



ALLEGATO 4

Ingegneria naturalistica – descrizione delle tecniche

La scelta delle specie vegetali nell'ingegneria naturalistica

Criteri di utilizzo con tecniche di ingegneria naturalistica

LE TALEE

Taglio netto (inclinato) con forbici o sega, dopo battitura
(mai accette o roncole)

Talea vigorosa, giovane, senza getti laterali, di 1-2 anni
(altrimenti sfrondare con roncole)

Niente necrosi, tacche o sbucciature
(pregiudicano l'attecchimento)

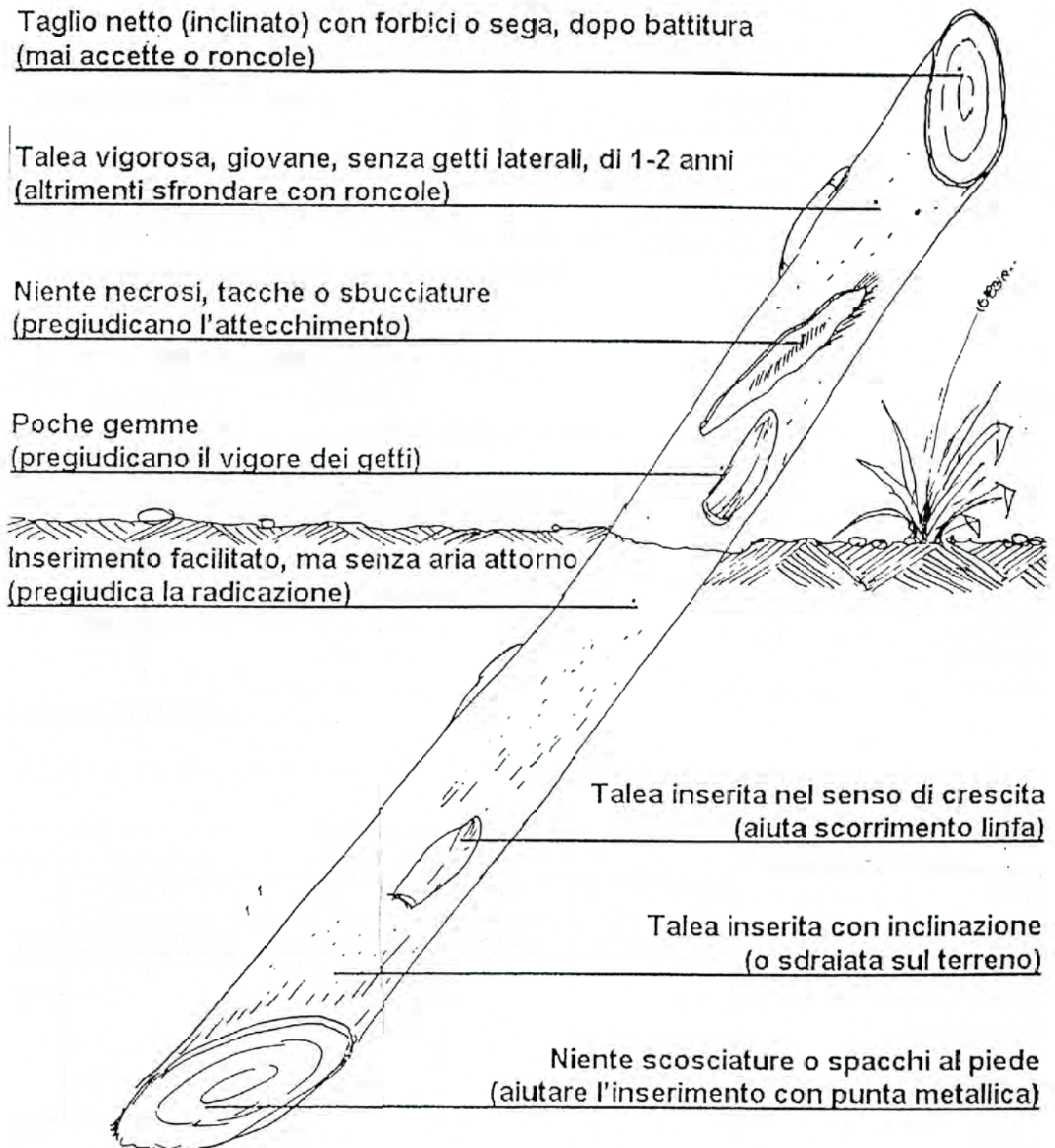
Poche gemme
(pregiudicano il vigore dei getti)

Inserimento facilitato, ma senza aria attorno
(pregiudica la radicazione)

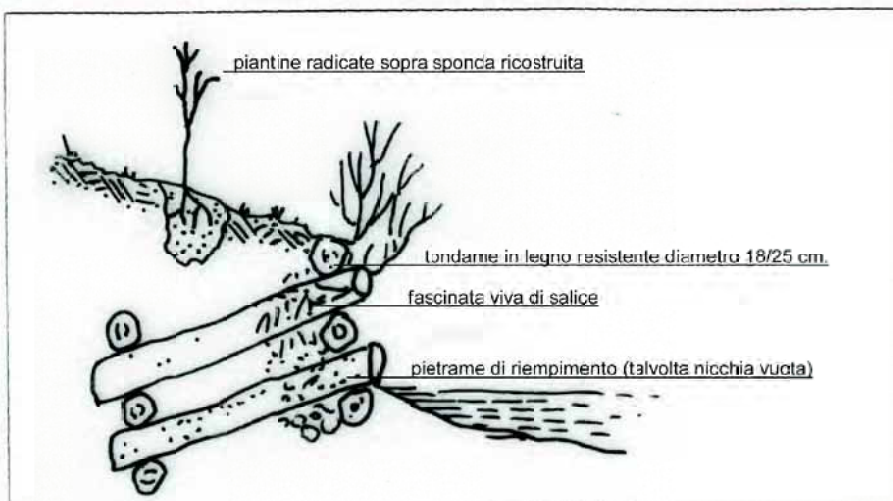
**Talea inserita nel senso di crescita
(aiuta scorrimento linfa)**

Talea inserita con inclinazione
(o sdraiata sul terreno)

Niente scosciature o spacchi al piede
(aiutare l'inserimento con punta metallica)

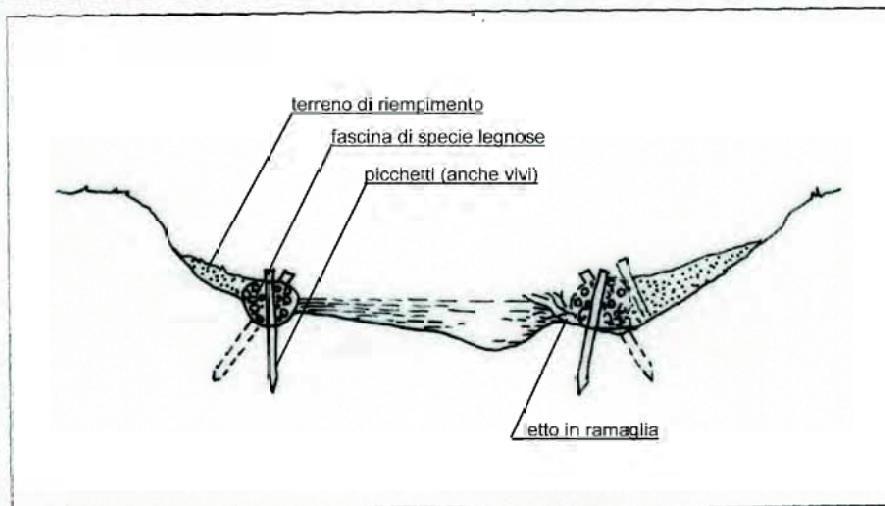


PALIFICATA A PARETE DOPPIA



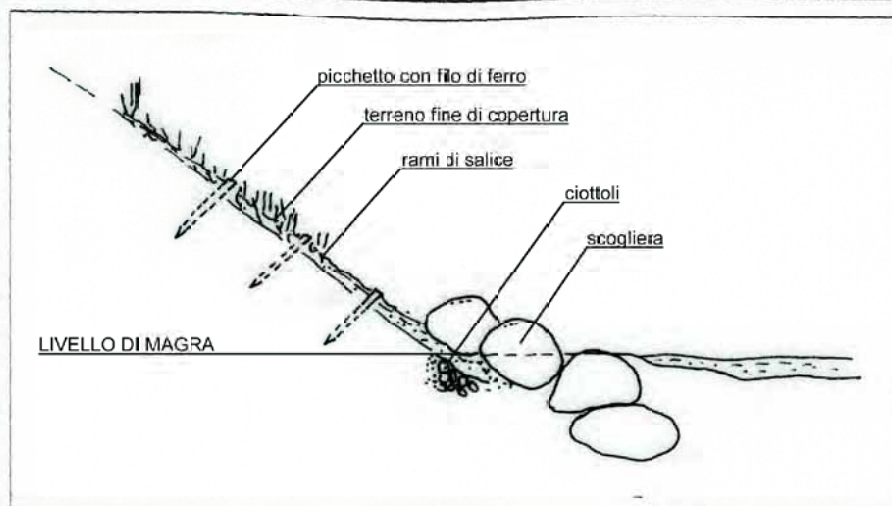
La palificata a parete doppia è una tecnica antica, mutuata dalla boingegneria con l'aggiunta di materiale vegetale vivo negli spazi tra il tondame posto longitudinalmente, che vengono riempiti in pietrame e successivamente con fascinate di talee di salicacee e/o con piantine radicate più pregiate. Ha una funzione strutturale e un forte potere di consolidamento, tanto che viene utilizzata per la stabilizzazione di movimenti franosi. Sul lungo periodo, con la marcescenza del legname d'opera, sono i salici radicati a sostituirsi nella funzione di consolidamento. Il pietrame sul fondo assicura un drenaggio alle piante e al manufatto e un riparo alla fauna fluviale lungo sponde, i fasci di talee o le piantine radicate con le loro radici danno invece coesione all'insieme ancorandolo in profondità nel terreno. Il tondame (diametro 20 cm) deve essere scortecciato, di legname resistente alla marcescenza, quale il larice o il castagno, fasciato con chiodi, bulloni o graffe metalliche inseriti in fori di alloggiamento per evitare spacchi. L'opera si costruisce con una contropendenza di circa 9/10°, che consente tra l'altro alle verghe del ricaccio di non ostacolarsi vicendevolmente nello sviluppo. Rispetto a sistemazioni similari in grigio o in pietrame offre il vantaggio di abbinare una efficacia meccanica immediata con un migliore inserimento paesaggistico e ambientale, oltre ad avere una tenuta crescente sul lungo periodo in funzione della crescita della vegetazione.

FASCINATA VIVA SPONDALE



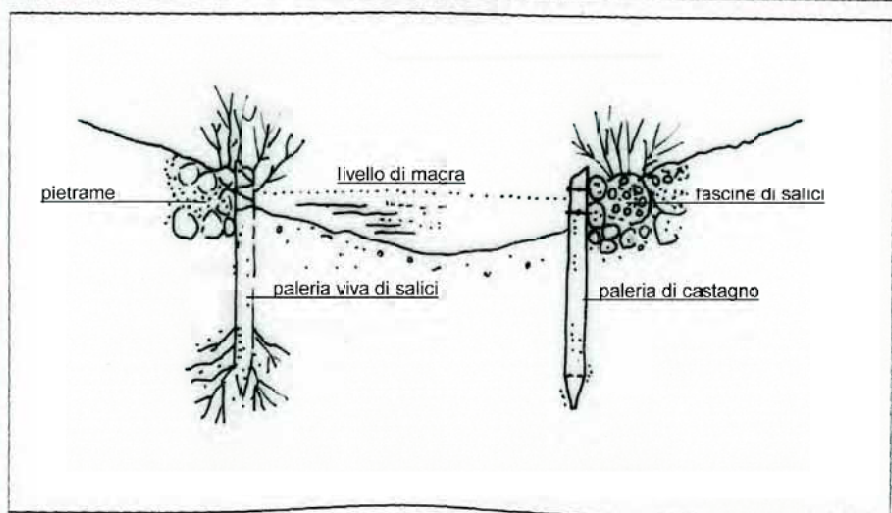
Questa tecnica trova impiego laddove la portata del corso d'acqua sia relativamente costante. Si esegue legando tra loro con fili di ferro rami vivi di salicacee in fasci di 40-60 cm di diametro, che vengono poi posti per almeno la metà sopra il livello di magra del fiume: se a lungo sommerso il salice deperisce e muore, mentre se collocato troppo sopra il livello dell'acqua rischia, alle nostre latitudini, di subire forti fallanze per l'eccessiva aridità estiva. Le fascinate vengono in genere posate su un letto di ramaglie sporgenti per 50 cm e poi ancorate alla sponda con robusti picchetti vivi (in salicacee che poi rivegetano) o in pioli in legname resistente (p.e. castagno). A radicazione avvenuta garantiscono la tenuta del terreno e un elevato potere coprente, già dopo pochi anni. Il piede di sponda viene in genere difeso da opere quali le scogliere in grossi massi, oppure le palizzate. Come in altre tecniche, qui è decisiva la manutenzione successiva, con tagli periodici che consentano ai salici di mantenere fusti flessibili e pronti a piegarsi a terra al passaggio della piena nei corsi d'acqua con sezione idraulica ristretta.

COPERTURA DIFFUSA



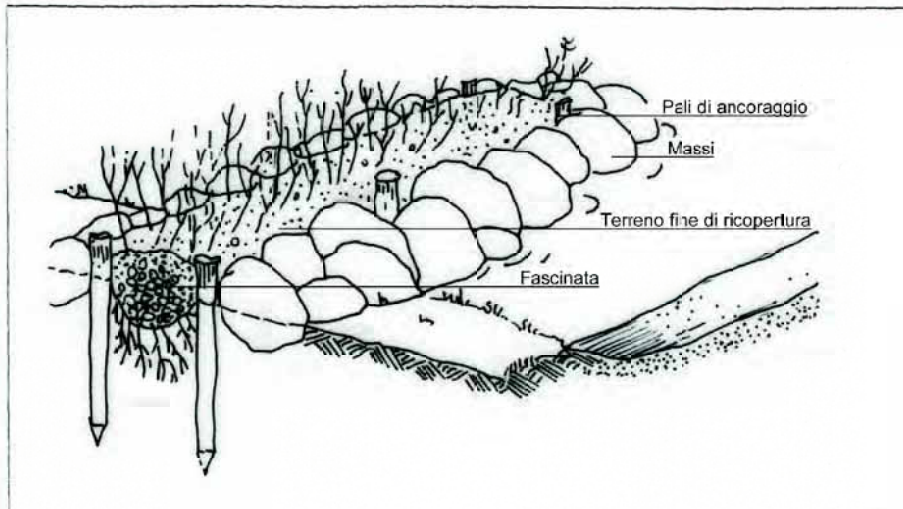
La copertura diffusa garantisce una forte tenuta della scarpata di sponda grazie alla radicazione avventizia dei rami di salice. Per stimolare l'emissione delle radici i rami devono essere collocati su pendenza inferiore ai 45° . Il piede della ramaglia deve essere sotto il livello dell'acqua in modo da garantire dalla disidratazione le talee, che devono anche essere coperte da uno strato leggero di terra vegetale (eventualmente inerbito o protetto dalla erosione con tessuti in fibra vegetale). I rami di salice vengono difesi al piede con scogliera (dove maggiore è l'erosione), o con fascine spondali, o con palificate e palizzate, e ancorati con filo di ferro cotto fissato a pioli sulla sponda, per evitarne il trascinarsi da parte delle acque di piena; la ramaglia deve essere sfrondata sino ad una certa altezza così da consentire l'affiancamento al piede. A seconda del diametro e della altezza dei rami usati si parla di copertura diffusa con astoni o con ramaglia (sempre comunque si usano rami di almeno 150 cm). Con questa tecnica si può dare una completa copertura vegetale nell'arco di una stagione ad una sponda di 3-4 metri di altezza.

PALIZZATA SPONDALE



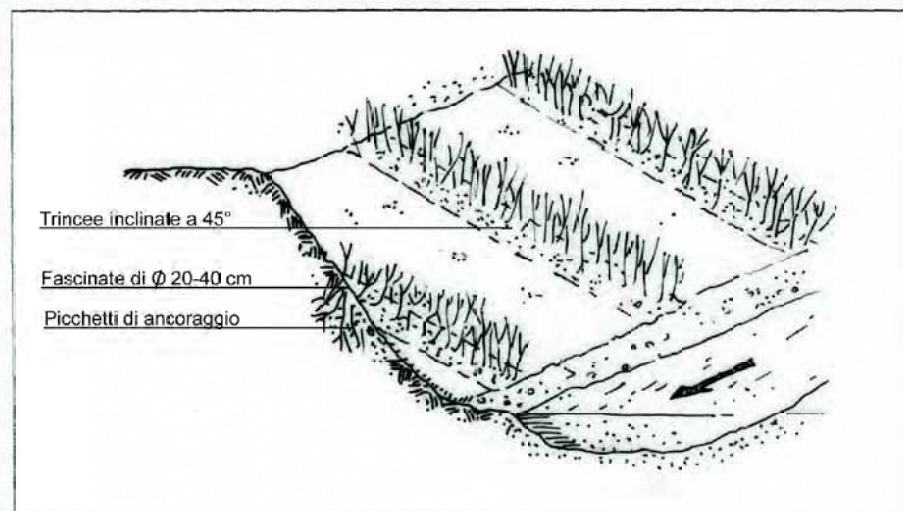
La palizzata spondale si presta a risolvere problemi di erosione su corsi d'acqua di piccole dimensioni, in situazioni nelle quali non si sia obbligati a tecniche più costose che comportano sbancamenti o riprofilature delle sponde: si abbina con fascinate o con ramaglia collocata alle spalle della paleria longitudinale, destinate a sostituire nel tempo il legname, soggetto a marcescenza. La paleria deve essere di diametro compreso tra 10 e 20 cm, in legname resistente di castagno o di larice, ed i pali verticali vanno infissi con un coprimalza per evitare spacchi. Una variante è costituita dall'uso di rami vivi di salicacee, che una volta emessa la radicazione svolgono la funzione della fascinata; in questo caso la paleria deve essere indenne da necrosi o sbuccature estese, ed invece dei chiodi è bene usare leganti per fissare tra loro i pali verticali ed orizzontali. Se si vuol avere il massimo di ripresa vegetativa della paleria viva è bene usare solo legname di salice, preferibilmente delle specie a crescita ridotta (*Salix triandra*, *purpurea*, *eleagnos*) visto che l'opera si colloca necessariamente in alveo di magra per garantire l'attecchimento dei rami.

REPELLENTI VIVI



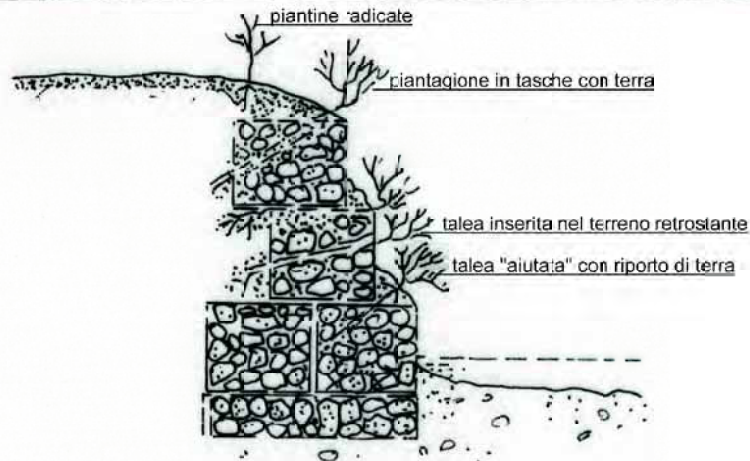
I repellenti svolgono una funzione di protezione delle sponde dall'erosione, ma hanno anche utilità per la creazione di un profilo biologicamente differenziato in un corso d'acqua perché originano zone stagnanti. Le tecniche costruttive sono diverse, andando dalla scogliera rinverdita alla graticciata di ramaglia, alle fascine protette da massi e pali battuti sul fondo, a pennelli in viminata. Ovviamente, quanto maggiore è la corrente tanto più occorre rinforzare l'opera, considerando che solo dopo l'attecchimento delle talee le piante svolgeranno un ruolo di ancoraggio o di diminuzione della forza erosiva (grazie a rami e foglie). Poiché si lavora direttamente nell'alveo, in corsi d'acqua con discrete portate i pali devono essere battuti nel terreno almeno 2 metri per avere una certa presa e le fascinate devono avere un diametro di almeno 80-100 cm in modo da garantire un riscoppio vegetativo cospicuo. Per quel che concerne la vitalità delle ramaglie, è da considerare il fatto che stando direttamente in contatto con l'acqua l'attecchimento è facilitato.

FASCINATE SPONDALE IN TRINCEE



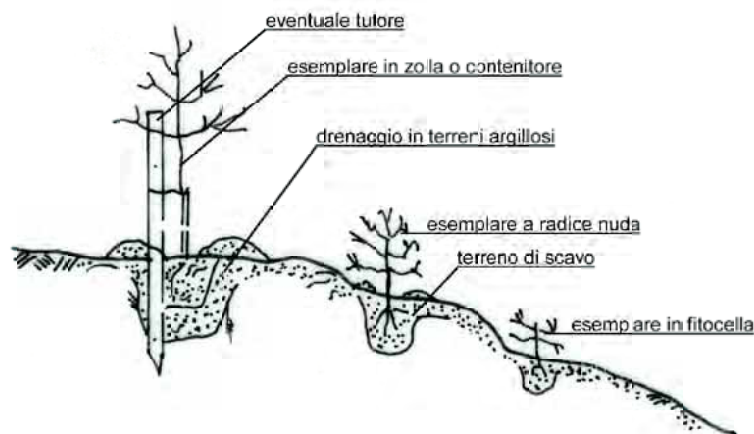
Le fascinate vive trovano utilizzo anche in sistemazioni massive, sistemate in trincee su pendenze vive con accentuata acclività laddove non sia opportuno o possibile proporre sistemazioni con tondame. La tecnica consiste nella costruzione di fascine di diametro tra i 20 e i 40 cm con ramaglie vive di salici, pioppi, ontani, frassini o arbustive con capacità di radicazione avventizia lungo i fusti; queste fascine, legate con fili di ferro, vengono sistemate sulle sponde in trincee parallele diagonali (distanziate tra loro di almeno 2 metri) con inclinazione di 45° rispetto al piano orizzontale, in modo che eventuali ondate di piena non scalzino queste linee di arbusti radicati ma piuttosto le facciano flettere. Le fascine, ancorate con picchetti, vanno ricoperte, in modo che non asciughino, con terreno il quale può essere a sua volta difeso dall'erosione con semine erbose protette con teli in fibra vegetale (meglio quella di cocco, più durevole e resistente all'azione idrica).

GABBIONATE RINVERDITE



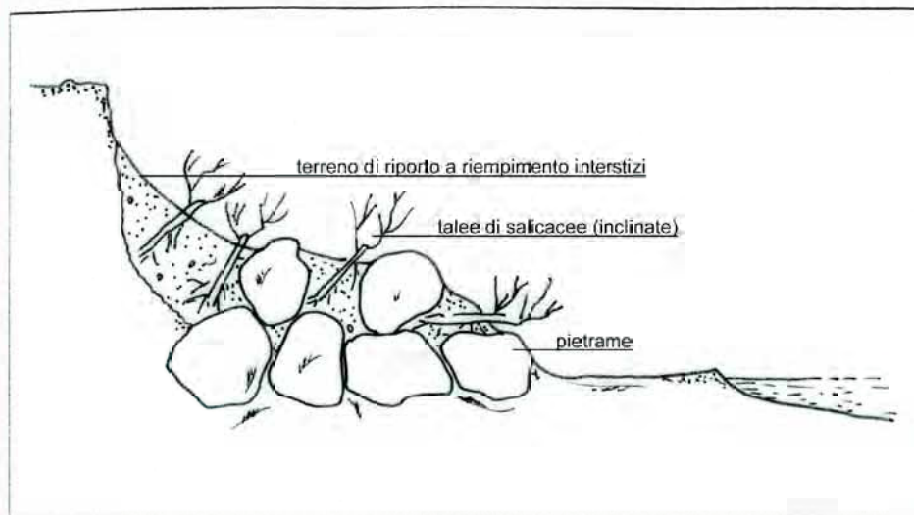
Il ripristino o il rinverdimento a fini paesaggistici di gabbionate esistenti pongono diversi problemi: anzitutto è difficile inserirvi le talee, perciò il pietrame deve essere scostato e frantumato in modo da costruirvi delle "tasche" superficiali che, una volta riempite di terra, possono ospitare addirittura piante radicate. In secondo luogo, il materiale drenante rende alta la percentuale di fallanza e quindi vi è da pensare a successive sostituzioni delle talee non attecchite. Infine, la collocazione dei gabbioni può talvolta costituire pareti verticali poco ancorate alla sponda e quindi scalzabili da piene eccezionali. Per ovviare a questi problemi si dovrebbero battere le talee sino a che non raggiungono il terreno retrostante, il che non è sempre possibile. Nelle pareti di nuova costruzione si possono inserire nei gabbioni durante il riempimento, oppure sfruttare lo stacco e i gradini tra un gabbione e l'altro, riportando poi terreno vegetale sulle talee inserite. La vegetazione, alla lunga, salda tra loro le pietre delle gabbionate ancorandole anche al suolo retrostante.

FASCINATA VIVA SPONDALE



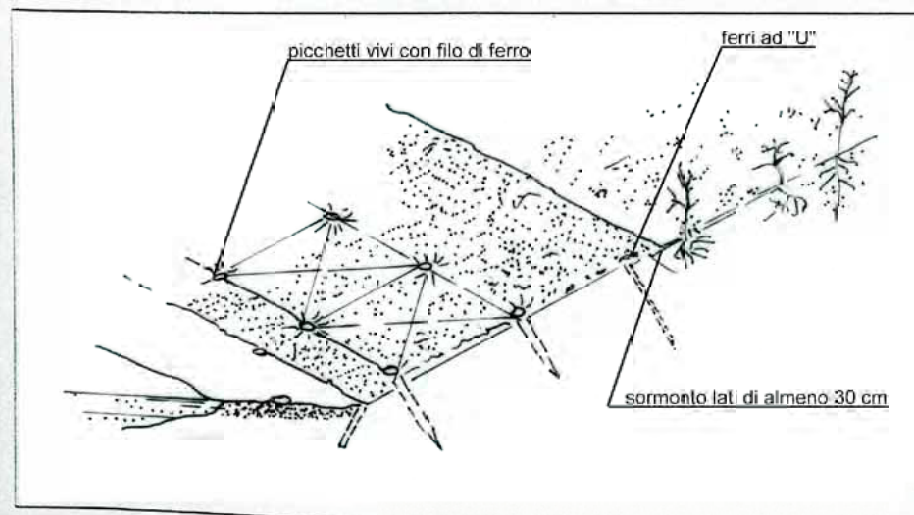
La piantagione di specie ripariali (arboree e arbustive) si attua con individui vegetali in zolla, a radice nuda o in contenitori (fitocelle, plantast, vasetteria, etc.). La regola generale è quella di operare l'impianto in stagione di stasi vegetativa per diminuire il rischio di fallanza di attecchimento, ma nel caso di piante in contenitore che abbiano l'intero apparato radicale preservato si può lavorare anche in fase vegetativa, purché siano garantiti adeguamenti di soccorso. Occorre inoltre prevedere sempre una buca d'impianto almeno doppia rispetto al pane radicale, provvedendo eventualmente a tutori nel caso di esemplari di cospicue dimensioni. Al di là delle funzioni che la vegetazione svolge dal punto di vista bio-tecnico, si interviene con piantagioni anche in vista della ricostruzione ecosistemica o della sistemazione paesaggistica dei siti di cantiere: infatti non tutte le specie ripariali hanno la medesima attitudine al riscoppio vegetativo proprio delle talee di salicacee e, in caso di ricostruzione di fasce boscate, vanno favorite anche specie di maggior pregio (quali la farnia, *Quercus robur*, o il frassino, *Fraxinus excelsior*), che in genere si propagano per disseminazione. Ancor più importante, dal punto di vista naturalistico, è il ruolo delle arbustive, che, oltre a fornire riparo e nutrimento a molte specie faunistiche, presentano il vantaggio di avere sviluppo contenuto senza necessità di tagli periodici.

SCOGLIERA RINVERDITA



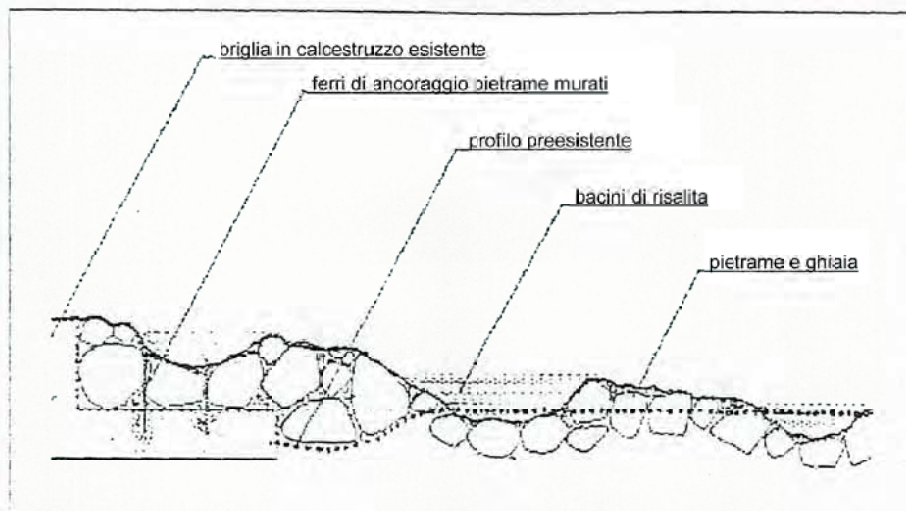
Il rinverdimento delle scogliere in pietrame risponde a diversi obiettivi: miglior inserimento paesaggistico, schermatura di opere la cui artificialità spicca in modo stridente in contesti geo-pedologici privi di affioramenti rocciosi, ulteriore consolidamento dell'opera grazie agli apparati radicali di specie arboree, trattenimento di particolato o limi in modo da favorire la colonizzazione biologica del pietrame, diminuzione della velocità di fondo, ricostruzione di ecosistemi propri delle fasce ripariali. Per quel che concerne le specie sono da preferire salici (*Salix* spp.) e pioppi (*Populus* spp.) per l'inserimento di talee; ontani (*Alnus glutinosa*), frassini (*Fraxinus ornus* ed *excelsior*), farnie (*Quercus robur*), aceri (*Acer campestre*) come esemplari radicati. Per favorire l'attecchimento delle talee (se è questa la tecnica prescelta) si dovrà prevedere il riporto di terra vegetale sciolta, e l'assestamento della terra che dovrà farsi strada tra gli inerti stessi in modo da avere poi terreno libero.

INERBIMENTO PROTETTO



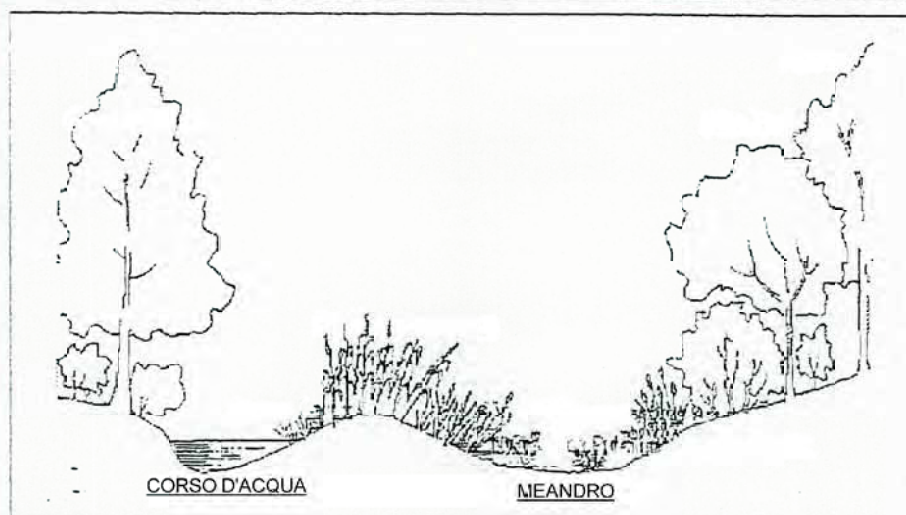
L'inerbimento di sponde o scarpate ha la funzione di impedire il dilavamento o ruscellamento da parte delle acque meteoriche, contribuendo al consolidamento del terreno superficiale con l'apparato radicale e preparando il substrato al successivo insediamento di specie arbustive e arboree. La semina a spaglio o meccanica tradizionale si attua in periodo vegetativo, in stagione non arida. La semina ha migliore effetto su terreno vegetale di buon impasto, ma se l'obiettivo è quello di stabilizzare terreni scoscesi magri o sterili è bene non fornire un substrato di riporto, poiché in tal caso le radici si limiterebbero a colonizzare lo strato superficiale. Per ciò che riguarda le specie, è bene prevedere miscugli rustici ricchi di specie selatiche e con piante pioniere azoto-fissatrici (quali la sulla, *Hedysarum coronarium*), privilegiando quelle specificatamente adatte o adattabili al sito; in caso di opere spondali o su inclinazioni elevate si può prevedere l'uso di stuoie vegetali (in juta o cocco, più resistente), fissate con picchetti in legno vivo di salice o con ferri, per facilitare l'attecchimento del seme impedendone il dilavamento. Un buon accorgimento è quello di inserire nei miscugli di semina anche specie arbustive o arboree, riportando inoltre piote o zolle dei prati autoctoni sui lavori in modo da poter contare sulla auto disseminazione di specie selvatiche o rustiche.

RAMPA IN PIETrame



La rampa in pietrame ha la finalità precipua di garantire una continuità ecosistemica lungo il corso d'acqua, migliorando anche l'inserimento paesaggistico di eventuali briglie in calcestruzzo o muratura preesistenti. I massi vengono collocati a gruppi e ancorati al fondo in calcestruzzo (ove esistente) con tondini di acciaio (diametro 24 mm), in modo da formare dei piccoli bacini capaci di consentire a tutta la fauna ittica di risalire l'ostacolo. Il dislivello tra due bacini contigui non dovrebbe mai superare i 20-25 cm, mentre la pendenza globale della rampa non dovrebbe superare il valore di 1:10. L'eliminazione di eventuali stramazzi può essere un'altra finalità dell'opera, assieme a quella di consentire una ossigenazione delle acque ed una diversificazione utile all'aumento della capacità autodepurativa del corso d'acqua; a tale scopo è da prevedere anche la posa di uno strato di 20-30 cm di pietrisco e ghiaia che consenta l'insediamento di microfauna bentonica.

RICOSTRUZIONE BIOTOPO UMIDO



Il senso dell'operazione è quello di moltiplicare la vegetazione esistente sulle sponde partendo da quella preesistente. Considerando la necessità di manutenzione dei boschi ripariali, si può trasformare un'operazione di taglio nell'occasione per aumentare la densità dei popolamenti arborei: questo significa, al tempo stesso, maggiore tenuta superficiale degli apparati radicali e incentivazione al portamento arbustivo slanciato degli individui in concorrenza (cosa in questo caso desiderabile rispetto al portamento meno flessibile degli esemplari arborei maturi). La tecnica funziona bene con salicacee o altre specie dalla vigorosa capacità radicante e dal legno molto elastico, con massimo diametro del fusto attorno ai 10 cm. Una volta tagliata la pianta esistente, a due terzi dell'altezza si piega il fusto agganciandolo al terreno con cavetti metallici, senza reciderlo dalla ceppa in modo che la linfa possa continuare a scorrere sino a che non si è differenziato producendo molti esemplari.

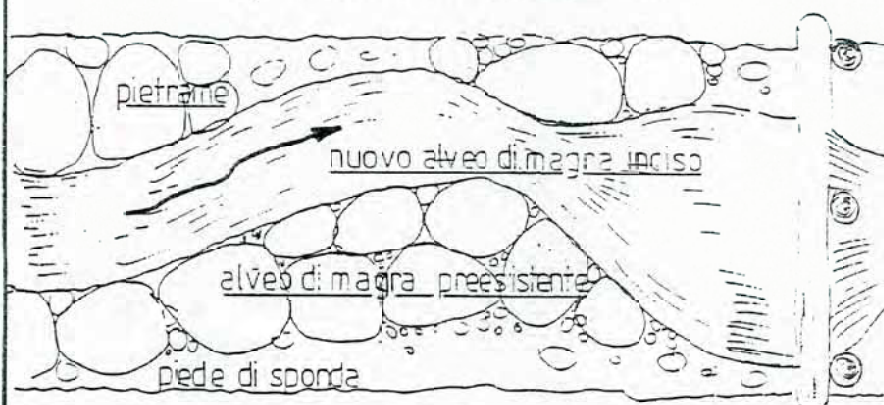
TECNICHE DI RIVITALIZZAZIONE PER MICROINTERVENTI LOCALIZZATI

sezione scala 1:10



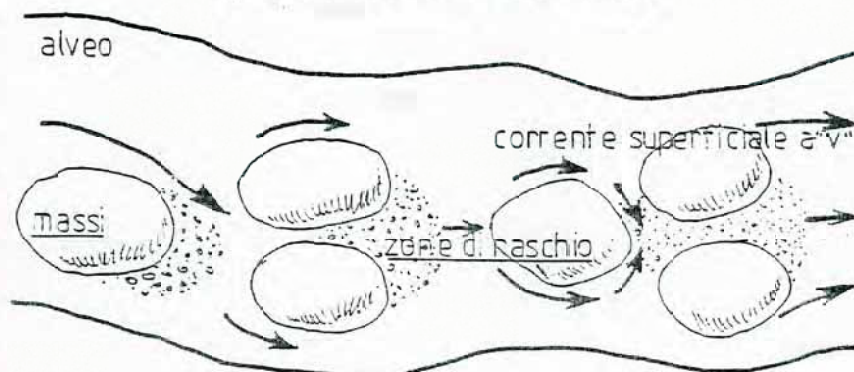
Rifugi per la fauna ittica ottenuti con paleria e pietrame sulle sponde laterali e schermati con la vegetazione ripariale

planimetria scala 1:50

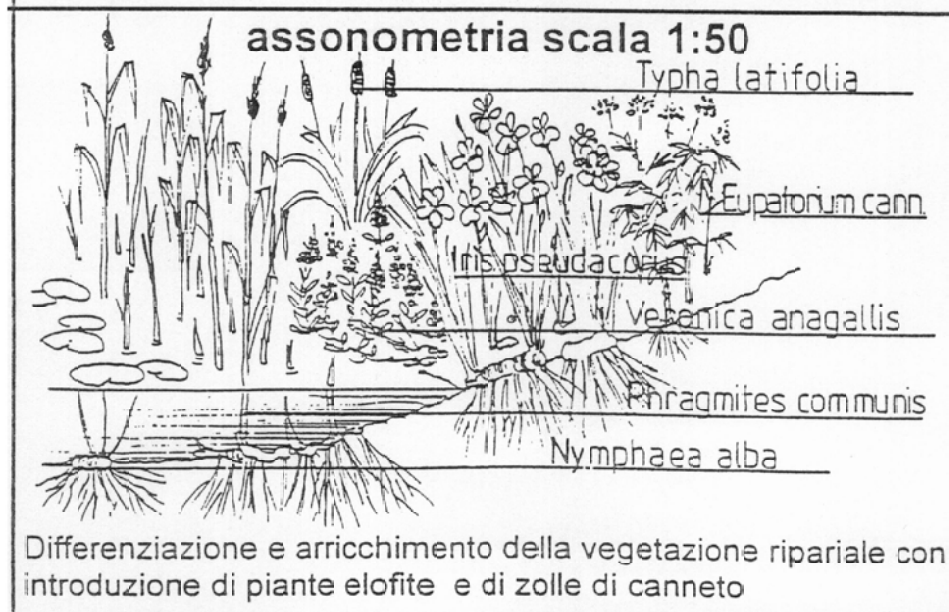
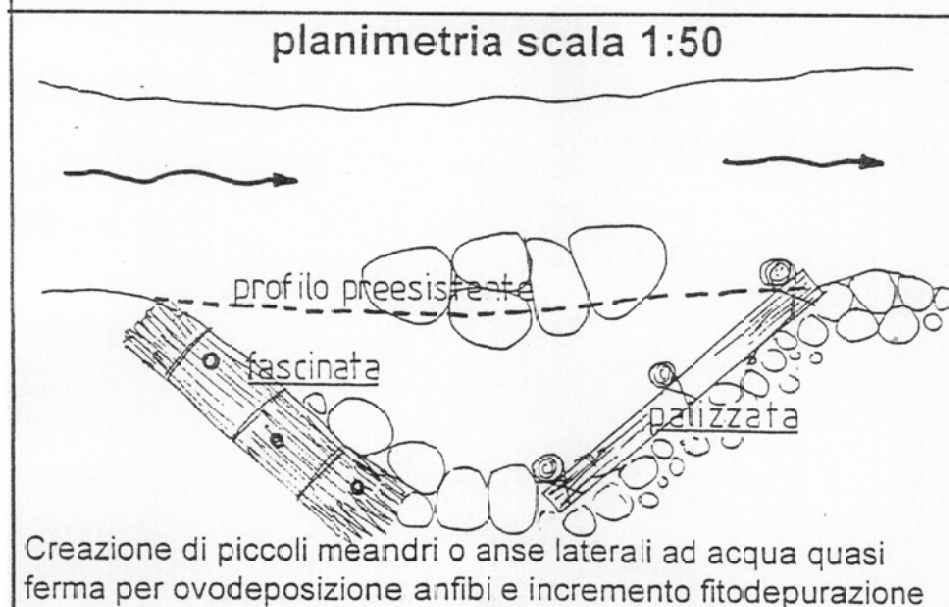
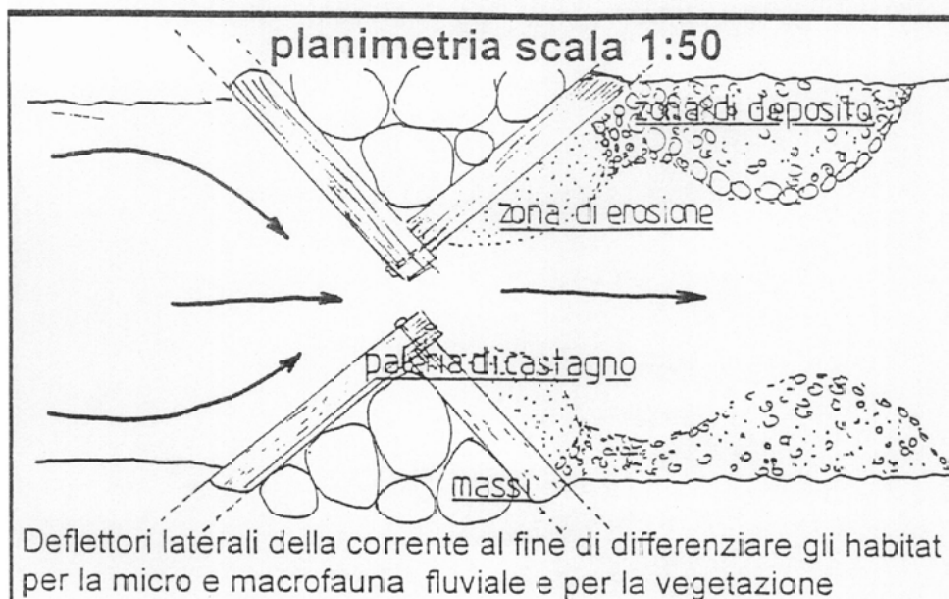


Ricostituzione di un alveo di magra finalizzato a garantire la continuità ecosistemica anche in periodo estivo

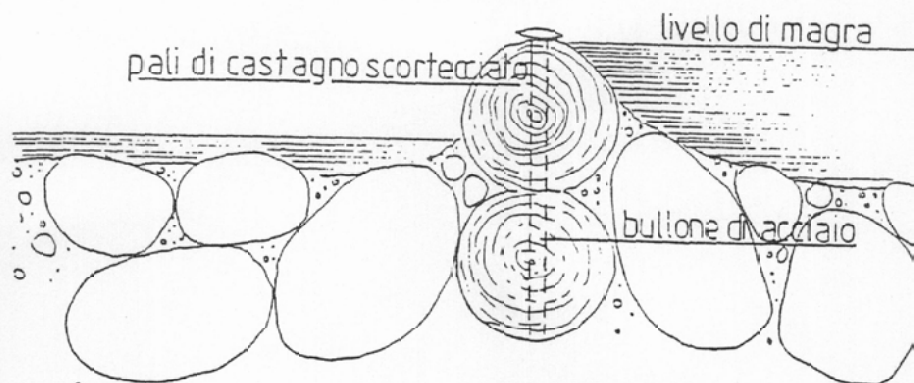
planimetria scala 1:50



Inserimento di piccole isole o di elementi entro l'alveo finalizzati a differenziazione e costruzione habitat per fauna fluviale

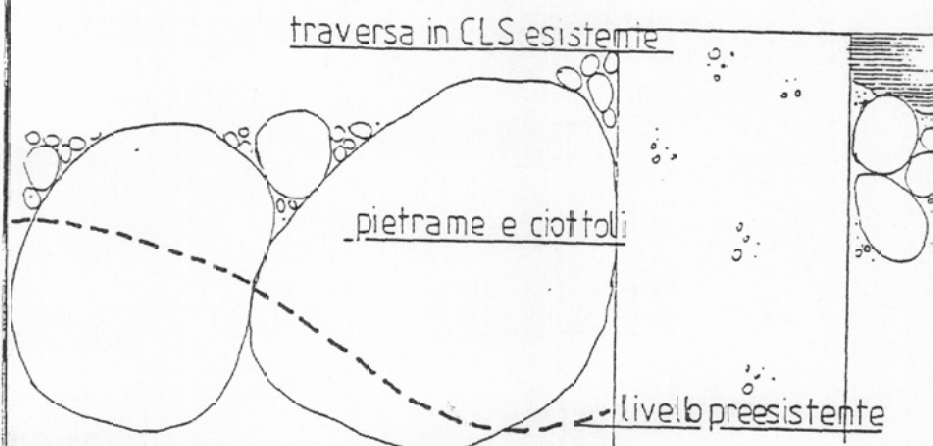


sezione scala 1:10



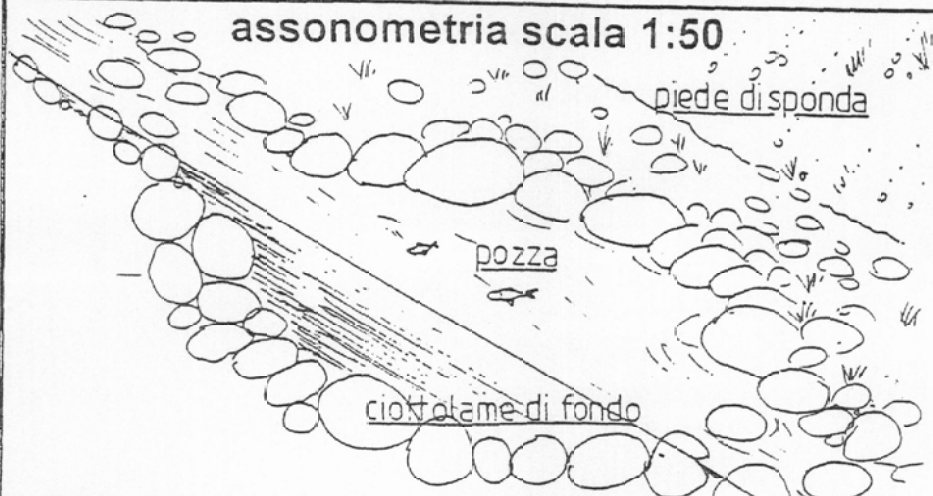
Piccole traverse, in legname o pietre, per riossigenare le acque, di altezza tale da non costituire ostacolo alla fauna ittica (25 cm)

sezione scala 1:10



Riduzione dell'altezza di briglie o traverse esistenti, ai fini della continuità ecosistemica, con collocazione di pietrame e ghiaia

assonometria scala 1:50



Diversificazione del fondo alveo con la ricostruzione di zone ad acque profonde, per mantenimento habitat in periodo di magra