie per acque poco profonde. Lo scopo, come descritto in precedenza, è quello di creare nuovi habitat, di sfruttare la capacità delle piante di sottrarre all'acqua nitrati e fosfati, conferendole una qualità migliore.

**Figura** - *impianto di culmi e rizomi con rullo di contenimento* (da Francesca Oggioni, 2004)

**FIGURA 4 - IMPIANTO DI CULMI E RIZOMI CON RULLO DI CONTENIMENTO**



**Figura** - *Carice riparia* (*Carex riparia*) (-)



**Figura** - *Tifa (Typha latifolia)* (-)



**Figura -**  
**Giaggiolo**  
**palustre**  
**(Iris**  
**pseudacorus)**  
**(da Mauro**  
**Iberite, 2007)**



**Figura** - *Cannuccia di palude (Phragmites australis)* (da Federico Boccalaro, 2017)



# Ingegneria Naturalistica per le acque interne

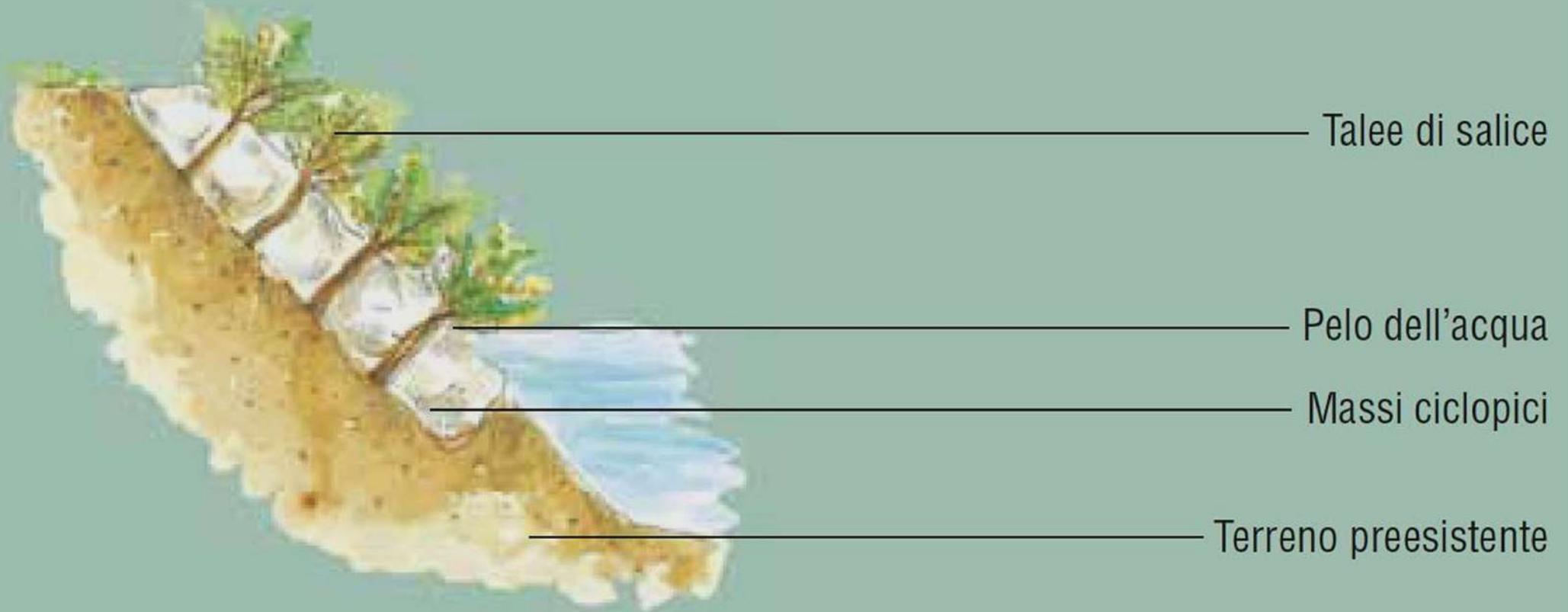
## Riqualficazione del laghetto del Pai (BS)

### Le tecniche applicate

**Scogliera rinverdita** (vedi **figura**). Sono stati realizzati 78 metri cubi di scogliera, nei punti dove, come previsto dal progetto definitivo del secondo lotto, sono stati costruiti due pontili in legno con caratteristiche pari a quelle degli altri manufatti già realizzati nella prima parte dei lavori. La scogliera è stata realizzata sagomando la sponda all'interno del lago. Sono stati impiegati massi di dimensione superiore a 0,6 m (> 1/4 mc) e intasati con terra. Il rinverdimento è garantito da talee di salice infisse nel terreno per almeno 30 cm.

**Figura** - *scogliera rinverdita* (da Francesca Oggioni, 2004)

**FIGURA 5 - SCOGLIERA RINVERDITA**



**Figura** - *la scogliera rinverdita con talee* (da Francesca Oggioni, 2004)



# Ingegneria Naturalistica per le acque interne

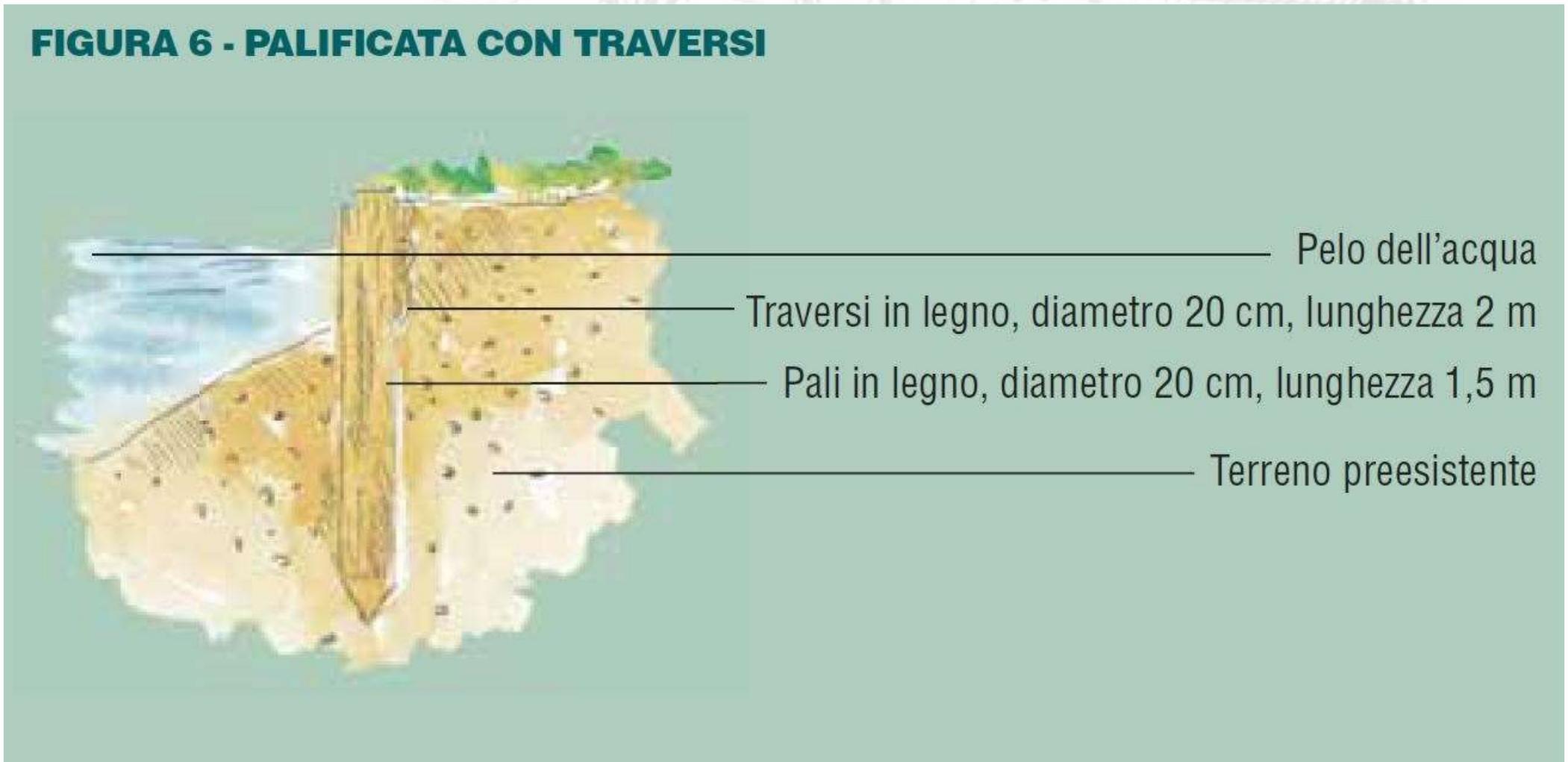
## Riqualficazione del laghetto del Pai (BS)

### Le tecniche applicate

**Palificata con traversi** (vedi **figura**). Sono stati realizzati 39 metri di sponda. Dato che su tre lati l'argine del lago sarà in buona parte inaccessibile per la presenza della vegetazione, si è ritenuto opportuno inserire un tratto di sponda libera, realizzata con un prato degradante fino al lago e limitata da una palificata di traversi (pali orizzontali) di larice.

**Figura** - *palificata con traversi* (da Francesca Oggioni, 2004)

**FIGURA 6 - PALIFICATA CON TRAVERSI**



# Ingegneria Naturalistica per le acque interne

## Riqualficazione del laghetto del Pai (BS)

### Il paesaggio restituito

Nella ricostituzione di una unità paesaggistica la configurazione di un ambiente integrato al contesto e al tempo stesso caratterizzato dalla capacità di rigenerarsi sono temi di estremo interesse per l'**architettura del paesaggio**. Nel progetto del Pai gli interventi più rilevanti paesaggisticamente sono l'inglobamento e l'interramento di parte dell' area di spaglio e la sua conseguente valorizzazione, il ridisegno delle sponde, la regolarizzazione dell'apparato vegetale esistente, e la fruibilità dell'area verde a Nord.

Nell'area di spaglio è stato inserito un **percorso ludico** in massi per proteggere le radici degli alberi dalla violenza delle acque e per consentire una passeggiata tra esemplari di platano particolarmente alti, seppure immersi nell'acqua.

**Figura** - *i nuovi ponti di collegamento con l'isola e la piattaforma*  
(da Francesca Oggioni, 2004)



# Ingegneria Naturalistica per le acque interne

## Riqualificazione del laghetto del Paì (BS)

### Il paesaggio restituito

La parte interrata è realizzata con uno strato di **terra di coltivo** in modo che il prato di accesso non abbia soluzione di continuità e consenta una sosta ombreggiata rivolta verso il Castello di Bornato.

Esteso e importante dal punto di vista paesaggistico risulta essere anche il progetto per la definizione del **secondo lotto**: su un' area del terreno dall'andamento regolare si collocheranno, ordinatamente e con direzione incrociata, filari di gelsi e viti. La particolarità di tale impianto - tecnicamente privo di particolari accorgimenti, se non quello dell' individuazione del miglior substrato colturale - è il riferimento alla tecnica di coltivazione della **vite a «pergoletta»** che renderà possibile e piacevole il passaggio e la sosta all' ombra della **vegetazione**. [La Pergola o "Pergoletta" Romagnola viene usata per consentire lo sviluppo verticale dei tralci di rinnovo. Nella potatura si lasciano da 2 a 4 tralci da posizionare orizzontalmente su cui si svilupperanno tra 10 e 15 gemme ciascuno.]

**Figura** - *impianto di vitigno a pergoletta* (da Comavit, 2019)



# Ingegneria Naturalistica costiera

## Ricostruzione di biotopi umidi a Pula (CA)

Un esempio di intervento su coste sabbiose riguarda un **biotopo umido** soggetto a pressione antropica presente nella **peschiera di Nora**, nel comune di Pula (provincia di Cagliari), in ambito ad acque salmastre di tipo **lagunare**, tipiche di tutte le aree costiere del cagliaritano.

La situazione idraulica di questo comprensorio richiedeva una serie di interventi di **regimazione della circolazione delle acque**, principalmente dragaggio dei fondali dei bacini e dei canali di comunicazione.

Uno dei principali inconvenienti che scaturiscono dalla realizzazione di queste opere (comunque necessarie per garantire la sopravvivenza di questi bacini), è il **reinsediamento paesaggistico dei materiali dragati** che occupano talvolta notevoli volumi ed alterano la morfologia e la continuità di *habitat* e faunistici, e il **consolidamento delle sponde di neoformazione** (vedi **figura**).

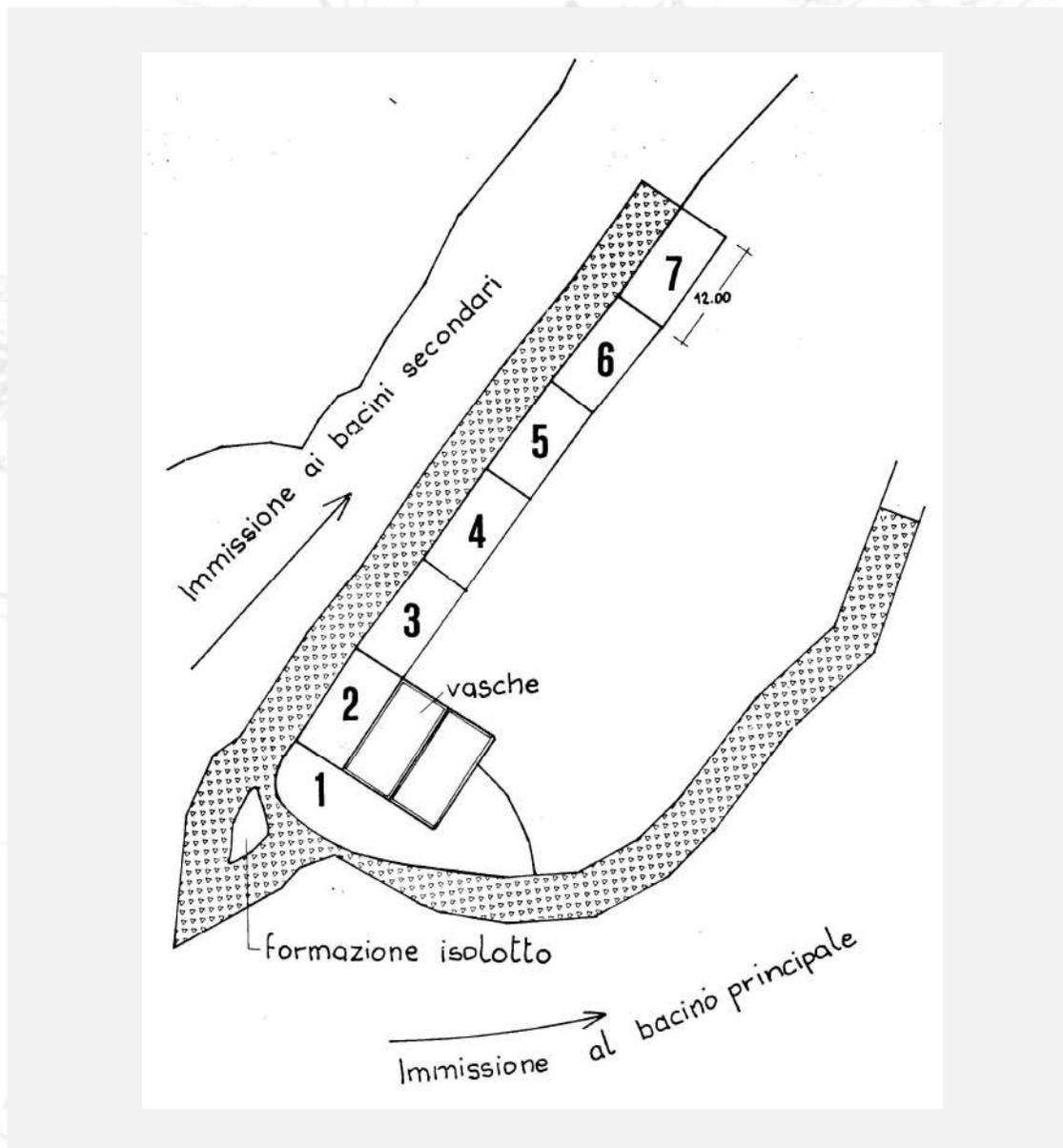
**Figura** - *Laguna di Nora (CA): veduta* (da F. Boccalaro, 1997)



**Figura** - *Laguna di Nora (CA)* (da F. Boccalaro, 1997)



**Figura** - Laguna di Nora (CA): planimetria degli interventi  
(da G. Sauli, 1997)



# Ingegneria Naturalistica costiera

## Ricostruzione di biotopi umidi a Pula (CA)

Le tecniche di **ingegneria naturalistica** impiegate sono state:

- 1 • argine in terrapieno naturale con **piantagione** di arbusti radicati di specie autoctone salso-resistenti;
- 2 • **rullo spondale** in geogriglia di poliestere e fascine;
- 3 • **materasso verde**;
- 4 • **argine in terra rinforzata** con rete metallica plastificata (vedi **figura**);
- 5 • **argine arretrato**;
- 6 • **rullo spondale** in rete metallica e georete tridimensionale sintetica (vedi **figura**). Il rullo è stato realizzato con rete zincata foderata da una stuoia tridimensionale in materiale plastico. Il tutto è stato riempito con materiale di risulta del dragaggio dei canali, fissato con pali di castagno e sul terzo superiore sono stati inseriti **rizomi** di specie igrofile;

# Ingegneria Naturalistica costiera

## Ricostruzione di biotopi umidi a Pula (CA)

7 • **palificata spondale semplice**. E' stata realizzata in legno di castagno di diametro 20-30 cm, riempito con inerte locale e con messa a dimora, nel fronte esterno fuori acqua, di fascine di tamerici, di arbusti e suffrutici autoctoni quali *Atriplex halimus* ed altri (vedi **figura**).

Su tutte le superfici piane, in scarpata e sulle sponde arginali che sono state rimaneggiate nel corso dei lavori, incluse quelle con rivestimenti antierosivi in biofeltri, materassi ed altro, è stata eseguita una **semina manuale** a spaglio.

Le risultanze degli interventi, eseguiti nel corso del 1996, sono state immediate per quanto riguarda il consolidamento spondale, dato l'impiego di parti strutturali, mentre per quanto riguarda la **rivegetazione**, si è dovuto attendere qualche ciclo vegetativo.

## Figura - Argine in terra rinforzata (da G. Sauli, 1997)

SEZ. TIPO - Zona 4

ARGINE IN TERRA RINFORZATA

1. RIPORTO MATERIALI DI DRAGAGGIO PER FORMAZIONE ARGINE
2. RETE METALLICA ZINCATA E PLASTIFICATA CON BARRE DI RINFORZO
3. BIGFELTRO IN COCCO
4. RIEMPIMENTO CON INERTE LIMOSO/SABBIOSO LOCALE DA DRAGAGGIO
5. COTICO ERBOSO DA SEMINA
6. MESSA A DIMORA DI CESPI E PIANTE IN VASETTO
7. PALETTI IN LEGNO

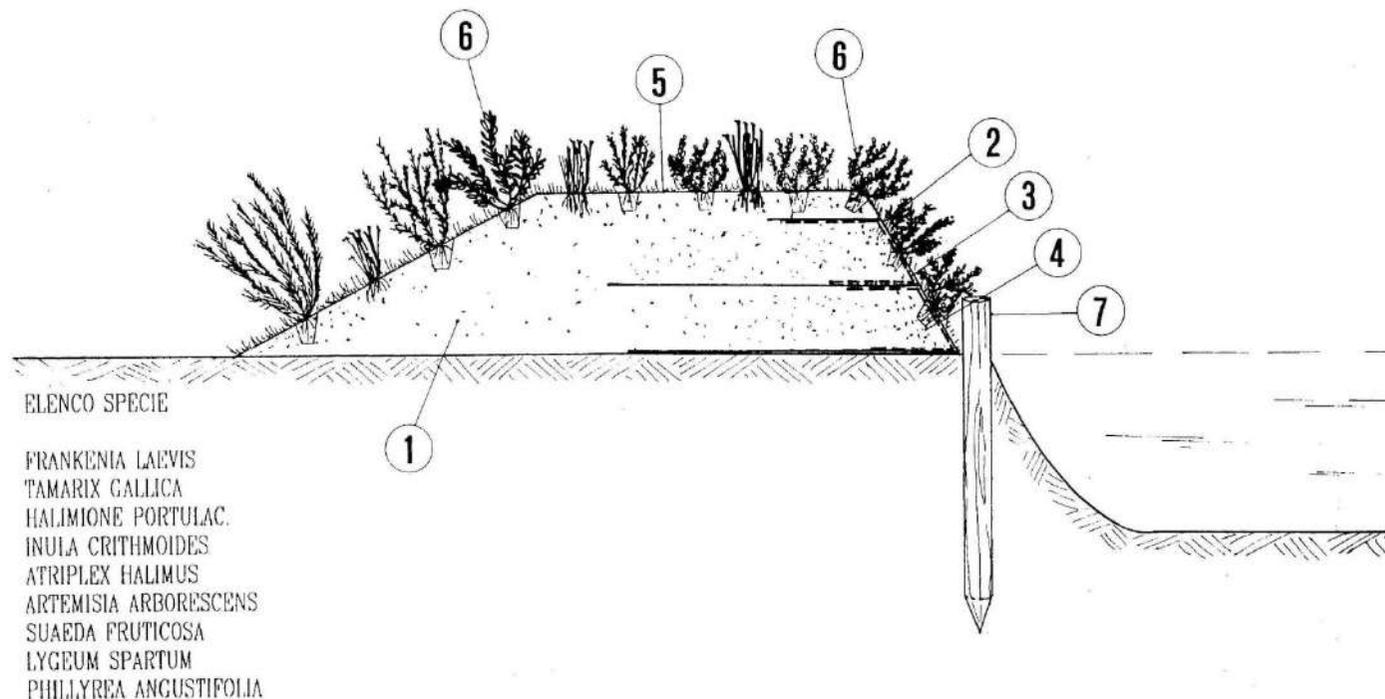


FIG. 7

**Figura** - *Laguna di Nora (CA): particolare del rivestimento in rete metallica e biorete (da F. Boccalaro, 1997)*



# Figura - Rullo in rete metallica e stuoia sintetica (da G. Sauli, 1997)

SEZ. TIPO - Zona 6

INTERVENTO CON RULLO IN RETE METALLICA  
E STUOIA SINTETICA

1. RIPORTO MATERIALI DI DRAGAGGIO PER FORMAZIONE ARGINE
2. RULLO CILINDRICO IN RETE METALLICA E STUOIA SINTETICA
3. PANI DI FRAGMITE E GIUNCO
4. FASCINA VIVA DI TAMARIX SP.PL.
5. RIEMPIMENTO CON INERTE LIMOSO/SABBIOSO LOCALE DA DRAGAGGIO
6. PALETTI IN LEGNO
7. MESSA A DIMORA DI CESPI E PIANTE IN VASETTO
8. COTICO ERBOSO DA SEMINA

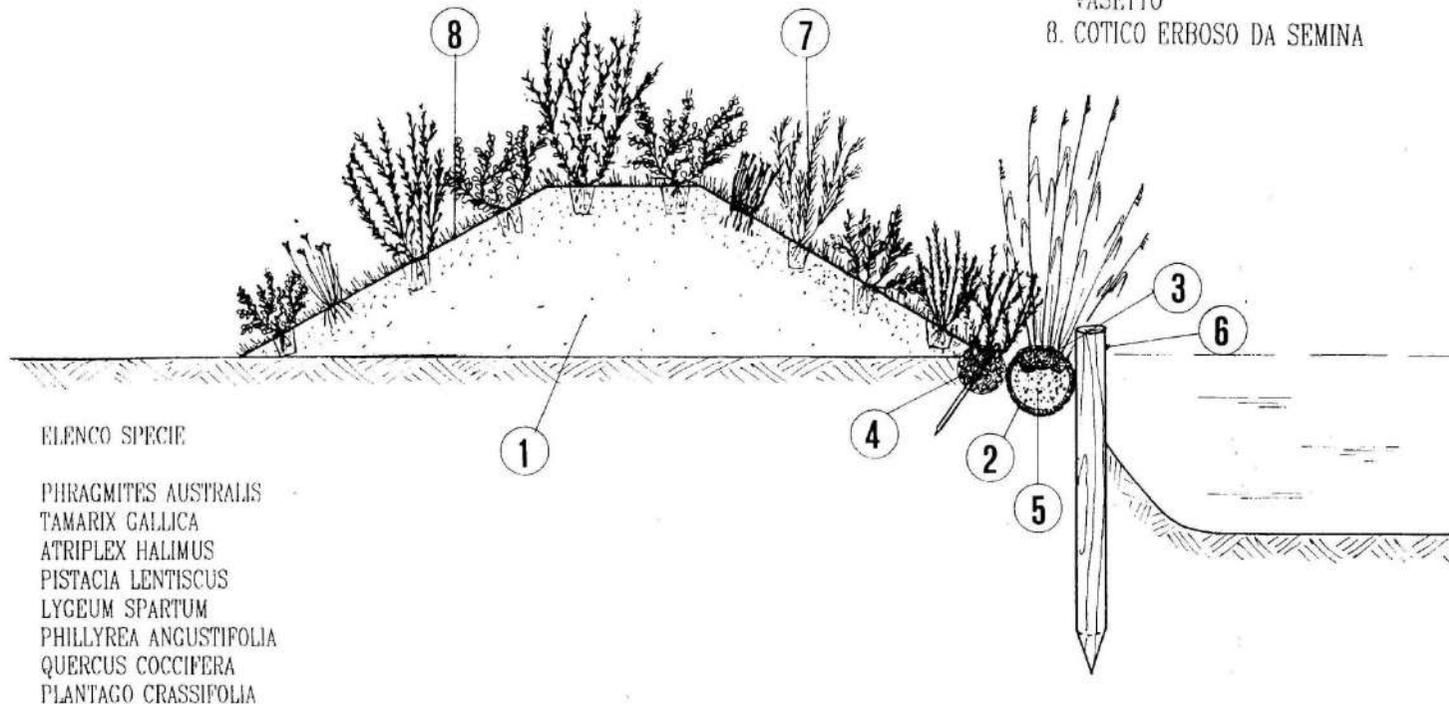


FIG. 9

**Figura** - Laguna di Nora (CA): fase di costruzione di un rullo di consolidamento spondale in geogriglia-poliestere (da G. Sauli, 1997)



## Figura - Palificata spondale semplice (da G. Sauli, 1997)

SEZ. TIPO - Zona 7

INTERVENTO CON PALIFICATA SPONDALE

SEMPLICE

1. RIPORTO MATERIALI DI DRAGAGGIO PER FORMAZIONE ARGINE
2. PALI IN LEGNO
3. FASCINE VIVA DI TAMARIX SP.PL.
4. MESSA A DIMORA DI CESPI E PIANTE IN VASETTO
5. COTICO ERBOSO DA SEMINA

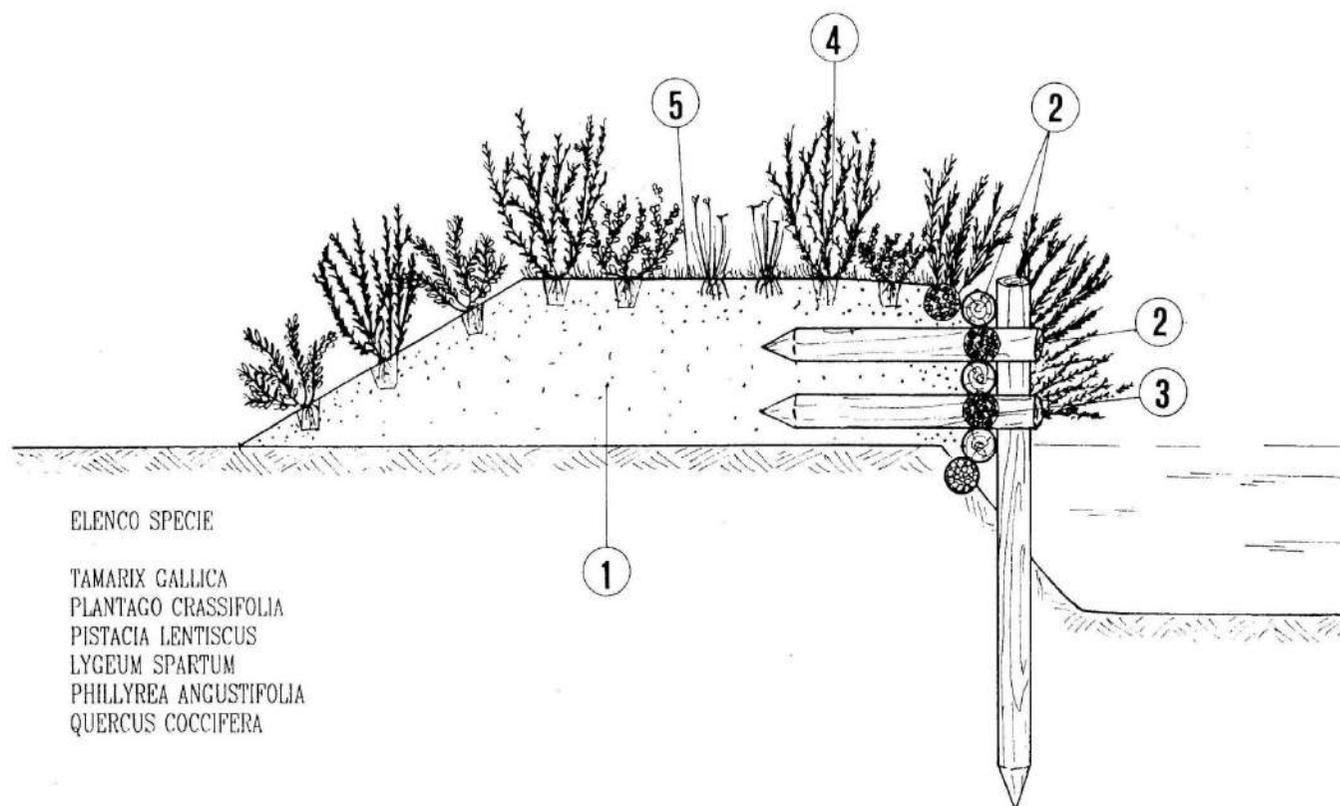


FIG. 10

**Figura** - *Laguna di Nora (CA): palificata spondale* (da F. Boccalaro, 1997)



A wide-angle photograph of a lagoon landscape. The foreground and middle ground are dominated by shallow water interspersed with patches of vibrant red vegetation, likely Sarcocornia or similar halophytes. In the background, a low, flat horizon line features a prominent, weathered stone structure, possibly a ruin or a small building, under a clear, bright blue sky. The overall scene is a natural, coastal wetland environment.

# Interventi in laguna

**Figura** - Ricostruzione di barene con fanghi di dragaggio, pali e geotessuti a La Vallona, RO (da G. Sauli)



**Figura** - Ricostruzione di barene con fanghi di dragaggio, pali e geotessuti a La Vallona, RO (da G. Sauli)



**Figura - Messa a dimora di specie autoctone a San Rossore (da F. Boccalaro, 2008)**



**Figura** - *Messa a dimora di rizomi di Canna di palude su sponda di laghetto a Vallevvecchia (VE)*



nov. '20

291

**Figura** - Rivestimento in pietrame su sponda lacuale (da F. Boccalaro, 2005)



**Figura** - Intasamento di materassi "Reno" lungo il Canale Veneto ad Ariano Polesine (RO) (da MACCAFERRI, ...)



**Figura** - *Palizzata spondale con fascine di tamerici nell'Oasi WWF di Macchia Grande, Fregene (da P. Cornelini)*



**Figura** - *Rullo spondale rivegetato in laguna di Grado* (da G. Sauli, 1996)



**Figura** - *Stabilizzazione delle sponde costiere lagunari a Marina di Orosei tramite la realizzazione di palificate vive spondali e trapianto di arbusti mediterranei (da P. Cornelini, 2009)*





Monti Lepini  
Caldera Tuscolano-Artémisia  
Cratere di M  
dei Campi di Annibale  
a di Papa  
Aniccia  
Lago e cratere di Albano  
Castelgandolfo  
Albano Laziale

# GRAZIE PER L'ATTENZIONE

*12 novembre 2020 - Roma*

**Ingegneria Naturalistica Lacuale**

**ingegnere per l'ambiente Federico Boccalaro**

N ←