

“Progettare con i principi dell’Ingegneria Naturalistica in aree protette e Rete Natura 2000”

Ingegneria Naturalistica – principi generali

Gian Battista Bischetti

Dipartimento di Scienze Agrarie e Ambientali

Università degli Studi di Milano

bischetti@unimi.it

- Programma del corso
 - Introduzione e aspetti generali dell'IN (27/09/2019)
 - La vegetazione nell'IN (4/10/2019)
 - L'IN nella sistemazione di versanti e scarpate (11/10/2019)
 - L'IN nella sistemazione di sponde e scarpate fluviali

Non solo descrizione, ma comprensione dei processi e strumenti progettuali

- Introduzione e aspetti generali dell'IN
 - Origine e contenuti
 - Ambiti di applicazione
 - Processi di degradazione del suolo e ruolo delle piante
 - Materiali utilizzati dall'IN

L’Ingegneria Naturalistica è “una tecnica costruttiva che si avvale di conoscenze biologiche nell’ eseguire costruzioni in terra ed idrauliche e nel consolidare versanti e sponde instabili. Per questo scopo è tipico l’impiego di piante e di parti di piante, messe a dimora in modo tale da raggiungere nel corso del loro sviluppo, sia da sole, come materiale da costruzione vivo, sia in unione con materiale da costruzione inerte, un consolidamento duraturo delle opere. L’ingegneria naturalistica non va intesa come alternativa, ma come complemento necessario e significativo ai modi di costruzione ingegneristici, puramente tecnici.” (von Kruedener, 1951 cit. Schiechl e Stern, 1992).

[l'Ingegneria Naturalistica] “riguarda la costruzione, la manutenzione o la ristrutturazione di opere o lavori puntuali, e di opere o di lavori diffusi, necessari alla difesa del territorio ed al ripristino della compatibilità fra ‘sviluppo sostenibile’ ed ecosistema, comprese tutte le opere ed i lavori necessari per attività botaniche e zoologiche. Comprende in via esemplificativa i processi di recupero naturalistico, botanico, faunistico, la conservazione ed il recupero del suolo utilizzato per cave e torbiere e dei bacini idrografici, l’eliminazione del dissesto idrogeologico per mezzo di piantumazione, le opere necessarie per la stabilità dei pendii, la riforestazione. I lavori di sistemazione agraria e le opere per la rivegetazione di scarpate stradali, ferroviarie, cave e discariche.”

[l'Ingegneria Naturalistica] “riguarda la costruzione, la manutenzione o la ristrutturazione di opere o lavori puntuali, e di opere o di lavori diffusi, necessari alla difesa del territorio ed al ripristino della compatibilità fra ‘sviluppo sostenibile’ ed ecosistema, comprese tutte le opere ed i lavori necessari per attività botaniche e zoologiche. Comprende in via esemplificativa i processi di recupero naturalistico, botanico, faunistico, la conservazione ed il recupero del suolo utilizzato per cave e torbiere e dei bacini idrografici, l’eliminazione del dissesto idrogeologico per mezzo di piantumazione, le opere necessarie per la stabilità dei pendii, la riforestazione. I lavori di sistemazione agraria e le opere per la rivegetazione di scarpate stradali, ferroviarie, cave e discariche.”

(DPR 25.01.2000 n. 34 All. A «Regolamento recante istituzione del sistema di qualificazione per gli esecutori di lavori pubblici, ai sensi art. 8 L. 11 febbraio 1994, n. 109, s.m.i», articolo abrogato dal D.Lgs. 12 aprile 2006, n. 163, ma ripresa dal DPR 207/2010 «Codice dei contratti pubblici relativi a lavori, servizi e forniture in attuazione delle direttive 2004/17/CE e 2004/18/CE» e poi abrogato dal Dlgs 50/2016. Rimane però in vigore in attesa dell’emanazione degli atti attuativi al Dlgs stesso.)



L'ingegneria naturalistica è la traduzione del termine di lingua tedesca *Ingenieurbiologie*.

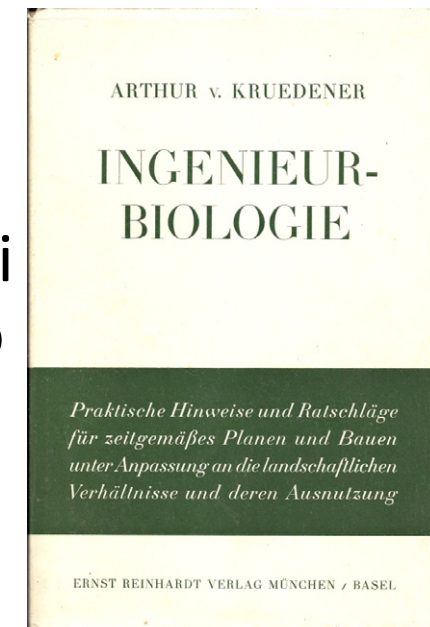
Il termine è coniato in Germania da Arthur von Kruedener il quale dirige nel periodo prebellico uno specifico istituto di ricerca (Forschungstelle für Ingenieurbiologie, 1936 – 1945) e nel 1951 pubblica il volume dal titolo *Ingenieurbiologie*.

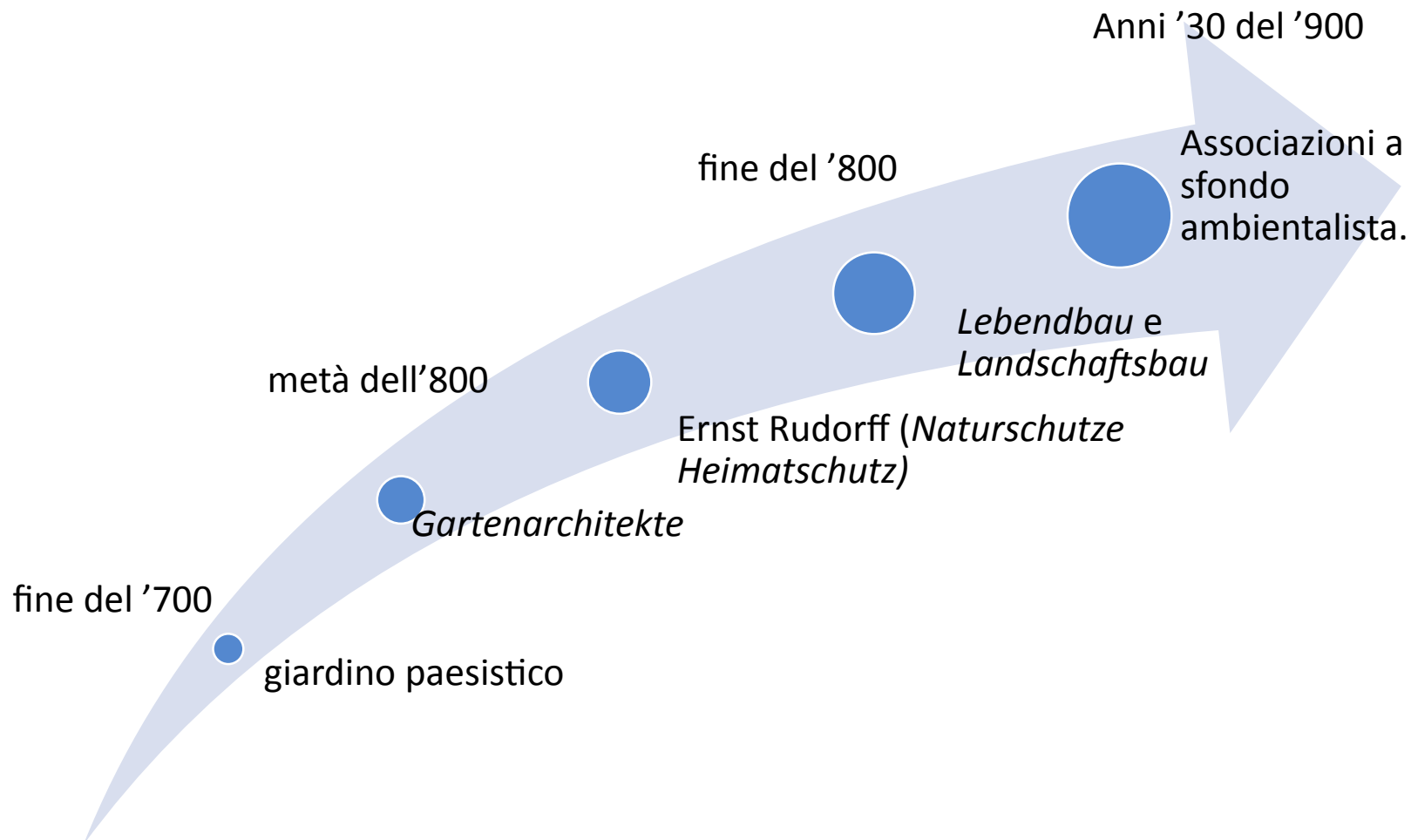


<http://www.digiporta.net/index.php?id=263221354>

il volume dal titolo ***Ingenieurbiologie***, viene spesso preso il momento in cui nasce l'ingegneria naturalistica «moderna».

In realtà è il punto d'arrivo di un percorso più lungo che si fonda nella storia culturale ed artistica del mondo di lingua tedesca e che, a partire dagli anni '80-'90 del secolo scorso contamina gli altri Paesi europei, il Nord America e poi il resto del mondo.





- Già nei primi decenni del '900 nel mondo di lingua tedesca è quindi diffusa la convinzione che vi sia uno “scontro” tra sviluppo tecnologico e natura e paesaggio, con il primo che mette in pericolo i secondi che costituiscono un patrimonio nazionale.

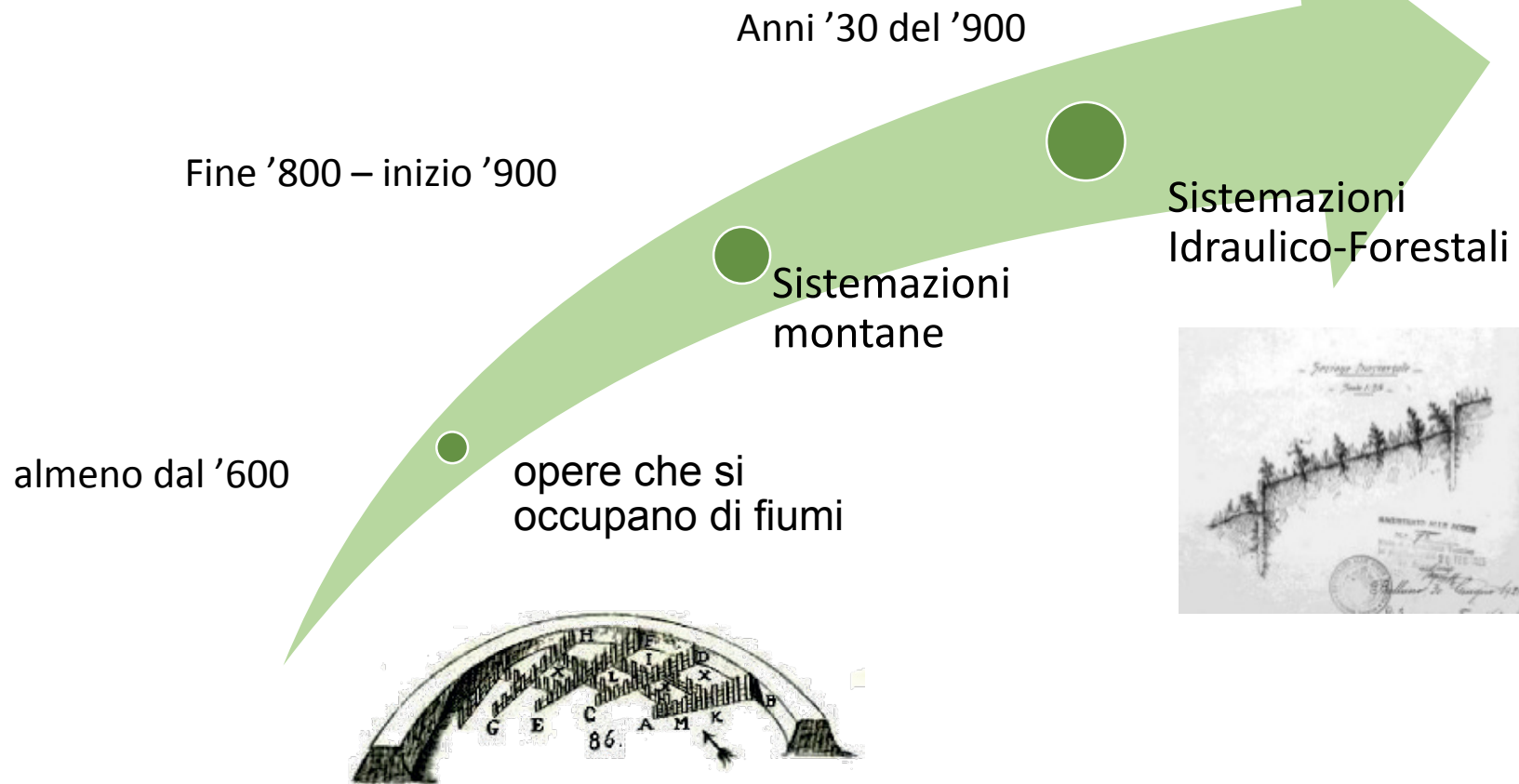


(da <http://dojorat.blogspot.com>)

- movimento giovanile neoromantico Wandervögel, esalta l'idea del ritorno alla natura, enfatizza la libertà, la auto-responsabilizzazione, lo spirito d'avventura. Molti dei suoi aderenti saranno in seguito professionalmente attivi sui temi della costruzione del paesaggio (Landschaftsbau).



(da: <https://www.dhm.de>)

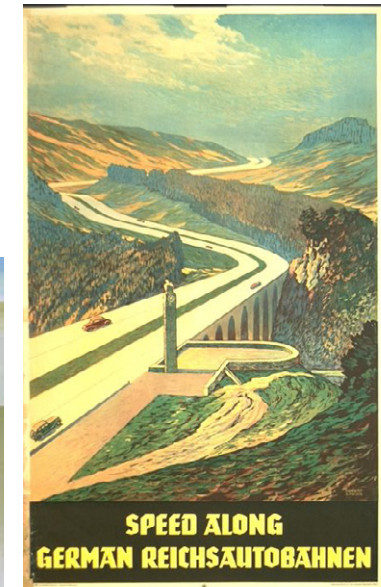


Le Reichsautobahnen come culla dell'IN

- A cavallo delle due guerre mondiali, i movimenti artistici e culturali esaltano il ruolo rivoluzionario della tecnologia ed in particolare della velocità e dei motori.
- Nasce l'idea dell'Autostrada, che assume anche un ruolo nella propaganda dei sistemi totalitari e per il regime nazista in particolare
- L'inserimento delle Reichsautobahnen nel paesaggio tedesco divengono l'emblema della capacità della tecnologia tedesca di conciliare sviluppo e difesa del patrimonio germanico.



Fortunato Depero ("Moto futurista", 1914)

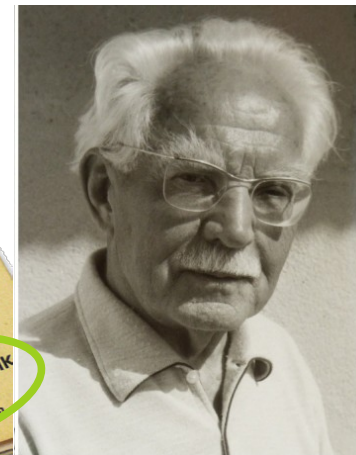


(da <https://www.dhm.de>)

Velocità e paesaggio come elementi che nella società nazista non sono in contrasto ma rappresentano una delle sue unicità. Per ottenere un ciò, Fritz Todt, l'Ispettore generale delle strade incaricato direttamente da Hitler, coinvolge Alwin Seifert, che “impono” la presenza di architetti del paesaggio che si autodefiniscono «avvocati del paesaggio».



<https://www.debooks4u.com>



Alwin Seifert ritratto nel 1950-60 (tratta da Wikipedia)



Bundesarchiv, Bild 146-1969-146-01 / Röhn / CC-BY-SA 3.0 (tratta da Wikipedia)



Reichsautobahn - Leipzig 1936

(da http://home.hccnet.nl/j.w.nijenhuis/plaatjes/perkhammer_2.JPG)

Reichsautobahn - Neanderthal 1936

München- Salzburg 1936

(da *Die Strasse*, 20, 1936, p. 661)



Gli architetti del verde tedeschi hanno un ruolo di semplici consulenti, designati con il termine di “avvocati del paesaggio” a supporto della progettazione delle autostrade tedesche e Seifert viene incaricato di coordinarne l’azione.

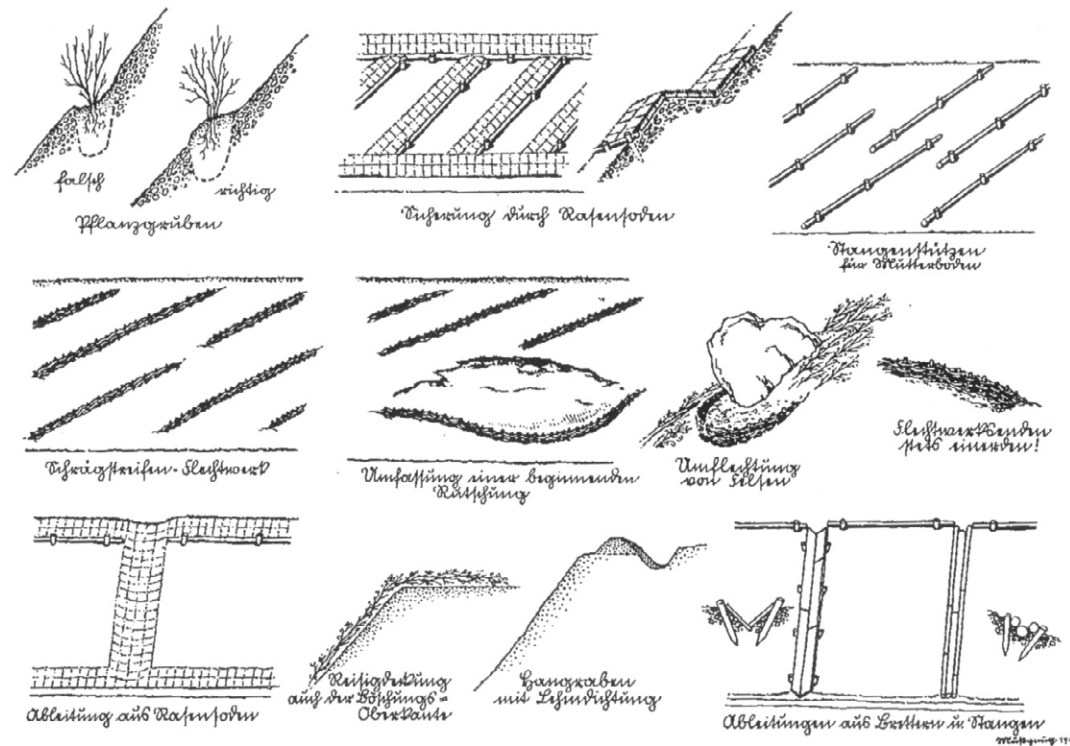
Per superare i continui contrasti con gli ingegneri stradali, i paesaggisti si avvicinano alla fitosociologia entrando in collisione con l’Ispettore generale delle strade, il potente Fritz Todt, che assume von Kruedener (un forestale) per dirigere a partire dal 1936 la *Forschungsstelle für Ingenieurbiologie*, con sede a Monaco.

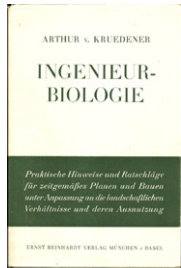
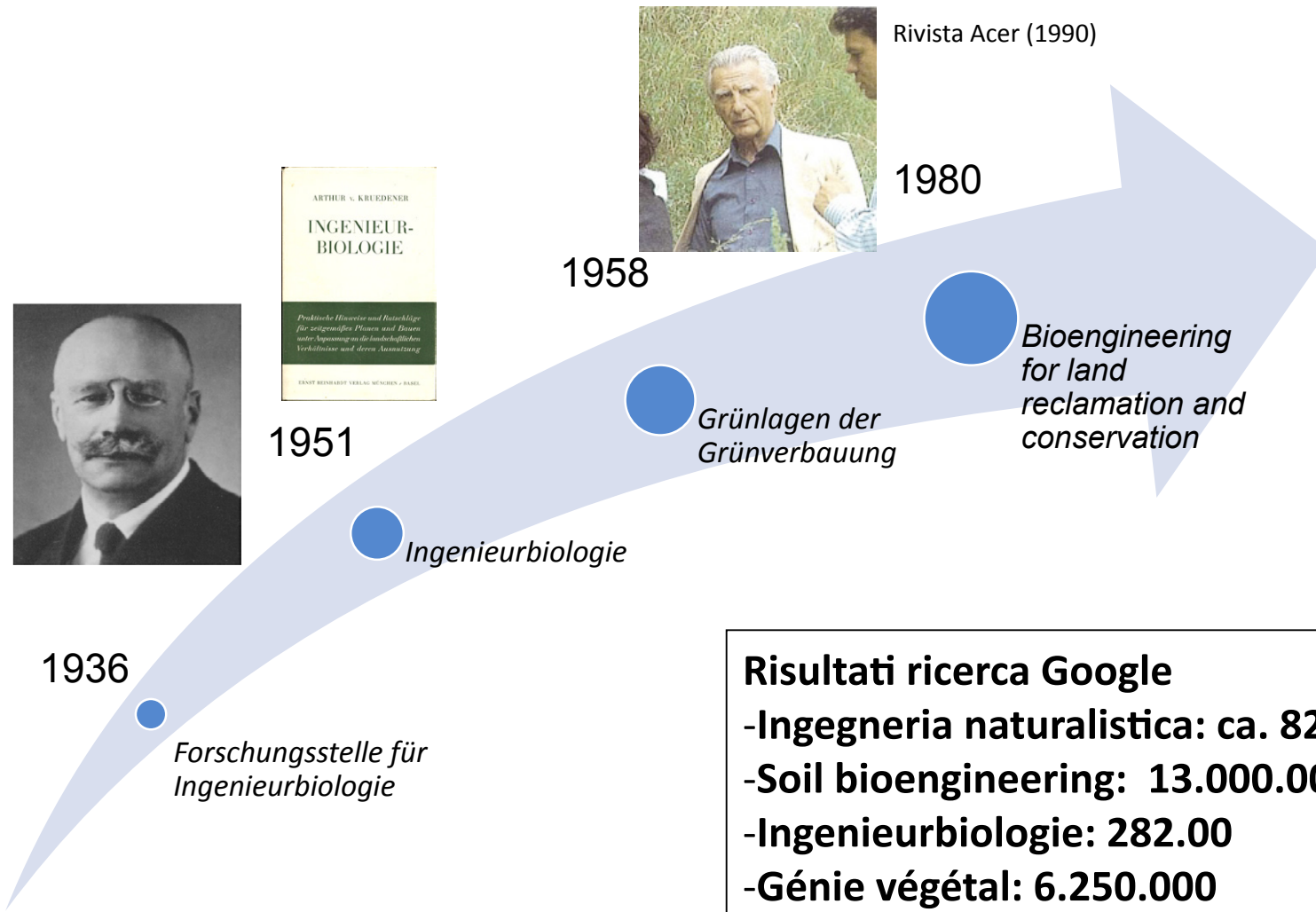
la Forschungsstelle für Ingenieurbiologie



(da Die Strasse, 11-12, 1941, p. 224)

(da Die Strasse, 19-20, 1940, p. 442)





Risultati ricerca Google

- Ingegneria naturalistica: ca. 825.000
- Soil bioengineering: 13.000.000 (!)
- Ingenieurbiologie: 282.00
- Génie végétal: 6.250.000

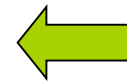
Le opere realizzante con piante sono
MultiFunzionali

- TECNICA
- NATURALISTICA - ECOLOGICA
- ESTETICO-PAESAGGISTICA
- SOCIO-ECONOMICA

Funzione tecnica (idrogeologica)

È quella legata alla capacità della vegetazione di consolidare il terreno, grazie alla presenza dell'apparato radicale, che rinforza il terreno meccanicamente, alla presenza dell'apparato epigeo, che riduce l'effetto erosivo della precipitazione e rallenta il deflusso, ed alla capacità di evapotraspirazione, che riduce il contenuto idrico del suolo.

Talvolta, erroneamente, questa funzione viene indicata come *“l'ingegneria naturalistica in senso stretto”* che sarebbe solo uno dei *“tre principali settori”* dell'ingegneria naturalistica (Manuale di Ingegneria Naturalistica applicabile al settore idraulico, Regione Lazio, 2002, cap. 2)



Gradonata su versante



Difesa spondale realizzata con fascinata



Palificata viva su versante

Funzione naturalistica

È legata all'aumento di naturalità che la presenza di vegetazione comporta, soprattutto quando le specie insediate *fanno riferimento* alla vegetazione potenziale di riferimento per il sito considerato.

La presenza di vegetazione pioniera è in grado di innescare processi ecosistemici che evolvono naturalmente verso stadi più evoluti.

La presenza di vegetazione è anche un elemento fondamentale per il mantenimento o la creazione di habitat per la fauna

Questa funzione è quella prevalente quando gli interventi hanno come finalità principale la ricostruzione di ambienti naturali compromessi o la realizzazione di ambienti paraturali a partire da aree degradate.

Ingegneria naturalistica o rinaturazione ?



Soglia in legname per mantenere elevati i livelli di falda



Risagomatura alveo con messa a dimora di flora autoctona



Funzione estetico-paesaggistica

È legata all'effetto che la presenza di vegetazione inserita nelle strutture esercita sulla percezione del paesaggio, eventualmente mascherando o mitigando gli impatti visivi negativi.

A tale funzione viene anche ascritta la capacità della vegetazione di ridurre l'impatto dovuto al rumore e, almeno parzialmente, all'inquinamento.

Erroneamente tale funzione viene frequentemente associata ad interventi che, pur mitigando gli impatti di strutture ed infrastrutture, non impiegano vegetazione (es. passaggi per pesci, attraversamenti stradali per anfibi o piccoli mammiferi)



Ingegneria naturalistica o verde tecnico ?

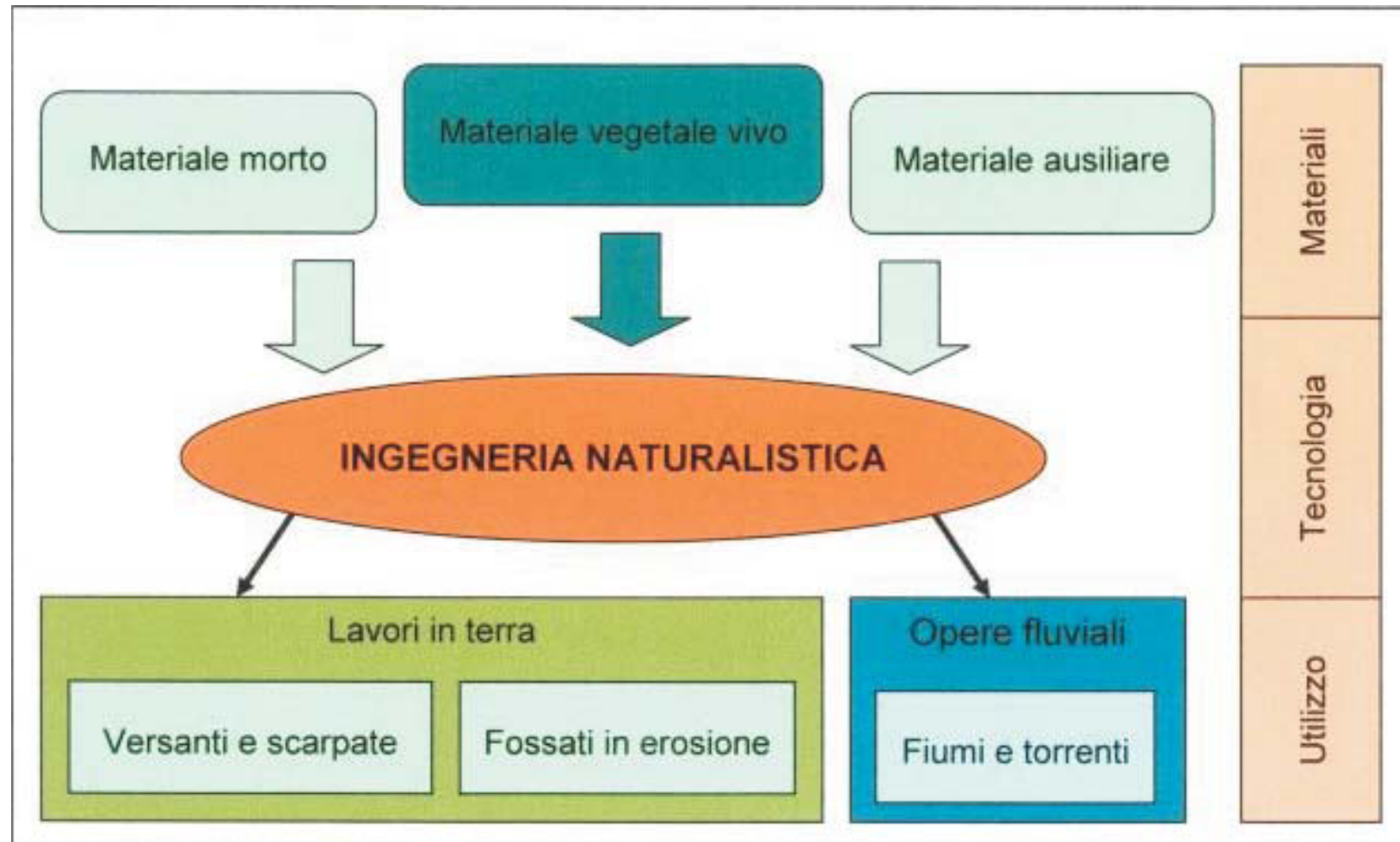


Funzione socio-economica

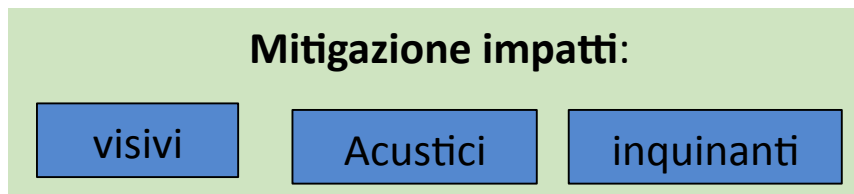
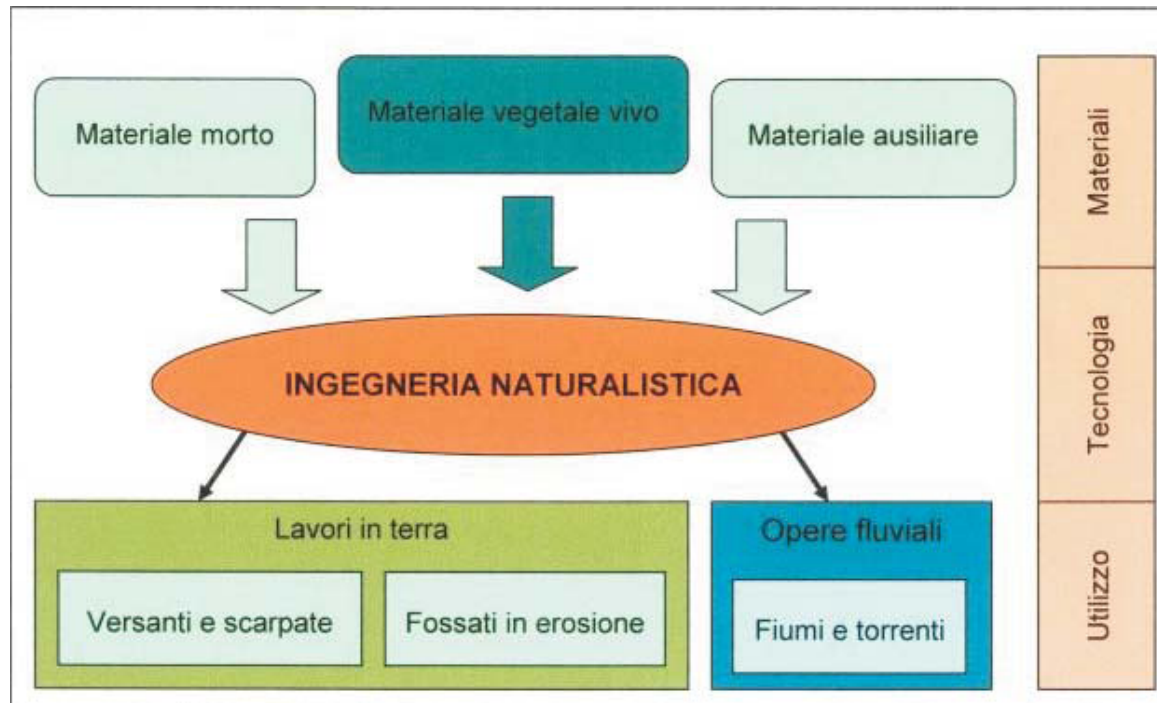
La maggior necessità di MANODOPERA per la realizzazione degli interventi con tecniche di I.N. rispetto a quelli tradizionali ha riflessi anche sul LIVELLO OCCUPAZIONALE del territorio.

Il possibile MINOR COSTO delle opere di I.N. rispetto a quelle tradizionali LIBERA RISORSE da destinare ad altri interventi.

In realtà molto dipende dal regime con cui vengono attuati i lavori e dalla tipologia di manodopera impiegata.



Florineth, Dispensa di IN 2004/2005, Ordine degli Ingegneri di Napoli, 2004



Florineth, Dispensa di IN 2004/2005, Ordine degli Ingegneri di Napoli, 2004

Secondo von Kreudener la Ingeieurbiologie “è una tecnica costruttiva ingegneristica, che si avvale di conoscenze biologiche nell’ eseguire costruzioni in terra e idrauliche e nel **consolidare versanti e sponde instabili**. Per questo scopo è tipico l’impiego di piante e di parti di piante, messe a dimora in modo tale, da raggiungere, nel corso del loro sviluppo, sia da sole, come materiale da costruzione vivo, sia in unione con materiale da costruzione inerte, un consolidamento duraturo delle opere.”

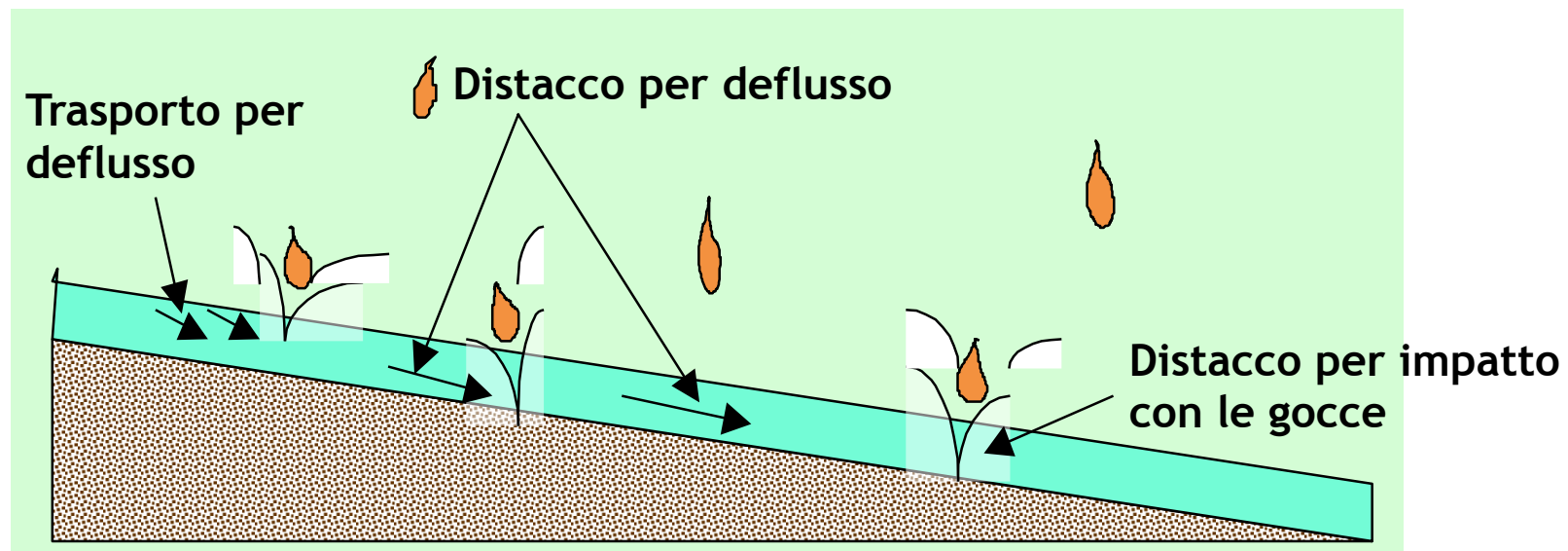
cit. da Schiechtl, H.M. e Stern, R., Manuale delle opere in terra (Naturnaher Erdbau mit ingenieurbiologischen Bauweisen, Osterreichischer Agrarverlag, Wien), trad. di L. Dibona, Tip. Castaldi, Feltre, 1994 e Schiechtl, H.M. e Stern, R., Ingegneria naturalistica - manuale delle costruzioni idrauliche (Handbuch fur naturnahen Wasserbau, Osterreichischer Agrarverlag, Wien), a cura di Lorenzo Dibona, 1992, ed. Arca Trento.

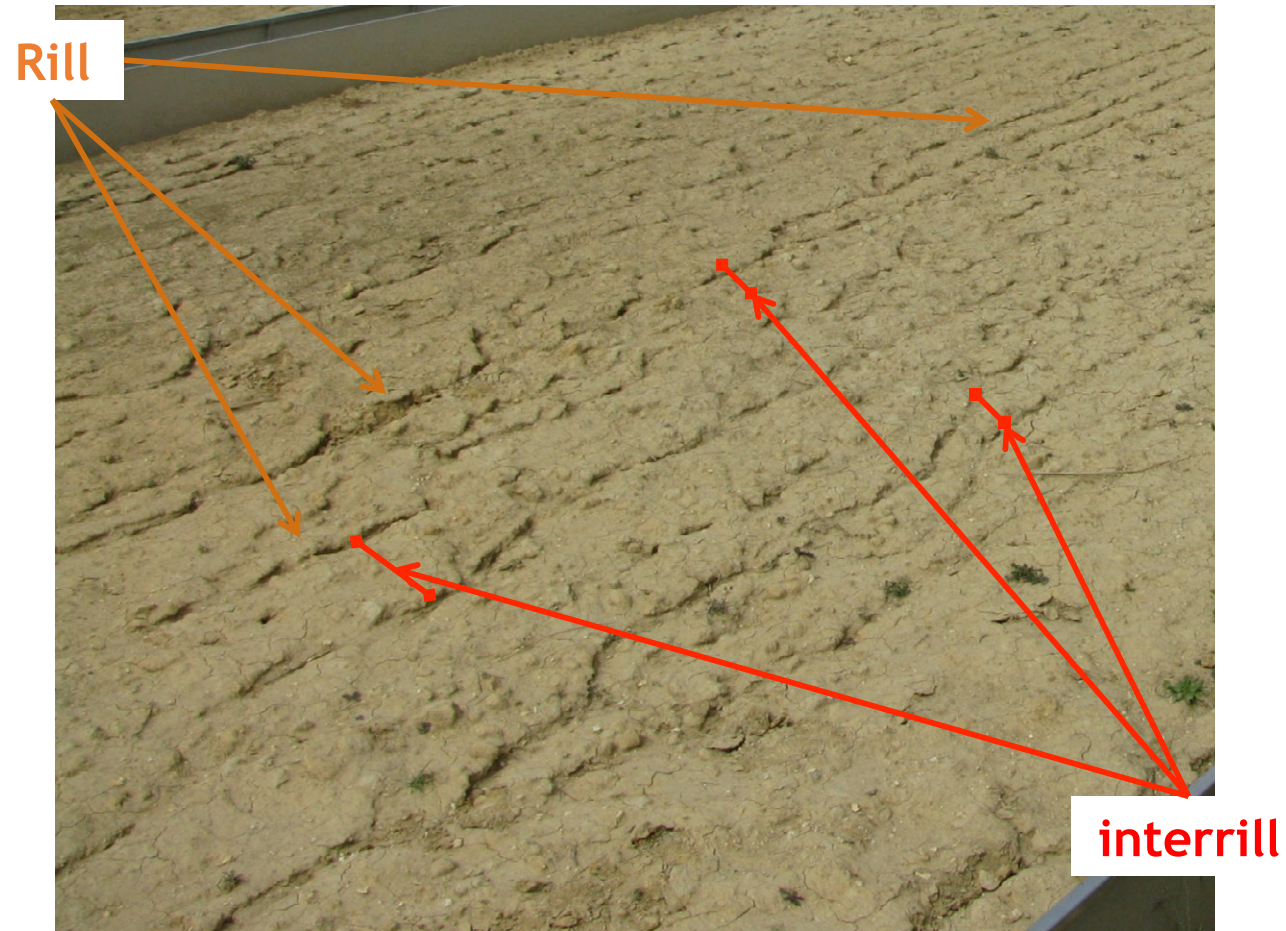
L'erosione idrica

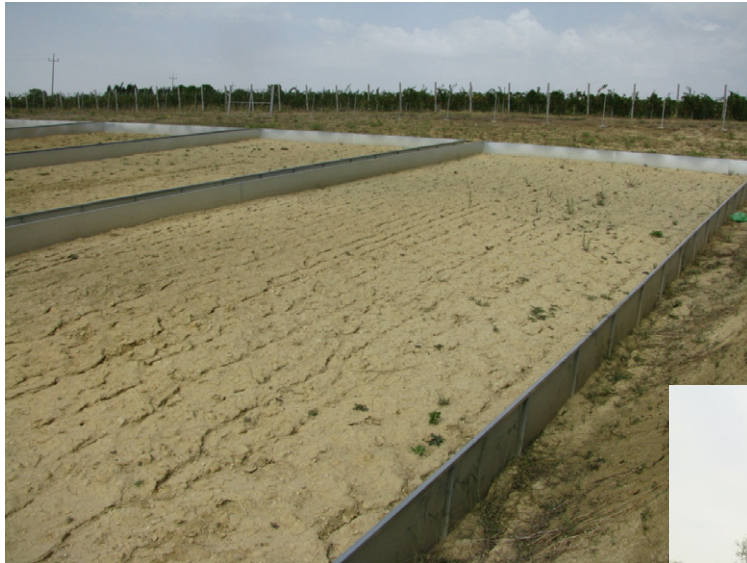


può essere definita come il processo di **distacco** e di **trasporto** di **particelle** di suolo ad opera degli agenti erosivi.

nel caso dell'erosione idrica tali agenti sono la pioggia battente ed il deflusso superficiale. (Ellison, 1946)

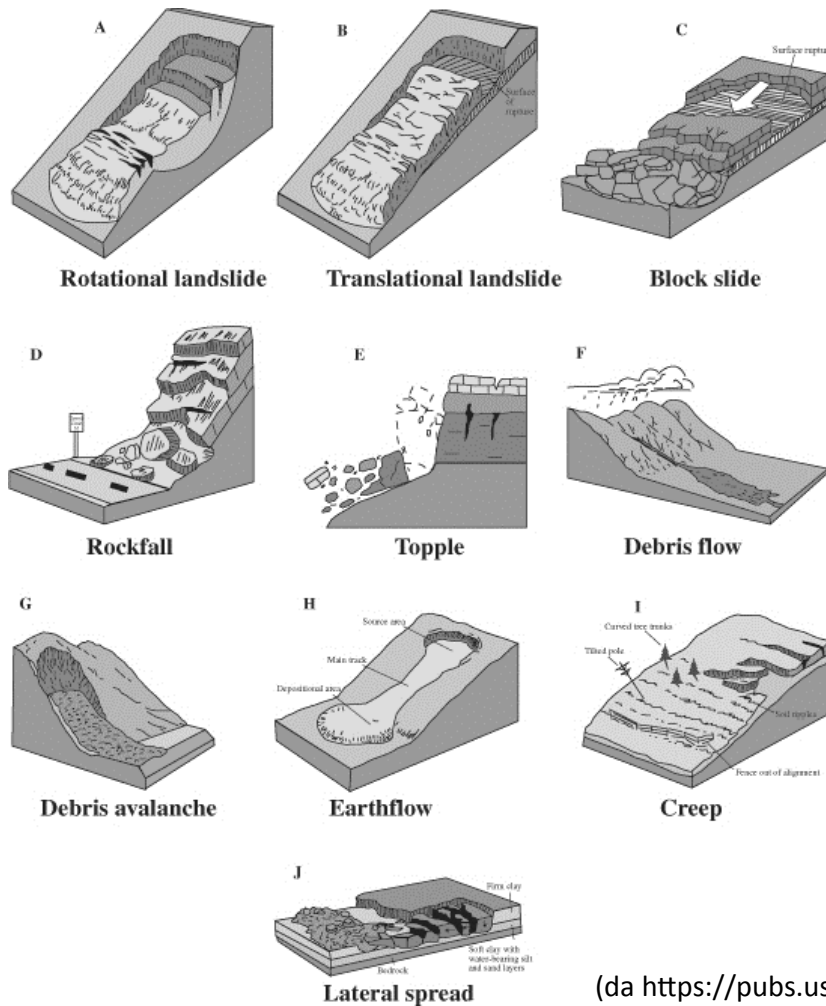






- PRECIPITAZIONE
- DEFLUSSO SUPERFICIALE
 - lunghezza del versante
 - pendenza del versante
- CARATTERISTICHE DEL SUOLO
 - tessitura
 - struttura (aggregazione e stabilità)
- VEGETAZIONE
 - intercettazione
 - lettiera
- GESTIONE

Franamenti superficiali



Si tratta di movimenti di masse di terreno (o roccia) in forma massiva che avvengono, lungo una superficie di scorrimento, per opera della forza dovuta alla gravità e favoriti dalla presenza di acqua

(da <https://pubs.usgs.gov>)



Pe Ell Landslide - Photo by WSDOT
(<https://slidingthought.files.wordpress.com/2009/07/pe-ell-landslide.jpg>)

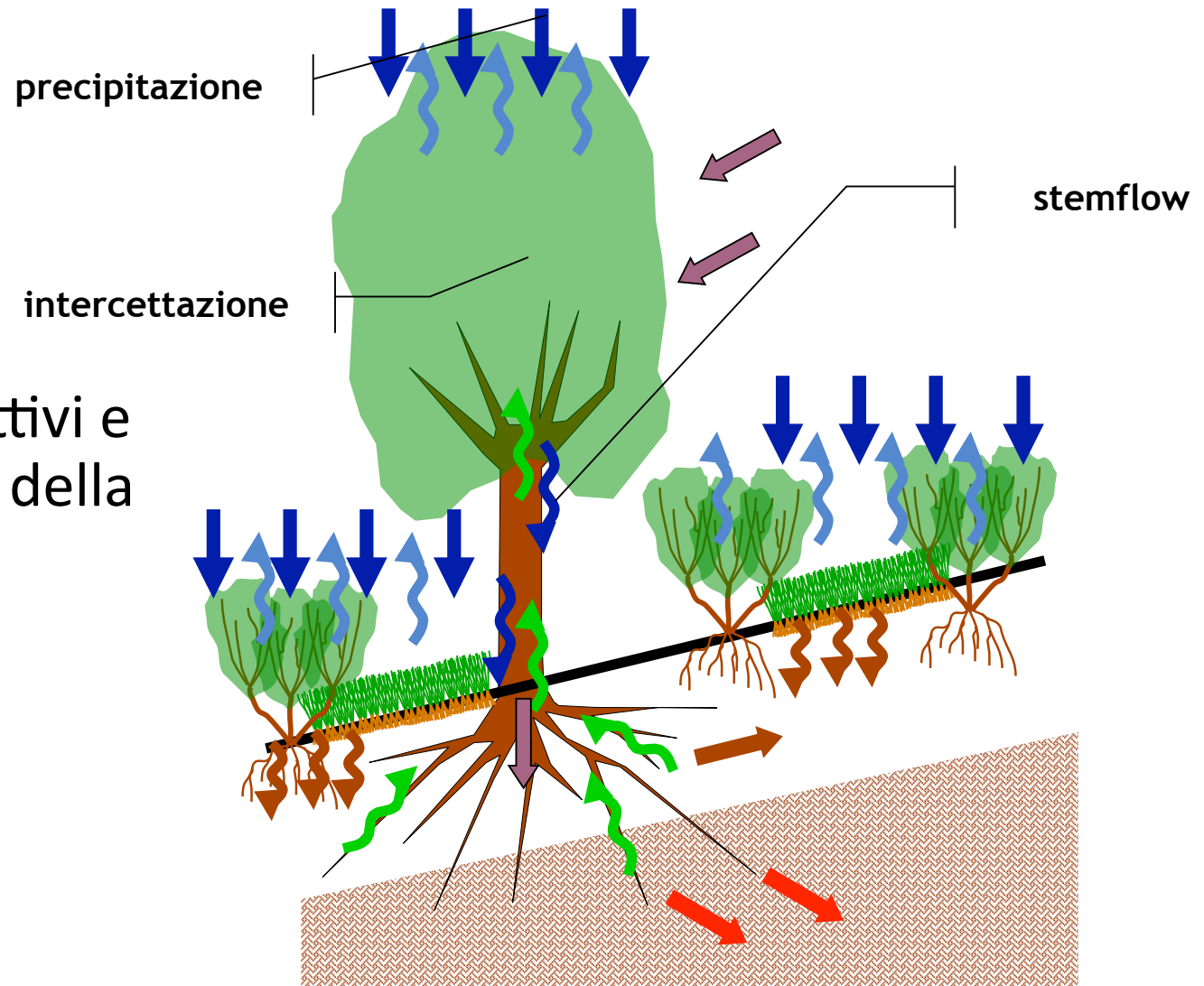


Secondo von Kreudener la Ingenieurbiologie “è una tecnica costruttiva ingegneristica, che si avvale di conoscenze biologiche nell’eseguire costruzioni in terra e idrauliche e nel consolidare versanti e sponde instabili. Per questo scopo è tipico l’impiego di piante e di parti di piante, messe a dimora in modo tale, da raggiungere, nel corso del loro sviluppo, sia da sole, come materiale da costruzione vivo, sia in unione con materiale da costruzione inerte, un consolidamento duraturo delle opere.”

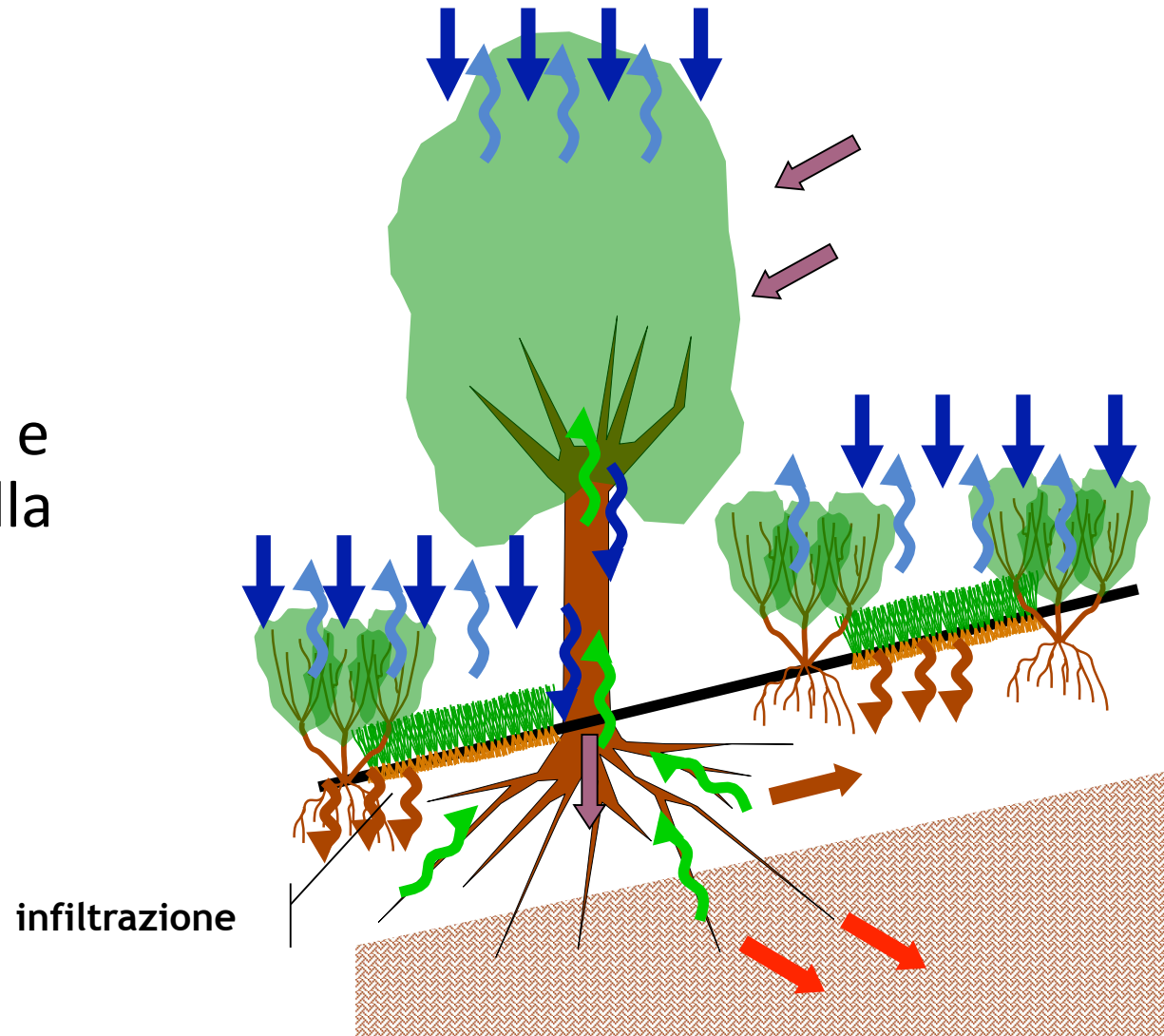
cit. da Schiechtl, H.M. e Stern, R., Manuale delle opere in terra (Naturnaher Erdbau mit ingenieurbiologischen Bauweisen, Osterreichischer Agrarverlag, Wien), trad. di L. Dibona, Tip. Castaldi, Feltre, 1994 e Schiechtl, H.M. e Stern, R., Ingegneria naturalistica - manuale delle costruzioni idrauliche (Handbuch fur naturnahen Wasserbau, Osterreichischer Agrarverlag, Wien), a cura di Lorenzo Dibona, 1992, ed. Arca Trento.

Vegetazione e processi di degradazione fisica del territorio

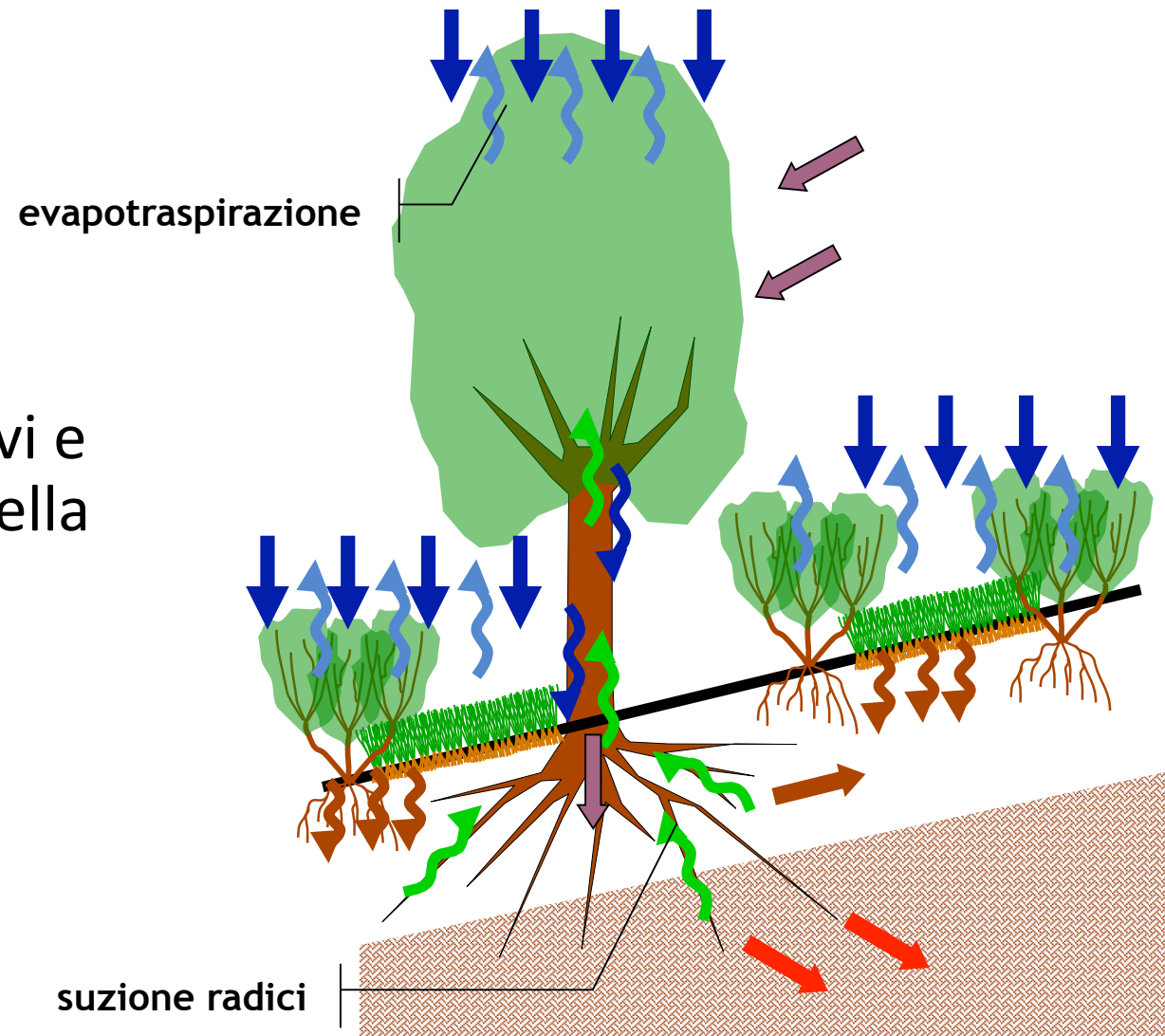
Effetti protettivi e consolidanti della vegetazione



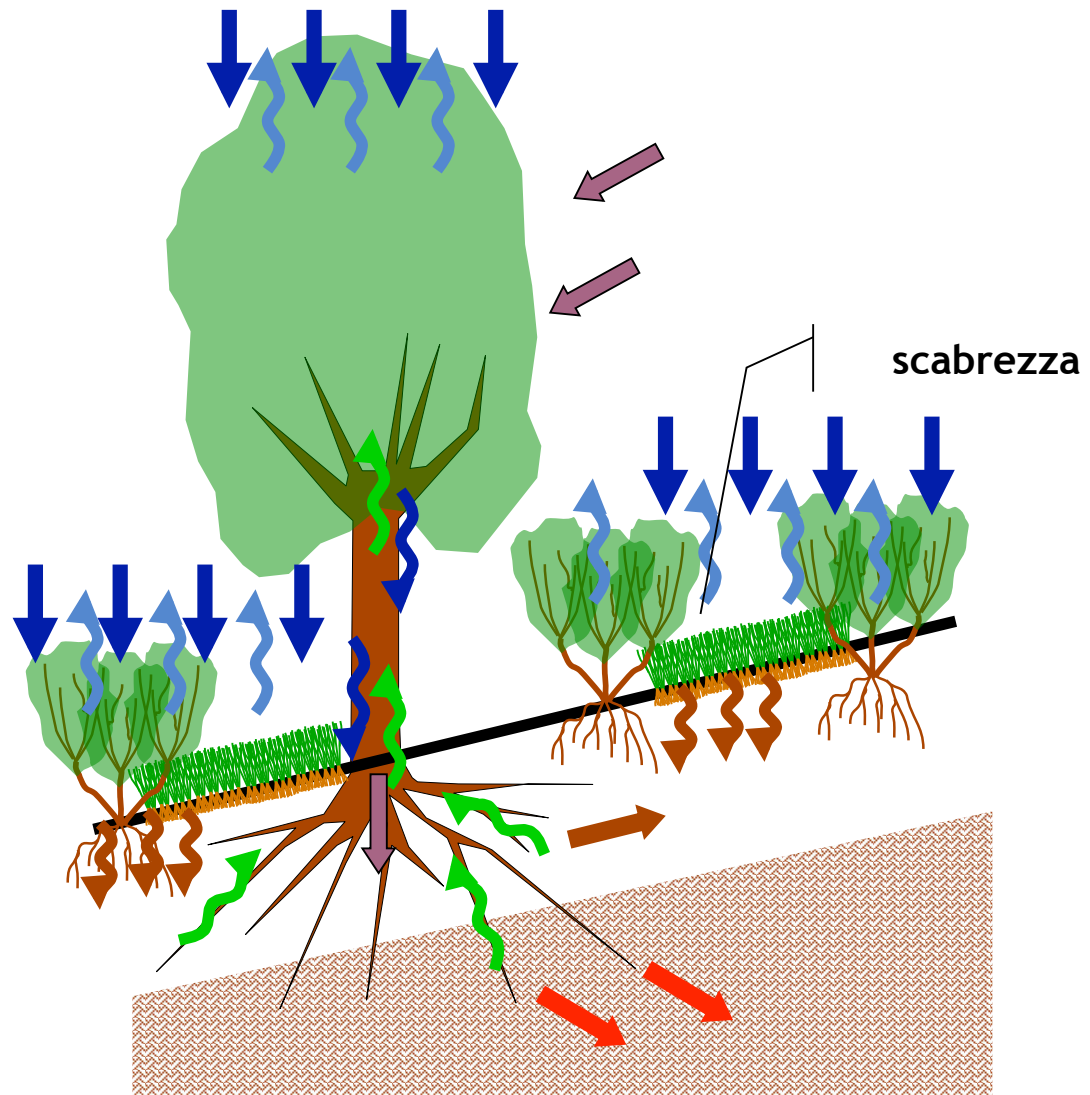
Effetti protettivi e consolidanti della vegetazione



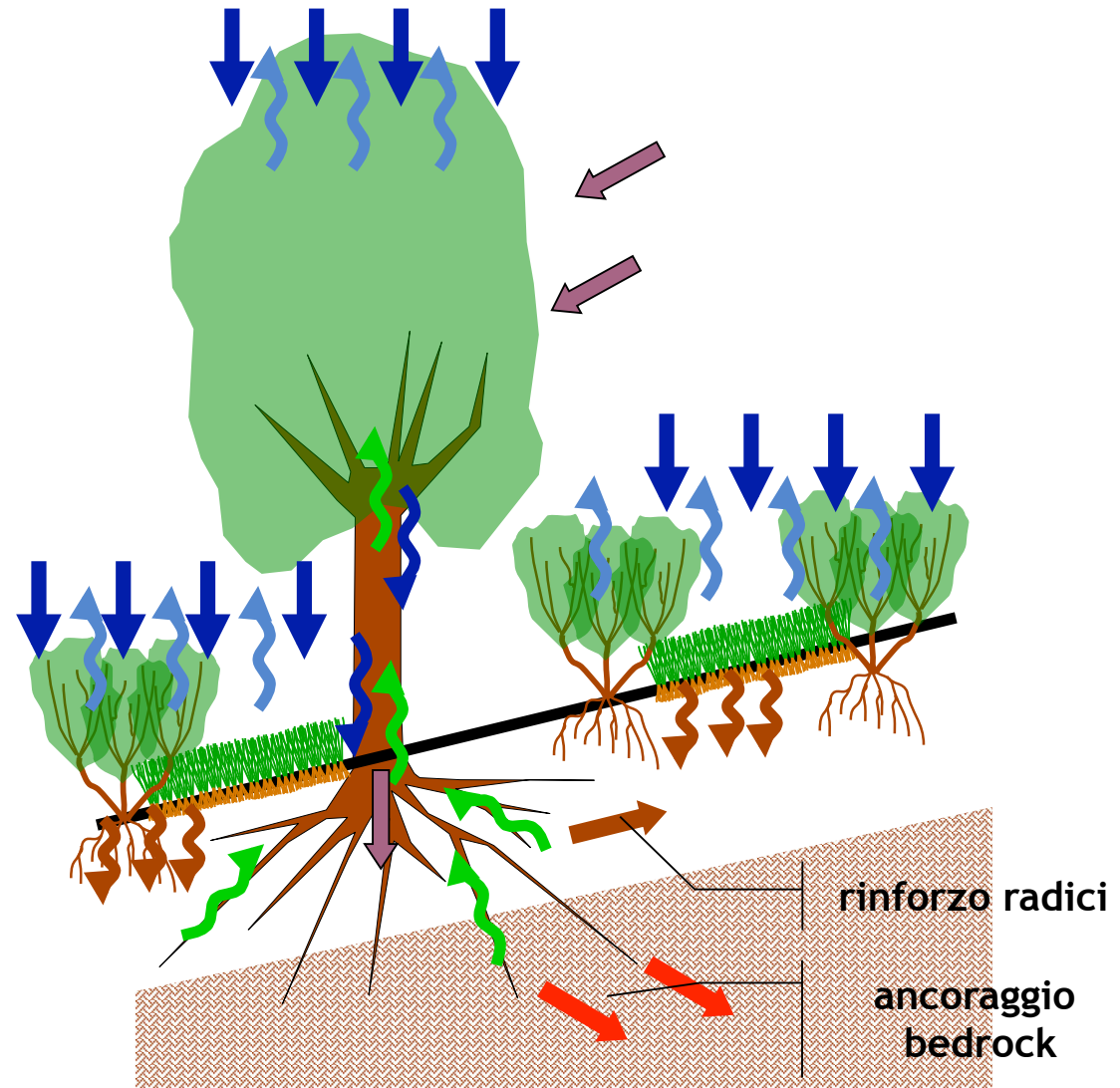
Effetti protettivi e consolidanti della vegetazione



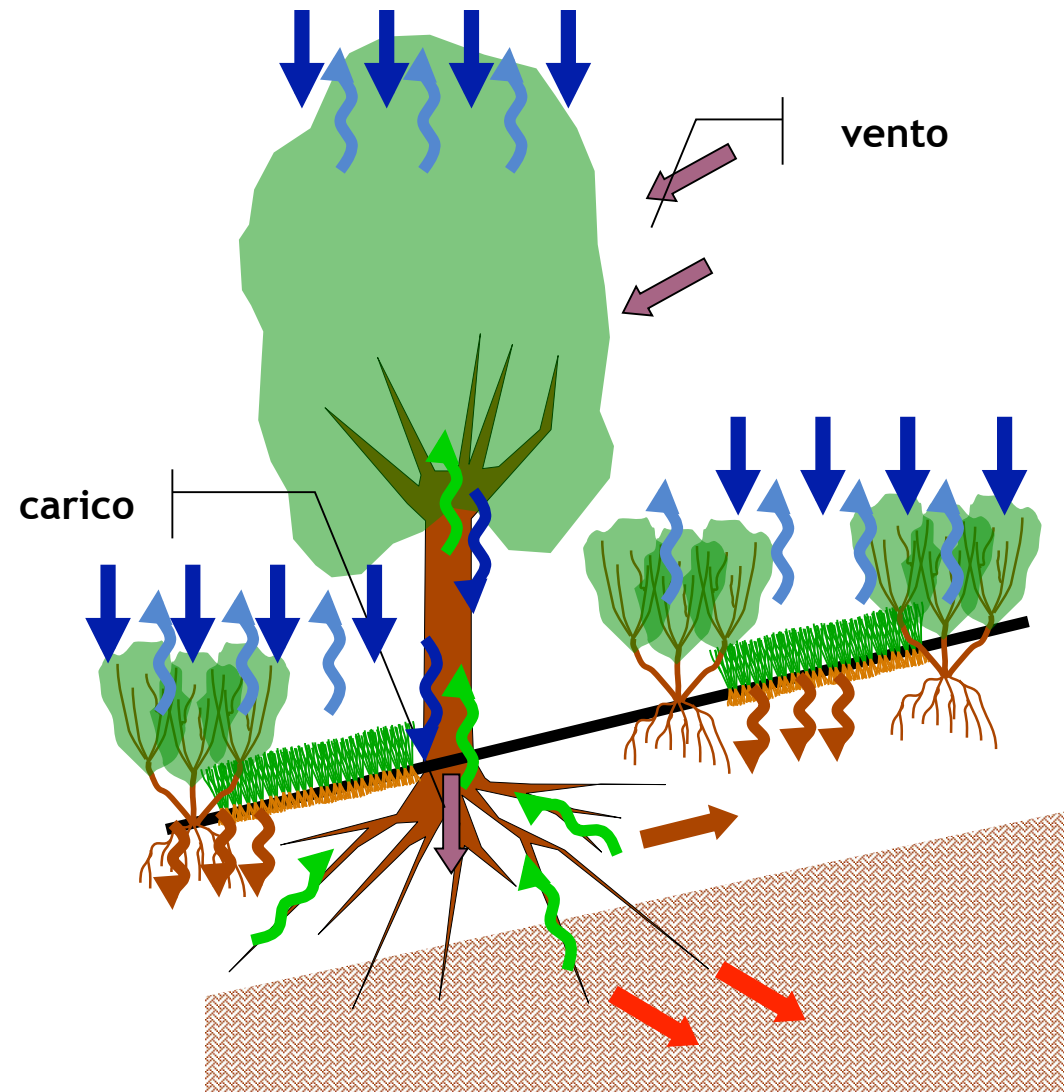
Effetti protettivi e consolidanti della vegetazione



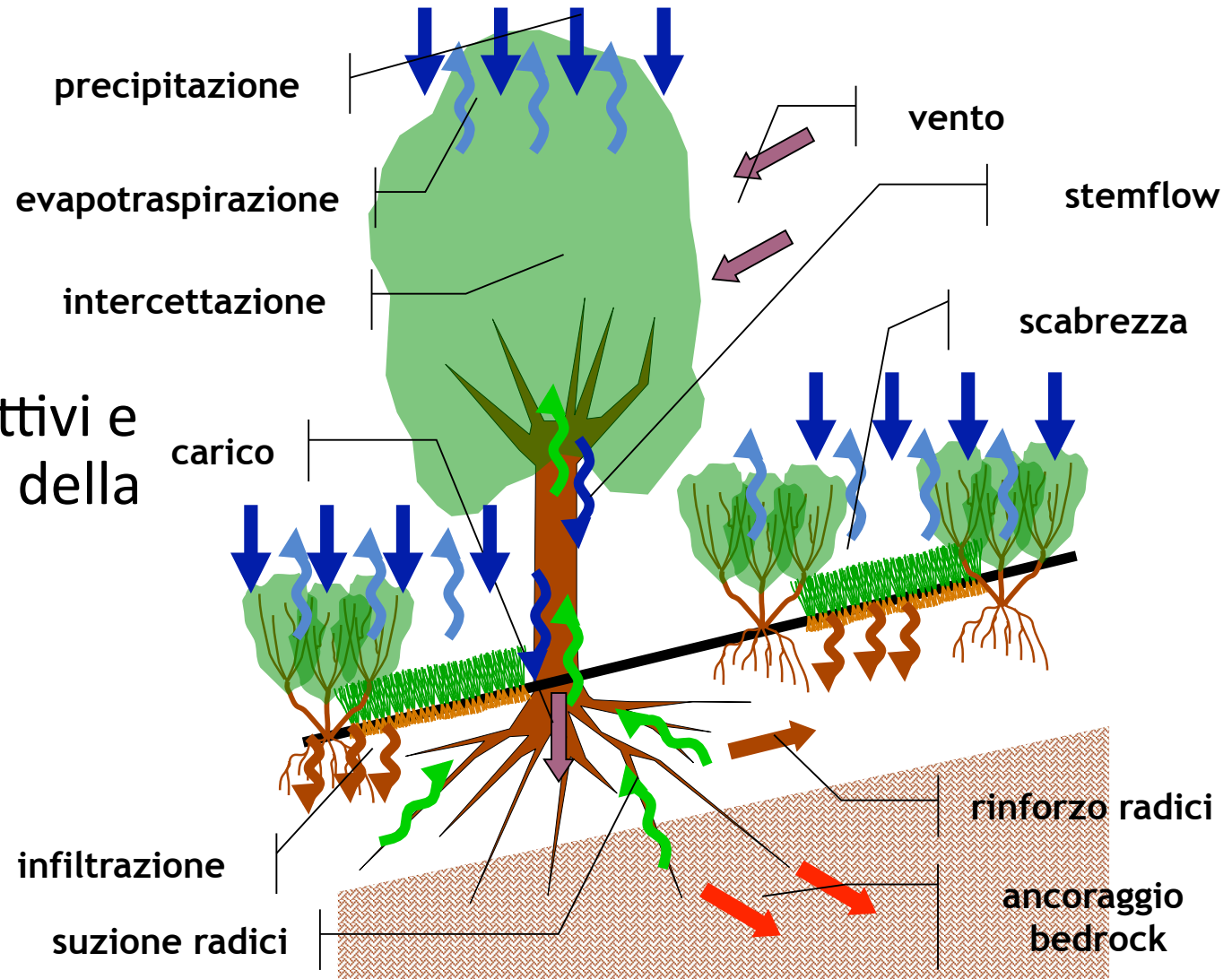
Effetti protettivi e consolidanti della vegetazione

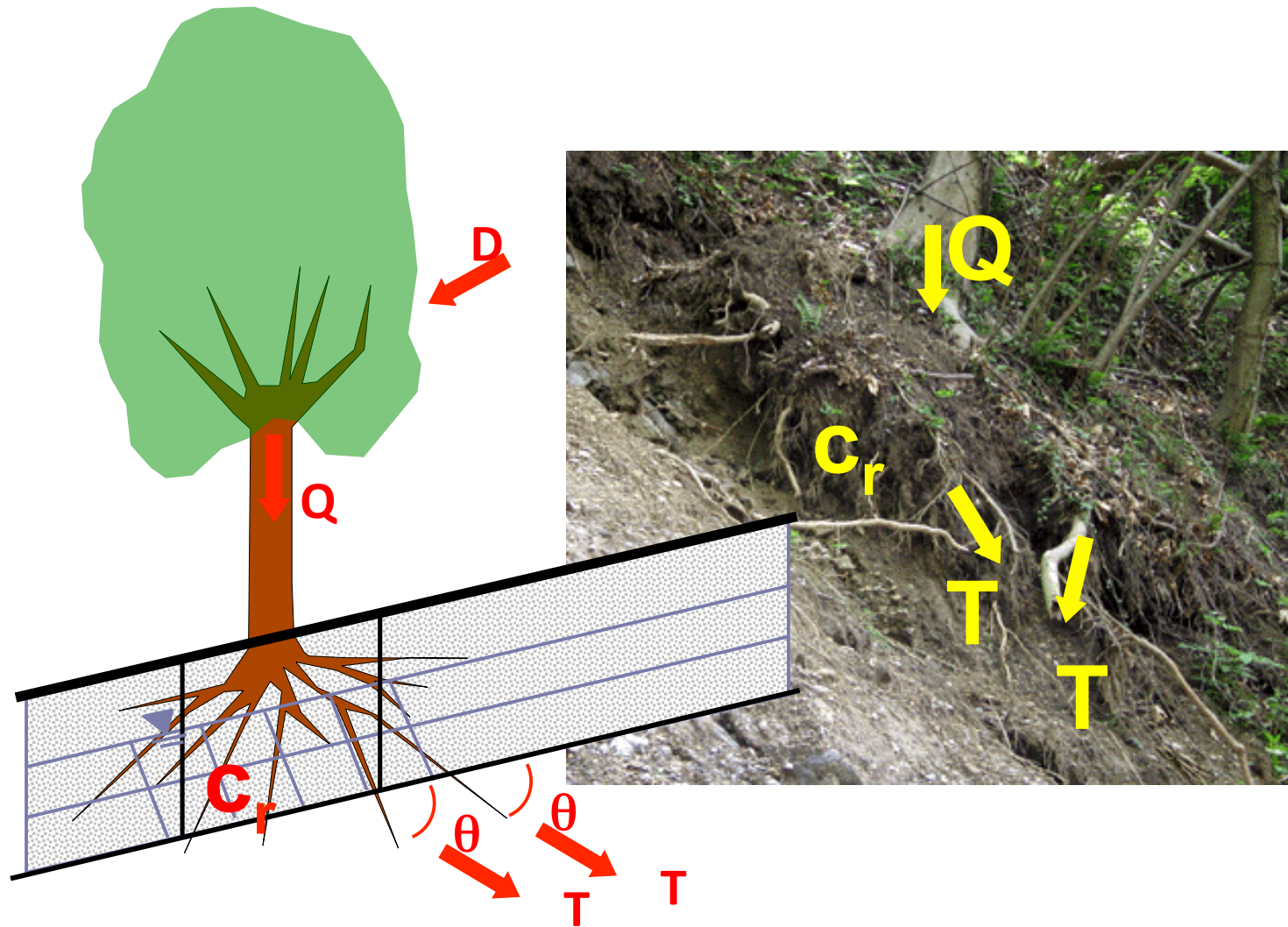


Effetti protettivi e consolidanti della vegetazione

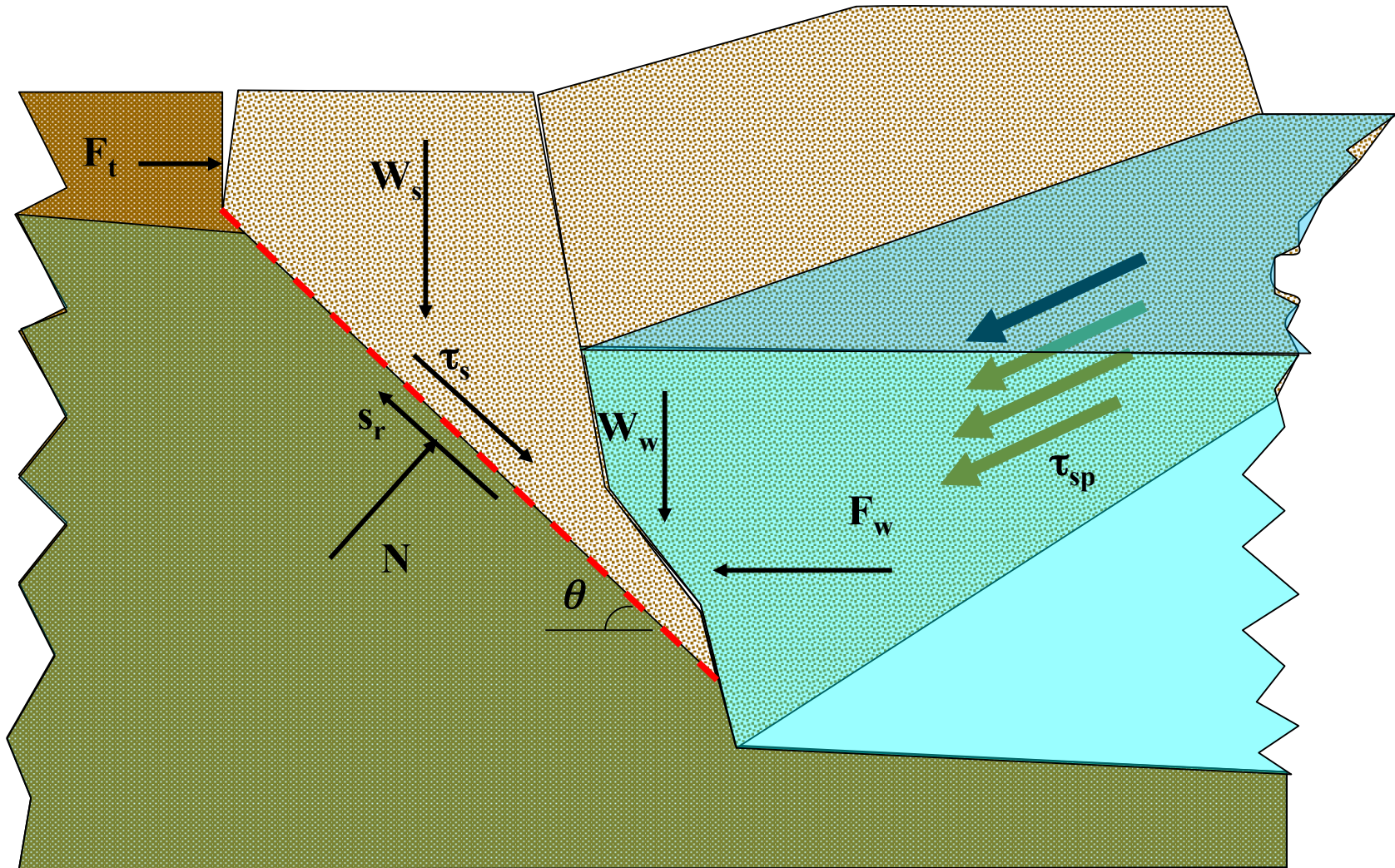


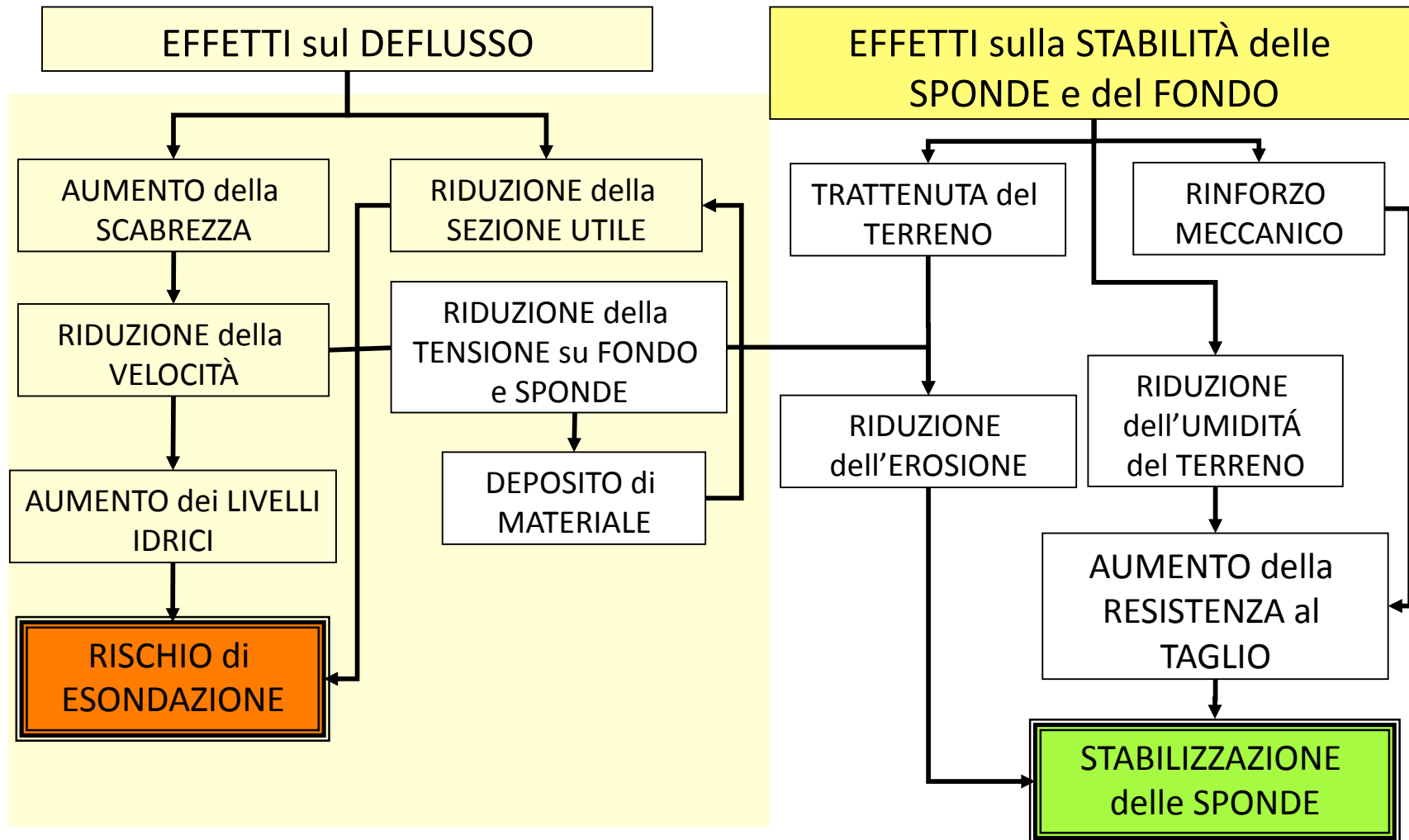
Effetti protettivi e consolidanti della vegetazione





Effetti della vegetazione nelle sezioni idrauliche



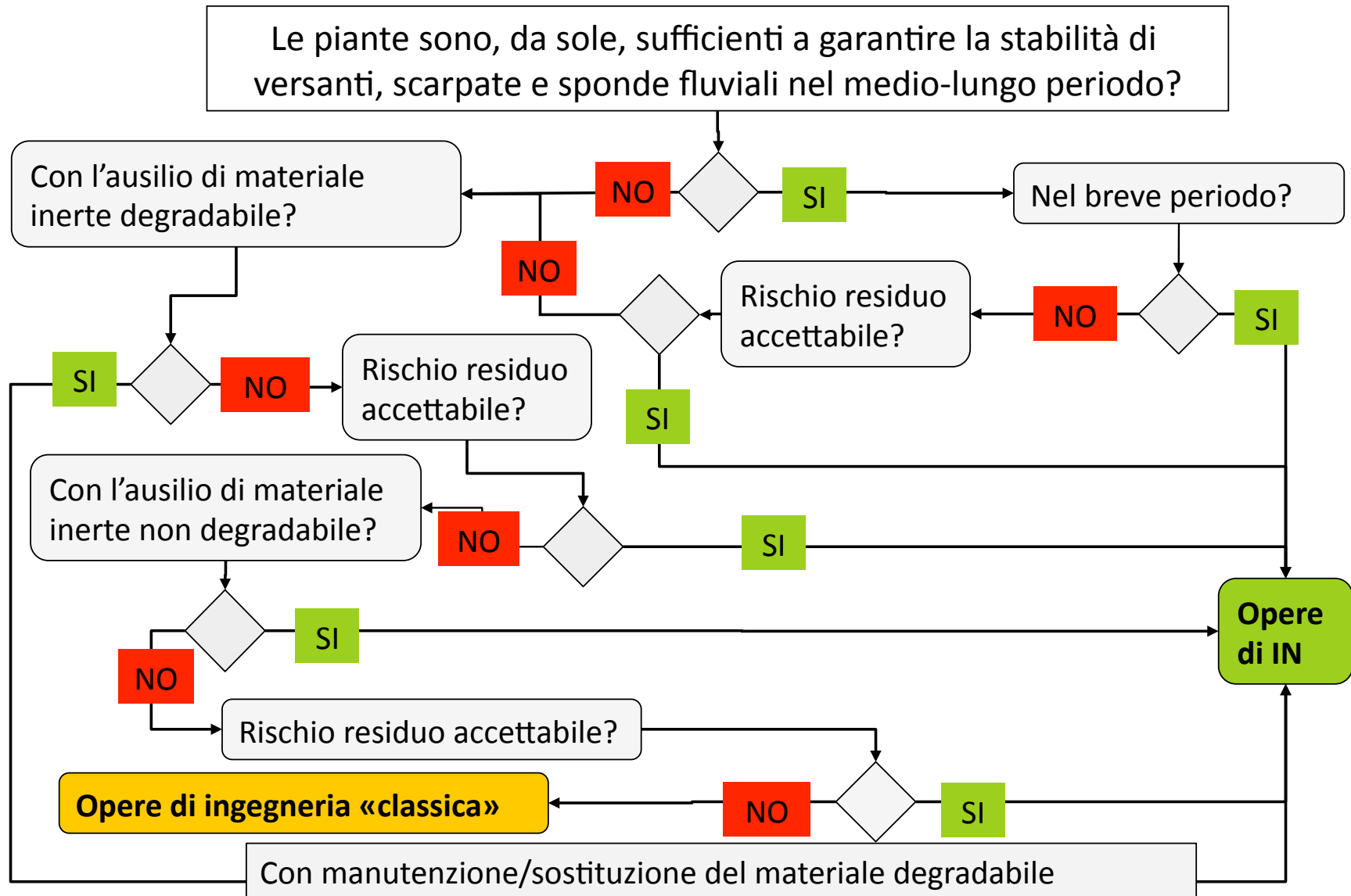


Secondo von Kreudener la Ingenieurbiologie “è una tecnica costruttiva ingegneristica, che si avvale di conoscenze biologiche **nell’eseguire costruzioni in terra e idrauliche** e nel **consolidare versanti e sponde instabili**. Per questo scopo è tipico **l’impiego di piante e di parti di piante**, messe a dimora in modo tale, da raggiungere, nel corso del loro sviluppo, sia da sole, come materiale da costruzione vivo, sia in unione con materiale da costruzione inerte, un consolidamento duraturo delle opere.”

cit. da Schiechtel, H.M. e Stern, R., Manuale delle opere in terra (Naturnaher Erdbau mit ingenieurbiologischen Bauweisen, Osterreichischer Agrarverlag, Wien), trad. di L. Dibona, Tip. Castaldi, Feltre, 1994 e Schiechtel, H.M. e Stern, R., Ingegneria naturalistica - manuale delle costruzioni idrauliche (Handbuch fur naturnahen Wasserbau, Osterreichischer Agrarverlag, Wien), a cura di Lorenzo Dibona, 1992, ed. Arca Trento.

Nell'utilizzare le piante come materiale da costruzione occorre tenere presente che esse sono caratterizzate da:

- caratteristiche meccaniche poco note
- eterogeneità delle caratteristiche meccaniche da individuo ad individuo
- dinamica di crescita in relazione alle caratteristiche dell'ambiente
- alterazione delle caratteristiche meccaniche in relazione a stati di sofferenza
- dinamica evolutiva della popolazione e successioni vegetazionali



Criteri di scelta delle piante

- SCOPO INTERVENTO (copertura, rinforzo, stabilizzazione, drenaggio, ecc.)
- CRITERIO ECOLOGICO (soddisfacimento delle esigenze delle piante e amplitudine ecologica delle specie)
- CRITERIO FITOSOCIOLOGICO (successione ecologica)
- FORZA EDIFICATRICE (rapidità della successione)
- CRITERIO di AUTOCTONIA (reperimento locale)
- METODO di PROPAGAZIONE (seme, talea, piantina radicata)
- VELOCITÀ di ACCRESCIMENTO
- ATTITUDINE BIOTECNICA

Scopo intervento

La scelta della tipologia di vegetazione è funzione innanzitutto dello scopo dell'intervento.

In generale, una buona copertura contro l'erosione superficiale è efficacemente assicurata da vegetazione erbacea, mentre per ottenere un adeguato rinforzo di strati più profondi, occorre ricorrere a vegetazione arbustiva ed arborea in grado di raggiungere tali strati.

Se l'obiettivo è la stabilizzazione, occorrerà combinare anche elementi strutturali alla vegetazione, che dovrà essere compatibile con essi.

Per il drenaggio, infine, occorrerà preferire specie con elevata capacità evapotraspirante.

Criterio ecologico

Affinché la vegetazione possa efficacemente affermarsi e quindi svolgere le funzioni per le quali viene scelta, è necessario che essa sia compatibile con le caratteristiche stazionali: microclima (temperatura, umidità, ecc.), suolo (fertilità, porosità, reazione, ecc.), esposizione, pendenza, ecc.

Poiché spesso si deve intervenire in siti le cui condizioni stazionali, soprattutto in termini di terreno, sono particolarmente critiche, occorre far ricorso ad associazioni pioniere, la cui scelta deve tener conto del criterio fitosciologico.

Criterio fitosociologico

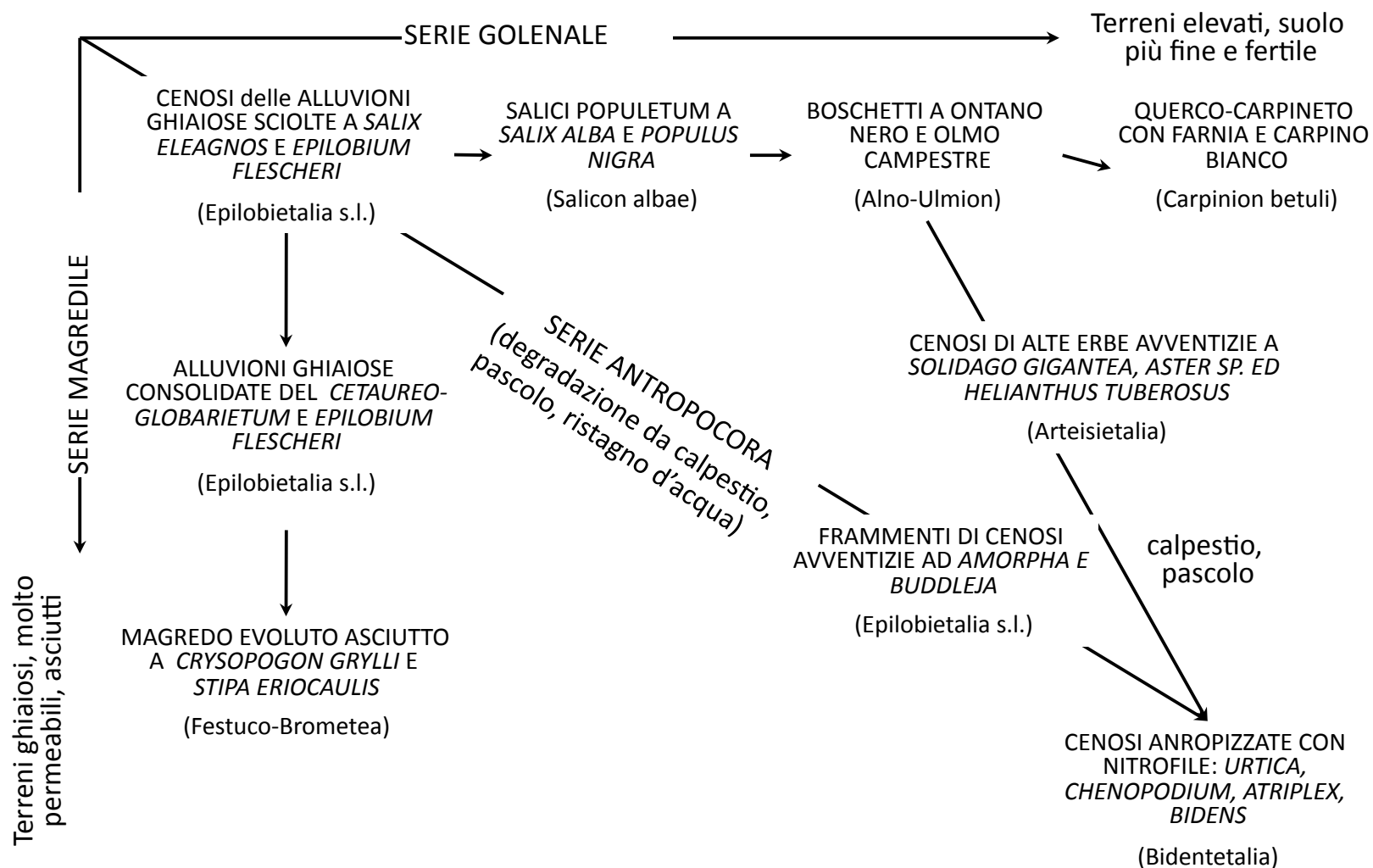
La vegetazione non è un elemento fisso ma dinamico, non tanto come insieme di individui, ma in relazione alla tendenza a generare successioni ecologiche che partendo da stadi pionieri muovono verso uno stadio di maturità attraverso un ciclo continuo di reciproca alterazione tra condizioni stazionali e vegetazione stessa.

Alcune specie sono caratterizzate da grande rusticità, amplitudine ecologica e sono quindi adatte ad avviare il processo di successione ecologica.

La conoscenza della sequenza di evoluzione potenziale della vegetazione permette di poter eventualmente accelerare il processo

[l'Ingegneria Naturalistica] “riguarda la costruzione, la manutenzione o la ristrutturazione di opere o lavori puntuali, e di opere o di lavori diffusi, necessari alla difesa del territorio ed al ripristino della compatibilità fra ‘sviluppo sostenibile’ ed ecosistema, comprese tutte le opere ed i lavori necessari per attività botaniche e zoologiche. Comprende in via esemplificativa i processi di recupero naturalistico, botanico, faunistico, la conservazione ed il recupero del suolo utilizzato per cave e torbiere e dei bacini idrografici, l’eliminazione del dissesto idrogeologico per mezzo di piantumazione, le opere necessarie per la stabilità dei pendii, la riforestazione. I lavori di sistemazione agraria e le opere per la rivegetazione di scarpate stradali, ferroviarie, cave e discariche.”

(DPR 25.01.2000 n. 34 All. A «Regolamento recante istituzione del sistema di qualificazione per gli esecutori di lavori pubblici, ai sensi art. 8 L. 11 febbraio 1994, n. 109, s.m.i», articolo abrogato dal D.Lgs. 12 aprile 2006, n. 163, ma ripresa dal DPR 207/2010 «Codice dei contratti pubblici relativi a lavori, servizi e forniture in attuazione delle direttive 2004/17/CE e 2004/18/CE» e poi abrogato dal Dlgs 50/2016. Rimane però in vigore in attesa dell’emanazione degli atti attuativi al Dlgs stesso.)



Verosimili direzioni evolutive della vegetazione ripariale tipica dei fiumi dell'avanterra alpino sud-orientale (da Paiero P. e Paiero G., 2005)

Specie ad elevata amplitudine

Ontano bianco (*Alnus incana*), ontano nero (*A. glutinosa*), larice (*Larix decidua*), robinia (*Robina pseudoacacia*), salicone (*Salix caprea*), betulla (*Betula pendula*), pioppo nero (*Populus nigra*), pino silvestre (*Pinus sylvestris*)

Sanguinella (*Cornus sanguinea*), ligustro (*Ligustrum vulgare*), salice di ripa (*S. eleagnos*), salice rosso (*S. purpurea*), salice da ceste (*S. triandra*), salice di monte (*S. nigricans*), salice da vimini (*S. viminalis*), sambuco (*Sambucus nigra*)

Agrostide bianco (*Agrostis stolonifera*), loglio perenne (*Lolium perenne*), ginestrino (*Lotus corniculatus*), erba mazzolina (*Dactylis glomerata*), trifoglio (*Trifolium prarense*), trifoglio ladino (*T. repens*), festuca (*Festuca rubra*), poa (*Poa pratensis*), antillide (*Antyllis vulneraria*)

Forza edificatrice

Capacità delle piante di migliorare le caratteristiche stazionali, tipicamente il terreno, in termini di fertilità e caratteristiche fisiche, il microclima, ecc.

Tale azione è prevalentemente legata alla presenza dell'apparato radicale che agisce da un punto di vista meccanico con la crescita delle radici e dal punto di vista d'arricchimento della sostanza organica con il deterioramento delle radici stesse e la caduta delle foglie. Caso particolarmente interessante è dato dalle specie che ospitano simbionti radicali quali le leguminose e l'ontano.

Criterio di autoctonia

Riferirsi alle situazioni presenti nello stesso luogo ove i lavori vengono eseguiti garantisce la rispondenza ai criteri ecologico ed almeno in parte fitosociologico. Prelevare il materiale di propagazione direttamente dallo stesso luogo rispetto a materiale della medesima specie ma proveniente da altri contesti, inoltre, garantisce l'adeguatezza delle caratteristiche genetiche del materiale stesso.

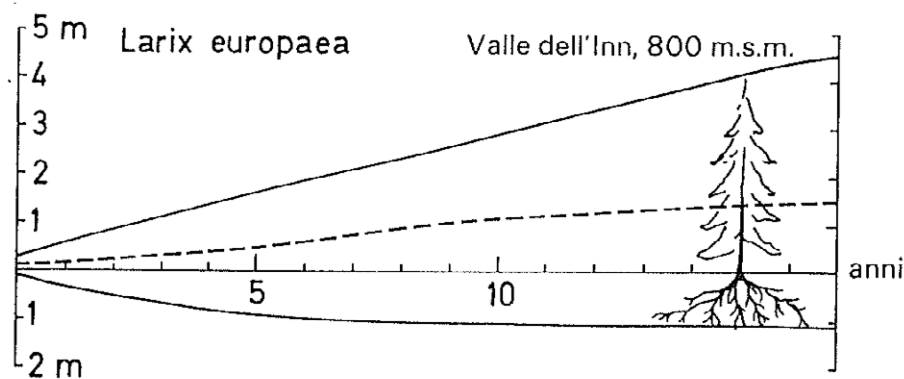
Nell'utilizzo del materiale autoctono, tuttavia, occorre tener presente che il sito oggetto d'intervento può trovarsi in situazioni di degrado (relativi alla fertilità, pendenza, ecc.) che non consentono di mettere a dimora altro che specie pioniere. Solo attraverso il miglioramento esercitato da tale vegetazione si potranno verificare le condizioni per l'insediamento della vegetazione circostante, spesso per rinnovamento naturale.

Metodo di propagazione

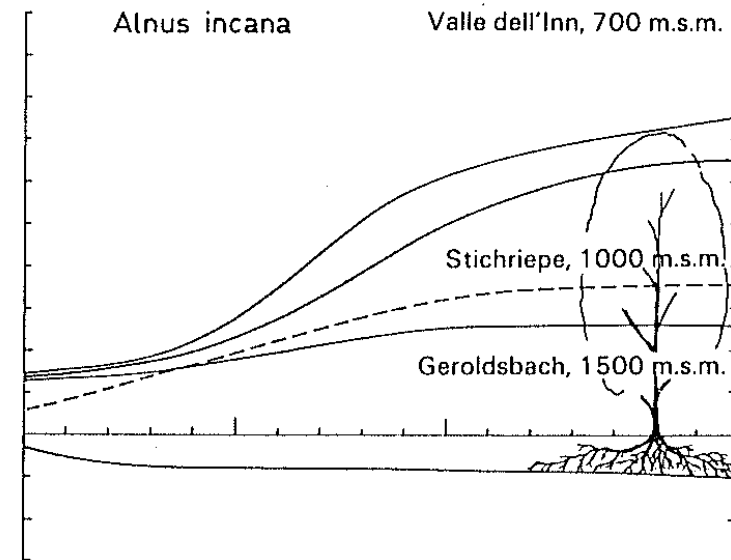
Le piante si possono propagare per via gamica (seme) o agamica (talea, margotta, polloni, ecc.).

Non tutti i metodi di propagazione sono però utilizzabili nell'ambito delle opere di Ingegneria Naturalistica a causa di restrizioni di tipo operativo o economico. La quantità di materiale vegetale da utilizzare è, infatti, spesso enorme ed il metodo di propagazione è fondamentale perché può determinare i tempi ed i costi di realizzazione.

Velocità d'accrescimento



Schiechl, H. M. - *Bioingegneria forestale*,
 Castaldi Feltre (BL) 1980



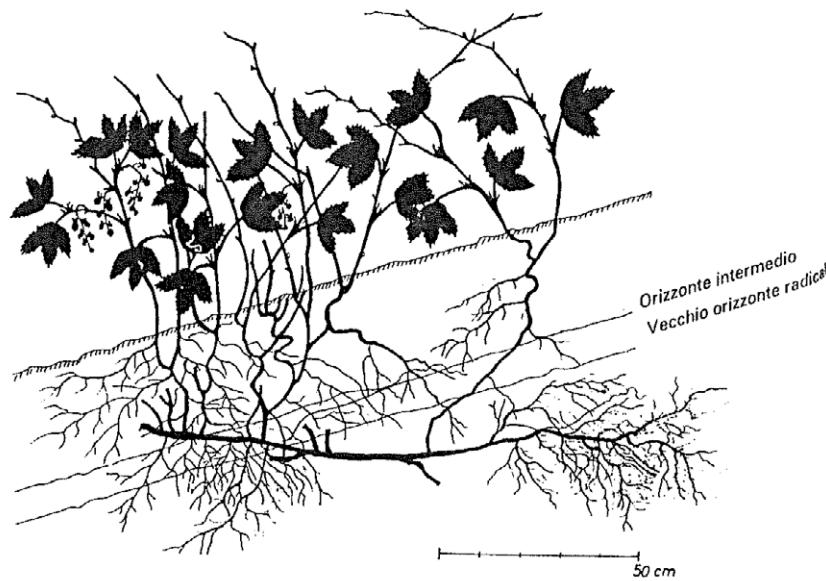
- **EROSIONE SUPERFICIALE:**
 - grado di copertura del suolo (vegetazione e lettiera)
- **MOVIMENTI di MASSA**
 - Profondità, densità, resistenza alla trazione dell'apparato radicale
 - capacità evapotraspirante
- **RESISTENZA alla CADUTA di SASSI (*Salix spp.*, *Alnus spp.*, *Fraxinus excelsior*, *Sorbus spp.*, *Populus tremula*)**
- **RESISTENZA alla NEVE e SLAVINE (*Salix spp.*, *Alnus spp.*, *Fraxinus excelsior*, *Corylus avellana*)**
- **RESISTENZA al SALE (scarpate stradali)**

- **SCABREZZA**
 - numero ed elasticità dei rami
 - area fogliare
- **TRASPORTO SOLIDO**
 - resistenza all'esposizione dell'apparato radicale dovuta all'erosione
 - resistenza all'inghiainamento e agli urti di materiale solido
- **RESISTENZA alla SOMMERSIONE**
 - (*Salix alba*, *S. fragilis*, *Alnus glutinosa*, *Populus alba*, *P. nigra*, *Fraxinus excelsior*)

Pinus sylvestris, Juniperus communis,

Salix purpurea, S. eleagnos, S. nigricans, Corylus avellana, Prunus spinosa, Crataegus monogyna, Sambucus racemosa, Alnus spp., Acer pseudoplatanoides,

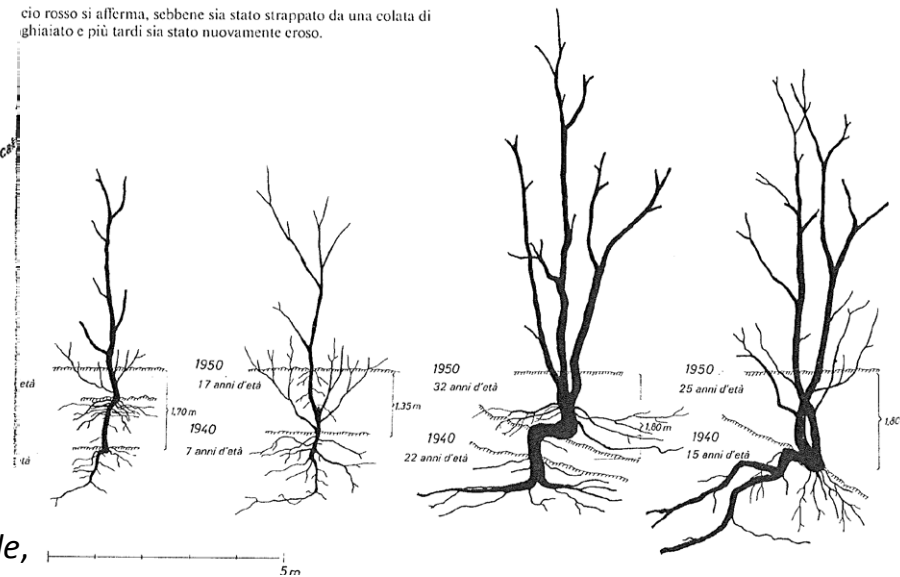
Salici di ripa



Lampone

Schiechtl, H. M. - *Bioingegneria forestale*,
Castaldi Feltre (BL) 1980

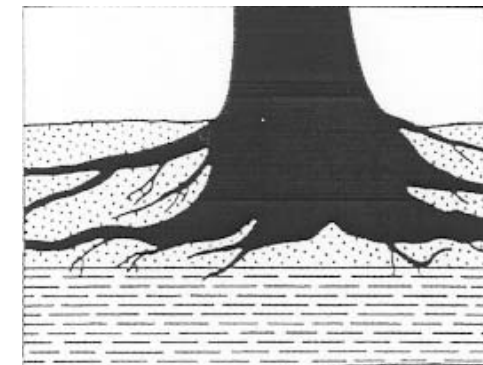
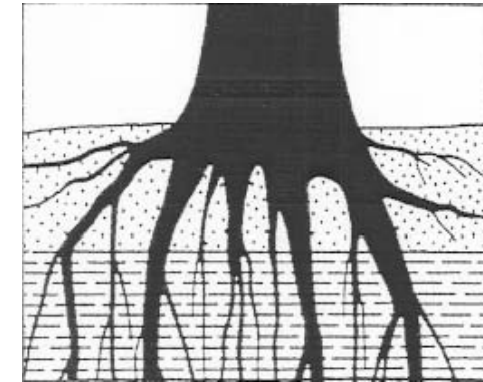
cio rosso si afferma, sebbene sia stato strappato da una colata di ghiaia e più tardi sia stato nuovamente eroso.



Resistenza alla sommersione

È legata alla capacità di garantire l'approvvigionamento di ossigeno anche in sommersione ed altre strategie adattative.

Oltre alle piante tipicamente acquatiche (canna palustre, carici, ecc.), mostrano resistenza fino a 2-3 settimane di sommersione: salici da ceste (*Salix triandra*), bianco (*S. alba*), odoroso (*S. pentandra*), cinereo (*S. cinerea*), fragile (*S. fragilis*), pioppi e suoi ibridi (*Populus alba*, *P. candensis*), ontano nero (*Alnus glutinosa*)



Schiechtl, H. M. - *Bioingegneria forestale*,
Castaldi Feltre (BL) 1980

Forme di utilizzo della vegetazione

Moltiplicazione gamica

- SEME – in genere è utilizzato per le specie erbacee in grado di crescere in tempi rapidi. Vengono utilizzati miscugli polispecifici di graminacee e leguminose
- TRAPIANTO:
 - piantine radicate utilizzata per specie arboree ed arbustive con scarsa attitudine rizogena non idonee ad essere moltiplicate per talea.
 - erbacee: in alcuni casi una stagione vegetativa estremamente ridotta (es. quota elevata) ostacola la buona riuscita della semina ed anche le piante erbacee devono essere seminate in vivaio e poi trapiantate

Piantine radicate

- Le piantine radicate utilizzate negli interventi di I.N. hanno in genere età compresa tra 2 e 3 anni e diametro al colletto di alcuni centimetri.
- Possono essere reperite presso vivai e sono disponibili a radice nuda o in fitocella (ma solamente in alcune realtà vi sono vivai specializzati in grado di fornire specie idonee agli interventi in quantità sufficiente).
- Per le piantine a radice nuda il periodo di messa a dimora è quello del riposo vegetativo, mentre per quelle in pane di terra è, in linea di principio, non vi sono vincoli.

Reperimento piantine radicate

Piantine di specie arbustive
e arboree in coltivazione



Piantine di specie erbacee perenni
da impiantare o moltiplicare
per divisione dei cespi



Piantine di specie arbustive e arboree a radice nuda conservate in locale climatizzato pronte al trasporto



Reperimento seme

- fiorume (scarsa germinabilità e purezza, quantità limitate)
- mercato generico (specie non autoctone)
- vivai specializzati (costo)

Semente di specie erbacee non reperibili sul mercato, prodotta in vivaio

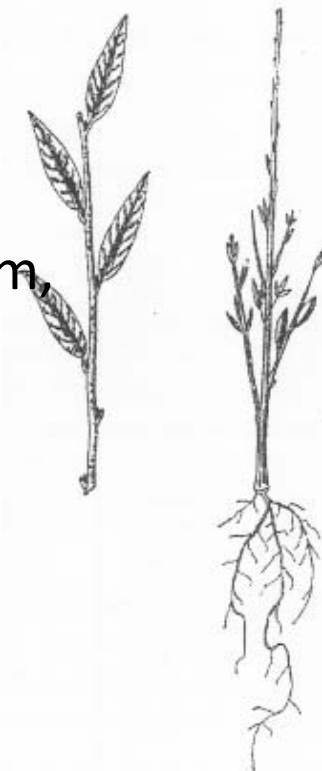


Talee

Porzione di fusto che separato dalla piante madre è in grado di produrre radici avventizie e germogli in modo da rigenerare un nuovo individuo di dimensioni significative in tempi rapidi e costo limitato.



- Talee legnose: $d=3-8$ cm e $l=40-100$ cm, usate per le specie arboree ed arbustive
- Verghe: getti poco ramificati ed elastici $l>120$ cm
- Astoni: getti rigidi $d=10-15$ cm $l=100-250$ cm
- Talee verdi: diametro 1-3 cm e lunghezza 10-30 cm, usate per la moltiplicazione in vivaio, per la canna palustre (*Phragmites australis*) e per l'ammofila (*Ammophila arenaria* e *A. balcanica*, nell'ambito delle dune)
- Talee di radici: parti di radice diametro 1-2 cm e lunghezza 5-15 cm, usate in vivaio



Florineth, Dispensa di IN 2004/2005, Ordine degli Ingegneri di Napoli, 2004

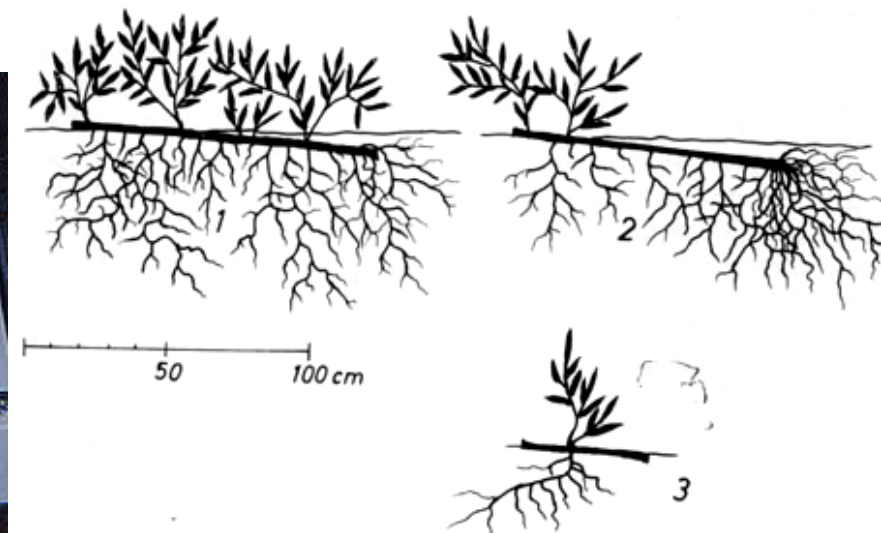
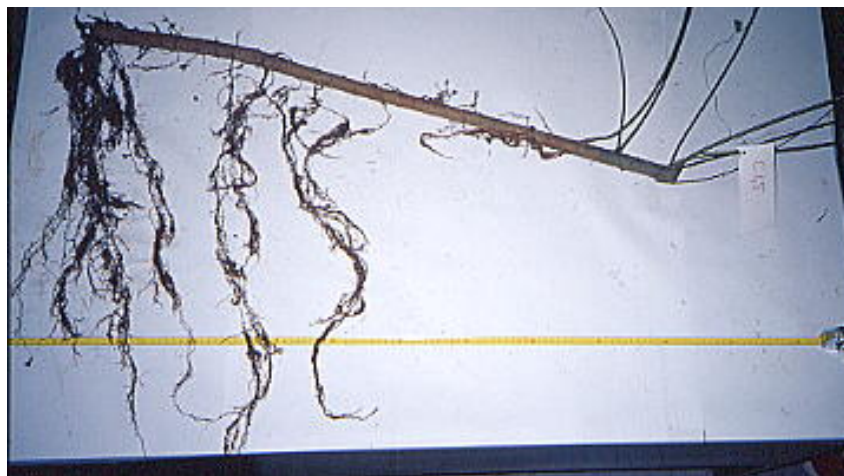
La differenziazione si ha in corrispondenza della ripresa vegetativa primaverile per cui il prelievo e l'utilizzo delle talee deve avvenire nel periodo di riposo vegetativo (in genere autunno-primavera).

Salix caprea fa eccezione e le talee devono essere prelevate immediatamente dopo la fioritura

Un metodo per migliorare la possibilità di radicazione è quello di prelevare le talee e metterle a dimora in autunno; si può anche simulare in vivaio un periodo tiepido in cui si formano le iniziali radicali e successivamente un periodo freddo. In questo modo appena le talee vengono piantate a primavera le iniziali si attivano subito.

La quantità di radici emesse dipende dal numero di gemme e quindi di nodi presenti sulla talea.

La distribuzione delle radici lungo la talea dipende da quella degli ormoni rizogeni verso la sezione di taglio ed è quindi regolata dalla sua inclinazione. Occorre anche rispettare la polarità della talea.

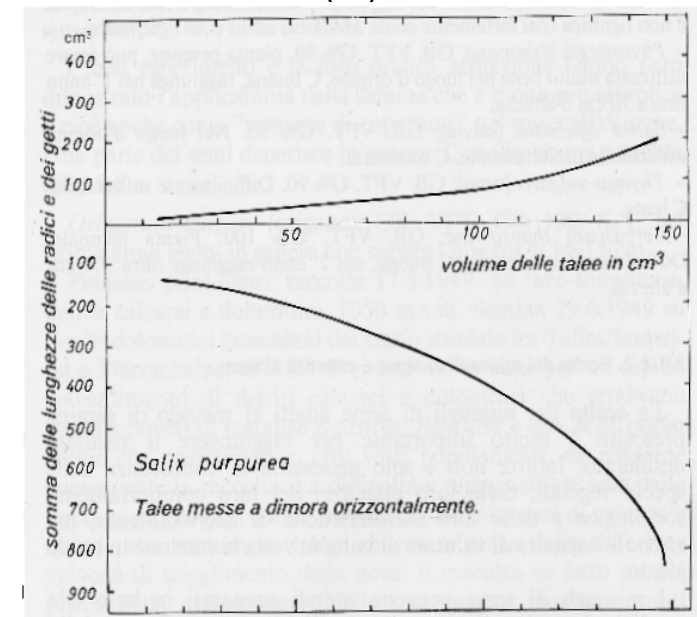


Schiechtl, H. M. - *Bioingegneria forestale*,
Castaldi Feltre (BL) 1980

Principali fattori di radicazione

- Genotipo (specie)
- Caratteristiche del substrato di radicazione
- Stato nutrizionale della pianta madre
- Tipo di talea
- Volume della talea
- Epoca di taleaggio
- Eventuale impiego di ormoni radicanti (auxine sintetiche), ma servono a poco se la specie ha un ridotto potere rizogeno.

Schiechtl, H. M. - *Bioingegneria forestale*, Castaldi Feltre (BL) 1980



La capacità di emissione delle radici avventizie è compromessa da:

- differenziazione prima dell'utilizzo
- temperature elevate
- essiccamento
- traumi meccanici
- marciumi

Occorre avere cura nel depezzamento, trasporto e nella conservazione prima dell'uso. Meglio depezzare sul posto d'utilizzo e con strumenti idonei, trasportare su mezzi chiusi o coperti con teli



Talee di specie arbustive e arboree conservate in locale climatizzato pronte al trasporto



Reperimento talee

- popolamenti naturali possibilmente in prossimità del luogo d'impiego (difficoltà di riconoscimento durante il riposo vegetativo, demanio idrico)
- manutenzione di interventi realizzati nel passato
- vivai specializzati



Altri metodi di propagazione

- Talee verdi (d=1-3 cm l=10-30 cm)
- Talee di radici (*A. incana*, *R. caesius*, *R. ideaeus*, *C. avellana*, *C. sanguinea*, *P. nigra*, *P. tremula*, *R. pseudacacia*, *Salix spp.*), stoloni e rizoma
- Gemme bulbifere (*Poa alpina ssp. Vivipara*, *P. bulbosa*, *Polygonum viviparum*, *Dentaria bulbifera*)
- Divisione cespi
- Organi sotterranei
- Zolle, Tappeti Erbosi

Scelta della specie

Bollettino Ufficiale della Regione Lombardia

1° Suppl. Straordinario al n. 19 - 9 maggio 2000

ALLEGATO N. 1

INDICAZIONI DI MASSIMA CIRCA LE SPECIE AUTOCTONE DA UTILIZZARE PER GLI INTERVENTI DI RECUPERO AMBIENTALE ED INGEGNERIA NATURALISTICA IN REGIONE LOMBARDA

Ambiti territoriali di applicazione:

- pianura
- pianalto (brughiera)
- appennino lombardo
- fascia pedemontana
- prealpi
- alpi

* Nomenclatura botanica da: PIGNATTI S., 1982 – «Flora d'Italia» 1-3 Bologna.

NOTE GENERALI SULLE TABELLE DELL'ALL. N. 1

Per le parti del territorio lombardo costituite dalla pianura, il pianalto e l'oltrepò pavese, vengono fornite indicazioni circa la reazione dei terreni. Tale scelta è stata dettata dalla variabilità dei substrati dai quali si sono formati questi terreni.

Per il territorio pedemontano, prealpino e alpino, le indicazioni si riferiscono ai substrati rocciosi di queste aree, riconducibili sinteticamente ai complessi calcarei e cristallini.

Le specie sono state raggruppate in arboree, arbustive ed erbacee.

Per quanto riguarda le specie arboree ed arbustive, sono state elencate le modalità di impiego più comuni; infatti alcune di esse, come ad esempio le querce possono essere impiegate anche come seme.

Il *Salix caprea* presenta bassi indici di attecchimento in pieno campo, tuttavia, se il taleaggio viene effettuato durante la fioritura, si possono ottenere buoni risultati.

Per le specie erbacee non sono indicate particolari modalità di utilizzo.

PIANURA LOMBARDA Ambito di ripa lungo i corsi d'acqua (escluse golene)

Specie	Reazione terreno			Impiego	Note
	Acido	Neutro	Basico		
ARBOREE					
<i>Alnus glutinosa</i>	X			SEM/TR	
<i>Carpinus betulus</i>		X		SEM	
<i>Populus alba</i>		X	X	TR	
<i>Populus nigra</i>		X	X	TR	
<i>Quercus robur</i>	X	X	X	TP/CONT	indifferente al tipo di suolo
<i>Salix alba</i>		X		T/TR	
<i>Salix fragilis</i>	X			T/TR	
<i>Ulmus minor</i>		X	X	SEM	
ARBUSTIVE					
<i>Cornus sanguinea</i>		X	X	SEM	
<i>Corylus avellana</i>	X	X	X	SEM	si adatta ad ogni terreno
<i>Crataegus monogyna</i>	X	X	X	SEM	si adatta ad ogni terreno
<i>Rubus caesius</i>	X	X		T/TR	
<i>Rubus ulmifolius</i>	X	X		T/TR	
<i>Salix daphnoides</i>		X	X	T/TR	
<i>Salix eleagnos</i>		X	X	T/TR	
<i>Salix purpurea</i>		X	X	T/TR	
<i>Salix triandra</i>		X	X	T/TR	
<i>Salix viminalis</i>		X	X	T/TR	
<i>Sambucus nigra</i>		X		SEM	
<i>Viburnum opulus</i>		X	X	SEM	
ERBACEE					
<i>Arrhenatherum elatius</i>					

Epoca di esecuzione

Bollettino Ufficiale della Regione Lombardia

1° Suppl. Straordinario al n. 19 - 9 maggio 2000

ALLEGATO N. 2

INDICAZIONI DI MASSIMA SUI PERIODI DI ESECUZIONE DELLE OPERE DI RECUPERO AMBIENTALE ED INGEGNERIA NATURALISTICA IN REGIONE LOMBARDIA

Ambiti territoriali di applicazione:

- pianura
- pianalto (brughiera)
- appennino lombardo
- fascia pedemontana
- prealpi
- alpi

N.B.

* si possono considerare 10-15 giorni di anticipo o di ritardo in relazione alle esposizioni (Sud-Nord) dei versanti e per le quote maggiori del relativo innevamento

* per le semine delle essenze erbacee vanno esclusi i periodi o troppo freddi o troppo asciutti

PIANURA LOMBARDA E PIANALTO

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31		
PIANTINE IN CONTENITORE																																	
PIANTINE A RADICE NUDA																																	
TALEE																																	
SEMINE ERBACEE																																	

Materiale inerte

- **NATURALE**
 - legname
 - pietrame
 - reti e stuoie in materiale organico (fibra di cocco, juta, ecc.)
- **SINTETICO**
 - geotessuti, georeti, geogriglie, geocelle (acciaio, fibre polimeriche, poliammide, polipropilene, poliestere)
 - gabbioni
- **MATERIALI AUSILIARI**
 - fertilizzanti, ammendanti, colle, terreno vegetale

Legname

SPECIE

- ✓ larice
- ✓ castagno
- ✓ abete
- ✓ pino
- ✓ ...



DIAMETRO

- ✓ 6-12 cm per picchetti e pali
- ✓ 20-30 cm per elementi strutturali

Il legname è soggetto ad alterazioni abiotiche (agenti atmosferici, usura meccanica) e biotiche (attacchi di insetti, funghi e batteri) che ne limitano la durata.



Degradazione fisica

Funghi



Muschi

La durata è molto variabile in relazione al tipo di legname, agli accorgimenti utilizzati nella sua lavorazione e soprattutto all'ambiente in cui viene utilizzato. Valori indicativi possono essere considerati 20-25 anni, ma sono state osservate durate nettamente inferiori in ambienti ove l'attività batterica e fungina è favorita (10 -15 anni) o superiori, tipicamente a quote elevate o sotto sommersione costante (fino a 100 anni)

TRATTAMENTI

- ✓ scortecciatura
- ✓ preservanti chimici



specie		funghi	insetti
abete bianco		poco durabile	non resistente
abete di Douglas		durabile	resistente
abete rosso		poco durabile	non resistente
larice	durame	estremam. durabile	resistente
	alburno	durabile	resistente
pino silvestre	durame	durabile	resistente
	alburno	poco durabile	resistente
castagno	durame	molto durabile	resistente
	alburno	poco durabile	non resistente
quercia	durame	estremam. durabile	molto resistente
	alburno	poco durabile	non resistente
robinia	durame	Estremam. durabile	resistente
	alburno	poco durabile	non resistente



Pietrame di grande pezzatura
misto cava - morena

Pietrame

Pietrame in scogliera
con talee di salice



Pacciamanti

Si tratta fibre vegetali o sintetiche che servono a proteggere dall'erosione, a regolare l'umidità del suolo ed a creare un microclima favorevole. Es. paglia, fibre di cellulosa, fibre di legno



- Fibre di cellulosa
- Fibre di legno
- Paglia triturrata
- Fibre varie

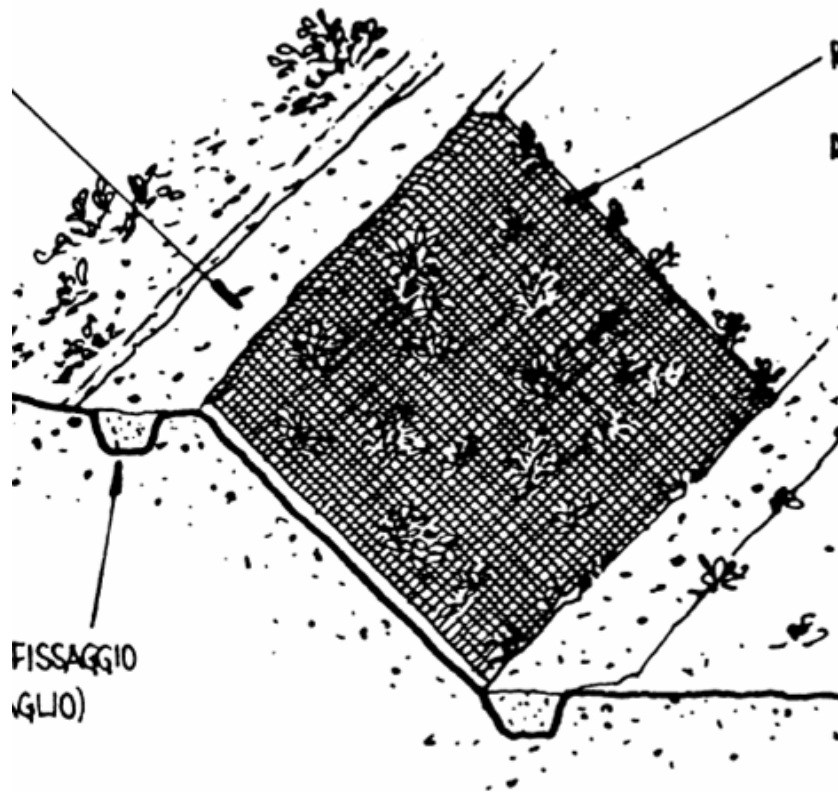


<http://sunhawk.com.au/>

Reti in materiale organico

- Fibra di juta: durata 1-2 anni
- Fibra di cocco: durata 4 anni





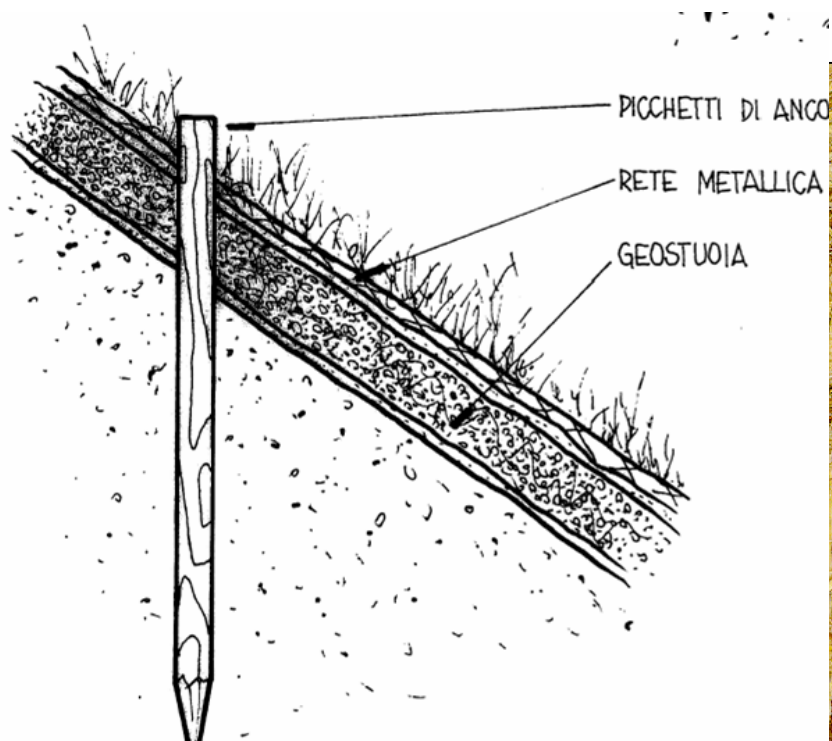
Bollettino Ufficiale della Regione Lombardia



1° Suppl. Straordinario al n. 19 - 9 maggio 2000

Biostuoie

Trucioli di legno, fibra di cocco, canapa, paglia, ecc. (solitamente preseminate)

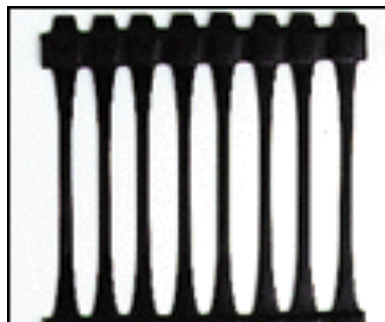


Bollettino Ufficiale della Regione Lombardia

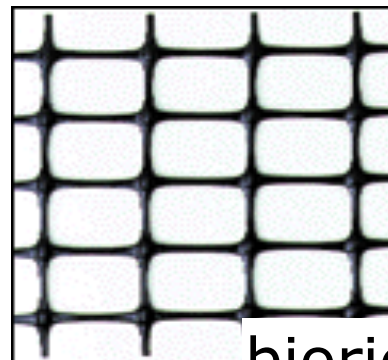
1° Suppl. Straordinario al n. 19 - 9 maggio 2000

- **Geotessili tessuti:** sono costituiti da filamenti sintetici tessuti secondo una trama specifica per conferire una precisa resistenza. Vengono usati per migliorare la capacità di carico dei terreni
- **Geotessili non tessuti:** sono costituiti da filamenti sintetici assemblati in modo caotico. Vengono impiegati per il drenaggio
- **Georeti e geogriglie:** sono costituite da filamenti e nastri di origine sintetica assemblati a maglie larghe. Vengono impiegati per rinforzare i terreni
- **Geomembrane:** teli in materiale plastico per impermeabilizzazioni

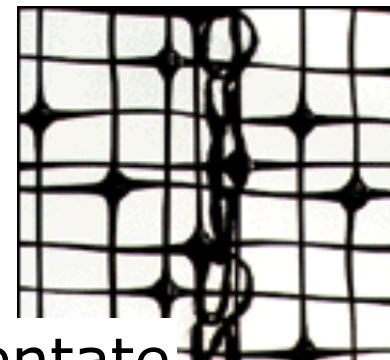
Geogriglie



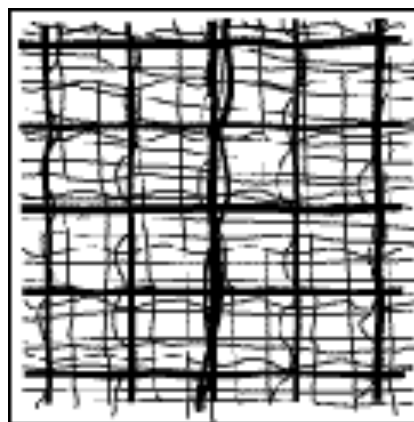
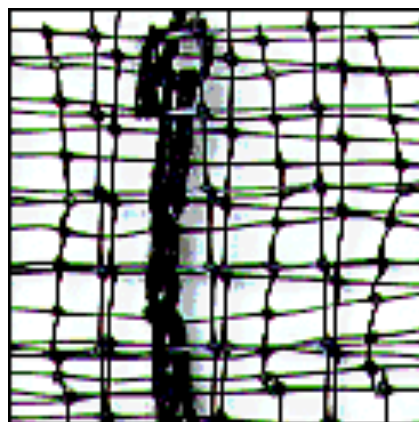
monorientata



biorientate



Georeti



Geocelle

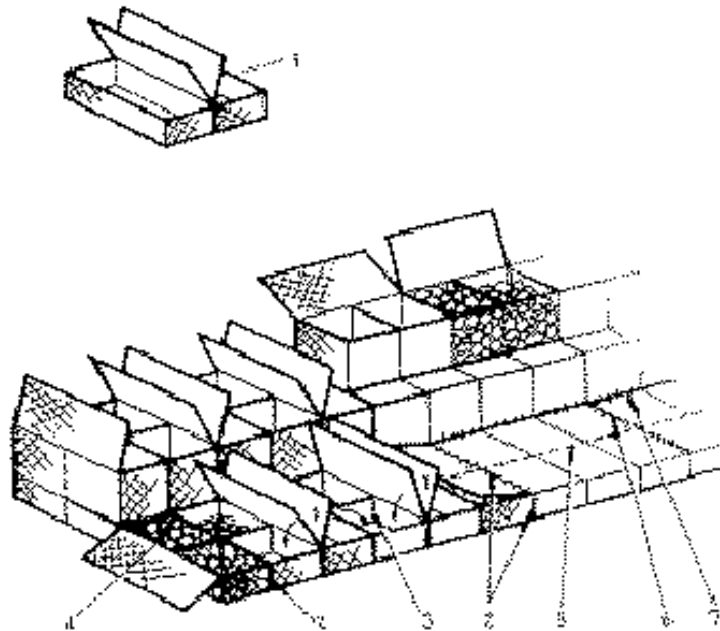


- Ferro e acciaio sono impiegati per
- Giunzioni tra elementi in legno (chiodi, graffe o cambre, bulloni, filo di ferro, ecc.)
- Ancoraggio delle strutture (tondini da cls armato, barre ad aderenza migliorate, tubolari, ecc.)
- Rivestimenti delle scarpate (reti e funi)



Gabbioni

1. POSIZIONAMENTO DEI MODULI A RICAMBI
 MANTENENDO AVVIANTATI I COPRISOLI.



2. LEGATURA DEI MODULI.
3. CEMENTAZIONE DEI DIAPHRAGMI.
4. RISPONIMENTO.
5. LEGATURA DEI COPRISOLI AI DIAPHRAGMI.
6. LEGATURA DEI COPRISOLI.
7. LEGATURA DEI GABBIONI SUPERIORI A QUELLI INFERIORI.



www.borghiazio.com

- Ammendanti: prodotti organici di origine naturale o sintetica (torba, terriccio, fanghi, compost, alginati, ecc.) o inorganici (pietrisco, ghiaia, sabbia, ecc.) che hanno lo scopo di migliorare le caratteristiche fisiche del terreno
- Fertilizzanti: minerali o organici, in genere N, P, K (Mg) in varie formulazioni

Occorre valutare con attenzione il loro impiego perché potendo distribuirli solo superficialmente vi è il rischio che gli apparati radicali non si approfondiscano, limitando così l'effetto stabilizzante ed esponendo le piante a maggior rischio di stress idrici.

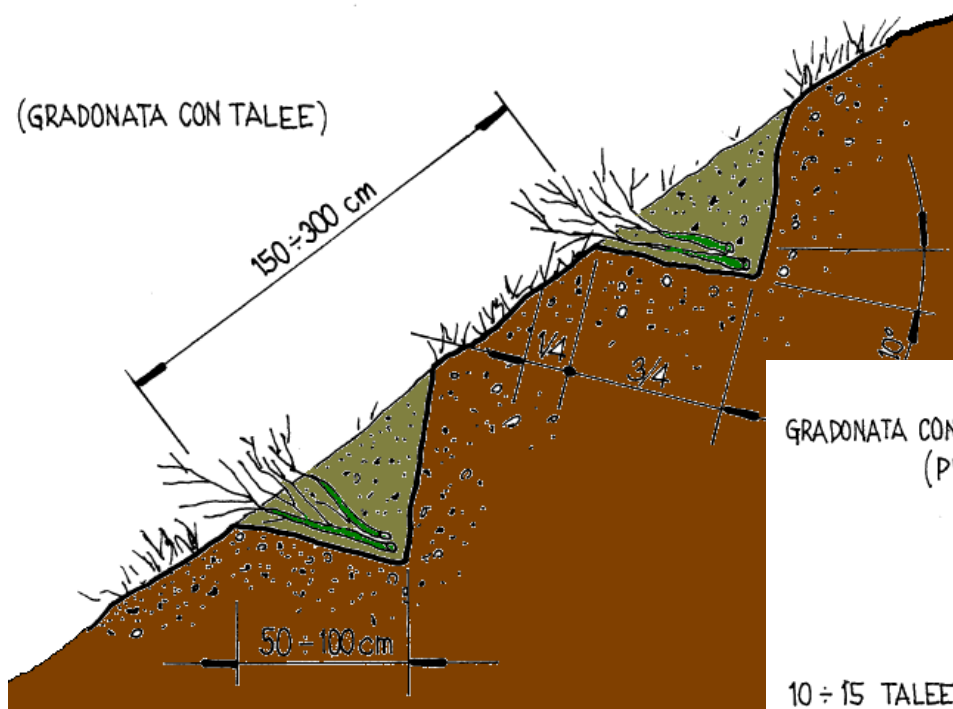
Terreno “vegetale”

- Si tratta di terreno ricco di sostanza organica, solitamente prelevato dai primi strati di suolo (15-20 cm) in località pianeggianti e quindi poco inclini all’erosione.
- Si usa per creare un substrato adatto ad ospitare le semine e si distribuisce a formare uno strato di 3-5 cm.

Collanti

- Servono a far aderire i semi al terreno in modo da evitare la loro asportazione ad opera del vento, della pioggia e del deflusso superficiale. Sono indispensabili per le semine su scarpate ripide.
- Alcuni esempi sono:
- Collanti di sintesi biodegradabili (polimeri vari)
- Colloidi vegetali e minerali
- Collanti a base di cellulosa
- Bitumi al 40% d'acqua
- Farine vegetali
- Alghe brune disidratate

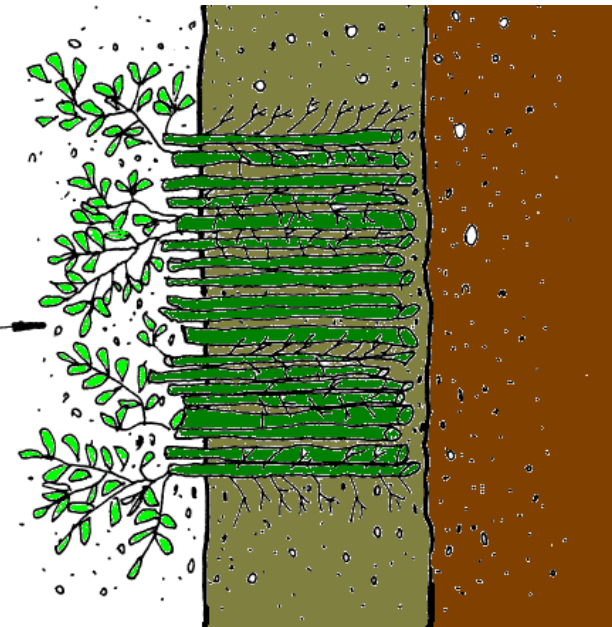
Interventi di rinforzo



Gradonate

GRADONATA CON TALEE
(PIANTA)

10 ÷ 15 TALEE / m

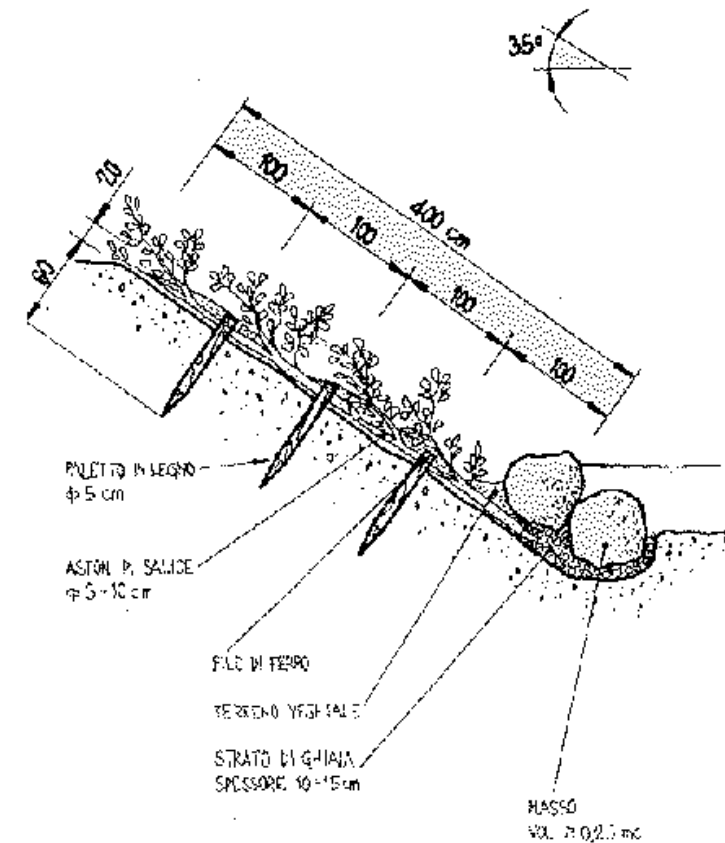
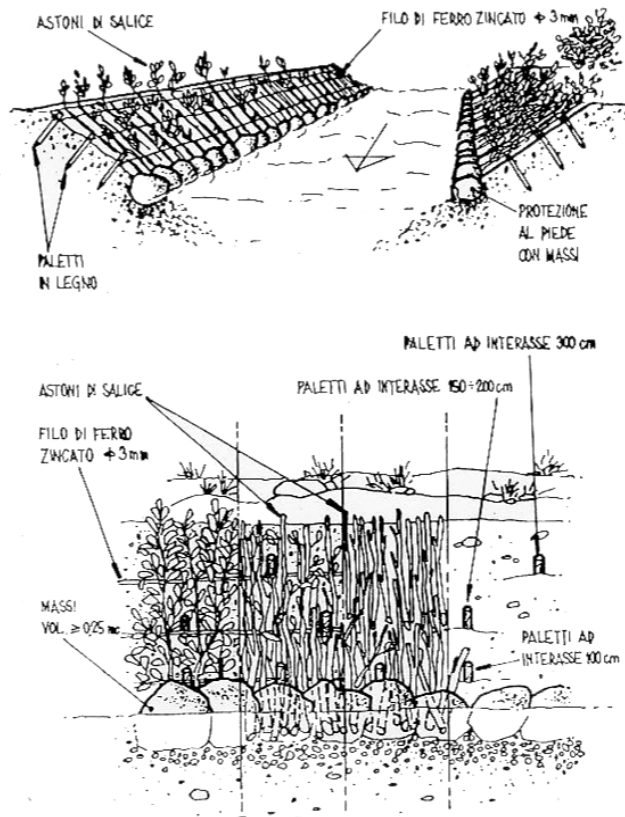




Gradonate



Copertura diffusa con astoni



Copertura diffusa con astoni



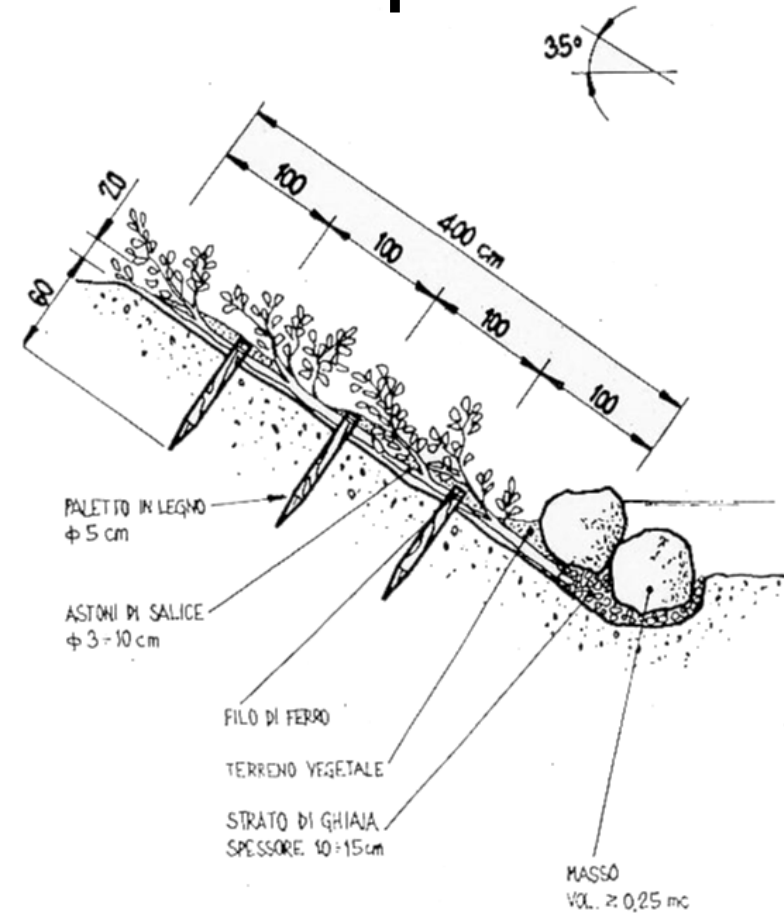
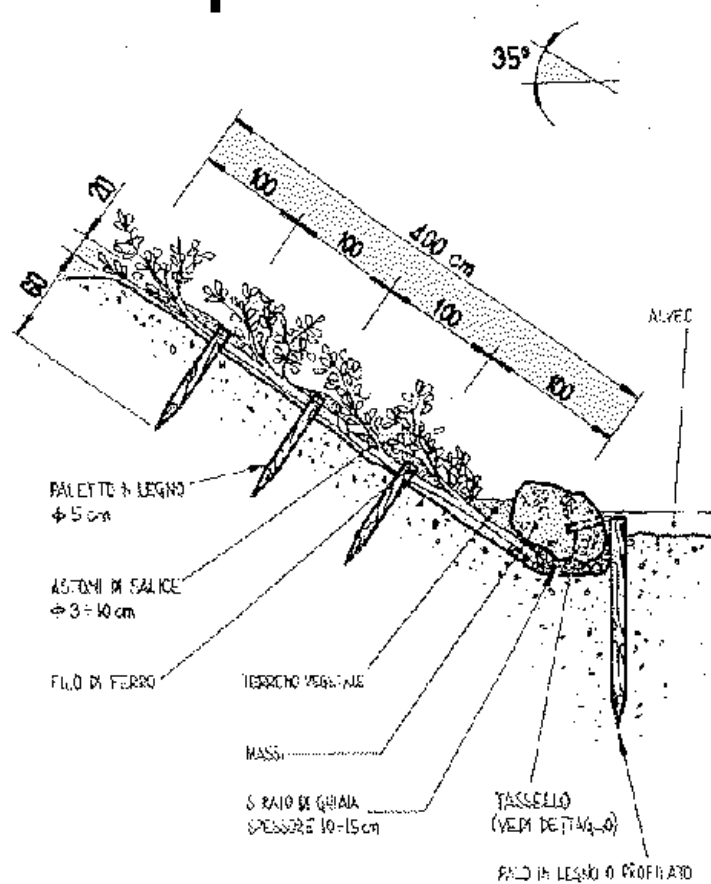
Copertura diffusa con astoni



Copertura diffusa con astoni



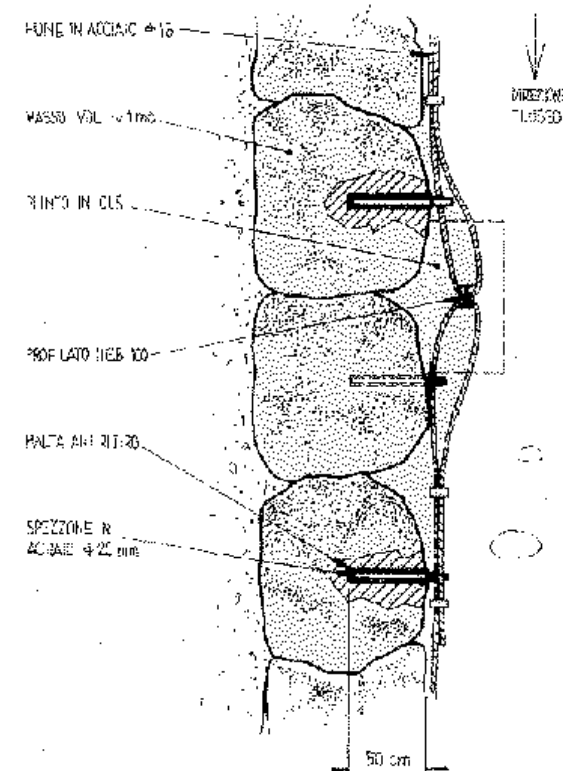
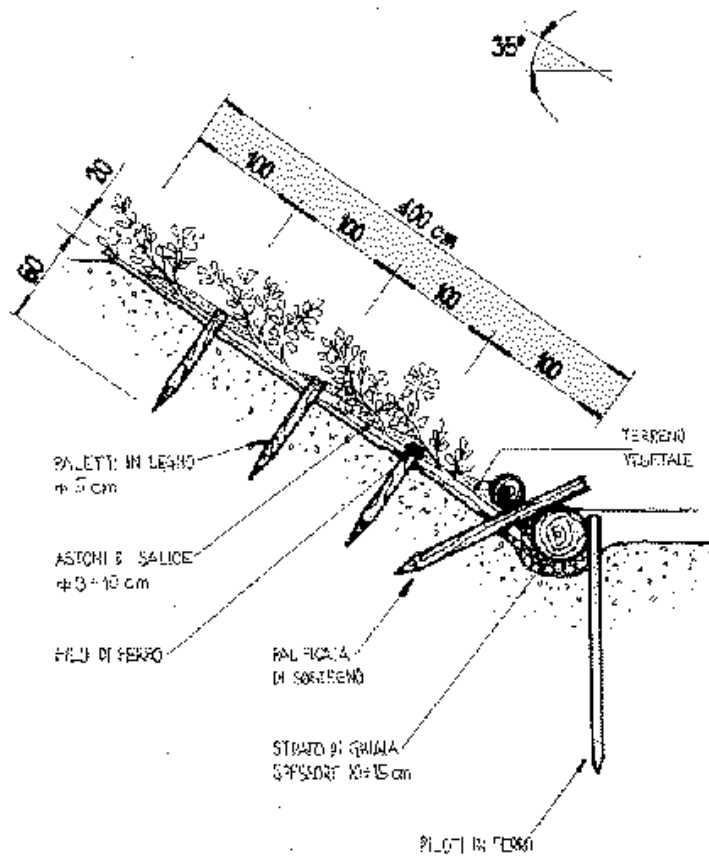
Copertura diffusa – protezione del piede



Bollettino Ufficiale della Regione Lombardia

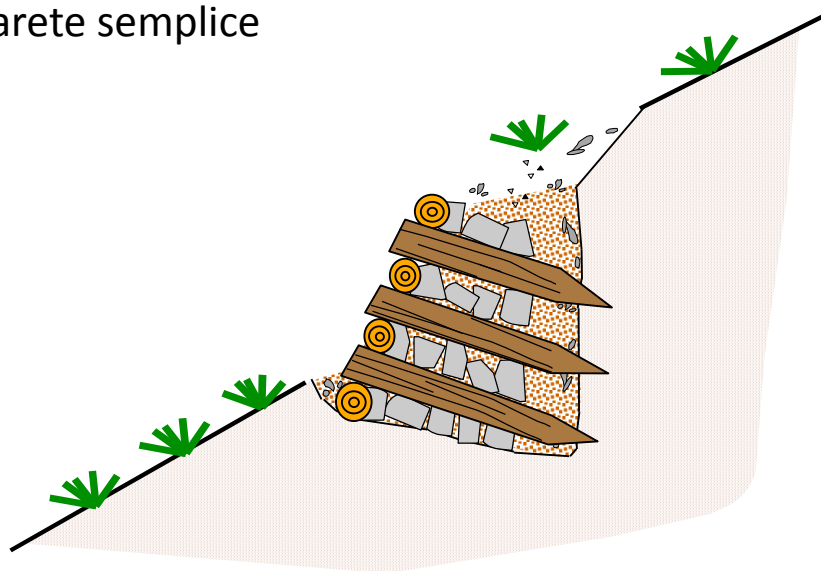
1° Suppl. Straordinario al n. 19 - 9 maggio 2000

Copertura diffusa – protezione del piede



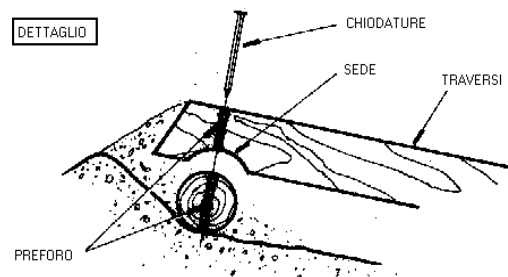
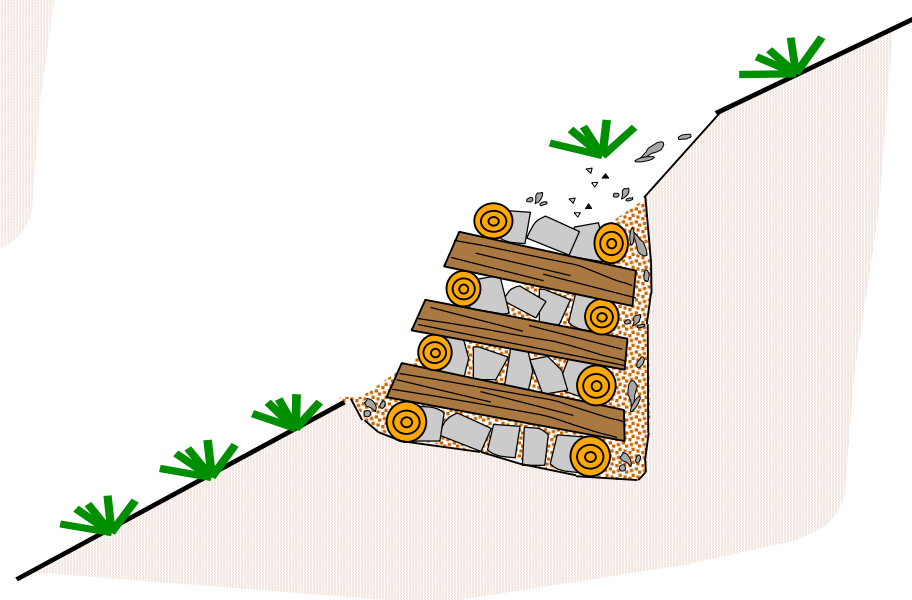
Interventi di sostegno

Parete semplice

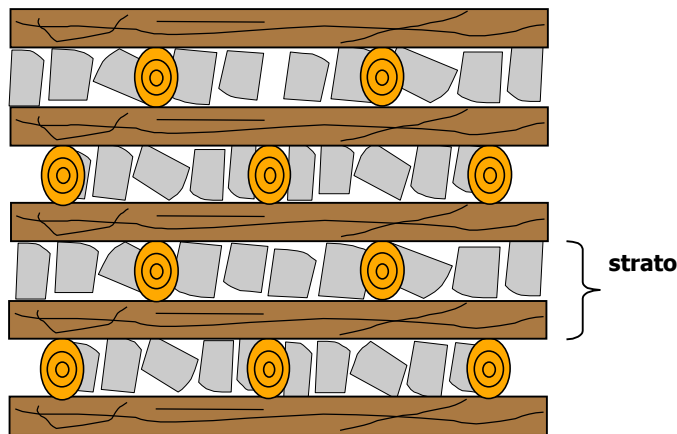


Palificate

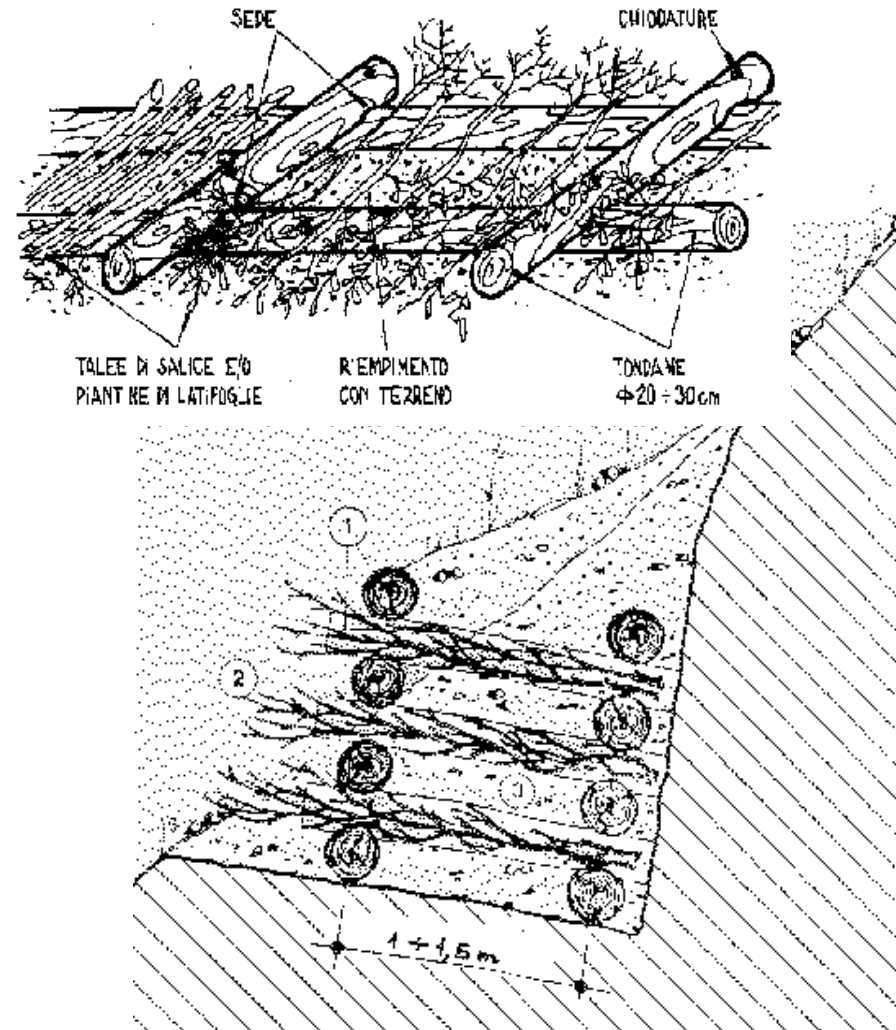
Parete doppia



Palificate a parete doppia



Disposizione alternata



1° Suppl. Straordinario al n. 19 - 9 maggio 2000

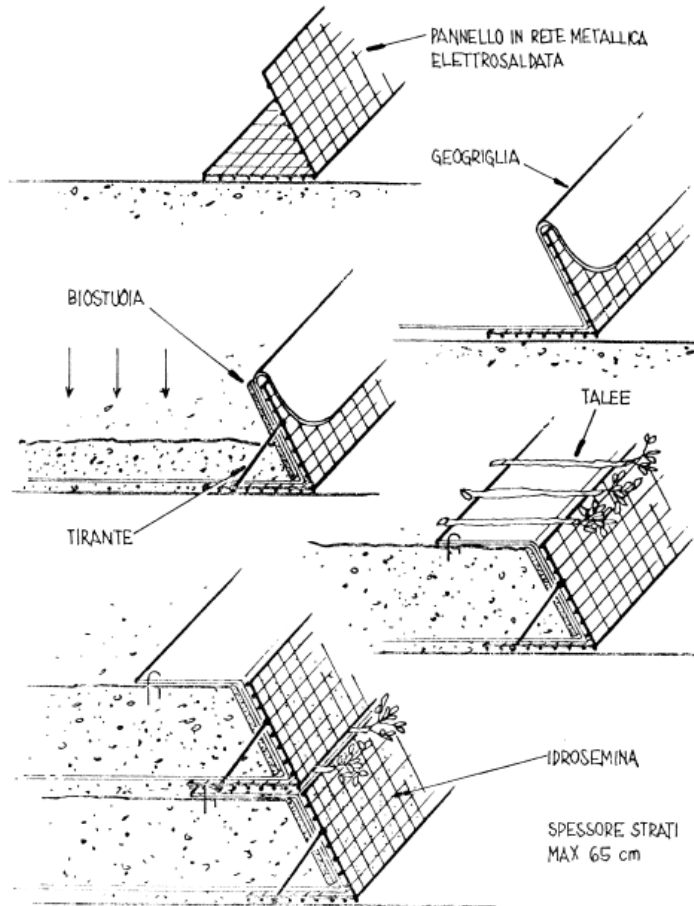




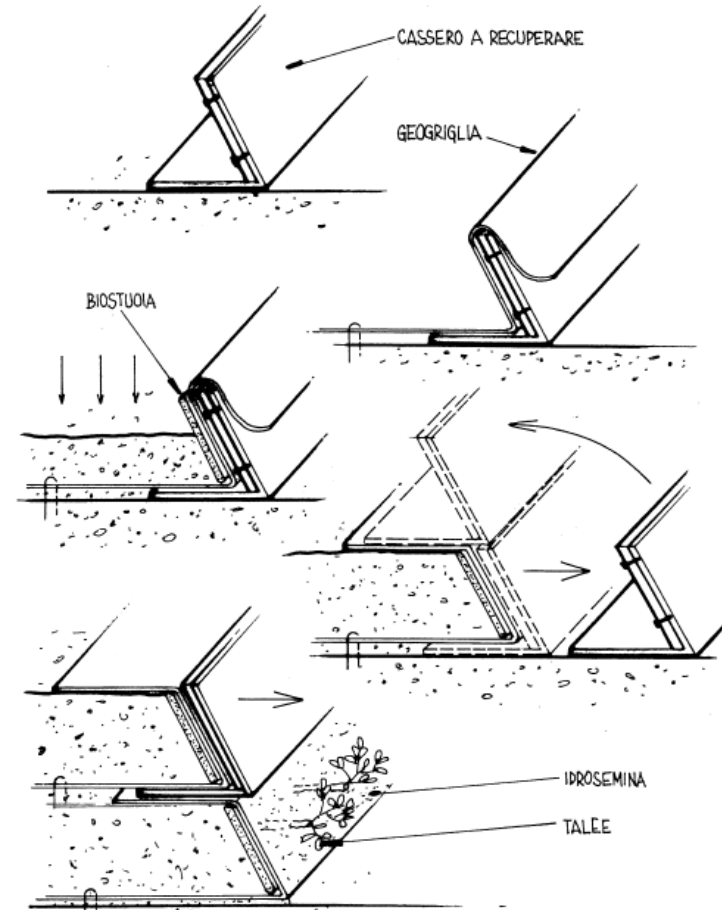




Terre rinforzate

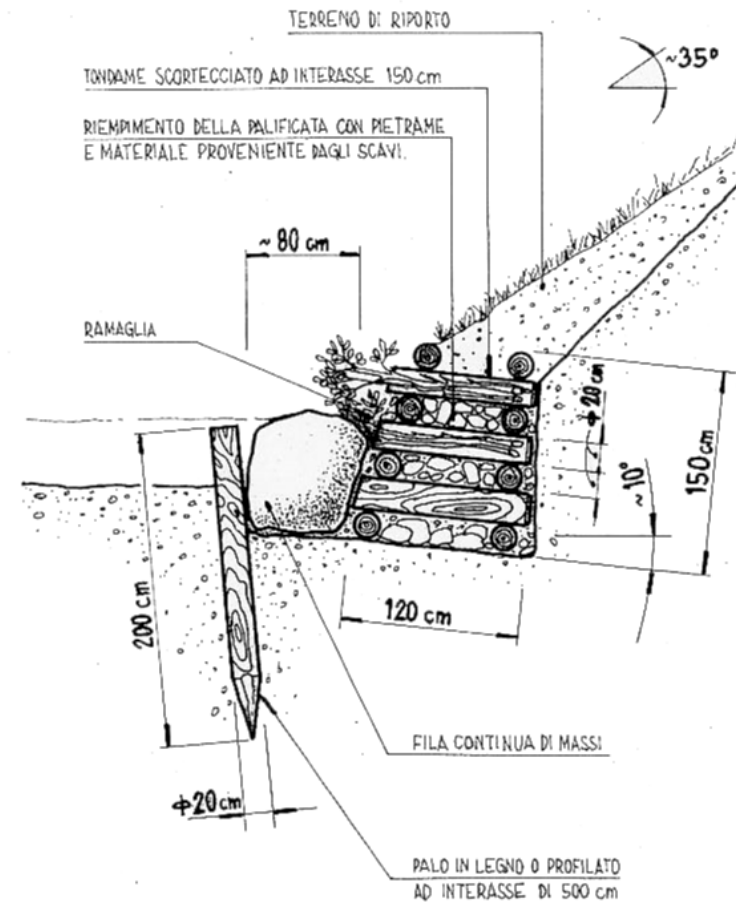
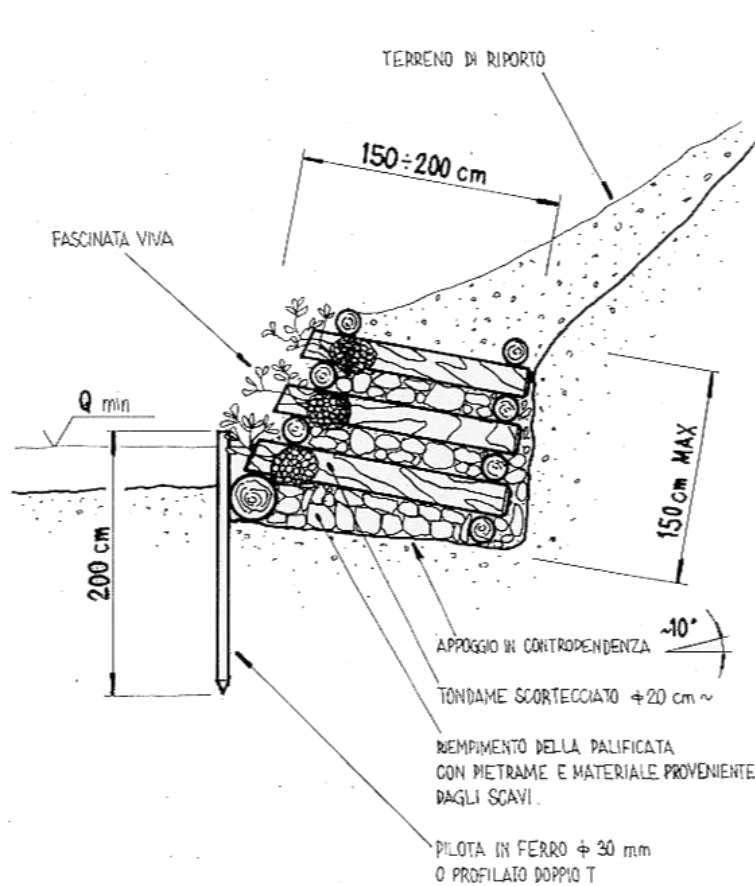


Bollettino Ufficiale della Regione Lombardia



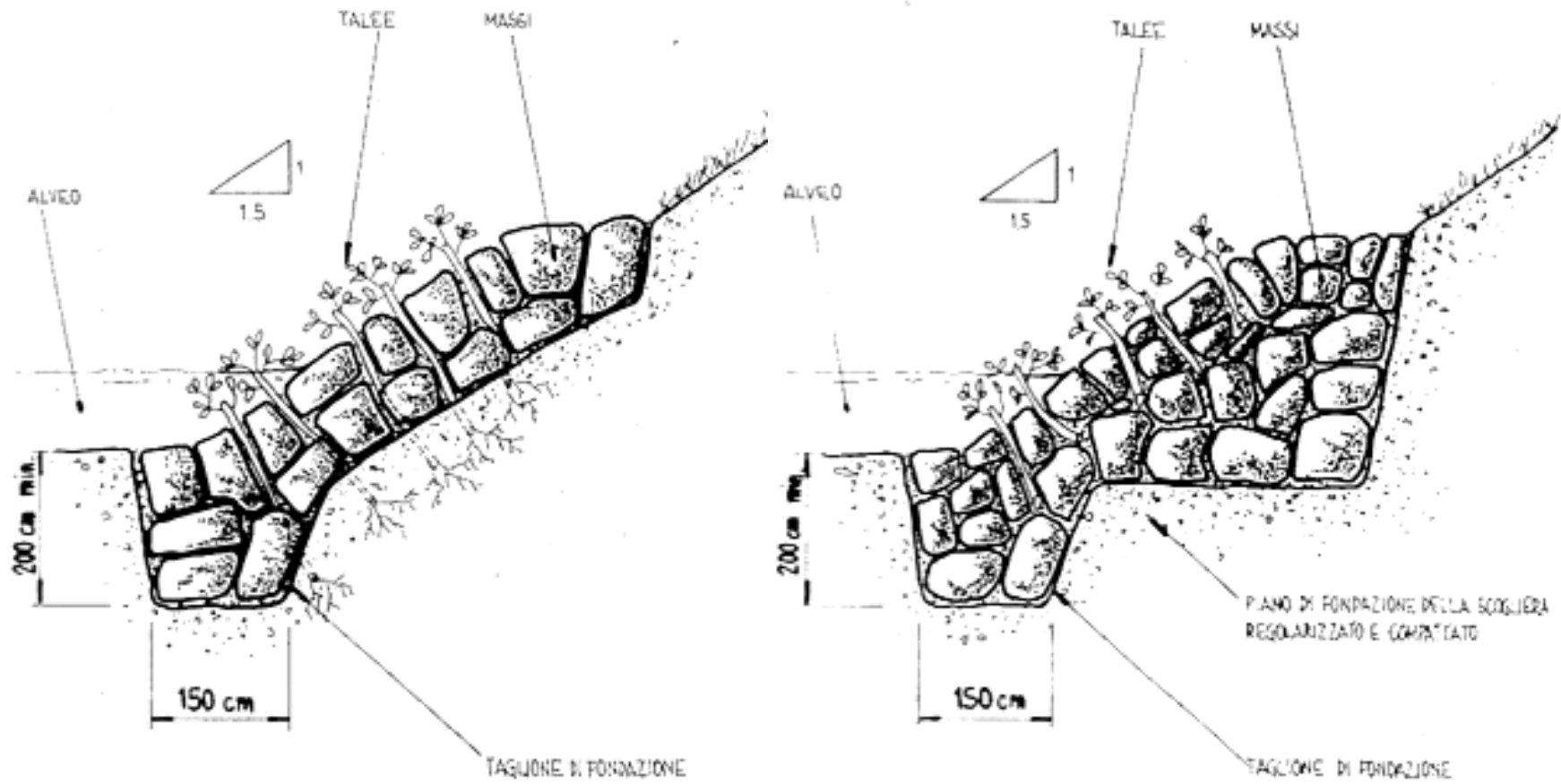
1° Suppl. Straordinario al n. 19 - 9 maggio 2000

Palificata viva





Cortesia del Prof. V. D'Agostino (TeSAF Università degli Studi di Padova)



Bollettino Ufficiale della Regione Lombardia

1° Suppl. Straordinario al n. 19 - 9 maggio 2000



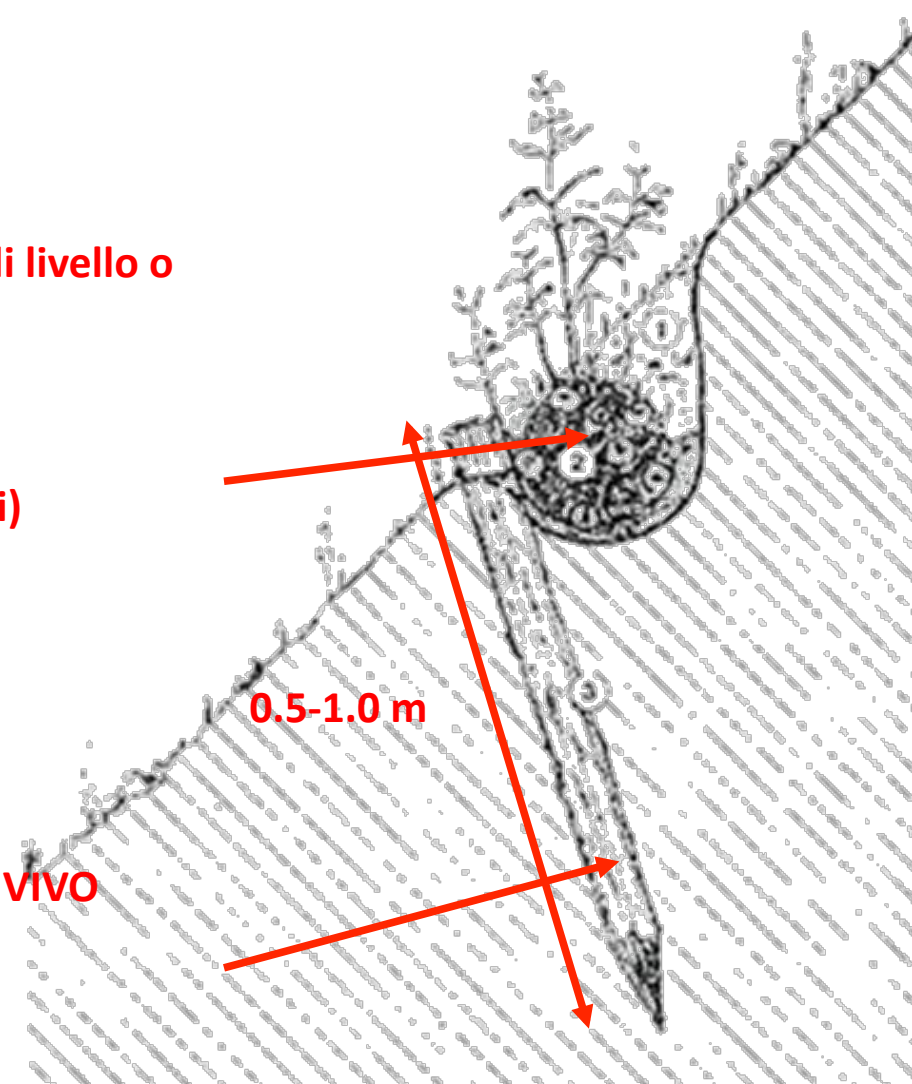
Interventi combinati

Fascinata

scavo di fossi (30-50 cm) secondo linee di livello o obliqui, a distanza ravvicinata (1-2 m)

FASCINA VIVA (5-6 talee o rami)

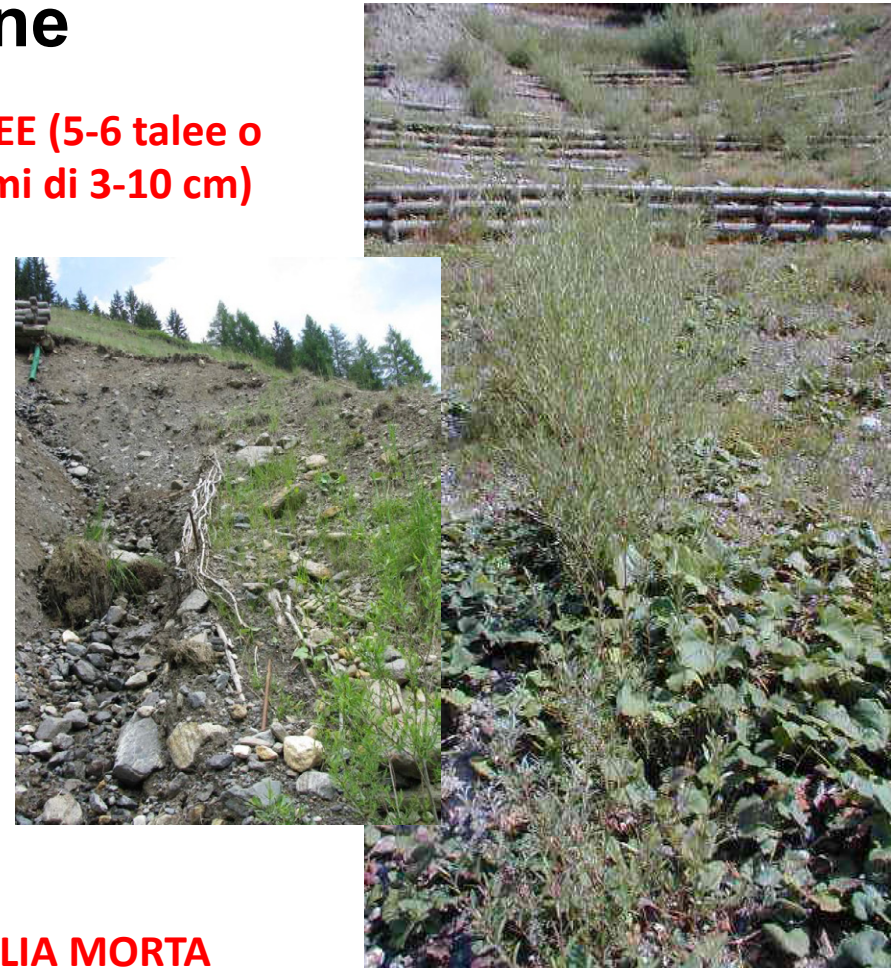
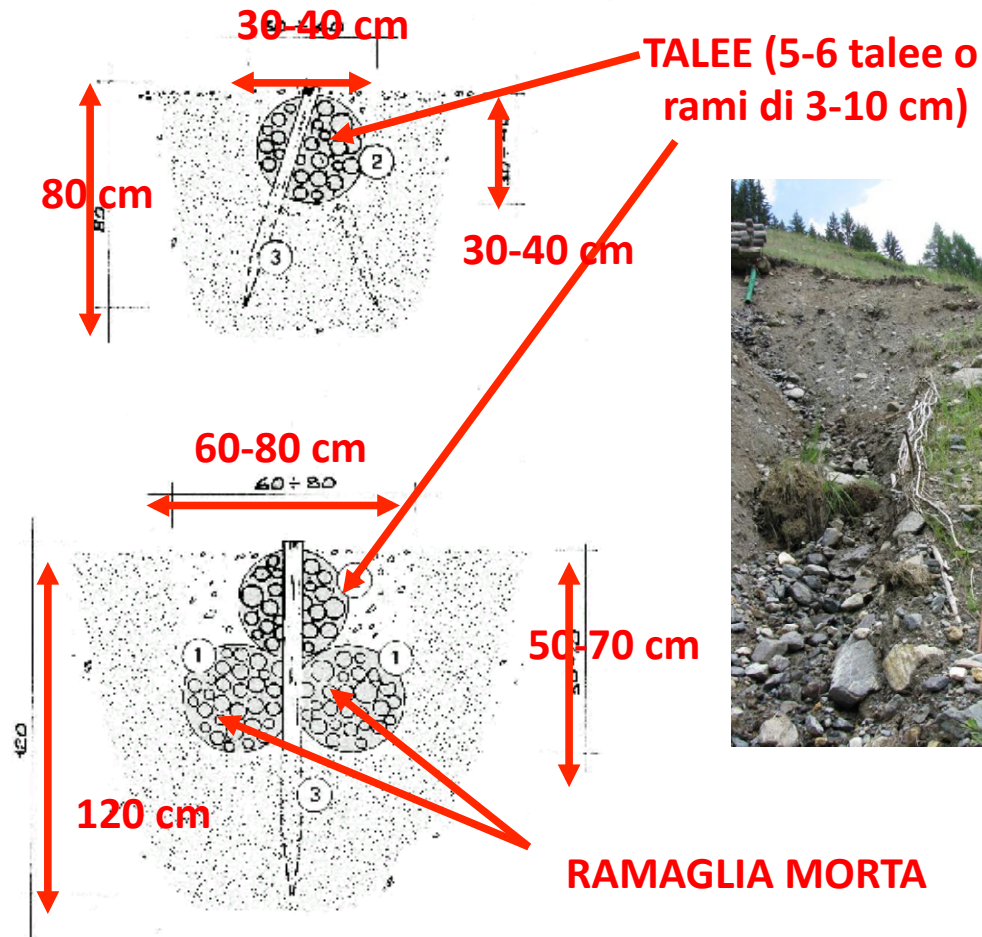
**PALO di CASTAGNO o LARICE oppure VIVO
(5-10 cm)**



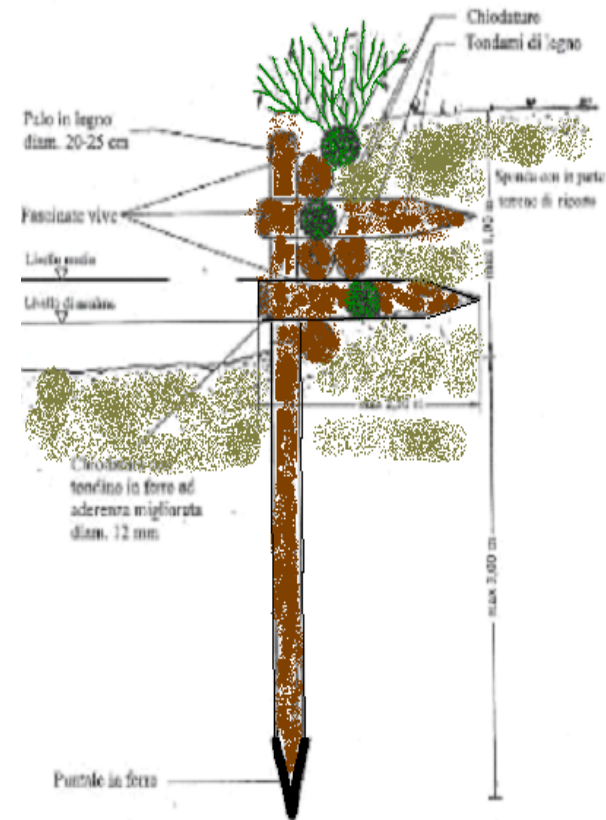
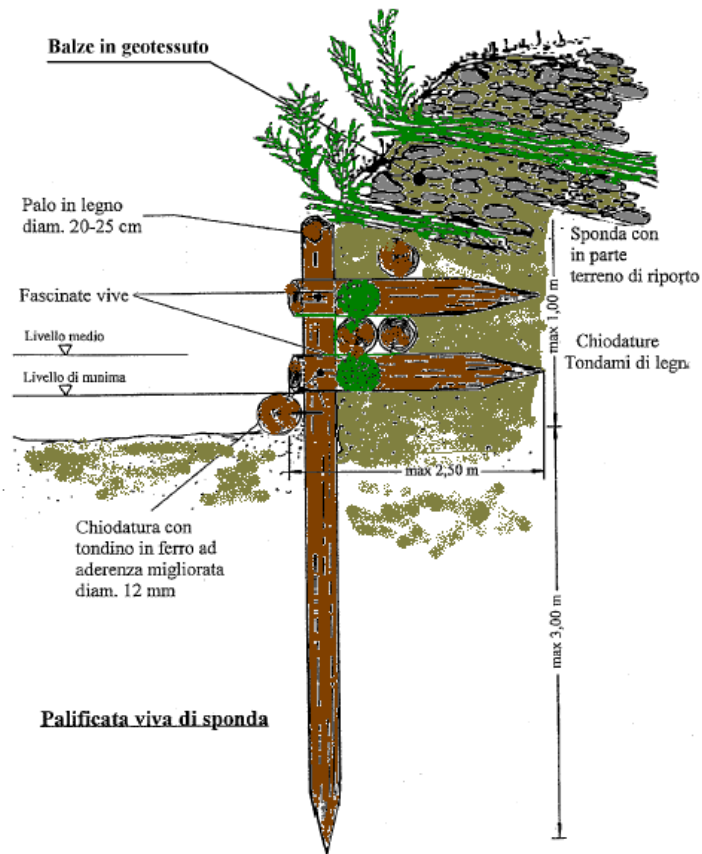
Fascinate



Drenaggio con fascine



Palizzata su sponda



Bollettino Ufficiale della Regione Lombardia

1° Suppl. Straordinario al n. 19 - 9 maggio 2000

Palizzata su sponda





**GRAZIE PER
L'ATTENZIONE**