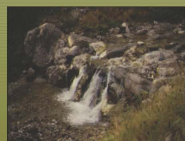
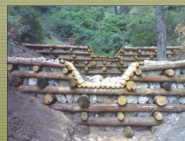




REGIONE PUGLIA



LINEE GUIDA E CRITERI PER LA PROGETTAZIONE DELLE OPERE DI INGEGNERIA NATURALISTICA





**REGIONE
PUGLIA**

**LINEE GUIDA E CRITERI PER LA PROGETTAZIONE
DELLE OPERE DI INGEGNERIA NATURALISTICA**

	Indice
Indice	pagina 3
Riassunto/Abstract	pagina 4
Premessa	pagina 5
Introduzione	pagina 6
Capitolo 1: Inquadramento territoriale	pagina 9
Capitolo 2: Criteri di scelta delle specie vegetali	pagina 23
Capitolo 3: Fenomeni erosivi e franosi	pagina 29
Capitolo 4: Interventi antierosivi	pagina 35
4.1 Supporti antierosivi di fibre naturali	pagina 37
4.2 Rivestimento con geostuoia tridimensionale sintetica	pagina 39
4.3 Rivestimento in rete metallica a doppia torsione e/o con geostuoia tridimensionale	pagina 41
4.4 Graticciata viva	pagina 43
Capitolo 5: Interventi in alveo	pagina 47
Difesa spondale e riqualificazione fluviale	pagina 49
5.1 Difese spondali	pagina 51
5.1.1 Fascinata viva con specie legnose (anche variante con culmi di canna)	pagina 53
5.1.2 Palizzata viva	pagina 55
5.1.3 Scogliera in massi rinverdita con talee	pagina 57
5.1.4 Scogliera con massi ancorati	pagina 59
5.1.5 Materasso spondale in rete metallica rinverdito	pagina 61
5.1.6 Scogliera con gabbioni rinverditi	pagina 63
5.1.7 Palificata viva spondale a parete doppia	pagina 65
5.1.8 Palificata viva spondale a una parete semplice con palo verticale frontale	pagina 67
5.1.9 Palificata viva spondale Roma	pagina 69
5.2 Briglie	pagina 71
5.2.1 Briglia in legname e pietrame	pagina 73
5.2.2 Briglia in massi	pagina 75
5.2.3 Briglia in gabbioni	pagina 77
5.2.4 Riparazione delle vecchie briglie	pagina 81
Capitolo 6: Stabilizzazione versanti	pagina 85
6.1 Grata viva	pagina 87
6.2 Gradonata viva	pagina 90
6.3 Cordonata viva	pagina 92
6.4 Canaletta drenante in legname e pietrame	pagina 94
6.5 Palificata viva a parete semplice	pagina 96
6.6 Palificata viva a parete doppia	pagina 98
6.7 Palificata viva di versante Aquila	pagina 100
6.8 Palificata viva di versante Latina	pagina 103
6.9 Palificata viva di versante Roma	pagina 106
6.10 Palificata viva di versante Vesuvio	pagina 109
6.11 Palificata viva Loricata	pagina 112
Capitolo 7: Sistemazioni dunali	pagina 115
Restauro e/o ripristino dei sistemi dunali costieri	pagina 117
7.1 Ricostituzione dune bianche	pagina 121
7.2 Barriera basale in viminata	pagina 124
7.3 Schermi frangivento a scacchiera	pagina 125
Capitolo 8: Accorgimenti per impiego dei materiali vivi	pagina 129
8.1 Idrosemia	pagina 131
8.2 Messa a dimora di talee	pagina 133
8.3 Messa a dimora di piantine	pagina 136
Capitolo 9 Recupero cave	pagina 139
10 Bibliografia	pagina 146

Riassunto

Riassunto

Queste Linee Guida sono state redatte dall'AIPIN – Sezione Puglia su incarico della Regione Puglia - Servizio Foreste - come da Convenzione in data 2 dicembre 2011.

Obiettivo del documento è di rendere agevole e diversificato l'impiego delle opere di ingegneria naturalistica avendo constatato che non sempre sul territorio pugliese se ne fa un uso corretto. A tal fine se ne sono richiamati i criteri di base da seguire per individuare le tecniche che meglio si addicono ai diversi ambienti stante la grande variabilità geomorfologica e microclimatica che la Puglia presenta.

Il lavoro è suddiviso in una parte introduttiva che comprende l'inquadramento territoriale e i criteri di scelta delle specie vegetali, argomento quest'ultimo basilare per una corretta progettazione di opere di ingegneria naturalistica in grado di inserirsi negli ecosistemi, a cui seguono i capitoli comprensivi delle schede riguardanti le diverse tecniche suddivise per i vari settori d'intervento: antierosivi, in alveo, sui versanti, negli ambiti dunali, ecc. nonché l'uso dei diversi materiali. Nell'ultimo capitolo viene infine presentata l'analisi prezzi delle varie tecniche indicate, da cui si ricava il loro costo per unità di misura, a cui segue in allegato l'integrazione all'Elenco dei prezzi elementari tratto da "Analisi per prezzario dei lavori ed opere forestali ed arboricoltura da legno" della Regione Puglia.

Abstract

These Guidelines have been written by AIPIN – Apulia Section on commission of Apulia Region – Forestry Department – following the Covenant of the 2nd December 2011.

The aim of this document is to streamline and diversify the use of Soil Bioengineering methods, considering that they are not always correctly applied in the Apulia region. This handbook provides the basic criteria to identify techniques that best suit different situations, especially with regard to the high geomorphologic and microclimatic variability of Apulia.

The Guidelines begins with an introduction, concerning a geomorphologic description of the region and the criteria for the selection of plant species. The latter is a issue for a correct design of Soil Bioengineering works that could fit for ecosystems. Then specific chapters for each individual Soil Bioengineering technique follow. These are presented in the form of comprehensive sheets and organized by topic of concern: e.g. for erosion control, stabilisation of river banks and sand dunes, as well as a guidance on the use of different materials. In the last chapter the price analysis of the described techniques is presented, from which is possible to deduce their cost per unit of measure. This chapter is completed by the list of unitary prices derived from the "Analysis of prices of forestry works and arboriculture" edited by Apulia Region Administration.

Premessa*

La locuzione “Ingegneria Naturalistica” è molto usata ma i suoi contenuti intrinseci non sempre sono ben chiari ai professionisti che se ne occupano per cui la Regione Puglia ha ritenuto, su proposta della Sezione Puglia dell’AIPIN, mettere a disposizione degli utenti questo documento che delle varie categorie di opere fornisce descrizioni e criteri di progettazione

Il lavoro è stato svolto cercando di indicare le tecniche che meglio si possono applicare al territorio pugliese, alla luce della grande variabilità geomorfologica e microclimatica che la regione presenta.

Le indicazioni qui presentate, costituiscono un insieme di tecniche di base, poiché ogni singola soluzione prospettata può essere, a seconda delle innumerevoli problematiche da affrontare, combinata con altre per ottenerne altre più complesse ed articolate. Dette indicazioni dovranno essere necessariamente integrate dalle calcolazioni idrauliche, statiche e geotecniche, che consentiranno di giungere ad un corretto dimensionamento delle opere. Tutto ciò consente al singolo progettista di conservare la sua autonomia professionale, pur nell’ambito, qui auspicato, di utilizzare con priorità le tecniche a basso impatto ambientale dell’Ingegneria Naturalistica.

* Queste Linee Guida sono state redatte dall’AIPIN Sezione Puglia.

Ne sono Autori: Antonio Bernardoni, Orazio Cilenti, Luigi Forte, Michele Frisoli, Francesco Gentile, Ottavio Felice Morea, Giovanni Russo, Pierfrancesco Semerari, coordinati da Salvatore Puglisi.

Introduzione

Introduzione

La locuzione Ingegneria naturalistica ha avuto molta fortuna ed è molto diffusa, ma non sempre le opere etichettate d'ingegneria naturalistica corrispondono alla sua vera essenza. Il fine generale, come lo definì l'austriaco Schiechl, al quale si rifanno molti autori italiani, è di *“costruire nell'ambiente con materiali vivi e conoscenze naturalistiche, avendo come obiettivo la creazione di ecosistemi che siano in grado di auto sostenersi”*. A tale fine si perviene in un solo modo, ma nelle applicazioni l'ingegneria naturalistica abbraccia due grandi categorie di opere.

La prima, quella più specifica, comprende le opere assimilabili a protesi atte a far affermare la vegetazione e ridare il ruolo di sostegno del terreno ch'essa aveva prima che ne venisse rimossa per cause antropiche o naturali. Le grate vive, le palificate vive, ecc. hanno infatti questo compito: creare ambiti di stabilità per tutto il tempo necessario allo sviluppo ipogeo dei vegetali - che in esse sono stati incorporati durante la costruzione - così da ancorarsi al retrostante suolo *in situ* e attivare una “saldatura” tra la componente terrosa dell'opera - che ospita in via transitoria la radicazione delle piante inserite nel manufatto con un risultato iniziale soltanto estetico - e il terreno posto a monte al quale l'intervento intende restituire in maniera definitiva il preesistente equilibrio dovuto alla copertura arborea o arbustiva.

Dopodiché, anche se il materiale protetico va in disfacimento, la vegetazione continua a svolgere il suo ruolo nell'ecosistema riabilitato (Puglisi, 2008).

La seconda categoria abbraccia tutte le tipologie che hanno come obiettivo la mitigazione dell'impatto ambientale di cave, discariche, infrastrutture viarie, ecc. per cui comprendono in prevalenza opere isolate, disgiunte da ecosistemi.

Nel Testo Unico sui Lavori Pubblici, all'allegato A del “Regolamento recante istituzione del sistema di qualificazione per gli esecutori di lavori pubblici” (D.P.R. 25 gennaio 2000 n.34) tra le Categorie di opere generali c'è:

OG 13: OPERE DI 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 e 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”.

Un'interessante sintesi delle funzioni e degli obiettivi dell'ingegneria naturalistica fu fatta nella “Direttiva concernente criteri ed indirizzi per l'attuazione degli interventi di ingegneria naturalistica sul territorio della Regione Lombardia” (Deliberazione della Giunta Regionale del 19 dicembre 1995 - 6/6586):

- funzione ecologica, di creazione e/o ricostruzione di ambienti naturali;
- funzione idrogeologica, di consolidamento del terreno, protezione dall'erosione, sistemazione idrogeologica ed aumento della ritenzione delle precipitazioni meteoriche;
- funzione estetico – paesaggistica, di collegamento al paesaggio circostante;
- funzione socio – economica, relativa al beneficio sociale ed alla gestione economica delle risorse naturali;
- funzione di sviluppo dell'occupazione nelle aree collinari e montane.

In questo elenco di funzioni il riferimento più frequente riguarda il complesso di attività da porre in essere per la lotta al dissesto idrogeologico, coi suoi corollari di ricostruzione degli ambienti naturali alterati (principalmente dal dissesto) e di sviluppo dell'occupazione nelle aree colpite dal dissesto.

La primogenitura dell'ingegneria naturalistica appartiene alle sistemazioni idraulico – forestali. Esattamente un secolo fa, infatti, fu emanato, in applicazione del R.D. 21 marzo 1912, il D.M. 20 agosto 1912 contenente le "Norme per la compilazione dei progetti di sistemazione idraulico – forestale dei bacini montani" che così recita

Omissis

11° - Ogni proposta deve essere ispirata a grande economia, modestia e semplicità, escludendo qualunque opera di lusso, ricordando che non si tratta di elevar monumenti od opere d'arte grandiose e che devonsi evitare dispendiosi lavori di muratura.

12° - Sono da impiegare i materiali rustici del sito, pietre, legnami, chiedendo alla forza di vegetazione i materiali viventi per consolidamento dei terreni, ricorrendo anche a opere miste di legame e sasso.

Negli ultimi decenni l'ingegneria naturalistica si è molto diversificata, anche per l'avvento di materiali nuovi quali i geosintetici, e/o prefabbricati cementizi, per cui trova applicazioni che a rigor di termini vengono impropriamente etichettate ingegneria naturalistica, in quanto non hanno molto a che vedere con la costruzione o riparazione degli ecosistemi.

In tal senso si ritiene opportuno richiamare gli obiettivi strategici da seguire affinché le opere di ingegneria naturalistica conseguano il massimo della loro efficacia.

Gli interventi devono mirare ad eliminare tutti i focolai di dissesto idrogeologico prescindendo dai confini amministrativi dei comuni. Una volta avviato, questo programma dovrà proseguire in base al principio della gradualità, continuità, integralità.

Si conseguiranno in tal modo risultati occupazionali (diagramma piatto, senza ne' alti ne' bassi), funzionali (per la sinergia delle varie componenti poste in essere), economici (aumento della produttività dei terreni bacinali protetti da erosioni e franamenti, e di quelli vallivi protetti da discese di fango, inghiaiamenti ed allagamenti), finanziari (risparmi conseguenti alla continuità di esercizio delle infrastrutture a sviluppo lineare poste al riparo da interruzioni per frana o invasione di materiale proveniente dalle pendici, interventi manutentori e risarcimenti di danni da eventi calamitosi).

Così agendo si perverrà ai seguenti obiettivi strategici: prevenzione e mitigazioni dei rischi naturali; per la protezione del territorio finalizzata al suo sviluppo. In particolar modo sarà privilegiata la messa in sicurezza dei centri abitati, della rete infrastrutturale e delle aree produttive nelle zone a maggior rischio idraulico.

I risultati attesi consistono nel migliorare la stabilità del territorio mediante opere che alla funzione

sistematoria associno il recupero e la riqualificazione del paesaggio e la riabilitazione degli ecosistemi compromessi con il dissesto idrogeologico istituendo altresì di reti ecologiche di collegamento tra le aree protette. I risultati attesi, sono di natura occupazionale, di creazione attività produttive quali l'agriturismo e il turismo rurale a ridosso dei complessi boscati in vicinanza dei centri abitati di interesse storico.

Le scelte tecniche di base, debbono obbedire, come detto, a due requisiti fondamentali:

- funzione sistematoria;
- inserimento delle opere nell'ambiente.

Infatti, oltre al recupero delle stabilità dei corsi d'acqua e dei versanti da essi drenati, lo sviluppo del territorio deve essere fondato anche sulla riabilitazione degli ecosistemi degradati, il restauro e la riqualificazione del paesaggio.

Questo duplice scopo può essere conseguito o realizzato mediante opere a basso impatto ambientale e con tecniche di ingegneria naturalistica. In particolar modo, per le difese spondali, si ipotizzano le seguenti tipologie: palificate vive, gabbionate vive e scogliere di massi legati fra loro, mentre per le opere trasversali si darà la precedenza alle briglie in legname e pietrame oppure in massi ancorati. Rientrano in questo tipo di intervento la riparazione di briglie esistenti in muratura di getto, ordinaria ed in gabbioni. Rimosse le cause del danneggiamento, dovute spesso alla ostruzione delle gavete a causa della vegetazione presente o per materiali estranei fluitati dalle piene, si provvederà al ripristino delle strutture con interventi di riparazione con materiali uguali a quelli preesistenti ed integrati mediante rivestimento in massi e/o pietra da taglio, ecc.

Tenendo presente lo svolgimento dei fenomeni erosivi e franosi di cui si tratterà avanti, lo stato del territorio sommariamente descritto nell'inquadramento territoriale, lo stato di abbandono delle vecchie sistemazioni idraulico – forestali, realizzate per puntellare vaste aree e porzioni di territorio, per cui il loro crollo potrebbe generare una ripresa del dissesto idrogeologico a suo tempo contrastato in quelle aree, si propongono le seguenti priorità di intervento:

- a) riparazione delle opere di sistemazione idraulico – forestali danneggiate che possono attivare la risorgenza dei focolai di dissesto idrogeologico;
- b) sistemazione idraulico – forestale con tecniche di ingegneria naturalistica delle porzioni sommitali dei segmenti idrografici iniziali, in modo da disinnescare la loro evoluzione distruttiva in atto;
- c) difesa spondale dei terreni agricoli lambiti da corsi d'acqua;
- d) raccordo in modo organico di tutte le opere da monte a valle.

Per la organizzazione degli interventi di cui al punto a) è indispensabile il censimento di tutte le opere esistenti e il loro inserimento in un catasto generale di tutte le opere antiche e recenti.

INQUADRAMENTO TERRITORIALE

1

Il Subappennino Dauno

Il Subappennino Dauno è quella parte dell'Appennino meridionale delimitato a SE dal basso Ofanto, ad ovest dall'Appennino Campano, a NE dal torrente Candelaro, mentre il suo margine orientale è costituito dalla vasta pianura nota sotto il nome di Tavoliere.

L'area presenta nell'insieme i tratti tipici del complesso sistema geostrutturale *catena -avanfossa -avampaese* (Fig. 1).

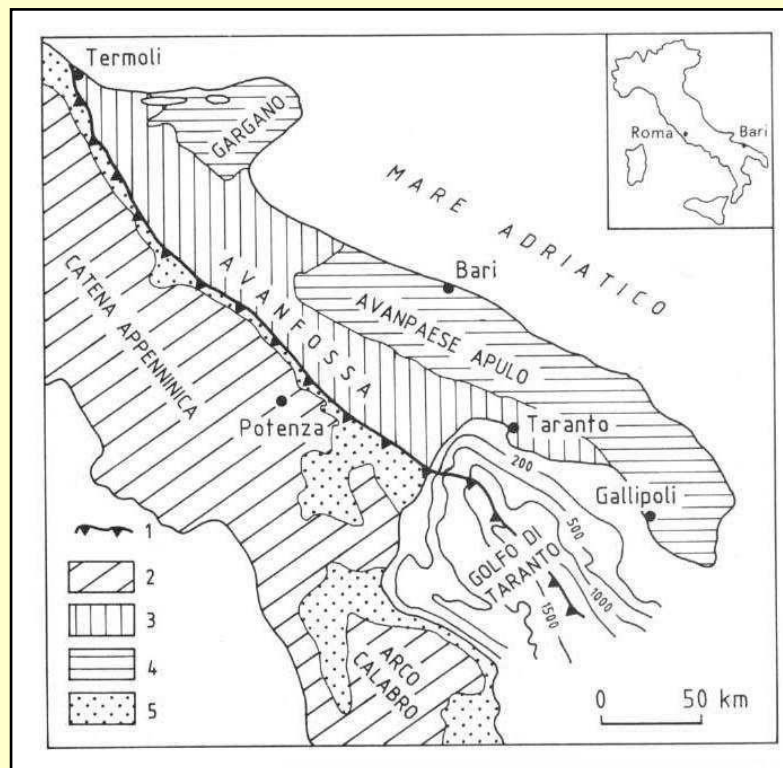


Fig. 1 Schema dei principali domini geodinamici: 1) Limite delle Unità Appenniniche Alloctone, 2) Catena Appenninica ed Arco Calabro; 3) Avanfossa; 4) Avampaese Apulo-Garganico; 5) Bacini Plio-Pleistocenici (da Zezza et al., 1994)

Più in dettaglio si possono individuare due distinti settori con caratteristiche diverse:

- un primo settore, ad oriente, caratterizzato dalle formazioni Plio-Quaternarie che ricoprono in trasgressione il substrato Meso-Cenozoico dell'avampaese apulo e che, in affioramento, presentano caratteri di autoctonia;
- un secondo settore, ad occidente, che presenta locali affioramenti di rocce tardo-mesozoiche inglobate tettonicamente nella complessa sequenza di rocce cenozoiche costituenti, con evidenti rapporti di sovrapposizione tettonica, l'ossatura della catena appenninica.

La catena del Subappennino Dauno è costituita da coltri alloctone, che con movimento all'incirca da SW verso NE sono sovrascorse sul substrato autoctono.

Nell'area sono stati individuati un primo ciclo di sedimentazione miocenica e un secondo ciclo di sedimentazione, relativo ai terreni pliocenici e pleistocenici depositati in continuità fino all'emersione della regione; e infine un ciclo di attività continentale con limitate deposizioni e con intense erosioni delle formazioni più antiche.

Sotto l'aspetto geostrutturale, mentre l'area orientale dei bacini, pianeggiante e debolmente incisa, costituita da sedimenti argilloso-sabbiosi del Plio-pleistocene, è generalmente tranquilla, le parti alte dei bacini, costituenti in gran parte il sistema orografico dei Monti della Daunia, modellate nei sedimenti di età miocenica, hanno caratteri di notevole complessità, dovuti a unità tettoniche alloctone rinvenibili in assetto giaciturale sconvolto.

In particolare le parti alte dei bacini sono costituite dalla potente serie flyscioide del Miocene medio, nota come Formazione della Daunia, poggiate sul complesso, eterogeneo e caotico, delle argille varicolori scagliose con frequenti inclusi di rocce lapidee. Si tratta di materiali, sedimentatisi in epoca preliocenica, che hanno subito gli effetti dell'orogenesi appenninica e che pertanto oggi si rinvengono in posizione alloctona.

In conseguenza della struttura geologica della regione, la situazione idrografica e idrogeologica risulta particolarmente complessa in funzione della eterogeneità dei materiali che si riscontrano.

Le falde acquifere sono in stretto legame con l'idrologia superficiale. Esse infatti traggono alimento dalle infiltrazioni di acqua meteorica che avvengono nelle zone dove la superficie del suolo è permeabile, o da perdite di fondo alveo lungo i tratti permeabili dei corsi d'acqua.

In particolare i torrenti defluenti a nord di Foggia e confluenti nel Candelaro, che intersecano la pianura e raccolgono i contributi dei bacini a carattere torrentizio del versante pugliese dell'Appennino, hanno alvei più o meno incassati nei loro tratti più alti, dove attraversano formazioni impermeabili, e diventano superficiali nei tratti inferiori, dove corrono in gran parte arginati, a luoghi incontrando terreni permeabili, così contribuendo al ravvenamento della falda.

Sotto l'aspetto idrogeologico le Argille Varicolori sono tipicamente impermeabili (il coefficiente di permeabilità è dell'ordine di 10^{-9} – 10^{-7} cm/sec): si riscontra una netta prevalenza della frazione argillosa, anche se a luoghi è possibile rinvenire componenti lapidee comunque tettonizzate e inglobate nella massa.

Per quanto riguarda la Formazione della Daunia le caratteristiche di permeabilità variano in relazione ai termini litostratigrafici costituenti e, per ognuno di questi, localmente in funzione della prevalenza degli strati lapidei rispetto alle alternanze argillose.

La Puglia centro-settentrionale, come si è detto, dal punto di vista geodinamico appartiene al complesso sistema geostrutturale rappresentato dai domini catena-avanfossa-avampaese, disposti approssimativamente in fasce che, orientate come l'attuale linea di costa (NW-SE), si rinvengono, rispettivamente, procedendo da occidente ad oriente. Il Sub Appennino Dauno, in particolare, si colloca nella porzione più settentrionale della regione, ricadendo principalmente nei domini di catena ed avanfossa.

Questi due settori, inoltre, risultano avere confini abbastanza netti, riconducibili a quelli dei domini geodinamici precedentemente citati, aventi caratteristiche diverse tra loro nella dinamica dei processi esogeni e nei caratteri morfoevolutivi.

Il primo settore, coincidente all'incirca con il dominio della catena appenninica, si caratterizza per un'orografia prevalentemente montuosa, in cui i profili dei versanti mostrano di avere subito, nel tempo, un'azione modellatrice originata in gran parte dalla deformazione gravitativa.

L'intensa attività franosa dell'area condiziona, oltre all'aspetto generale dei versanti, anche la morfologia e la dinamica della rete idrografica.

Questa pur presentandosi in prevalente erosione di fondo, mostra una diffusa invasione detritica degli alvei per effetto dei movimenti franosi.

Il secondo settore, ad oriente del primo e per gran parte corrispondente al dominio geologico di avanfossa, si caratterizza per una prevalente evoluzione morfoerosiva, con morfologie riferibili a fasi evolutive ancora tipicamente giovanili. Si hanno ampie valli percorse da incisioni fluviali e torrentizie che dissecano complessi litologici a giacitura sub-orizzontale ed interfluvi spaziatissimi rappresentanti relitti di forme erosive terrazzate.

La porzione nord-orientale di questo settore è caratterizzata dalla presenza di abbondanti depositi attuali con zone di accumulo e conoidi.

In quest'area i litotipi affioranti presentano un assetto sub-orizzontale e litosomi più recenti, del Quaternario, sono generalmente terrazzati con paleosuperfici lievemente inclinate e degradanti verso l'attuale linea di costa.

Le superfici boscate si trovano quasi interamente nella parte alta dei bacini (pendenze superiori al 20%), sulla Formazione della Daunia, e sono costituite prevalentemente da cedui matricinati di Cerro e Roverella e alto fusto di Conifere introdotte con i rimboschimenti. Nelle parti medio-basse dei bacini (pendenze tra il 10 e il 30 %) le aree boscate sono quasi inesistenti, se si eccettuano pochi relitti di Cerro e Roverella che si impostano su lembi di argilla grigio-azzurra, depositi fluviali terrazzati, terreni eluviali, depositi di elementi lapidei vari del Pleistocene.

Le superfici utilizzate a pascolo si trovano soprattutto nella parte alta (pendenze superiori al 20%), interessando la Formazione della Daunia e il Complesso indifferenziato. Nelle parti medio-basse (pendenza tra l'1% e il 20%) i pascoli si impostano prevalentemente sulle argille grigio-azzurre.

Le superfici coltivate si trovano in gran parte nella parte media e bassa dei bacini (pendenze variabili dall' 1% al 10%) prevalentemente su formazioni costituite da depositi fluviali terrazzati e argille subappennine grigio-azzurre. Superfici destinate a colture, seminativi e arboreti, si trovano peraltro

anche in alcune zone delle parti alte dei bacini, impostate sulla Formazione della Daunia con pendenze che variano dal 20% al 30%.

Il Gargano

A scala geologico-regionale il massiccio del Gargano, unitamente alle Murge ed al Salento, risulta localizzato nel dominio dell'Avampaese apulo, di cui costituisce attualmente la porzione morfologicamente e strutturalmente più elevata. La sua costituzione geologica è riconducibile a parte di una vasta piattaforma carbonatica mesozoica strutturata, a seguito delle fasi di costruzione del sistema orogenico dell'Appennino meridionale, a partire dalle sue propaggini occidentali, dal Miocene superiore sino all'Attuale. Dati derivanti da ricerche petrolifere hanno fornito indicazioni circa la successione sedimentaria dell'area garganica, costituita essenzialmente da alcune migliaia di metri di depositi continentali permiani (Verrucano, Auct.) e sedimenti evaporitici triassici (Anidriti di Burano Auct.), sui quali poggia una potente successione di carbonati mesozoici e paleogenici, in parte affioranti ed appartenenti alla Piattaforma Apula esterna e ricoperti, a luoghi, da modesti spessori di depositi clastici quaternari. L'area garganica presenta da Ovest verso Est tre differenti tipi calcarei.

Il margine occidentale fra Sannicandro Garganico e Coppa Guardiola è costituito da calcari oolitici e calcari bioclastici che si ritiene rappresentino un prodotto di retroscogliera, noti in letteratura con le seguenti denominazioni: "Formazione di Sannicandro", "Calcari di Rignano Garganico", "Formazione di M.te La Serra", "Calcari di M.te Quadrone", "Calcari di S. Giovanni Rotondo", "Calcari di M.te Spigno", "Calcari oolitici di Coppa Guardiola". L'età di questi terreni è compresa tra il Giurassico superiore (Malm) ed il Cretaceo inferiore.

In trasgressione su queste formazioni se ne rinvengono altre di età fino al Cretaceo superiore: "Calcari di M.te Acuto", "Calcari organogeni di M.te Sant'Angelo", "Calcari di Casa Lauriola". Le formazioni mesozoiche contraddistinte da una facies di scogliera affiorano invece nella parte centrale del Massiccio; più precisamente esse sono ubicabili secondo una linea diretta da Nord-Ovest a Sud-Est tra il lago di Varano, la Foresta Umbra e la costa a Sud di Mattinata.

Fanno parte di questo secondo gruppo di terreni i "Calcari organogeni di M.te Sacro", i "Calcari di M.te Pizzuto", la "Formazione di Carpino". L'età più probabile è, anche in questo caso, compresa fra il Giura superiore ed il Cretaceo inferiore.

La parte terminale del promontorio è formata da calcari clastici di tipo organogeno, da dolomie calcaree e da calcareniti. La facies sembra essere quella di termini di passaggio verso terreni tipicamente di avanscogliera; essi in effetti risultano eteropici con i calcari di scogliera dianzi citati. La "Formazione di Rodi Garganico", la "Formazione di Cagnano Varano", i "Calcari dolomitici di M. Jacotenente", più recentemente accorpati alla formazione della "Maiolica", i "Calcari di Mattinata" hanno in comune la presenza di liste e noduli di selce. La loro età va dal Giura superiore al Cretaceo superiore. Per quel che concerne gli spessori si può dire che in affioramento se ne possono apprezzare fino a circa un migliaio di metri e non meno di un centinaio per ciascun corpo.

Dati di perforazione consentono tuttavia di affermare che la potenza complessiva (perlomeno di alcune formazioni) è non inferiore a 4000-5000 m. Ai terreni giurassico-cretacei sono sovrapposte in trasgressione, soprattutto nelle aree marginali, formazioni di età paleogenica variamente estese: calcari a coralli e calcareniti a macroforaminiferi "Calcari a nummuliti di Peschici", il cui spessore raggiunge i 400 metri. Il Neogene è rappresentato, lungo i versanti settentrionali del Promontorio da sedimenti trasgressivi di età tortoniana.

Va fatto notare che in alcune cave nei dintorni di Apricena sono stati ritrovati, in livelli di terre rosse poste alla base dei depositi miocenici, abbondanti resti di vertebrati (piccoli mammiferi, uccelli e rettili) riferiti al Vallesiano-Turoliano. Infine, muovendo a Sud verso il Tavoliere si incontra la parte basale della successione bradanica di avanfossa, trasgressiva sui terreni calcarei di piattaforma: la "Calcarenite di Gravina" passante in alto alle "Argille subappennine".

Il Gargano può essere distinto in quattro principali aree morfologiche e strutturali: l'altopiano centrale carsico, riconducibile ad un'unica superficie di spianamento che oggi appare profondamente intaccato dagli effetti del fenomeno carsico, evidenziato da numerosissime doline, cavità di vario genere, polje, campi carreggiati, campi solcati, campi a pietre ecc.; la regione dei terrazzi meridionali, modellata secondo due ampi ripiani limitati da ripidi versanti e solcati da "valloni" brevi ma spesso imponenti e caratterizzati da numerosi habitat rupestri; il versante orientale di modellamento torrentizio, caratterizzato da un denso reticolo idrografico radiale e centrifugo; la regione dei terrazzi nord-occidentali, anch'esso costituito da due ripiani disposti a gradinata sui quali si possono riscontrare ancora fenomeni carsici (su quello più alto) o numerosi solchi torrentizi (su quello più basso).

Il bacini idrografici solcano prevalentemente formazioni calcaree organogene, arenacee e brecce

calcaree del Cretacico superiore, caratterizzate da discreta permeabilità dovuta a carsismo e fessurazione, con giunti di stratificazione spesso sub-orizzontali o poco inclinati, che favoriscono percorsi delle acque ad analogo andamento e riducono la circolazione profonda.

Gli elementi calcarei sono di dimensioni molto variabili e presentano spigoli vivi o soltanto smussati, inglobati da materiali semicoerenti, tufaceo-terrosi, più o meno abbondanti, generalmente mal cementati, cosicché tali formazioni sono facilmente erodibili dalle acque torrentizie.

Il pianoro basale è costituito da depositi alluvionali attuali e recenti del Quaternario, dello spessore di circa 100 m, scarsamente permeabili per porosità caratterizzati da ciottoli calcarei sub-arrotondati, spesso frammisti a terra rossa residuale, e a detriti di falda debolmente cementati, trasportati dalle acque in occasione di precipitazioni molto intense.

Sotto tale coltre si riscontrano depositi pleistocenici costituiti da conglomerati più o meno cementati, con elementi calcarei inglobati in materiale limoso arenaceo.

I conglomerati, a loro volta, poggiano su rocce calcaree mesozoiche biancastre, prevalentemente stratificate, fratturate con lembi di calcareniti tenere, giallastre (tufi), discretamente permeabili, che affiorano a Nord dell'abitato di Manfredonia, ove l'idrografia è quasi assente.

Sotto il profilo morfologico i bacini sud-garganici, chiusi a monte della pianura alluvionale, si presentano costituiti da altipiani piuttosto stretti e allungati, solcati da gole profonde molto simili a canyon e con elevate pendenze dell'alveo. I caratteri morfometrici sono fondamentali nella dinamica delle acque superficiali e del trasporto solido.

L'idrografia e i fenomeni torrentizi sono strettamente connessi principalmente con la natura e la permeabilità delle rocce, con la presenza o meno di fenomeni carsici e con la morfometria.

La risposta idrologica dei bacini è quella tipica delle rocce calcaree ricoperte da sottili strati di terreno: portate scarse o nulle con precipitazioni normali, violenti fenomeni di piena in caso di precipitazioni eccezionali. I bacini in questione hanno tutti brevi tempi di risposta (ad esempio circa 1,5 ore per il Pulsano), ma la loro peculiarità è soprattutto costituita dalla morfometria. Questa infatti è caratterizzata da forti pendenze dei versanti e delle aste, ciò che assolutamente non si riscontra sul versante adriatico delle Murge.

Il materiale sciolto e grossolano (diametri a volte superiori a 1,5 m), formatosi per crio- e termoclastismo o per altri fenomeni, grazie alle pendenze dei versanti precipita per crollo fino all'alveo, dove rimane fino al sopraggiungere di intense precipitazioni. E' in questa fase che diventa importante la pendenza dell'alveo; questa infatti può conferire alla corrente l'energia sufficiente per formare correnti con caratteristiche simili alle lave torrentizie. Sebbene anche sulle Murge non sia raro incontrare massi di dimensioni paragonabili a quelli del Gargano, la differenza sta nel fatto che sulle Murge essi rimangono sostanzialmente dove si sono formati, tant'è che, in occasione delle piene catastrofiche che si abbatterono sulla città di Bari all'inizio del secolo, il materiale che raggiunse la città fu esclusivamente a granulometria fine.

Dunque, oltre alle portate liquide, qui è di fondamentale importanza il trasporto solido da esse innescato, in quanto può assumere le caratteristiche delle colate detritiche.

Attraversate tumultuosamente le gole montane a forte pendenza, la corrente carica di massa detritica giunge al ventaglio alluvionale, dove può trovare un alveo naturale o artificiale.

Il fenomeno alluvionale nei bacini idrografici garganici può quindi essere schematizzato come segue:

- e) Formazione del detrito sui versanti per crio- e termoclastismo, con fratturazione di rocce spesso in siti a forte pendenza;
- f) trasporto del detrito, spesso con le caratteristiche del crollo, fino all'alveo;
- g) trasporto a forte velocità lungo le gole montane a forte pendenza;
- h) rallentamento lungo il tratto di alveo naturale o artificiale (se presente) nel ventaglio alluvionale, con deposito del materiale più grossolano e conseguente ostruzione dell'alveo;
- i) fuoriuscita dall'alveo dell'ulteriore materiale in arrivo;
- j) diffusione e progressivo arresto sul conoide e conseguente deposito.

Il trasporto di grossi massi può causare danni facilmente immaginabili alle persone e ai beni; il trasporto di materiali di dimensioni moderate può essere non meno pericoloso del primo se avviene in massa e, comunque, provoca gravi danni alle colture e ai suoli agricoli di pianura.

I danni infatti non sono dovuti solo all'eventuale impatto frontale degli elementi lapidei, ma anche al moto e infine al deposito di questi sui terreni agrari. Al moto per l'azione meccanica sul terreno, al deposito perché gli appezzamenti agricoli, una volta occupati dalle congerie detritiche, sono inutilizzabili finché non siano terminate le costose operazioni di sgombero.

Le Murge

Le Murge, unità omogenea sotto il profilo geologico e morfologico, sono state interessate da una

evoluzione tettonico-sedimentaria che ne ha segnato i caratteri morfologici.

Le Murge baresi, dal punto di vista geologico, sono costituite sostanzialmente da rocce carbonatiche distinte per età e per caratteri biostratigrafici in due unità indicate complessivamente come "Calcari delle Murge".

Queste due unità, che formano uno spessore di circa 5.000 metri e sono conosciute in letteratura come "Calcere di Bari" (Cretaceo inf.-sup.) e "Calcere di Altamura" (Cretaceo sup.), rappresentano il prodotto della sedimentazione in un ambiente marino di relativa bassa profondità denominato a livello regionale "Piattaforma carbonatica appula".

La Piattaforma appula si sarebbe formata a partire dal Triassico superiore (225 milioni di anni fa) da un frammento distaccatosi dal margine settentrionale del paleo-continente africano in deriva verso E-NE.

La deposizione sulla superficie di questa, di fanghi carbonatici verificatasi durante il Cretaceo (135-70 milioni di anni fa), ha determinato, a diagenesi avvenuta, la formazione dei citati Calcari delle Murge.

La Formazione del Calcere di Bari (TURONIANO – BARREMIANO) comprende la parte bassa e quella media della successione ed è formato in prevalenza da calcareniti fini, calcilutiti di colore bianco o nocciola e regolarmente stratificati in alternanza con strati calcarei dolomitici e dolomie. Inoltre a diverse altezze stratigrafiche presenta importanti livelli con associazioni a Rudiste, fossili tipici del Cretaceo, che prendono il nome da centri abitati (livello "Corato"; livello "Palese"; livello "Sannicandro"; livello "Toritto").

La Formazione del Calcere di Altamura (SENONIANO), trasgressiva sul Calcere di Bari, costituisce la parte superiore dell'intera serie cretacea ed affiora estesamente nelle Murge sud-orientali per uno spessore di circa 1.000 metri. Esso è formato in prevalenza da calcilutiti con intercalazioni di calcari dolomitici e dolomie e, a differenza del Calcere di Bari, da una maggiore diffusione di resti di Rudiste negli strati calcarei. Lo spessore degli strati varia statisticamente da 20-30 cm a 40-50 cm; ciononostante, in alcune località questi valori si discostano parecchio dove si riscontrano banchi con spessori anche di 2 o 3 metri.

A partire dal Pliocene medio-superiore e fino al Pleistocene inferiore le aree carbonatiche ancora emerse, in seguito a movimenti verticali come reazione alle ultime fasi della tetto-genesi appenninica, iniziano lentamente ad abbassarsi con il conseguente avanzamento del mare.

L'area murgiana viene così invasa dal mare da ogni lato e nel momento di massimo avanzamento marino (Pleistocene inferiore) presenta due isole, una compresa all'interno della congiungente Minervino-Murgetta Rossa-M.Sgolgore-Santeramo-Cassano-Quasano-Montegrosso, l'altra compresa all'interno della congiungente Turi-Conversano-Fasano-Ostuni-Villa Castelli-M. S. Elia.

La conseguenza di questa ingressione è stata, in corrispondenza delle aree allora sommerse dalle acque marine, la costituzione di più superfici di abrasione sviluppatesi sui Calcari delle Murge e la contemporanea deposizione di sedimenti sabbiosi di ambiente costiero che cementandosi hanno generato successivamente delle rocce calcarenitiche massicce di colore giallognolo organizzate in grossi strati e ricche di resti fossili principalmente rappresentati da brachiopodi, molluschi e foraminiferi.

Questo deposito, che pur essendo in buona parte attribuito alla Formazione delle Calcareniti di Gravina, è più comunemente conosciuto come Tufo delle Murge (PLEISTOCENE), è stato asportato in gran parte dall'erosione subaerea, per cui attualmente lo si ritrova in lembi isolati di estensione, ciascuno, variabile, nelle località di Gravina, Altamura, Canosa, Barletta, ecc.

In continuità di sedimentazione seguono le Argille grigio-azzurre subappennine, affioranti diffusamente nel settore settentrionale della provincia, lungo la valle dell'Ofanto sino a Canosa. Si tratta di argille, argille marnose e silt argillosi.

La successione è completata verso l'alto dalle Sabbie di Monte Marano e dal Conglomerato di Irsina. La presenza sulle Murge di estese e continue aree costituite fondamentalmente da rocce calcaree, ha permesso una notevole azione chimico-fisica di erosione e corrosione da parte delle acque meteoriche avvenuta in ambiente subaereo (processo carsico).

In certe zone delle Murge il carsismo ha inizialmente agito dall'emersione avvenuta alla fine del Cretaceo, riprendendo la sua azione a partire dal Pleistocene medio-superiore; in altre zone (Murgia alta) il fenomeno carsico si è invece svolto in modo continuo dalla fine del Cretaceo fino ai giorni nostri.

Quest'opera dissolutrice a spese dei calcari ha fatto sì che dagli stessi si liberasse un materiale limoso-argilloso, il quale per l'opera dilavante delle acque meteoriche si è accumulato, nel corso dei secoli, soprattutto nei solchi erosivi ("lame") o, anche, in altre depressioni presenti sul territorio, tipicamente di origine carsica (doline, uvale, polije, ecc.), originando così un deposito di "terra rossa". Questi terreni si possono classificare granulometricamente come argille limose con sabbia; solo

nella parte più bassa del deposito è presente una frazione grossolana dovuta ad un arricchimento in frammenti calcarei" (Romanazzi, 1985).

Tralasciando altri fattori, che pure tanta parte hanno nella ripartizione delle acque di pioggia in acque di infiltrazione, di ruscellamento e di evaporazione, nella nostra regione la non omogenea distribuzione del fenomeno carsico, le cavità carsiche, gli accumuli di terra rossa ed il diverso stato di fratturazione della roccia, sono sufficienti a far sì che la ripartizione suddetta risulti sensibilmente diversa da una zona all'altra (Grassi, 1974).

Già solo sulla base dello spazio che la terra rossa occupa, si ha che, in linea di massima e a parità di condizioni, nelle Murge sud-orientali l'infiltrazione delle acque di pioggia è minore che non nelle Murge nord-occidentali.

I calcari che costituiscono l'area oggetto di studio sono, a seconda dei luoghi, più o meno permeabili per fessurazione (giunti di stratificazione e diaclasi intercomunicanti tra loro) e carsismo.

I giunti di stratificazione essendo suborizzontali o poco inclinati favoriscono più che altro il movimento orizzontale delle acque nel sottosuolo e non, quindi, l'infiltrazione delle acque meteoriche.

Le diaclasi invece, presentandosi quasi sempre subverticali, in conformità con lo stile tettonico regionale a faglie dirette subverticali, determinano in linea generale l'infiltrazione delle idrometeore e quindi il movimento verticale delle acque nel sottosuolo.

Per tale situazione idrologica, ancora oggi, nelle campagne limitrofe il rifornimento idrico è in parte assicurato a mezzo di "pescare" e di "piscine" (termini tra l'altro rinvenibili in numerosi toponimi locali).

Le precipitazioni, assieme al substrato calcareo, caratterizzano i torrenti delle Murge, che si ascrivono al gruppo dei torrenti calcarei; il meccanismo di questi torrenti è funzione della particolare idrologia delle rocce calcaree.

Queste, come si è detto, presentandosi variamente fessurate, determinano l'infiltrazione profonda delle piogge a bassa intensità, che quindi non causano il trasporto delle materie prodotte dalla disgregazione delle rocce stesse.

A parte i corsi d'acqua che sfociano all'altezza di Barletta o che si immettono nell'Ofanto, numerosi sono quelli che si versano in mare a nord e a sud del capoluogo pugliese.

Pur non esistendo corsi d'acqua perenni, sono ben individuabili gli alvei, organizzati in reticoli netti e a luoghi gerarchizzati, talvolta in corrispondenza di valli morte.

I solchi erosivi, generalmente con fondo piatto e sponde mediamente inclinate, hanno origine nella Murgia alta, incidono perpendicolarmente i ripiani e arrivano fino al mare. Il generale andamento è da SO a NE, pure, a tratti, con brusche inversioni di direzione.

L'area è caratterizzata idrogeologicamente dalla presenza di una falda idrica sotterranea profonda che circola nel complesso calcareo mesozoico basale.

La falda in questione defluisce nell'ampio solco acquifero calcareo-dolomitico, permeabile per fessurazione e carsismo (formazione del Calcare di Bari), secondo direttrici preferenziali caratterizzate da parametri idrodinamici estremamente complessi e variabili nello spazio. La permeabilità dei litotipi calcarei in ogni caso risulta elevata.

Il serbatoio di alimentazione della falda profonda è rappresentato dall'esteso rilievo murgiano, caratterizzato da discrete precipitazioni (mediamente 650 mm/anno) e da un prevalente deflusso endoreico delle stesse, a causa dell'intenso grado di fessurazione e carsismo dei calcari mesozoici affioranti. Il carsismo poi, nella sua complessa fenomenologia ed evoluzione, condiziona la distribuzione dei caratteri di permeabilità delle rocce carbonatiche murgiane e pedemurgiane e quindi i parametri idrodinamici della circolazione idrica in esse.

Una delle caratteristiche idrogeologiche delle stesse è di possedere una bassa permeabilità, comprovata da ridotti valori delle portate specifiche.

Il deflusso idrico della falda profonda avviene prevalentemente in pressione, a profondità notevoli dal livello marino e con cadenti piezometriche piuttosto elevate.

Ciò non esclude una correlazione fra idrogeologia superficiale e profonda, specie per la presenza di numerose discontinuità tettoniche (faglie).

La circolazione idrica sotterranea è stata messa in evidenza dalle numerose perforazioni eseguite in passato per ricerche d'acqua a scopi irrigui dall'Ente per lo Sviluppo dell'Irrigazione e la Trasformazione Fondiaria in Puglia e Lucania.

I dati piezometrici desunti da un censimento di pozzi idrologici in zona, evidenziano 3 principali livelli idrici sotterranei ubicati il primo in un contenuto intervallo di profondità sito a cavallo del livello medio marino, il secondo a profondità media di circa 50-60 m dal livello medio del mare (l.m.m.) ed il terzo a profondità superiore ai 400 m dal l.m.m. In tutti e tre i casi la falda circola in pressione per la presenza al tetto di calcari dolomitici impermeabili.

Le portate specifiche dei pozzi attingenti alla falda profonda hanno in media valori compresi tra i 2 ed i 10 l/s-m.

Un problema di notevole importanza è l'aumento della salinità dovuto all'infiltrazione di acqua marina; la causa principale risulta l'eccesso di prelievo dai pozzi, rispetto al potenziale ravvenamento della falda.

Nei corsi d'acqua caratterizzati da un regime torrentizio, i deflussi sono limitati ad un breve periodo dell'anno e in alcuni casi, come accade ad esempio per i torrenti calcarei della provincia di Bari, sono concentrati solo in corrispondenza di eventi di piena, durante i quali però si possono raggiungere elevati valori di portata liquida e trasporto solido.

Infatti, il terreno, ricco di perossido di ferro e frammenti di calcare, non riuscendo a disperdere totalmente le piogge nelle fratture verticali e orizzontali del sottostante substrato calcareo fessurato, se queste sono ad alta intensità e prolungate nel tempo, dopo essersi trasformato in fanghiglia impermeabile, determina il fluire superficiale delle acque che, poi, ristagnano negli avvallamenti del suolo; solo quando le precipitazioni sono così violente da non dare tempo all'acqua di penetrare nella roccia, si ha un ruscellamento di acque naturali che convoglia quantità notevoli di materiale detritico, comprese frazioni di limo rosso.

"Una volta concentratesi, tali acque trascinano le congerie a valle e il trasporto si esaurisce nelle zone pedemontane, quasi sempre coltivate e spesso attraversate da vie di comunicazione che la discesa dei materiali inesorabilmente interrompe" (Puglisi, 1977).

Non si possiedono cifre esatte sul trasporto di terra causato da queste alluvioni; esso però è da ritenersi ragguardevole, perché nell'alluvione del 4 e 5 novembre 1926, durante la notte caddero 152 mm di pioggia ed in quella circostanza fu stimato per l'impluvio del torrente Picone un afflusso teorico di $2 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1} \text{ km}^{-2}$ e per l'alluvione stessa una portata di $310 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ (Alfieri, 1927).

L'arco Jonico tarantino

Le caratteristiche geologiche generali dell'area possono essere inquadrare nel panorama della regione pugliese, quale unità ben definita con ruolo di avampaese, caratterizzata da una monotona successione calcarea mesozoica che si estende verso occidente, oltre le Murge e Taranto, a costituire il substrato della fossa pliocenica della valle del Bradano.

Quasi tutto il territorio è rimasto sommerso fino agli inizi del Quaternario, quando si è avviato il graduale processo di sollevamento che ha generato la situazione attuale.

Nella parte nord-occidentale dell'area, nei dintorni di Laterza e di Ginosa, gli affioramenti sono costituiti in prevalenza da calcari bianchi a Rudiste e sono riferibili alla Formazione del "Calcare di Altamura".

Sui calcari poggia la serie marina della Fossa Bradanica, riferibile al Plio-Pleistocene, in cui notevoli sono per spessore ed estensione le "Argille subappennine" sovrapposte alle "Calcareniti di Gravina". Le argille presentano un colore grigio-azzurro se fresche, giallastro se alterate. Sono caratterizzate da uno spessore variabile da pochi metri nella parte alta fino a più di 200 metri in quella bassa così come avviene in prossimità del fiume Lato.

Sulle argille subappennine calabriere si rinviene, in lembi limitati di territorio, il "Conglomerato di Irsina", un conglomerato di chiusura del ciclo sedimentario.

Nella parte più bassa dell'area, sui terreni pleistocenici poggiano lembi di depositi litoranei, disposti a "mantello" in terrazzi costituiti da depositi di varie quote e via via più recenti verso il mare. Tali depositi indicano fasi di arresto o di avanzata del mare in un periodo relativamente recente di regressione. Fra i depositi predominano: le sabbie grossolane giallastre con livelli cementati, le calcareniti a molluschi di facies litorale, le ghiaie e i conglomerati con elementi di natura litologica assai varia.

Nei sedimenti marini del Plio-Pleistocene sono incise le valli del Bradano e dei principali sistemi idrografici che giungono al mare. Sui versanti di queste valli e di quelle dei loro maggiori affluenti poggiano, in terrazzi, lembi di depositi alluvionali ciottolosi e sabbiosi. Simili depositi, recenti ed attuali, si estendono sui fondi vallivi fino alla piana costiera.

Lungo la costa si allineano, infine, dune e sabbie attuali e recenti costituite da sabbie grigie o giallo rossastre, talora grossolane e di norma a stratificazione incrociata.

I depositi marini si rinvengono anche negli immediati dintorni dell'abitato di Castellaneta, intervallati dalle stesse formazioni precedentemente citate, quali il "Calcare di Altamura", le "Calcareniti di Gravina" e le "Argille Subappennine".

I calcari stratificati del Cretacico ("Calcare di Altamura") formano l'ossatura della collina sulla quale sorge l'abitato di Mottola.

Nelle aree di affioramento delle formazioni a "Calcareniti di Gravina" e a "Calcare di Altamura" il paesaggio collinare è di tanto in tanto interrotto da profonde incisioni che prendono il nome di

"gravine".

Subito a nord del rilievo su cui si erge Mottola si distinguono le "Calcareniti di M. Castiglione" con affioramenti di formazioni argillose quali le "Argille del Bradano". Le prime sono calcareniti per lo più grossolane, compatte con calcari arenacei grossolani, (i "tufi") di colore grigio-giallastro più o meno chiaro e stratificazione in genere evidente. La seconda formazione è costituita da marne argillose e siltose, grigio-azzurrastrae, con talora intercalazioni sabbiose.

La presenza dei calcari arenacei spesso segna il passaggio dai calcari delle colline alle argille delle aree pianeggianti. Tale passaggio in genere avviene mediante una serie di terrazzi, limitati da profonde scarpate, formati in seguito ai continui avanzamenti ed arretramenti del mare durante il Pleistocene.

A sud di Mottola le "Calcareniti di Gravina" occupano una fascia di territorio sempre più larga a partire dal centro abitato di Palagianello fino a Massafra. Di qui, in direzione del limite orientale dell'area oggetto di studio, si osservano, con una frequenza crescente, affioramenti delle altre formazioni calcaree precedentemente menzionate.

La vasta pianura costiera, prima delle fasce dunali oltre le quali si giunge nelle immediate vicinanze del mare, è formata da conglomerati, ghiaie e sabbie poligenici terrazzati, localmente con conglomerati calcarei alluvionali a stratificazione incrociata.

Le "Calcareniti di M. Castiglione" e le "Argille del Bradano" sono, infine, le formazioni che caratterizzano la parte orientale del territorio.

Nei dintorni del Mar Piccolo e più diffusamente a sud dello stesso, sono presenti delle aree leggermente depresse (Salina Grande, Salina Piccola, Pianura Erborea, località Nisi, ecc.), che, per un drenaggio naturale di tipo endoreico, costituiscono spesso zone acquitrinose e palustri.

La tipologia dei corpi idrici che solcano l'arco jonico tarantino deriva dalla struttura geologica e dalla morfologia che caratterizza il territorio in cui si sviluppano.

Il loro bacino di raccolta si estende prevalentemente su terreni permeabili quali le calcareniti e il "Calcarea di Altamura".

Nel primo caso ("Calcareniti di Gravina" e "Calcareniti di M. Castiglione"), il substrato litologico è alquanto poroso e quindi interessato da una permeabilità primaria. Lo stesso tipo di permeabilità si riscontra nell'area del settore sud-occidentale, coperta da sedimenti grossolani e psammitici, e in corrispondenza delle dune costiere. I calcari sono invece permeabili per fessurazione (permeabilità secondaria) essendo interessati da giunti di stratificazione quasi sempre poco inclinati. Essi inoltre risultano fratturati e sono sede di un carsismo abbastanza intenso, pertanto si lasciano attraversare facilmente dalle acque piovane che vanno così ad alimentare la circolazione idrica profonda.

Per la grande diffusione delle rocce permeabili, e talvolta per la presenza di cavità come le "vove", gran parte delle aree in esame sono sprovviste di una vera e propria idrografia superficiale.

Gli impluvi di maggior rilievo, invece, sono interessati dai deflussi superficiali soltanto quando le precipitazioni eccedono la capacità di attraversamento e di assorbimento dell'acqua da parte dei calcari.

In tali circostanze le acque sono convogliate verso la piana dai cosiddetti valloni o dalle gravine che solcano la parte collinare subito a valle del bacino di alimentazione.

Dove i calcari sono ricoperti da argille o da altri depositi scarsamente permeabili, le acque di pioggia alimentano corsi d'acqua superficiali oppure si arrestano sugli orizzonti argillosi dopo che hanno attraversato o lambito gli strati parziali che li sovrastano formando delle falde più o meno ricche.

Nelle zone in cui affiorano sedimenti impermeabili si sviluppano, invece, modesti corsi d'acqua come il canale dell'Adiedda e il fosso Galese.

Nella parte pianeggiante del territorio si ha una prevalente coltre argillosa e sabbioso-argillosa. Qui i corsi d'acqua assumono un regime idraulico pressoché perenne per effetto dell'azione di drenaggio esercitata sulle falde acquifere superficiali le quali, in prossimità della foce, sono generalmente salmastre perché si mescolano con le acque marine. In particolare presso la costa i corsi d'acqua diventano più consistenti, soprattutto nel settore sud-occidentale, dove scorrono i fiumi Tara, Lenne e Lato. Gli ultimi due sono parzialmente asciutti per lunghi periodi dell'anno.

Nelle aree costiere, inoltre, si osservano spesso ristagni di acqua in concomitanza di forti precipitazioni. Tali fenomeni si manifestano in corrispondenza delle aree impermeabili ed hanno estensione e durata variabile secondo il regime pluviometrico stagionale.

Alcune di tali aree, un tempo interessate da veri e propri stagni, sono state bonificate ma le acque molto spesso non sono utilizzabili per scopo irriguo a causa dell'elevata salinità.

Aree con falda acquifera affiorante si trovano anche ad occidente di Taranto, tra i fiumi Lenne e Lato, e sono separate dal mare da cordoni dunali.

Lungo il confine con la Basilicata, il territorio dell'arco jonico tarantino è delimitato dall'asta terminale del fiume Bradano. In tale zona si ritrovano il fiume Lato, il torrente Galaso e due affluenti in sinistra

idrografica del Bradano: il torrente Vallone della Rita e il torrente Fiumicello.

Il regime dei corsi d'acqua è spiccatamente torrentizio, con le maggiori portate nel periodo invernale e quelle minime nei mesi di agosto e settembre.

Le risorse idriche del territorio comprendono anche quelle della falda profonda. La circolazione dell'acqua avviene, nelle formazioni con permeabilità primaria e secondaria, in modo diffuso essendo la fessurazione dei calcari alquanto uniforme; eccezionalmente si può avere una circolazione concentrata per la presenza di limitati sistemi di cavità carsiche.

La falda profonda è in genere a pelo libero tranne che nelle zone costiere dove, incontrando degli strati impermeabili, si trova invece in pressione e dà origine alle sorgenti di trabocco già segnalate.

La parte alta dei bacini idrografici è per lo più costituita da rilievi collinari di forma arrotondata e con pendenze lievi, tali da non favorire il rapido convogliamento delle acque di scorrimento superficiale all'interno degli impluvi.

La parte collinare dei bacini si collega alla piana costiera mediante le gravine o i valloni. Le prime solcano profondamente il substrato calcareo caratterizzato, come si è detto, da una serie di ripiani (terrazze) raccordati tra loro da scarpate alquanto evidenti. Sui ripiani la forma erosiva più evidente è quella laminare, in particolare nei pendii in cui i terreni sono adibiti a seminativi.

Dalle incisioni del substrato calcareo i sistemi idrici sboccano nell'ampia piana costiera scorrendo in sponde più o meno incassate e di modesta altezza. Qui le incisioni torrentizie hanno asportato la coltre conglomeratica o di depositi marini favorendo l'affioramento delle "argille subappennine". Tale situazione riguarda in particolare i torrenti Fiumicello, Lama e Lama di Castellaneta, che in alcuni tratti presentano una sezione trasversale con sponde subverticali.

Affioramenti argillosi interessano in maniera molto limitata il Vallone della Rita, che convoglia le acque provenienti dalla gravina di Ginosa nel fiume Bradano incidendo la coltre conglomeratica e di depositi grossolani.

Limitatamente ad alcuni punti, in particolar modo in prossimità della confluenza del Vallone della Rita con il fiume Bradano, sono stati osservati alcuni fenomeni di erosione rimontante, di tipo gully, che si innescano a partire dalle sponde.

In prossimità della fascia costiera, nella zona compresa fra Taranto ed il Bradano, è stata realizzata una fitta rete di canali che, convogliando le acque verso i corpi idrici principali, ha prosciugato le numerose zone acquitrinose un tempo presenti, rendendo le aree coltivabili. Tra gli altri fenomeni di instabilità i movimenti morfogravitativi non mostrano una grande diffusione, essendo limitati quasi esclusivamente ad alcune aree a sud-ovest di Ginosa dove però il corpo delle frane è stato in parte rielaborato per dilavamento. In ultimo, fenomeni di erosione idrica largamente diffusi con frequenti forme calanchive interessano il torrente Gravina di Matera nelle aree poste al di fuori dei confini regionali.

Il Salento

Il Salento, costituito nelle sue basi da potenti formazioni del mesozoico calcareo-dolomitico, risulta costituito sotto il profilo altimetrico dall'unione di una parte dei terrazzi murgiani, attraverso cui esso resta intimamente agganciato alla rimanente parte della regione pugliese e di una netta e ben individuata serie di colline di corrugamento, note come "Serre Salentine". Le Serre sono costituite da sedimenti più antichi, in prevalenza cretaci, mentre quelle meno elevate sono costituite da sedimenti attribuibili al Paleocene-Oligocene.

Fra questi rilievi si estende la piana leccese, caratterizzata da deposito marini mio-plio-quadernari.

Le Serre, sviluppate essenzialmente in direzione NNO-SSE o NO-SE, si elevano in genere solo di qualche decina di metri raggiungendo la quota massima presso Parabita sulla Serra S. Eleuterio (195 m); è però nel settore centro meridionale del Salento che questi rilievi, essendo particolarmente estesi e ravvicinati, costituiscono l'elemento caratteristico del paesaggio, tanto da dare alla zona il nome di Murge Salentine. Queste ultime separano due aree aventi una morfologia lievemente diversa: una occidentale, più mossata per le numerose Serre degradanti verso il Golfo di Taranto, una orientale più pianeggiante, interrotta da Serre che possono arrivare ad intersecare la linea di costa a Sud di Otranto tra Garigliano del Capo e Punta Melido, originandovi alte falesie interrotte da profonde e strette incisioni ("canaloni"), che assumono talora l'aspetto di canyon all'interno e di piccoli fiordi verso il mare.

Le Serre costituiscono certamente l'elemento peculiare del territorio salentino; in tempi più recenti, cioè dal Pleistocene medio (700.000 anni fa) ad oggi, si è fatta sentire anche l'azione delle acque meteoriche che, organizzate in reticoli idrografici poco sviluppati, hanno agito addolcendo le forme del paesaggio o scavando profonde incisioni.

Attualmente si tratta di corsi d'acqua a carattere temporaneo, a causa delle caratteristiche climatiche della regione e dell'elevato grado di permeabilità delle rocce salentine.

Nella fascia costiera tra S. Maria di Leuca e Otranto sfociano numerosi corsi d'acqua, talora impostati in corrispondenza di faglie e fratture, che hanno scavato profondi e suggestivi canali, come quello del Ciolo presso Gagliano del Capo, o il Canalone di Porto Badisco.

Nell'entroterra le acque superficiali provenienti dalle Serre sono organizzate in reticoli relativamente estesi, ma durante il loro corso tendono a perdersi in zone di maggiore permeabilità, oppure si riversano in pozzi naturali di origine carsica: le "vore", che raccolgono le acque di aree anche molto vaste, come la Vora Colucci, presso Nardò.

Per quanto attiene più in particolare le aree di Brindisi e Lecce, la morfologia è caratterizzata dalla presenza di dorsali, alture ed altipiani. Questi ultimi coincidono con rilievi strutturali, allungati generalmente in direzione NO-SE e separati tra loro da aree pianeggianti più o meno estese. Le scarpate che delimitano tali alture hanno in genere una inclinazione non superiore ai 20°. Le formazioni affioranti nelle parti più elevate sono quelle più antiche, cretache o mioceniche.

Sui piani che circondano le alture cretache affiorano terreni miocenici o plio-pleistocenici, mentre sui piani che circondano le alture mioceniche affiorano solo terreni plio-pleistocenici. Anche l'affioramento miocenico di Lecce costituisce un rilievo strutturale con asse maggiore diretto secondo NO-SE.

In definitiva, vi è corrispondenza tra morfologia ed andamento strutturale. Le antiche linee di costa si evidenziano sotto forma di scarpate, le anticlinali rappresentano zone sopraelevate, trovando corrispondenza nelle serre e nelle alture; le sinclinali rappresentano le depressioni.

Dal punto di vista geologico la penisola salentina, caratterizzata da una forma assai allungata in direzione appenninica, costituisce tutta una unità ben definita, rappresentata da un'impalcatura fondamentale di calcari del cretaceo e, in subordine, eo-oligocenici sui quali si adagiano lembi, più o meno isolati, di formazioni calcareo-arenacee ed argilloso-sabbiose del Neogene e del Pleistocene. Detta unità, costituente l'estrema propaggine dell'avampaese appenninico, è emersa dal bacino adriatico essenzialmente alla fine del Terziario ed è corrugata in larghe e appena accennate ondulazioni, disposte in direzione NO-SE (Murge e Serre salentine), cosicché appare piuttosto uniforme e priva di elevazioni notevoli. Spesso il litorale, che si sviluppa per circa 500 km su entrambi i mari Adriatico e Ionio, presenta una spiaggia bassa, talvolta paludosa.

In altri casi invece presenta coste alte e dirupate in corrispondenza di alcune linee di faglia, grossomodo parallele alla direzione appenninica.

La formazione cretaca, riferibile prevalentemente al Turoniano ed al Cenomaniano, affiora con livelli rappresentati litologicamente da calcari più o meno compatti, talora lievemente dolomitici, in strati suborizzontali o inclinati al massimo di 25°-30°. Il Cretaceo Inferiore è poco sviluppato e rappresentato in genere da calcari dolomitici e, talora, anche da calcari leggermente marnosi. Uno sviluppo assai limitato presentano i calcari eocenici ed oligocenici.

Assai più diffusi invece, tra le Murge Tarantine e le Serre Salentine, si estendono infine numerosi lembi di formazioni plioceniche ma più spesso pleistoceniche, i quali costituiscono il residuo di un esteso mantello smembrato di rocce calcareo-arenacee, a struttura tufacea, ed argilloso-sabbiose, depositatesi in seguito alla nota trasgressione marina iniziata in Puglia al principio del Pliocene.

Il basamento dell'area relativa alle zone di Brindisi e Lecce è costituito dal Cretaceo, rappresentato dalle Dolomie di Galatina (Cenomaniano-Turoniano inf.) e dai Calcari di Melissano del Cenomaniano-Senoniano.

In trasgressione si hanno sedimenti miocenici costituiti dalla tipica Pietra Leccese (Elveziano) e dalle Calcareniti di Andrano (Miocene medio-sup.).

La serie detritico-organogena comprendente i depositi pliocenico-quadernari è rappresentata dalle Sabbie di Uggiano, dalle Calcareniti del Salento e dalla Formazione di Gallipoli.

Le Dolomie di Galatina sono rappresentate da depositi carbonatici di piattaforma, costituiti prevalentemente da dolomie e calcari dolomitici, sovente vacuolari e subsaccaroidi, ai quali si intercalano calcari micritici e bioclastici talora brecciati. (Cenomaniano-Turoniano)

I Calcari di Melissano, stratigraficamente sovrapposti alle Dolomie di Galatina, sono rappresentati da calcari bioclastici con intercalazioni di calcari dolomitici; l'ambiente di deposizione è quello di piattaforma e l'età risulta compresa tra il Cenomaniano e il Senoniano.

Lungo la fascia costiera che va da Otranto a S. Maria di Leuca, i Calcari di Melissano sono coperti in trasgressione dai depositi terziari noti come Calcari di Castro; si tratta di depositi prevalentemente calcarenitici formati in acque basse.

Sulle formazioni geologiche suddette si trovano lembi di affioramento piuttosto estesi sul versante adriatico, di calcareniti mioceniche note come Pietra Leccese e di Calcareniti di Andrano. La prima è rappresentata da una biocalcarenite gialla, talora verdognola per la presenza di glauconite, priva di stratificazione; la seconda è costituita da calcareniti alternatesi con calcari e marne.

Le Sabbie di Uggiano sono costituite da una associazione di litofacies tra cui prevalgono le sabbie

calcaree, le calcareniti marnose e i calcari bioclastici e affiorano lungo la fascia costiera del Salento tra Uggiano La Chiesa e Melendugno e sono attribuibili al Pliocene inferiore.

Le Calcareniti del Salento, di età compresa tra il Pliocene ed il Quarternario, sedimentatesi in ambiente neritico-litorale sono costituite da calcareniti, sabbie calcaree e calcari di tipo "panchina".

La Formazione di Gallipoli, costituita da sedimenti argilloso-sabbiosi, si trova localmente intercalata tra le Calcareniti del Salento, la Pietra Leccese e le Sabbie di Uggiano; è ascrivibile al Calabriano.

Le rocce del Cretaceo si presentano in genere fortemente fratturate; la permeabilità è notevolissima come dimostra la portata dei pozzi che penetrano per pochi metri nella falda acquifera contenuta nella massa rocciosa. Nelle rocce interessate da linee di faglia possono verificarsi eterogeneità nella permeabilità per effetto dello stress subito dai blocchi calcarei che producono nelle zone di frizione minutissime frantumazioni consolidantesi per cementazione secondaria con formazione di strati poco permeabili.

I bacini chiusi (bacini endoreici), ampi nella parte centrale e lunghi e stretti nella parte più meridionale, si sviluppano tra le serre calcaree e sono colmati di depositi che vanno dall'Oligocene al Quaternario, il cui spessore aumenta verso i bordi nord orientali di ogni singolo affioramento delle Serre. Le parti più depresse costituiscono sia dal punto di vista fisico che da quello idrogeologico delle zone di disturbo di ciascun bacino. Verso il Capo di Leuca dove le depressioni si fanno più strette per la maggiore tettonizzazione ed accostamento dei blocchi calcarei, l'aumentato disturbo è determinato dalla maggiore facilità di ingresso dell'acqua marina da sud-est.

Nei bacini chiusi, nei quali manca il deflusso a mare, lo smaltimento delle acque piovane è affidato al lavoro delle acque stesse che si sono aperte nel tempo vie di penetrazione e di dispersione nel sottosuolo.

Le acque dei rovesci invernali, ruscellando dalle spoglie ed arrotondate colline, raggiungono i terreni di pianura, ne imbevono la matrice calcarenitica sino a saturazione e, se in eccesso, proseguono scaricandosi verso le parti del bacino che ne consentono lo smaltimento attraverso le cavità assorbenti.

Nel caso più comune le acque raggiungono il piede delle colline là dove per effetto di faglie si formano, lungo il piano di scorrimento, delle vie di penetrazione verso la rete idrografica ipogea.

Quando le acque meteoriche eccedono la capacità di assorbimento delle rocce calcaree, esse ruscellano in superficie ed entrano a far parte dei deflussi dei bacini chiusi, dove invadono ampie superfici di terreno e permangono fino al totale esaurimento che avviene, oltre che per infiltrazione profonda, anche per evaporazione.

Nei bacini aperti collegati al mare, l'acqua ha scavato grossi solchi erosivi e defluisce liberamente, oppure scende disordinatamente verso il mare, per inondare le zone retrodunali come quelle nell'arco di Gallipoli e quelle a nord-est di Lecce, sull'Adriatico.

La morfologia a conche chiuse del Salento fa sì che le acque meteoriche, non trovando libero deflusso verso il mare, si raccolgano nelle parti più basse dove, se non sono smaltite in profondità da cavità naturali, ristagnano fino alla completa evaporazione, dopo aver inondato terreni agricoli e centri abitati.

Puntualmente, dopo lunghi periodi siccitosi o indipendentemente da questi, il Salento è stato colpito da alluvioni. Il fenomeno, documentato nel 1190, nel 1202, nel 1502, nel 1660 e nel 1678-79, continua a ripetersi ai giorni nostri. I danni conseguiti possono essere notevoli. Particolare frequenza hanno gli allagamenti nei bacini leccesi e, in special modo, in quello in cui è compresa la città di Nardò. Nell'inondazione del 1968 sono rimasti allagati 200 ha intorno all'abitato. Inondazioni gravi si sono avute nel 1957 e nel 1972.

Nel Salento non vi sono zone soggette a franosità, mentre può aver luogo una notevole asportazione di terreno agrario per l'erosione dovuta alle acque di ruscellamento superficiale. La diminuita fertilità per l'asportazione dell'orizzonte pedologico superficiale e per la lisciviazione dei nutrienti del terreno, rende a sua volta più facile il processo erosivo.

CRITERI DI SCELTA DELLE SPECIE VEGETALI

2

Criteri di scelta delle specie vegetali

Capitolo 2

La scelta delle specie vegetali da impiegare negli interventi di Ingegneria Naturalistica rappresenta una fase della progettazione di particolare importanza, in quanto l'impiego di specie inadatte può portare o al fallimento delle sistemazioni naturalistiche realizzate o anche all'inserimento delle stesse in modo non compatibile ed integrato col sistema naturale circostante. A quest'ultimo aspetto si dovrebbe porre particolare attenzione non solo ai fini della tutela paesaggistica e storico-culturale del territorio ma soprattutto al fine di evitare possibili danni al patrimonio floristico locale (inquinamento da specie esotiche invasive). Infatti, quando una specie viene introdotta in un ecosistema dove non è mai stata presente prima, può creare uno sbilanciamento dei processi naturali che mantengono l'ecosistema in equilibrio, alterare i processi evolutivi della componente vegetale e condurre alla scomparsa delle specie spontanee. In molte aree del pianeta, ed in particolare in ambiente mediterraneo ed in quello delle foreste temperate, una delle principali cause di perdita di biodiversità è rappresentata proprio dall'introduzione, in seguito all'azione antropica, di specie esotiche invasive (IUCN, 2000; Blasi *et al.*, 2005; Celesti-Grappo *et al.*, 2010).

Alla base del processo decisionale, che si conclude con l'individuazione delle specie vegetali da impiegare negli interventi di ingegneria naturalistica, vi è lo studio della flora, della vegetazione e del paesaggio vegetale delle aree di intervento, ossia dei tre differenti livelli a cui può essere analizzata la copertura vegetale.

Obiettivo principale dell'indagine floristica è il censimento delle specie vegetali spontanee che vivono nell'area oggetto di intervento. Con questa analisi è possibile acquisire conoscenze non solo tassonomiche ma anche relative alla struttura biologica (forme biologiche e di crescita), all'ecologia e fitogeografia (corotipi ed indici ecologici) della flora locale e, inoltre, valutare la ricchezza e la diversità specifica dell'area. L'analisi floristica, inoltre, consente di mettere in evidenza l'eventuale presenza di specie di interesse conservazionistico, come ad esempio quelle di interesse comunitario ai sensi della Direttiva Habitat o incluse nelle *Red List* Nazionale o Regionale (Conti *et al.*, 1992; 1997; Scoppola & Spampinato, 2005). Questa analisi, quindi, rappresenta il primo passo per poter procedere alla successiva scelta delle specie di progetto, sia perché fornisce molte delle indicazioni utili al processo decisionale e sia perché uno dei principi di base che deve essere sempre adottato è quello di utilizzare solo specie autoctone, coerenti con le caratteristiche fitoclimatiche e fitogeografiche dell'area, escludendo tutte le entità vegetali non spontanee (Cornelini, 1992; Cornelini & Sauli, 2005; Ercole *et al.*, 2010).

Lo studio della vegetazione reale condotto con metodo fitosociologico (Braun-Blanquet, 1932; Géhu & Rivas-Martínez, 1981; Rivas-Martínez, 1987; Biondi & Blasi, 2004) consente di individuare le comunità costituite dagli individui delle diverse specie vegetali presenti nelle aree di intervento, mettendone in evidenza, sulla base quali-quantitativa dello specifico corteggio floristico, gli aspetti fisionomico-strutturali, corologici e soprattutto ecologici. Ogni comunità vegetale, infatti, è in equilibrio dinamico con tutti i fattori ambientali, abiotici e biotici, e pertanto a determinate condizioni ambientali corrispondono precise comunità vegetali e viceversa. Questa relazione biunivoca tra ambiente e

vegetazione fornisce un importante contributo all'individuazione dei parametri ambientali caratteristici dei siti di intervento, in quanto l'analisi della vegetazione, più che quella della flora, permette di evidenziare indirettamente i fattori ecologici fondamentali di cui tenere conto in fase applicativa. L'analisi della vegetazione reale, pertanto, risulta fondamentale non solo per l'individuazione delle tipologie di vegetazione di progetto (modello di riferimento) ma anche per la scelta delle specie vegetali da utilizzare, perché un altro dei principi di base che deve essere sempre adottato è quello di utilizzare specie ecologicamente compatibili con i caratteri stagionali dell'area di intervento.

L'analisi della vegetazione reale con metodo fitosociologico, inoltre, consente anche di mettere in evidenza l'eventuale presenza di *habitat* di interesse conservazionistico ai sensi della Direttiva Habitat, in quanto, per le diverse comunità vegetali riconosciute quali *habitat* di interesse comunitario dall'Unione Europea, la nomenclatura adottata per identificarli fa riferimento alla sintassonomia fitosociologica (European Commission DG Environment, 2007; Biondi & Blasi, 2009).

Lo studio della vegetazione reale permette di evidenziare le relazioni tra comunità e fattori ecologici e quindi, come già detto, è di ausilio per la scelta delle specie vegetali e delle tipologie vegetazionali di intervento. Tuttavia, per una corretta progettazione degli interventi di ingegneria naturalistica è fondamentale anche lo studio delle relazioni dinamiche esistenti tra le diverse comunità presenti nello stesso ambito territoriale omogeneo per condizioni ecologiche (sinfitosociologia). Questo studio, infatti, consente di individuare le diverse serie dinamiche presenti nell'area di intervento, che nell'insieme costituiscono il paesaggio vegetale (oggetto di studio della geosinfitosociologia), e di conseguenza anche la vegetazione naturale potenziale dell'area stessa, in quanto costituita dalle diverse tappe mature delle serie (Biondi & Blasi, 2004). Per gli interventi di ingegneria naturalistica, come in generale per quelli di ripristino ambientale, la conoscenza degli stadi della serie, da quelli iniziali alla tappa matura, consente di scegliere come tipologia di vegetazione da utilizzare quella maggiormente compatibile con lo stato dei luoghi al momento dell'intervento, ossia scegliendo tra i diversi stadi della serie dinamica quello relativamente più evoluto (Perrow & Davy, 2002; Cornelini & Sauli, 2005). Infatti, difficilmente le condizioni ecologiche delle aree di intervento sono tali da consentire il ripristino di comunità relative alla tappa matura, cioè alla vegetazione naturale potenziale, per cui è necessario l'impiego di tipologie di vegetazione meno evolute, con caratteristiche maggiormente pioniere, che sono in grado di favorire il successivo processo spontaneo di rinaturalizzazione. Lo studio delle relazioni dinamiche tra le diverse comunità presenti nelle aree di intervento, per quanto detto, riveste anch'esso un ruolo importante per l'individuazione delle specie vegetali da impiegare negli interventi di ingegneria naturalistica, perché un altro dei principi di base che deve essere adottato è quello di utilizzare specie vegetali appartenenti allo stadio della serie della vegetazione più evoluto possibile, compatibilmente con le caratteristiche ecologiche della stazione così come saranno determinate dall'intervento.

In estrema sintesi, per la scelta delle specie e delle tipologie di vegetazione da impiegare negli interventi di ingegneria naturalistica, bisogna tener conto di quali specie vivono spontaneamente nell'area di intervento, di come sono organizzate nelle differenti comunità, di quali sono i principali fattori ecologici che agiscono a livello stagionale, di come le comunità evolvono e quali sono i rapporti dinamici e catenali tra le differenti comunità vegetali presenti.

Il processo decisionale, quando si deve intervenire in aree fortemente antropizzate dove non esistono più neppure limitati lembi residui di vegetazione spontanea, non può essere effettuato sulla base dei criteri appena esposti, ossia attraverso indagini dirette di campo. In questi casi, e solo in questi, si deve fare riferimento a indagini floristiche, fitogeografiche e vegetazionali di natura bibliografica relative ad un ambito territoriale più vasto.

Un ulteriore criterio per la scelta delle specie vegetali da impiegare negli interventi di ingegneria naturalistica è quello di utilizzare le specie che presentano le caratteristiche tecniche e biologiche più adatte alla tipologia di intervento da realizzare (per l'ambiente mediterraneo cfr. ad esempio Cornolini *et al.*, 2009). Questo criterio, tuttavia, deve essere sempre adottato secondariamente a quelli prima discussi, nel senso che la scelta delle specie con le caratteristiche biotecniche più adatte deve essere fatta solo tra quelle che presentano una coerenza floristica, fitogeografica, ecologica e sindinamica con le aree di intervento. Così, ad esempio, in diversi ambiti territoriali della regione Puglia l'uso di diverse specie del genere *Salix*, piante largamente impiegate in molte tipologie di intervento di ingegneria naturalistica per le ottime caratteristiche biotecniche (Schiechtl, 1992), non è proponibile perché in contrasto con i criteri floristici, ecologici e vegetazionali.

Una problematica di particolare rilevanza, intimamente connessa con la scelta delle specie vegetali, è rappresentata dalla variabilità intraspecifica. Molte delle specie vegetali a più o meno ampia area di distribuzione sono costituite, come è noto, da stirpi geneticamente distinte, differenziate spazialmente o adattate a particolari ambienti, la cui origine è strettamente legata alla promozione selettiva direzionale di determinati geni, nel caso delle razze ecologiche (ecotipi), o alla ripartizione casuale e fissazione di geni anche selettivamente neutrali in seguito a deriva genetica, nel caso delle razze geografiche. In entrambi i casi, la stabilizzazione di queste razze è garantita dall'isolamento spaziale che, riducendo il flusso genico fra le razze iniziali, permette il loro ulteriore sviluppo indipendente. L'esistenza di stirpi geneticamente differenziate nell'ambito di una stessa entità specifica rappresenta la base della biodiversità intraspecifica (genica e/o genomica) e costituisce un tema cruciale con ampi risvolti non solo conservazionistici ma anche tecnico-applicativi. L'utilizzo indiscriminato di individui di specie autoctone ma provenienti da popolazioni non locali annulla l'isolamento spaziale preesistente tra le popolazioni, determinando un inevitabile inquinamento genetico delle popolazioni spontanee. Inoltre, l'inquinamento genetico derivante dalla ricombinazione dei *pool* genici delle popolazioni locali con quelli alloctoni introdotti compromette anche i processi micro- e co-evolutivi in quanto il *pool* genico di una popolazione è il risultato di un continuo processo di selezione e adattamento alle modificazioni delle condizioni ambientali. Il materiale vegetale da impiegare negli interventi di ingegneria naturalistica, pertanto, deve provenire rigorosamente da popolazioni locali di aree ecologicamente simili e ricadenti nello stesso ambito territoriale di quelle di intervento. Il rispetto di questa condizione, inoltre, è una delle premesse per l'ottenimento di buoni risultati, non solo perché in questo modo si evitano fenomeni di inquinamento genetico ma anche perché gli individui delle popolazioni locali sono già perfettamente adattati agli ambienti di utilizzazione. Quindi, un ulteriore criterio per la scelta delle specie vegetali da impiegare è quello di individuare solo specie di cui sia possibile approvvigionarsi presso strutture vivaistiche in grado di certificarne l'origine di provenienza oppure di cui sia relativamente agevole reperire direttamente in natura il relativo materiale di

propagazione gamico o agamico. Questo criterio sicuramente non è da trascurare viste le particolari difficoltà che si incontrano nella pratica corrente sul territorio regionale per l'approvvigionamento di materiale vivaistico idoneo.

FENOMENI EROSIVI E FRANOSI

3

Fenomeni Erosivi

I processi di erosione del suolo, naturale forma di modellamento della superficie terrestre, sono causati da vari e talvolta interagenti fattori atmosferici. Tra questi il principale, nel contesto regionale di riferimento, è rappresentato dall'acqua. L'erosione idrica colpisce il territorio con varie fenomenologie e con caratteri variabili notevolmente da caso a caso.

L'erosione del suolo talvolta si sviluppa in aree intensamente coltivate, provocando forti perdite di superficie agraria; in altri casi minaccia con il suo avanzamento le infrastrutture presenti sul territorio o innesca processi di instabilità dei versanti. A scala di bacino, in quanto consistente fonte di produzione di sedimento, può contribuire notevolmente all'interrimento dei serbatoi artificiali.

Una classificazione dell'erosione del suolo può basarsi sulla progressiva concentrazione del deflusso superficiale. In tal modo possiamo passare dall'erosione laminare (sheet erosion) e a quella lineare di minori dimensioni (rill erosion); quindi all'erosione per burronamento (gully erosion) a quella incanalata di tipo propriamente torrentizio o fluviale (channel erosion).

L'erosione rill è una forma reversibile di modellamento del rilievo, nel senso che per il ripristino delle condizioni iniziali è possibile intervenire attraverso i normali metodi di lavorazione del terreno; quelle gully e channel sono irreversibili, nel senso che le incisioni prodotte dallo scorrimento incanalato dell'acqua non possono essere attraversate dagli attrezzi agricoli e quindi è necessario utilizzare specifici interventi di sistemazione per controllare l'evoluzione del fenomeno.

La rill erosion si sviluppa in piccoli rivoli ed è responsabile della diminuzione di spessore del suolo, mentre l'erosione gully, che da quella rill talvolta discende, provoca più gravi perdite areali di superficie agraria e forestale.

La distinzione tra i rills e i gullies può essere ricondotta alle reciproche dimensioni: la larghezza e la profondità di questi ultimi sono infatti rispettivamente maggiori di 0.3 e 0.5, 0.6 m. Il rapporto tra larghezza e profondità nei gullies risulta spesso inferiore all'unità. Per quanto i gullies possano essere considerati dei rills "allargati", le loro modalità di formazione ed evoluzione risultano sicuramente più complesse.

Dal gully transitorio, di lunghezza variabile a seconda del clima, della natura e della stratificazione delle rocce, della pendenza del versante, hanno origine le tre forme principali del gully permanente o stabilito, vale a dire quella a sezione triangolare (a V), trapezia e rettangolare (ad U).

L'incisione a V ha pendenza da media ad elevata. L'approfondimento del thalweg provoca lo scalzamento e il franamento delle pendici, l'ampliamento del gully oppure fenomeni di cattura, la sua evoluzione a torrente con sezione trapezia o la confluenza in gully ad U. Il burronamento con sezione triangolare dà luogo a gerarchizzazione del reticolo idrografico con tracciato dendritico, pinnato oppure parallelo.

Il gully ad U ha profilo da ripido a verticale in corrispondenza della testata, poi prosegue verso valle con fondo piatto a debole pendenza. L'arretramento delle sponde e della testata provoca la sua evoluzione distruttiva con rilevanti perdite areali.

In questo caso i gullies sono caratterizzati da un salto idraulico in seguito al quale una sponda verticale o subverticale migra verso monte in modo regressivo.

La channel erosion è lo stadio più intenso di erosione legato al deflusso delle acque incanalate. Come erosione torrentizia colpisce i corsi d'acqua ad elevata pendenza con bacino di alimentazione di dimensioni non elevate, causando erosione del fondo alveo e delle sponde, nonché processi di instabilità dei versanti ad essi collegati per erosione al piede. La sistemazione di tali torrenti (torrenti di scavo) prevede l'impiego di briglie di consolidamento, disposte in serie (sistemazione a gradinata) per ottenere una riduzione della pendenza del fondo alveo e, quindi, una corrispondente riduzione dell'azione erosiva esercitata dalla corrente.

Fenomeni Franosi

Nella denominazione dei vari tipi di movimenti franosi si segue ormai la classificazione di Varnes (Carrara et al., 1985) che ne distingue i caratteri anche in dipendenza delle formazioni interessate (ammassi rocciosi, terreni sciolti, ecc).

I tipi di interesse sono i seguenti:

- Crolli
- Ribaltamenti
- Scorrimenti rotazionali e traslativi (planari) semplici
- Idem evolventi a colate
- Colate detritiche e fangose

Crolli

Sono distacchi di blocchi da pareti rocciose che avvengono a seguito di rottura lungo piani di discontinuità preesistenti. Il blocco si muove inizialmente nell'aria. Dopo la caduta libera vi è l'impatto sulla superficie del pendio per cui il masso, restando intatto o frantumandosi, rimbalza e successivamente rotola. Impedirne il distacco è compito dell'ingegneria geotecnica (disgaggio, bullonatura, ecc.) mentre per mettere al riparo le eventuali strutture abitative o infrastrutture sottostanti si ricorre a fossati e barriere. Queste difese passive si possono realizzare con le tecniche dell'ingegneria naturalistica (rilevati in terra rinverdita) per il calcolo della distanza del rilevato dalla parete può essere utile consultare qualche testo specialistico (Giani, 1997).

Ribaltamenti

Sono movimenti franosi di pareti rocciose dovute a forze (ad esempio spinta idrostatica di acqua penetrata in fessure verticali della roccia interessata) che generano momenti ribaltanti attorno a un punto posto al di sotto del baricentro delle massa instabile. La difesa attiva, quando possibile, rientra nei compiti dell'ingegneria geotecnica. La discesa dei blocchi sulla pendice sottostante può essere agevolata dallo scalzamento al piede di questa a causa dell'erosione torrentizia e giungere sino al corso d'acqua da dove poi i massi proseguono generando rischio per gli eventuali insediamenti abitativi o infrastrutturali (ponti) vallivi. In questi casi si ricorre alla sistemazione idraulico-forestale del torrente con briglie robuste. Un rimedio a basso impatto ambientale è costituito dalla fissazione dei massi circolanti, quando possibile, collegandoli come nelle difese spondali.

Scorrimenti

Gli scorrimenti si distinguono in rotazionali, quando il franamento si verifica lungo una superficie di rottura concava verso l'alto, e traslativi o planari allorché il movimento avviene sopra una superficie pressoché piana. Nelle zone montane e collinari i scorrimenti sono attivati sovente da erosione al piede della pendice. In questi casi si rende necessario intervenire sia al di fuori dell'area in frana con opere che disinneschino i fenomeni di scalzamento della pendice (imbrigliamenti e/o difese spondali) sia nel corpo di frana sempre che il piano di scorrimento si trovi a profondità limitata (ca. 6 m). Oltre all'emungimento delle acque sotterranee occorre una regimazione idraulica superficiale del corpo di frana tale da impedire che le acque di ruscellamento si infiltrino sino al piano di scorrimento.

Gli scorrimenti rotazionali e planari sovente evolvono a colate.

Colate detritiche e fangose

Se questi fenomeni si manifestano, come avviene in Puglia, al di sotto del limite della vegetazione arborea, la copertura forestale svolge un ruolo importante per mezzo sia degli apparati radicali che aiutano ad ancorare il suolo alla sottostante matrice rocciosa, forniscono una coesione radicale aggiuntiva rispetto a quella posseduta dal terreno (secondo la legge di Mohr Coulomb), sia con l'evapotraspirazione che contribuisce a ridurre le pressioni neutre o interstiziali del terreno facendone aumentare la resistenza al taglio. La stratificazione geologica può essere tale che la vegetazione, la quale esplora la coltre superficiale, per ragioni edafiche (diverso pH) non penetri nello strato sottostante. In questi casi bisogna trovare il modo di rendere più stabile la pendice proclive a franamento mediante fossi di guardia a monte e interventi di regimazione idraulica superficiale per lo smaltimento dei deflussi overflow impedendo che essi penetrino nella coltre superiore accrescendone in peso. La sistemazione può essere completata mediante imbrigliamento al piede della pendice.

Foto:



Frana di Montaguto (Fg)
Foto M. Frisoli

INTERVENTI ANTIEROSIVI

4

Supporti antierosivi di fibre naturali

Scheda 4.1

Obiettivo dell'intervento:

Ridurre l'erosione superficiale e limitare i piccoli fenomeni franosi, mediante l'intercettazione delle acque meteoriche e la protezione del terreno

Ambiti di intervento:

Scarpate in roccia friabile con pendenza sino a 40°- 45°, scarpate e pendii franosi sia naturali che artificiali in ambito idraulico (sponde di torrenti e fiumi a corrente lenta e senza asporto grossolano), dunale, stradale

Materiali vegetali impiegabili:

Talee o piantine di specie idonee, miscela di sementi (40 g/m²).

Altri materiali:

- biostuoia costituita da materassini in paglia, cocco, contenuti in retine di plastica fotodegradabile oppure di juta aventi resistenze a trazione generalmente non superiori a 3 ÷ 4 kN/m;
- biotessili tessuti: veri e propri tessuti, con trama ed ordito, di fibre naturali come juta, cocco ed agave, le resistenze a trazione sono molto elevate (fino a 40 kN/m), secondo la fibra impiegata e la larghezza delle maglie;
- biotessili non tessuti costituiti da fibre naturali anche di diversa natura, tenute insieme tramite agugliatura, resistenza alla trazione di 3 ÷ 4 kN/m o maggiore qualora rinforzati da biotessili tessuti;
- bioreti: simili a tessuti a maglia larga, ma le corde vengono intrecciate ed annodate e quindi non si possono allargare; biodegradabili in tempi lunghi
- staffe o picchetti in ferro acciaioso piegati a U \varnothing 8 ÷ 12 mm, L = 20 ÷ 40 cm, in legno \varnothing 8cm L = 50 ÷ 70 cm o talee di L minima 50 cm.

Modalità di esecuzione:

In primo luogo si deve provvedere alla regolarizzazione della sponda o scarpata mediante allontanamento di eventuali apparati radicali e eliminazione di avvallamenti e piccoli dossi (irregolarità superficiali). Segue la formazione di un solco di 20 / 30 cm a monte della sponda o della scarpata, il posizionamento di un'estremità della stuoia all'interno del solco e il fissaggio con staffe e copertura del solco con terreno, la stesura della stuoia lungo la scarpata con sovrapposizione dei teli contigui di almeno 10 cm e il fissaggio della stuoia con staffe a U o picchetti o talee in corrispondenza delle sovrapposizioni dei teli e al centro degli stessi. La densità dei picchetti aumenta all'aumentare della pendenza della sponda o scarpata: < 30° 1 picchetto per m², ≥ 30° 2-3 picchetti per m² ed è in funzione della consistenza del substrato. Si ricoprono i bordi e si fissa la stuoia al piede della sponda o scarpata; quindi si interviene con la messa a dimora di talee mediante infissione e di piantine mediante taglio a "L" della stuoia o allargamento delle maglie. Eventuale semina di rinalzo, concimazione e irrigazione

Accorgimenti costruttivi:

In presenza di substrati rocciosi è necessario utilizzare delle barre d'acciaio filettate in fori precedentemente aperti e fissati anche con malta cementizia antiritiro. Su scarpate aventi una pendenza superiore ai 40° si consiglia di utilizzare funi d'acciaio per mantenere più possibile aderente al substrato la stuoia.

Condizioni e limiti dell'intervento:

Non sussistono particolari condizioni e limiti d'intervento. Si può realizzare in primavera e autunno.

Evoluzione e aspetti manutentivi dell'intervento:

Verifica della corretta aderenza della stuoia al substrato e eventuale ulteriore picchettatura. Negli anni successivi all'intervento possono risultare necessari interventi di manutenzione consistenti in potatura e risarcimenti

Foto



Rivestimento di biostuoia in juta su versante con messa a dimora di talee
Comune di Orsara di Puglia (Fg),
Foto di M. Frisoli



Rivestimento con biorete in juta su duna di sabbia - Torre Guaceto - Comune di Carovigno (Br),
Foto M. Frisoli

Rivestimento con geostuoia tridimensionale sintetica**Scheda 4.2****Obiettivo dell'intervento:**

Stabilizzazione di sponde e scarpate regolari con accentuati fenomeni erosivi superficiali

Ambiti di intervento:

Versanti soggetti ad erosione superficiale.

Materiali vegetali impiegabili:

Talee o piantine di specie idonee, miscela di sementi (40 g/m²) o biofello di cellulosa preseminato.

Altri materiali:

- Geostuoie tridimensionale sintetica (nylon, polipropilene, polietilene, polietilene ad alta densità) spessore minimo 8 mm e grado di vuoto non inferiore al 90%, peso non inferiore a 250 g/m²;
- staffe o picchetti in ferro acciaioso piegati a U \varnothing 8 ÷ 12 mm, L = 20 ÷ 40 cm, in legno L = 50 ÷ 70 cm o talee di L minima 50 cm.

Modalità di esecuzione:

Regolarizzazione della sponda o scarpata con eliminazione delle irregolarità superficiali; formazione di un solco di 20 / 30 cm a monte della sponda o della scarpata, posizionamento di un'estremità della geostuoia tridimensionale sintetica (anche il biofello di cellulosa preseminato, se non viene effettuata la semina a spaglio o l'idrosemina) all'interno del solco, fissaggio con staffe e copertura del solco con terreno, semina e stesura della geostuoia lungo la scarpata con sovrapposizione dei teli contigui di almeno 10 cm; fissaggio della geostuoia con staffe a U o picchetti o talee lungo le sovrapposizioni dei vari teli utilizzati e al centro della stessa. La densità dei picchetti aumenta all'aumentare della pendenza della sponda o scarpata: < 30° 1 picchetto per m², ≥ 30° 2-3 picchetti per m² ed è in funzione della consistenza del substrato. copertura dei bordi e fissaggio della geostuoia al piede della sponda o scarpata, messa a dimora di talee mediante infissione e di piantine mediante taglio a "L" della geostuoia o allargamento delle maglie, eventuale semina di rinalzo, concimazione e irrigazione .

Accorgimenti costruttivi:

Durante la fase di posa in opera della geostuoia tridimensionale sintetica lungo le sponde di alveo occorre sempre partire da valle verso monte, per evitare l'infiltrazione d'acqua tra una stuoia e l'altra. Inoltre occorre sormontare lateralmente di 10cm. Fondamentale è l'intasamento con il terreno a granulometria fine servendosi di un spazzolone.

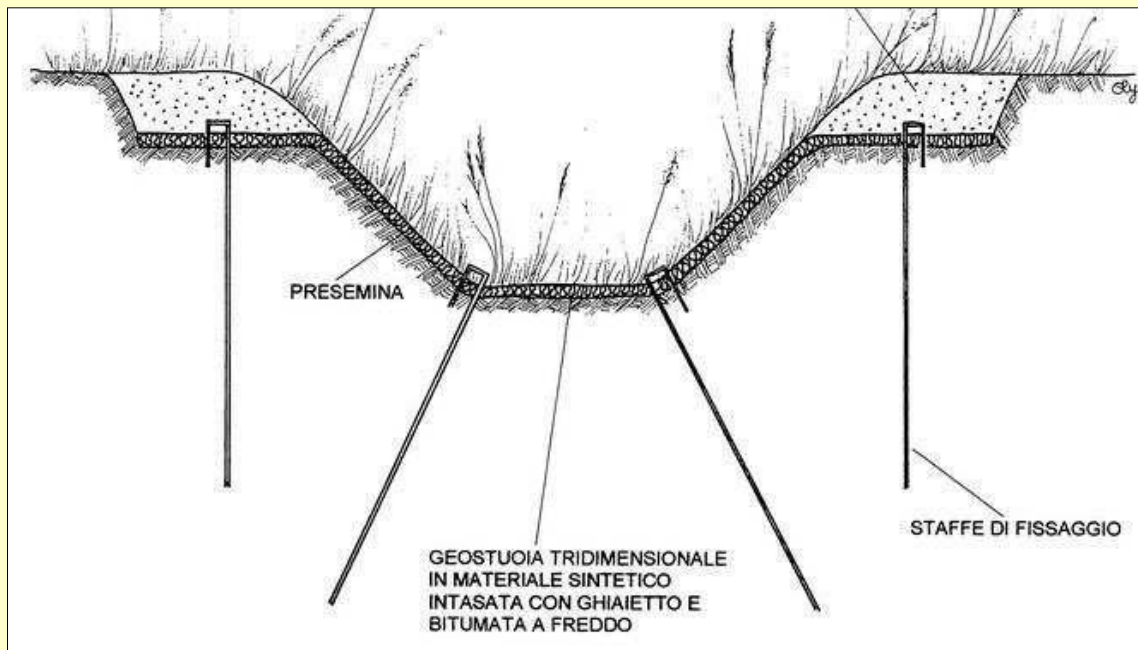
Condizioni e limiti dell'intervento:

Sponde e scarpate a substrato irregolare e con pendenza superiore ai 45°. Nel caso di semine e messa a dimora di piantine e talee il migliore periodo è l'inizio dell'autunno e la primavera.

Evoluzione e manutenzione:

Rapido e duraturo effetto antierosivo superficiale. Dopo l'attecchimento di talee e piantine va previsto un piano di manutenzione periodico di diradamento, potatura e sfalcio.

Disegno, sezioni e particolari costruttivi



Rivestimento con geostuoia di canaletta per regimazione idraulica superficiale
(da PODIS - Progetto Operativo Difesa Suolo - 2005)

Foto



Scarpata stradale rivestita con biostuoia tridimensionale sintetica, con biofiltro di cellulosa preseminato, talee, arbusti autoctoni - Comune di Orsara di Puglia (Fg),
Foto M. Frisoli

Rivestimento in rete metallica a doppia torsione e/o con geostuoia tridimensionale

Scheda 4.3

Obiettivo dell'intervento:

Copertura di scarpate soggette ad erosione e contenimento di piccoli fenomeni franosi, mediante l'intercettazione delle acque meteoriche e di scorrimento superficiale.

Ambiti di intervento:

Versanti in roccia friabile, scarpate e pendii franosi sia naturali che in ambito stradale, con pendenze anche superiore a 40°.

Materiali vegetali impiegabili:

Miscuglio di semi, fiorume, talee, piantine di specie idonee.

Altri materiali:

- Paglia;
- barre filettate, tondino di ferro ad aderenza migliorata $\varnothing 10\text{mm}$;
- malta cementizia antiritiro;
- filo di ferro cotto o zincato $\varnothing 2\text{mm}$;
- fune d'acciaio;
- biofeltro, biorete, biostuoia (eventualmente)
- geostuoia tridimensionale

Modalità di esecuzione:

Regolarizzazione della sponda o scarpata con eliminazione delle irregolarità superficiali; formazione di un solco di 20 / 30 cm a monte della sponda o della scarpata, posizionamento della geostuoia tridimensionale e di un'estremità della rete metallica zincata a doppia torsione all'interno del solco, fissaggio con staffe e copertura del solco con terreno. Semina lungo la scarpata e sovrapposizione delle reti metalliche zincate contigue di almeno 10 cm, e loro fissaggio con staffe a U o picchetti o talee lungo le sovrapposizioni delle reti e al centro delle stesse. La densità dei picchetti aumenta all'aumentare della pendenza della sponda o scarpata: $< 30^\circ$ 1 picchetto per m², $\geq 30^\circ$ 2-3 picchetti per m² ed è in funzione della consistenza del substrato ricopertura dei bordi e fissaggio della rete al piede della sponda o scarpata. Segue la messa a dimora di talee, mediante infissione, e di piantine con l'allargamento delle maglie, eventuale semina di rinalzo, concimazione e irrigazione.

Accorgimenti costruttivi:

In presenza di substrati rocciosi è necessario utilizzare delle barre d'acciaio filettate in fori precedentemente aperti e fissati anche con malta cementizia antiritiro. Su scarpate aventi una pendenza superiore ai 40° si consiglia di utilizzare anche la fune d'acciaio. Inoltre nello stendere e tesare occorre mantenerla il più possibile aderente al substrato.

Condizioni e limiti dell'intervento:

Non sussistono particolari condizioni e limiti d'intervento tranne il rispetto del periodo di messa delle piante e di semina che deve essere tra l'autunno e l'inizio primavera.

Evoluzione e aspetti manutentivi dell'intervento:

Rapido e duraturo effetto antierosivo superficiale. Dopo l'attecchimento di talee e piantine va previsto un piano di manutenzione periodico di diradamento, potatura e sfalcio.

Foto



Rivestimento di versante roccioso con rete metallica zincata a doppia torsione e biostuoia in juta e messa a dimora di arbusti - Comune di Orsana di Puglia – FG
Foto M. Frisoli

Graticciata viva

Scheda 4.4

Obiettivi dell'intervento

Ha funzione di sostegno degli strati superficiali del terreno soggetti a erosione. Tecnica adatta anche per controllo dell'erosione delle scarpate spondali. E' costituita da un intreccio di verghe attorno a paletti in legno. Tale tecnica si definisce viminata viva quando si utilizzano talee di salice.

Ambiti di intervento:

Versanti soggetti a erosione e sponde di corsi d'acqua.

Materiali vegetali impiegabili:

Verghe elastiche di specie legnose idonee, adatte all'intreccio e con capacità di propagazione vegetativa di L min. 1,50 m e \varnothing alla base non inferiore ai 3 – 4 cm.

Altri materiali:

- paletti in legno di castagno o resinosa L < 100 ÷ 150 cm, diam = 8 ÷ 12 cm;
- filo di ferro zincato.

Modalità di esecuzione:

Si infiggono nel terreno i paletti di legno in modo che rimangano fuori terra circa 50 cm e con interasse di 1,00 m). Fra questi si intrecciano le verghe di specie legnose con capacità di propagazione vegetativa, ai quali vengono legate con il filo di ferro. I paletti non devono sporgere più di 5 cm al di sopra dell'intreccio. Quindi si rinalza il terreno a monte della graticciata per riempire eventuali vuoti.

Accorgimenti costruttivi:

Le verghe devono avere la base infissa nel terreno e orientata a monte. Le vimate hanno generalmente orientazione parallela a quella della direzione di flusso.

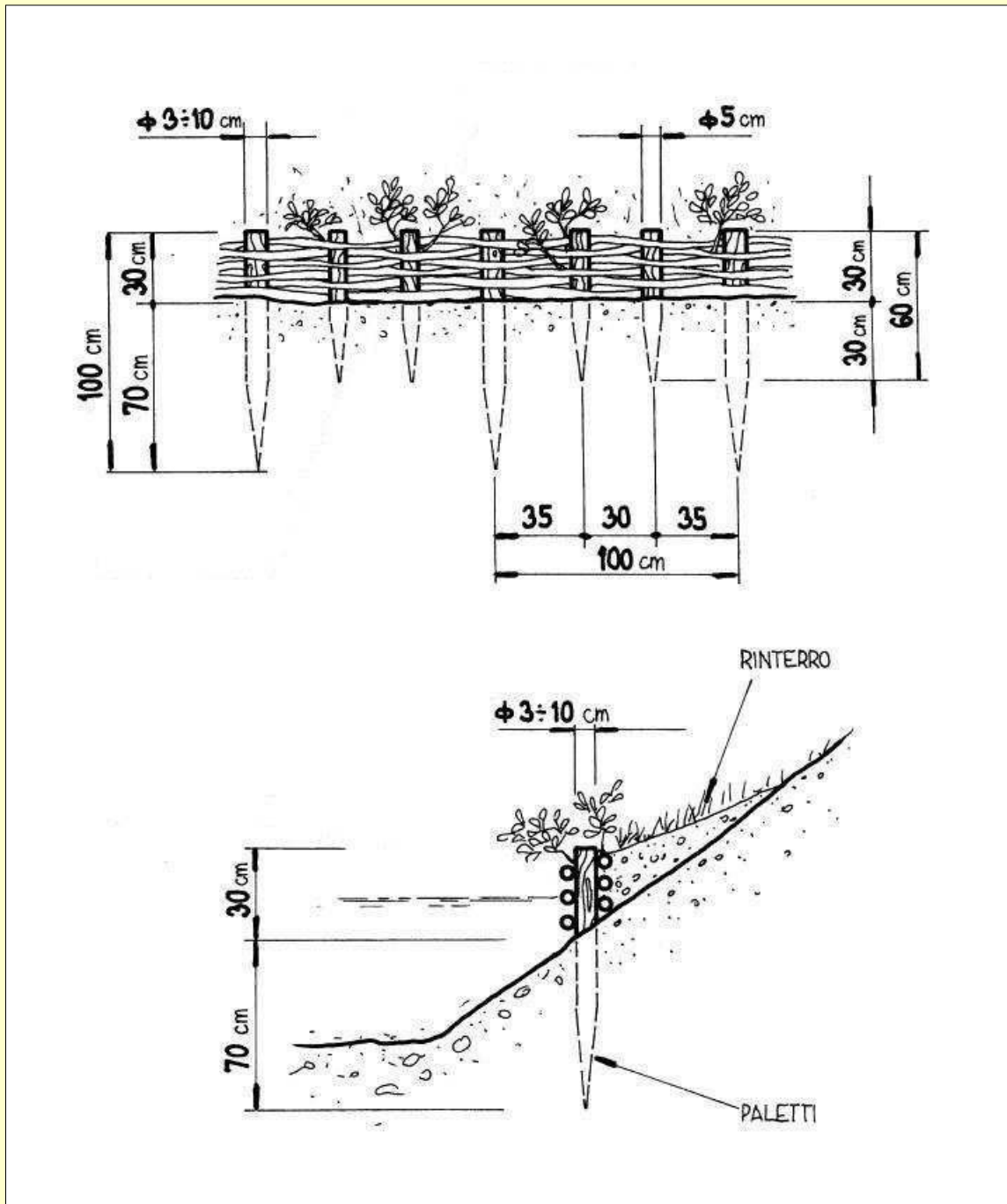
Condizioni e limiti dell'intervento:

Tecnica non utilizzabile su terreni argillosi o su terreni a granulometria grossolana. Si può realizzare esclusivamente durante il periodo di riposo vegetativo (da tardo autunno a fine inverno).

Evoluzione e aspetti manutentivi dell'intervento:

Va effettuato un controllo pluriennale della radicazione delle verghe. I paletti spezzati vanno sostituiti immediatamente.

Disegni e particolari costruttivi:



Graticciata viva

Foto:



Graticciata viva Comune di Celle S. Vito (Fg) – Località Torrente Perraglia
Foto M. Frisoli



Graticciata viva Comune di Orsara di Puglia (Fg) – Località Montemaggiore
Foto M. Frisoli

INTERVENTI IN ALVEO

5

Una progettazione integrata, che si ponga l'obiettivo di conseguire contestualmente la protezione spondale e il mantenimento della funzionalità dell'ecosistema fluviale, non può prescindere da alcuni principi guida. Poiché gli organismi fluviali si sono evoluti in un ambiente mutevole, in cui le piene rinnovano continuamente gli habitat, la miglior strategia per conservare o ripristinare la funzionalità fluviale non è quella di ricostruire direttamente gli habitat necessari agli organismi acquatici, ma di mantenere o ripristinare i processi responsabili della loro creazione e rinnovamento. A tal fine è necessario garantire ai fiumi la libertà di movimento all'interno della fascia di migrazione laterale dell'alveo. L'erosione delle sponde ed i processi associati (trasporto solido, sedimentazione, colonizzazione vegetale) sono perciò essenziali. Poiché ogni corso d'acqua ha proprie dinamiche idrologiche, idrauliche, morfologiche e biologiche, il successo di un progetto è strettamente legato alla comprensione di queste dinamiche: ciò permette, spesso con piccoli interventi volti ad indirizzare la corrente nella direzione desiderata, di salvaguardare dall'erosione i tratti spondali da proteggere mantenendo la funzionalità dell'ecosistema.

Occorre quindi cercare di coniugare gli obiettivi di sicurezza idraulica con quelli di preservazione e miglioramento dell'ambiente fluviale. Questa esigenza è inoltre legata alla Direttiva Quadro Acqua 2000/60/CE la quale, come è noto, impone il raggiungimento di requisiti minimi di qualità dei corsi d'acqua.

Nel merito, come già detto nell'introduzione generale, l'ingegneria naturalistica si definisce come l'impiego di piante vive o parti di esse, eventualmente coadiuvate da materiali morti (massi, tronchi, legname, geostuoie, ecc.), per risolvere problemi di "dissesto idrogeologico": la protezione contro l'erosione, la stabilizzazione e la rigenerazione dei suoli. È quindi, sostanzialmente, un insieme di tecniche a basso impatto ambientale per il consolidamento del suolo. In questa veste assume le caratteristiche di un'ottima soluzione per minimizzare l'impatto di interventi realmente irrinunciabili, che associano agli obiettivi di protezione e stabilizzazione delle sponde, quelli del mantenimento e sviluppo della qualità biologica e della biodiversità, favorendo lo sviluppo completo delle successioni vegetali e delle relazioni fauna-flora, sulla base dei modelli naturali. L'ingegneria naturalistica non va quindi concepita come una soluzione per migliorare l'estetica, da intraprendere solo dopo aver risolto i problemi principali (rischio idraulico, consolidamento spondale, ecc.) ma, nei casi in cui è necessario intervenire, essa deve essere considerata come una vera e propria tecnica ingegneristica, capace di risolvere molte problematiche, anche meglio dei metodi tradizionali (tenendo ovviamente presenti i limiti applicativi di queste tecniche).

Gli interventi in alveo trattati nel presente capitolo, riguardano le tecniche di difesa spondale (sottocapitolo 6.1) ivi comprese le palificate spondali e le opere più propriamente di regimazione idraulica come le briglie (sottocapitolo 6.2).

DIFESE SPONDALI

5.1

Fascinata viva con specie legnose (anche variante con culmi di canna)**Scheda 5.1.1****Obiettivi dell'intervento**

Opera idraulica longitudinale costituita da fascine vive di specie legnose per consolidamento al piede e rinaturalizzazione di sponde fluviali e lacustri (esiste anche una variante per aree lagunari o stagnanti rappresentata dalla fascina con culmi di canna (*Phragmites communis*, *P. australis*).

Ambiti di intervento:

Corsi d'acqua con portate e livello medio relativamente costanti; generalmente in combinazione con altre opere di difesa spondale.

Materiali vegetali impiegabili:

Ramaglia di specie idonee riproducibili per via vegetativa.

Altri materiali:

- s) pali di salice vivi \varnothing 4÷10 cm, L= 60÷100 cm e/o paletti di legno \varnothing 5 cm, picchetti in ferro \varnothing 8 ÷ 14 mm L min. 60 cm
- t) filo di ferro zincato \varnothing 2 ÷ 3 mm
- u) tondino di ferro ad aderenza migliorata (diam 12 ÷ 16 mm)
- v) terreno di riporto.

Modalità di esecuzione:

Si recuperano verghe di specie legnose con capacità di propagazione vegetativa di \varnothing min. 2 cm e si assemblano (preferibilmente su cavalletti); la posa delle verghe dovrà avvenire in modo tale da garantire una disposizione equamente alternata degli apici e delle basi fino a formare fascine di \varnothing 20 ÷ 50 cm e lunghezza 2,00 ÷ 3,00 m; infine si lega con filo di ferro cotto \varnothing 2 ÷ 3 mm ad intervalli di circa 30 cm.

Successivamente si scava di un solco poco profondo (20 ÷ 40 cm) in cui si collocano le fascine in modo tale che 1/2-2/3 delle stesse vengano a trovarsi nel terreno o in acqua, all'altezza del livello di portata media ed abbiano le estremità compenetranti con le adiacenti. Segue il fissaggio della fascina con pali di salice vivi (o morti) o con barre di acciaio passanti attraverso la fascina stessa e posti ad una distanza l'uno dall'altro di 0,80 ÷ 1,00 m e orientati alternativamente verso monte e verso valle rispetto alla fascina. Il tutto viene ricoperto con uno strato di terreno tale da lasciare sporgere solo brevi segmenti di rami.

Accorgimenti costruttivi:

- a protezione della fascina contro lo scalzamento in caso di piena, viene posta al di sotto della fascina ramaglia di salice a formare una gradonata, sporgente verso l'acqua di 20 ÷ 50 cm;
- le estremità delle fascine devono compenetrarsi l'una con l'altra.

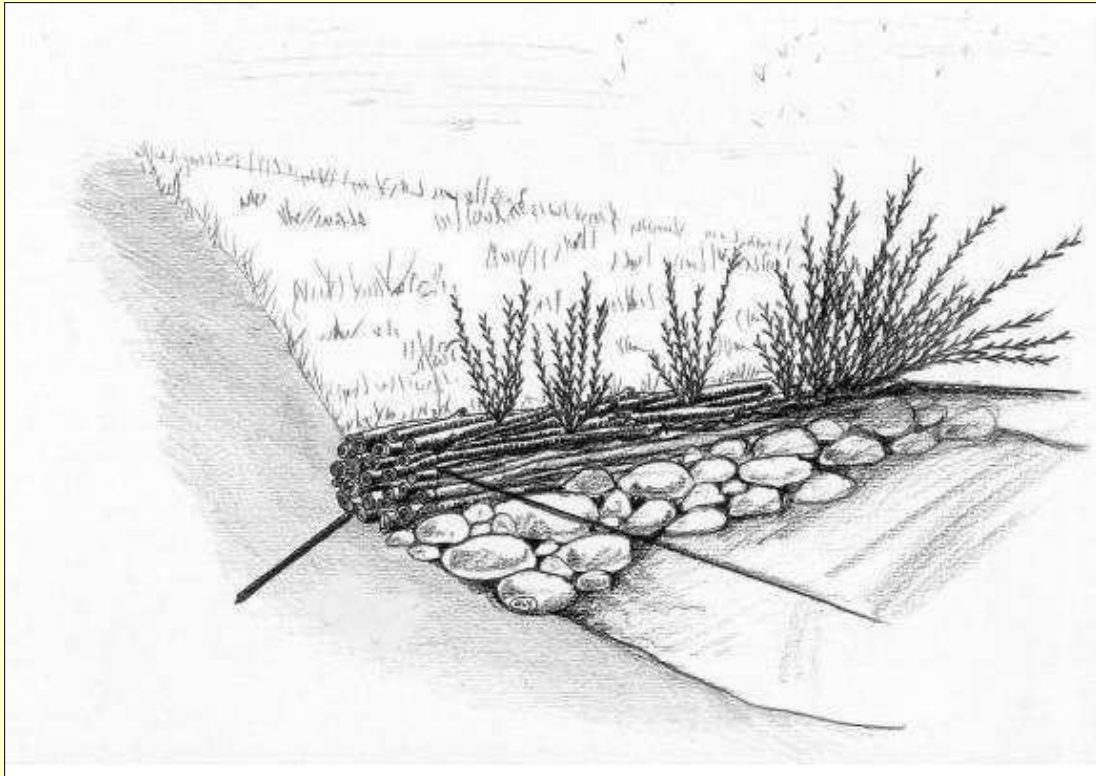
Condizioni e limiti dell'intervento:

La realizzazione di fascine spondali determina un restringimento dell'alveo, è necessario quindi prevedere lo spazio necessario per il regolare deflusso delle acque. Si può realizzare esclusivamente durante il periodo di riposo vegetativo (da tardo autunno a fine inverno)

Evoluzione e aspetti manutentivi dell'intervento:

Eventuale contenimento della vegetazione negli anni successivi

Disegni e particolari costruttivi:



Difesa spondale con fascinata viva

Foto



Fascinata viva - Comune di Celle S. Vito (Fg) – Località Fosso Fontanelle
Foto M. Frisoli

Palizzata viva

Scheda 5.1.2

Obiettivo dell'intervento:

Stabilizzazione di scarpate, di pendici, di sponde di corsi d'acqua; consistente in strutture composte da due o più file sovrapposte di tronchi fissati ai montanti in legno con messa a dimora di talee tra i medesimi.

Ambiti di intervento:

Cura di incisioni gully e sponde di corsi d'acqua.

Materiali vegetali impiegabili:

Piantine e talee di specie idonee.

Altri materiali:

Tronchi di castagno, filo di ferro zincato Ø 3mm, tronchetti di castagno, tondino di ferro ad aderenza migliorata Ø 12mm.

Modalità di esecuzione:

Apertura di un solco di 10 /20 cm di profondità alla base della sponda o della scarpata; infissione di tronchi di castagno, distanziati di 1- 1,5 metri uno dall'altro e collocazione di tronchi orizzontali a monte e loro fissaggio ai montanti con filo di ferro e messa a dimora di talee e/o piantine.

Accorgimenti costruttivi:

I picchetti di castagno e/o di ferro ad aderenza migliorata vanno fissati con i tronchi di castagno, pino d'Aleppo, ecc, con del filo di ferro zincato avente diametro non inferiore a 3mm.

Condizioni e limiti dell'intervento:

Substrati rocciosi che impediscono l'infissione dei montanti. La messa a dimora delle piantine e/o talee va eseguita nei mesi autunno-invernali.

Evoluzione e manutenzione:

La manutenzione dovrà riguardare la vegetazione nei primi anni.

PALIZZATA VIVA tipologia A:

(con pali di castagno Ø cm 12-15, lunghezza m 2 per i picchetti e pertiche di castagno per palizzata diametro cm 10, lunghezza m2 - n. 6 talee per metro lineare (2 per livello)

PALIZZATA VIVA tipologia B:

(con pali di castagno Ø cm 15-20, lunghezza m 3 per i picchetti e pertiche di castagno per palizzata diametro cm 20, lunghezza m 3 - n. 6 talee per metro lineare (2 per livello)

Foto



Palizzata con tronchi di castagno in fase di completamento – Comune di Celle S. Vito (Fg)
Torrente Perraglia
Foto M. Frisoli

Scogliera con massi rinverditi con talee

Scheda 5.1.3

Obiettivo dell'intervento:

Stabilizzazione delle sponde di alvei torrentizi.

Ambiti di intervento:

Alvei torrentizi, ampi e poco ripidi.

Materiali vegetali impiegabili:

Talee vive o piantine di specie idonee.

Altri materiali:

- Massi ciclopici $\geq 1\text{m}^3$;
- terreno vegetale e/o materiale inerte.

Modalità di esecuzione:

Riprofilatura delle sponde, scavo di fondazione, messa in opera dei massi da cava mediante mezzi meccanici; riempimento degli spazi tra i massi con terreno vegetale e/o materiale inerte, dopo avervi prima inserito le talee radicate e/o piantine forestali che devono avere l'apparato radicale a contatto con il terreno sottostante della sponda.

Accorgimenti costruttivi:

Particolare attenzione va rivolta alla fondazione della prima fila di massi. Il diametro delle talee radicate non deve essere mai inferiore ai 5 cm. Le talee se non saranno inserite nel più breve tempo possibile è necessario che siano tenute bagnate mediante un telo di juta o stoccate con l'estremità più grande in acqua.

Condizioni e limiti dell'intervento:

Si può realizzare solo in situazioni di accessibilità dei mezzi per i necessari movimenti di materiale.

Evoluzione e aspetti manutentivi dell'intervento:

E' un'opera che si inserisce molto bene nell'ambiente. Negli anni successivi alla realizzazione dell'opera, vanno previsti interventi di diradamento e potatura della vegetazione.

Foto



Scogliera in massi rinverdita con talee dopo circa 15 anni (località Ponte Rotto, torrente Cervaro –
Comune di Foggia)
Foto M. Frisoli

Scogliera con massi ancorati**Scheda 5.1.4****Obiettivo dell'intervento:**

Stabilizzazione delle sponde di corsi d'acqua. Si può impiegare come soglia trasversale.

Ambiti di intervento:

Corsi d'acqua con erosione spondale.

Materiali vegetali impiegabili:

Talee vive o piantine di specie idonee.

Altri materiali:

- Massi ciclopici $> 0,5\text{m}^3$;
- malta cementizia antiritiro o tassello chimico;
- tassello d'acciaio o tondino di ferro ad aderenza migliorata $\varnothing 8$ mm munito di occhiello;
- cavo d'acciaio $\varnothing > 16\text{mm}$;
- morsetti serrafune e chiavi di serraggio;
- profilato in ferro a doppia T (HEB 100), lunghezza 200cm.

Modalità di esecuzione:

Si provvede inizialmente alla riprofilatura delle sponde ed allo scavo di fondazione, quindi si procede alla posa dei massi ciclopici in file singole o doppie. Quindi si procede con la foratura dei massi ciclopici $>0,5 \text{ m}^3$ e/o dei profilati a doppio T (HEB 100), l'inserimento dei tasselli d'acciaio o di tondino di ferro ad aderenza migliorata $\varnothing 8\text{mm}$, muniti di occhiello, nei fori dei massi e bloccaggio con malta cementizia antiritiro o tassello chimico. Segue l'infissione del profilato a doppio T (HEB 100) con mezzi meccanici, a monte o valle dei massi, l'inserimento e tesatura del cavo d'acciaio e il conseguente fissaggio della fune con morsetti serrafune.

Accorgimenti costruttivi:

Particolare attenzione deve essere posta alla fondazione della prima fila. La profondità dei fori dei massi non deve essere mai inferiore ai 20 cm, il diametro della fune non inferiore ai 8mm, il profilato deve essere tagliato, alla punta, a becco di flauto.

Condizioni e limiti dell'intervento:

Si può realizzare in qualsiasi periodo dell'anno, con l'inserimento delle talee nella stagione di riposo vegetativo.

Evoluzione e aspetti manutentivi dell'intervento:

Si adatta molto bene agli assestamenti dovuti alla piena e al trasporto solido. Può essere colonizzata dalla vegetazione spondale, in tal caso è utile prevedere un piano di manutenzione periodico di diradamento e potatura.

Foto



Scogliera in massi ciclopici collegati con cavo d'acciaio, tassello, morsetto serrafune e ancorati a profilati a doppio T (HEB 100). Comune di Celle S. Vito – Fosso Fontanelle
Progetto e D.L. S. Puglisi e P. La Cava.
Foto M. Frisoli

Materasso spondale in rete metallica rinverdito

Scheda 5.1.5

Obiettivo dell'intervento:

Protezione sponde di corsi d'acqua.

Ambiti di intervento:

Sponde di fiumi e torrenti.

Materiali vegetali impiegabili:

Talee o piantine di specie idonee.

Altri materiali:

- rete metallica zincata e/o plastificata a doppia torsione con maglie 6x8cm;
- pietrame;
- tessuto non tessuto;
- biostuoia in juta e/o stuoie tridimensionale sintetiche.

Modalità di esecuzione:

Si provvede inizialmente alla regolarizzazione del piano di posa su cui si stende il tessuto non tessuto, a cui segue l'allestimento dei materassi con unione dei vari moduli, cuciti e ancorati al substrato con barre metalliche. Quindi si procede con il riempimento con pietrame.

Accorgimenti costruttivi:

I materassi metallici a tasche, devono avere spessore (0.17 m x 0.23 m x 0.30 m), in rete metallica a doppia torsione con maglia esagonale tipo 6x8cm. L'assemblaggio degli scatolari, la sistemazione meccanica e manuale del pietrame dovrà essere di idonea pezzatura.

Condizioni e limiti dell'intervento:

Applicabile su sponde in roccia con pendenze massime fino a 45-50°.

Evoluzione e aspetti manutentivi dell'intervento:

L'inserimento e l'attecchimento delle talee aumentano nel tempo la stabilità della struttura e contemporaneamente ne mascherano la parte fuori dall'acqua. Necessitano di diradamenti regolari, ogni 2-4 anni. Si può realizzare esclusivamente durante il periodo di riposo vegetativo (dal tardo autunno a fine inverno).

Foto



Materassi spondali e biostuoia in juta seminata con loietto italico - Comune di Orsara di Puglia (Fg)
Canale S. Rocco - Cupa
Foto di M. Frisoli

Scogliera con gabbioni rinverditi**Scheda 5.1.6****Obiettivo dell'intervento:**

Stabilizzazione di sponde di alvei torrentizi.

Ambiti di intervento:

Sponde di alvei torrentizi.

Materiali vegetali impiegabili:

Talee radicate o piantine di specie idonee.

Altri materiali:

- gabbione a scatola PALVIS, in rete metallica zincata a doppia torsione e maglie esagonale (8x10cm); plastificata (a contatto con l'acqua);
- pietrame con provenienza da cava o da alveo di pezzature idonee;
- filo di ferro cotto o zincato avente diametro pari a 2.20/3.20 mm;
- tessuto non tessuto.

Modalità di esecuzione:

Riprofilatura delle sponde e scavo di fondazione in contro pendenza del 10°, su cui si stende il tessuto non tessuto, procedendo al montaggio dei gabbioni dal basso verso l'alto, arretrando sempre la fila sovrapposta di 30cm. Si provvede contemporaneamente all'inserimento nei gabbioni, mai lungo le cuciture, delle talee radicate o semenzali di specie idonee, aventi lunghezza necessaria a raggiungere il terreno retrostante i gabbioni. Nel caso i lavori vengano eseguiti fuori del periodo di riposo vegetativo, si consiglia di inserire dei tubi in PVC ove disporre successivamente le talee.

Accorgimenti costruttivi:

I gabbioni a scatola Palvis dovranno avere maglia 8 x10cm filo 2.70 mm a forte zincatura. Il riempimento dovrà essere principalmente manuale con pietrame di pezzature idonea. Particolare attenzione dovrà essere posta alla stesura dei tiranti e delle legature, tra i diversi elementi, con filo di identiche caratteristiche a quello della gabbia.

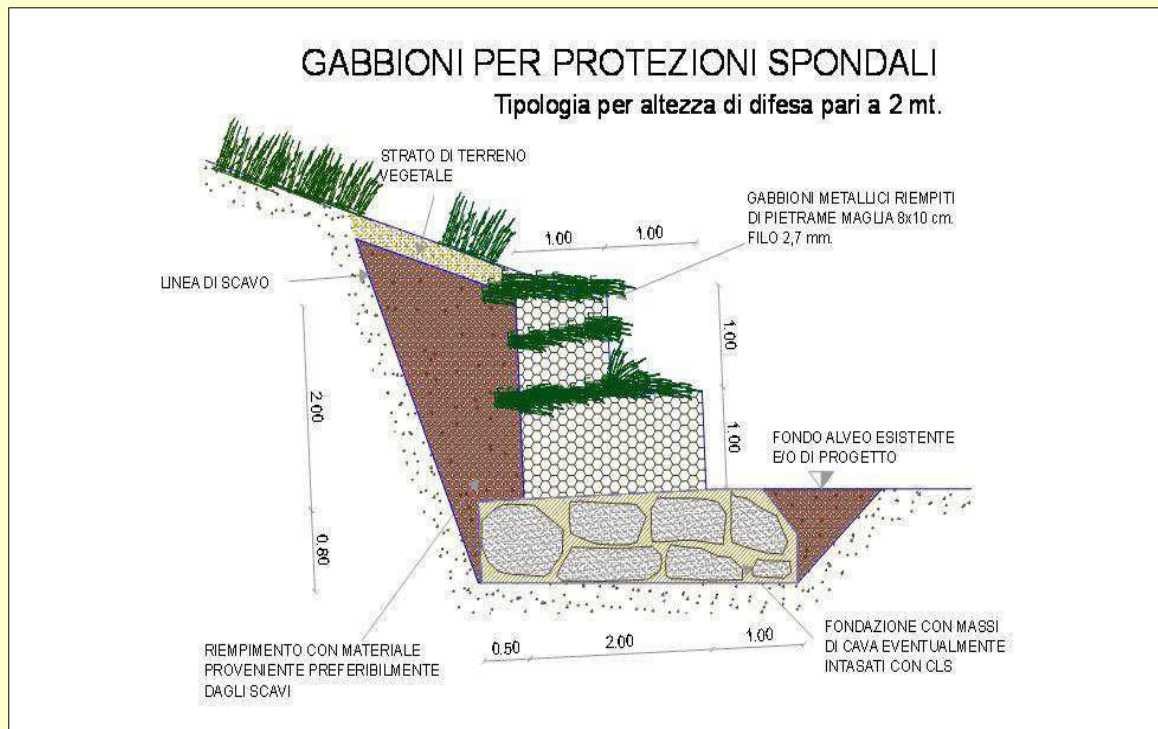
Condizioni e limiti dell'intervento:

Manufatto non adatto ai torrenti con trasporto solido grossolano.

Evoluzione e aspetti manutentivi dell'intervento:

L'attecchimento delle talee e/o delle piantine aumentano nel tempo la stabilità della struttura e contemporaneamente ne mascherano la parte aerea. Necessitano di diradamenti regolari ogni 2÷4 anni.

Disegni e particolari costruttivi:



Sezione di gabbioni rinverditi con piantine o talee radicate.

Palificata viva spondale a parete doppia**Scheda 5.1.7****Obiettivi dell'intervento:**

Ha funzione di difesa spondale.

Ambiti di intervento:

Sponde alte di corsi d'acqua torrentizi.

Materiali vegetali impiegabili:

talee, astoni, o piantine di specie idonee.

Altri materiali:

Pali di castagno o di resinose scortecciati del diametro 15 - 20 cm; pietrame, massi, inerti, terra vegetale, chioderia.

Modalità di esecuzione:

Dopo l'apertura dello scavo in contropendenza del 10%, si dispongono in basso due file di pali longitudinali (correnti), una anteriormente e l'altra posteriormente, distante generalmente 1,00 - 1,50 m dalla prima, addossata alla parete dello scavo. A questi si sovrappongono i traversi, sopra i quali si monta una seconda fila di correnti in modo da formare, alternando dal basso verso l'alto correnti e traversi, una incastellatura il cui interno si riempie con il materiale dello scavo e con terreno di riporto. Man mano che si procede al riempimento graduale della gabbia vi si mettono a dimora le talee. L'altezza complessiva del manufatto dipende dalla morfologia del terreno e dai calcoli di stabilità che possono imporre una maggiore larghezza trasversale alla base rispetto a quella indicata sopra.

Accorgimenti costruttivi:

Correnti e traversi vanno fissati tra di loro con dei chiodi o meglio tondini di acciaio ad aderenza migliorata, di lunghezza doppia rispetto al diametro dei pali, previa apertura col trapano di fori di uguale diametro. L'estremità esterna dei traversi va profilata di sbieco con la motosega per ragioni estetiche. I correnti vanno congiunti come da disegno. Nella zona di contatto tra correnti e traversi è opportuno praticare con la motosega una tacca come da disegno. Anteriormente alla prima fila di correnti, lato acqua, si dispongono dei massi incatenati come nelle difese spondali morte (v.). Dietro ai medesimi si infiggono dei pali verticali con interasse 1,80 - 2,00 m. In talune situazioni, invece dei traversi, per distanziare i correnti si sono impiegati elementi lapidei di uguale dimensione media.

Condizioni e limiti dell'intervento:

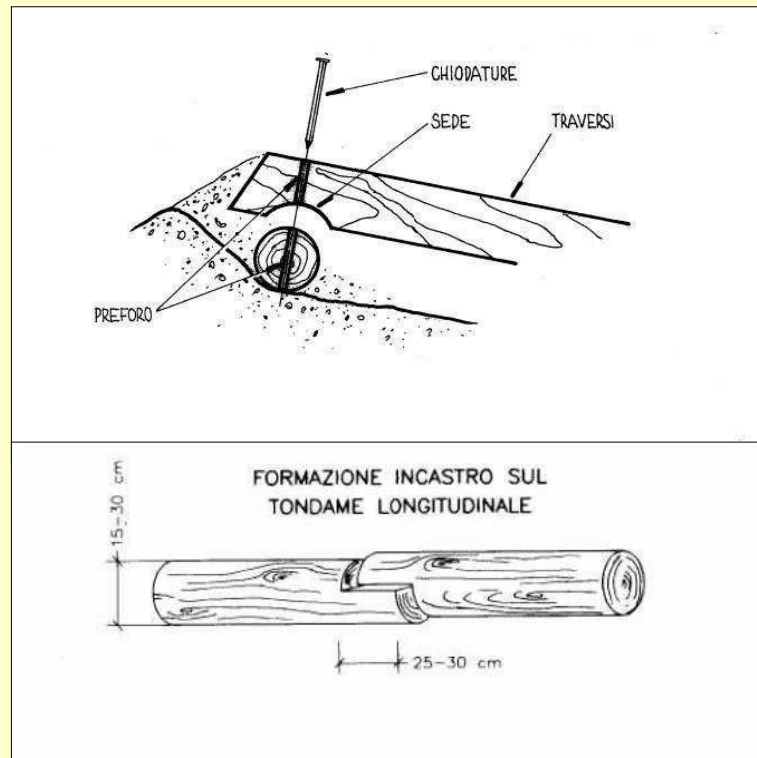
L'altezza del manufatto dipende dalla morfologia spondale e dai calcoli idraulici.

Evoluzione e aspetti manutentivi dell'intervento:

Se l'intervento è eseguito correttamente, la manutenzione dovrà riguardare la vegetazione nei primi anni, perché sarà essa ad assumere nel tempo la funzione stabilizzante della palificata dopo l'alterazione dei materiali legnosi. Durante l'esercizio occorre controllare se modifiche del fondo alveo dovute a piene hanno indotto deformazioni nel manufatto e intervenire per ripristinarne forma e funzione.

Disegni e particolari costruttivi:

Giunzioni tra correnti e traversi



Foto



Palificata viva spondale a doppia parete
(località Molinella, Comune di Vieste (FG) Foto G. Russo)

Palificata viva spondale a una parete semplice con palo verticale frontale**Scheda
5.1.8****Obiettivi dell'intervento:**

Serve per stabilizzare le sponde basse.

Ambiti di intervento:

Sponde lacustri o di corsi d'acqua a escursione di livello non eccedente l'altezza del manufatto, dove la parzializzazione della sezione di deflusso dovuta alla vegetazione, dopo la sua affermazione e sviluppo, è stata considerata nei calcoli idraulici.

Materiali vegetali impiegabili:

talee, astoni, o piantine di specie idonee.

Altri materiali:

Pali di castagno o di resinose scortecciati del diametro 15 - 20 cm; pietrame, inerti, terra vegetale, chioderia.

Modalità di esecuzione:

Dopo l'apertura dello scavo per raccordare il manufatto alla sponda, vengono infissi i pali frontali verticali, dietro ai quali si dispone in basso la prima fila di correnti. Ad essi si fissano i traversi appuntiti a una estremità per conficcarli nel terreno retrostante. A questi si sovrappone una seconda fila di correnti in modo da innalzare, alternandoli ai traversi, una incastellatura formante, tra parete dello scavo e parete frontale, un cassone da riempire con misto di fiume in basso e con terreno di riporto superiormente. In questo, durante la costruzione, si inseriscono piantine o talee.

Accorgimenti costruttivi:

I pali verticali frontali debbono essere lunghi il doppio dell'altezza della parete e avere interasse 1,50 m. Correnti e traversi vanno fissati tra di loro con dei chiodi o meglio tondini di acciaio ad aderenza migliorata, di lunghezza doppia rispetto al diametro dei pali, previa apertura col trapano di fori di uguale diametro. I traversi, frontalmente, vanno sfalsati a quinconce. L'estremità esterna dei medesimi deve sporgere rispetto ai pali verticali ed essere profilata di sbieco con la motosega per ragioni estetiche. I correnti vanno congiunti come da disegno (vedi scheda 6.1.7). Nella zona di contatto tra correnti e traversi è opportuno praticare con la motosega una tacca come da disegno (vedi scheda 6.1.7). Anteriormente ai pali frontali, se necessario, si possono disporre massi incatenati come nelle difese spondali morte.

Condizioni e limiti dell'intervento:

Da impiegare per fissare la morfologia naturale meandrata del corso d'acqua o nel raccordo di preesistenti opere idrauliche.

Evoluzione e aspetti manutentivi dell'intervento:

Durante l'esercizio occorre controllare se modifiche del fondo alveo dovute a piene hanno indotto deformazioni nel manufatto e intervenire per ripristinarne forma e funzione.

Scheda 5.1.9

Palificata viva spondale "Roma"

Obiettivi dell'intervento

Ha funzione di difesa delle sponde dei corsi d'acqua. Tecnica ideata da Ing. Cornelini.

Ambiti di intervento:

Sponde di corsi d'acqua.

Materiali vegetali impiegabili:

Talee, astoni, o semenzali di specie idonee.

Altri materiali:

Pali di castagno o di resinose scortecciati del diametro 15 - 20 cm; pietrame, massi, inerti, terra vegetale, gabbioni metallici, rete metallica, profilati metallici, chioderia.

Modalità di esecuzione:

Dopo l'apertura dello scavo vi vengono disposti alla base dei massi accostati sui quali appoggiare, davanti e dietro, i correnti. Su queste due file di pali longitudinali si dispongono i traversi. Successivamente, dietro ai correnti anteriori si dispongono dei pali verticali che si inclinano a 60° e si fissano in questa posizione mediante dei pali longitudinali collegati ai traversi inferiori. Dietro ad essi si sistemano degli altri montanti, resi stabili da tiranti incernierati ai correnti posteriori e sporgenti dal frontale sopra la terza assise di correnti. I nuovi montanti formeranno con quelli anteriori una intercapedine dentro la quale si disporranno, a formare parete, cinque file o più di correnti distanziati, dal basso verso l'alto, da segmenti di tronchetti oppure cubetti di legno aventi lato uguale al diametro dei pali. Man mano che si procede al riempimento graduale della gabbia con il materiale dello scavo e con terreno di riporto, vi si mettono a dimora le piantine. Alla base della palificata, lato acqua, si dispone una fila di blocchi legati con fune d'acciaio, a sua volta fissata a dei profilati metallici come nella difesa spondale morta.

Accorgimenti costruttivi:

E' buona norma disporre sui traversi della fondazione una rete metallica con maglia di 6x8 cm per far gravare e ripartire su di essi il carico del terreno di riporto sovrastante in modo da rendere più robusta la struttura. Ancorare al terreno la prima fila di correnti mediante pali di sostegno, disposti verticalmente con interasse di 2,00 m. Correnti e traversi vanno fissati tra di loro con dei chiodi o meglio tondini di acciaio ad aderenza migliorata, di lunghezza doppia rispetto al diametro dei pali, previa apertura col trapano di fori di ugual diametro. L'estremità esterna dei traversi va profilata di sbieco con la motosega per ragioni estetiche. I correnti vanno congiunti come da disegno. Nella zona di contatto tra correnti e traversi è opportuno praticare con la motosega una tacca come da disegno. La cerniera tra tiranti e correnti posteriori si fa con barre d'acciaio filettate, dadi e rondelle.

Condizioni e limiti dell'intervento:

La palificata "Roma" ideata dall'ing. Cornelini consente di risparmiare, rispetto alla palificata a doppia parete, a parità di funzione, il 20% di legname e il 50% di chioderia.

Evoluzione e aspetti manutentivi dell'intervento:

Durante l'esercizio occorre controllare se modifiche del fondo alveo dovute a piene hanno indotto deformazioni nel manufatto e intervenire per ripristinarne forma e funzione.

Foto



Parco Monti Aurunci (LT) - Foto P. Cornelini



Palificata tipo Roma in costruzione.
Gola del Furlo (PS) - Foto P. Cornelini

BRIGLIE

5.2

Briglia in legname e pietrame**Scheda
5.2.1****Obiettivi dell'intervento:**

Correzione longitudinale dell'asta torrentizia mediante riduzione della pendenza del fondo alveo.

Ambiti di intervento:

Torrenti con presenza di fenomeni di erosione dell'alveo e delle sponde (torrenti di scavo). In taluni casi, da essi derivano anche processi di instabilità dei versanti per erosione al piede.

Materiali vegetali impiegabili:

E' sconsigliato l'impiego di materiale vegetale all'interno della struttura, perché può procurare danni all'integrità dell'opera e parzializzazione della gaveta.

Altri materiali:

- tronchi prevalentemente di castagno o larice, di diametro pari a circa 20-30 cm, scortecciati;
- pietrame di idonea pezzatura (prelevato in alveo o proveniente da vicine cave di prestito).
- chiodi o graffe metalliche o tondini di acciaio ad aderenza migliorata.

Modalità di esecuzione:

Si prepara lo scavo del piano di fondazione su cui poggiare l'opera, curando che vi sia un sufficiente approfondimento rispetto al fondo alveo, in modo da evitare fenomeni di sifonamento. Viene quindi effettuata la posa in opera della prima serie di tronchi longitudinali (longoni), in doppia fila; al di sopra di essi viene realizzata la prima serie di tronchi trasversali (traversi), fissati ai precedenti e distanziati tra loro con interasse massimo pari a 1 m. Si procede in questo modo fino al raggiungimento dell'altezza di progetto della briglia, provvedendo contemporaneamente al riempimento dell'opera con pietrame, che può essere effettuato anche meccanicamente, curando però la sistemazione a mano in modo da ottenere un riempimento omogeneo. Vengono infine realizzate le ali utilizzando pali longitudinali più corti, in modo che nella parte centrale dell'opera si formi lo spazio per la gaveta. Il coronamento e la gaveta, per una migliore protezione dell'opera dagli effetti del trasporto solido, saranno rivestiti utilizzando piccoli tronchi, di diametro e lunghezza inferiore rispetto ai pali.

Accorgimenti costruttivi:

Va curato l'ammorsamento dell'opera nelle sponde, per evitare che si verifichino fenomeni di aggiramento laterale. La gaveta va dimensionata sulla base di opportuni calcoli idraulici, mentre l'intera opera va dimensionata effettuando le verifiche di corpo rigido e quelle di stabilità interna. Va adeguatamente curata la protezione dell'opera al piede, dal lato valle, per evitare fenomeni di erosione localizzata causati dal getto d'acqua effluente dalla gaveta. Il pietrame può essere posizionato con particolare accuratezza dal lato valle per ottenere un più efficace effetto paesaggistico. Le file di pali trasversali vanno posizionate in modo che siano sfalsate e non allineate lungo la verticale, sia per migliorare il comportamento statico della struttura, sia per ragioni estetiche.

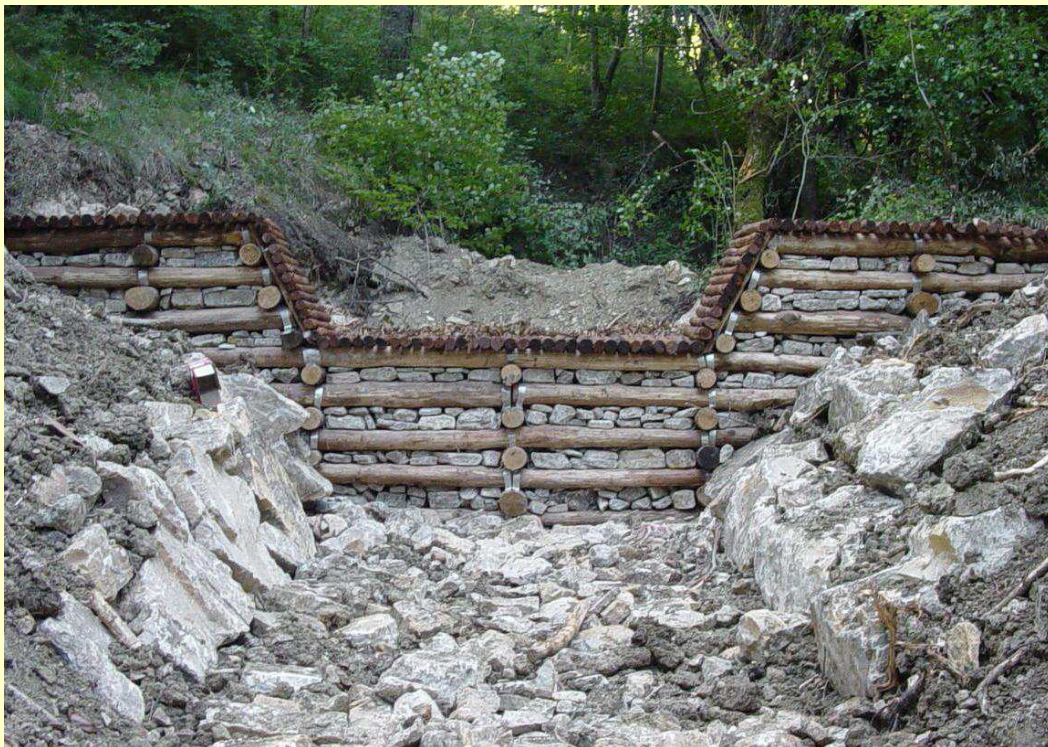
Condizioni e limiti dell'intervento:

Le briglie in legname e pietrame possono presentare limiti nel caso di torrenti con fenomeni di piena caratterizzati da trasporto solido con presenza di pietre e massi di grosse dimensioni. Possono essere realizzate opere di altezza e ampiezza limitata; l'esperienza relativa ad opere realizzate consiglia di non superare i 5 m in altezza. La durabilità dell'opera è limitata nel tempo; migliora se si utilizzano pali scortecciati.

Evoluzione e aspetti manutentivi dell'intervento:

La briglia in legname e pietrame rappresenta una soluzione particolarmente idonea a garantire un risultato efficace in termini di inserimento paesaggistico e "naturalità" dell'intervento. La durabilità del legname, funzione delle condizioni ambientali di esercizio dell'opera, è notevolmente inferiore rispetto a quella del calcestruzzo, soprattutto nei climi mediterranei. Occorre assicurarsi che la pezzatura dei pietrame sia idonea: materiale troppo piccolo potrebbe fuoriuscire dall'opera, svuotandola, mentre materiale troppo grosso potrebbe generare un comportamento statico non ottimale dell'opera.

Foto



Briglia in legname e pietrame Comune di Celle San Vito (Fg) - Località Fosso Fontanelle
Progetto e D.L. S. Puglisi e P. La Cava
Foto P. La Cava



Briglia in legname e pietrame Comune di Tremiti (Fg) Isola di San Domino
Progetto Consorzio di Bonifica Montana del Gargano
Foto G. Russo

Briglia in massi**Scheda 5.2.2****Obiettivi dell'intervento**

Correzione longitudinale dell'asta torrentizia seguendo i criteri della ricostruzione morfologica dei corsi d'acqua.

Ambiti di intervento:

Torrenti con presenza di fenomeni di erosione dell'alveo e delle sponde (torrenti di scavo). In taluni casi, da essi derivano anche processi di instabilità dei versanti per erosione al piede.

Materiali vegetali impiegabili:

E' sconsigliato in tali opere l'impiego di materiale vegetale all'interno della struttura, perché può procurare danni all'integrità dell'opera e parzializzazione della gaveta.

Altri materiali:

Massi ciclopici a secco o cementati, prelevati in alveo o provenienti da cave di prestito.

Modalità di esecuzione:

Possono individuarsi quattro principali tipologie costruttive di briglie in massi:

- briglie in massi a secco;
- briglie in massi cementati con calcestruzzo;
- briglie con struttura in calcestruzzo rivestite di massi;
- briglie in massi ancorate al fondo alveo mediante micropali.

Le tipologie costruttive 1) e 2) danno origine ad opere di altezza modesta, non superiore a 2-2.5 m, in quanto la stabilità della struttura dipende sostanzialmente dalla dimensione dei massi impiegati. Inoltre sono tipologie da non impiegare in torrenti con pendenze elevate (superiori al 20%), che possono essere interessati da intensi fenomeni di trasporto solido o colate detritiche.

La tipologia 3) prevede l'ancoraggio, mediante cavi d'acciaio, di massi ciclopici a strutture in calcestruzzo leggermente armate. Tale tipologia è caratterizzata da maggiore robustezza, potendo quindi raggiungere altezza maggiore rispetto alle tipologie 1) e 2). Il sistema di ancoraggio può variare; generalmente prevede la foratura del masso (per circa 20-30 cm di lunghezza) e l'ancoraggio tramite resina chimica di una barra ad aderenza migliorata (diametro 20 mm) avente un anello in testa. La tipologia 2) può essere considerata una semplificazione della tipologia 3), in quanto non sono presenti armature e legature tra i massi, con una notevole riduzione del volume di calcestruzzo impiegato, che ha soltanto lo scopo di collegare strutturalmente i massi dando monoliticità all'opera.

Nella tipologia 4) i massi forati sono attraversati da una fune metallica ad essi cementata. Le estremità della fune vengono fissate agli anelli di testa di due micropali posizionati sulle sponde del torrente. La progettazione delle briglie in massi, con riferimento in particolare alla determinazione dell'altezza fuori terra delle opere e della loro distanza, può utilizzare i risultati ottenuti dall'analisi delle strutture step-pool presenti naturalmente nei torrenti montani, basandosi quindi sui criteri della "ricostruzione morfologica" dei corsi d'acqua.

Accorgimenti costruttivi:

Va curato l'ammorsamento dell'opera nelle sponde, per evitare che si verifichino fenomeni di aggiramento laterale da parte della corrente. La gaveta va dimensionata sulla base di opportuni calcoli idraulici, mentre l'intera opera va dimensionata garantendo le opportune verifiche di stabilità. Va adeguatamente curata la protezione dell'opera al piede, dal lato valle, per evitare fenomeni di erosione localizzata causati dal getto d'acqua effluente dalla gaveta.

La concentrazione della corrente nella zona centrale dell'alveo può essere resa più facile dando all'opera una pianta leggermente arcuata verso monte e realizzando una gaveta a catenaria. Nella sistemazione di un tratto di torrente e' preferibile utilizzare un numero maggiore di briglie di altezza modesta piuttosto che poche opere di altezza notevole.

Condizioni e limiti dell'intervento:

Le briglie in massi possono avere limitazioni nei torrenti con ridotta disponibilità di massi di grosse dimensioni (torrenti costituiti da materiale a granulometria fine, di tipo limoso-argilloso). Le tipologie 1) e 2) sono poco indicate nel caso di torrenti con elevata pendenza e fenomeni di piena caratterizzati da notevole trasporto solido (anche colate detritiche).

Evoluzione e aspetti manutentivi dell'intervento:

La briglia in massi presenta buone caratteristiche di resistenza e durabilità, nonché una certa deformabilità, adattandosi a piccoli cedimenti dell'alveo e delle sponde. Caratteristica assai positiva è la capacità di integrarsi perfettamente con la morfologia torrentizia, consentendo elevati standard di inserimento paesaggistico.

Foto



Briglie in massi
Foto M. Frisoli)

Briglia in gabbioni**Scheda 5.2.3****Obiettivi dell'intervento:**

Correzione longitudinale dell'asta torrentizia mediante riduzione della pendenza del fondo alveo.

Ambiti di intervento:

Torrenti con presenza di fenomeni di erosione dell'alveo e delle sponde (torrenti di scavo). In taluni casi, da essi derivano anche processi di instabilità dei versanti per erosione al piede.

Materiali vegetali impiegabili:

E' sconsigliato in tali opere l'impiego di materiale vegetale all'interno della struttura, perché può procurare danni all'integrità dell'opera e parzializzazione della gaveta.

Altri materiali:

- gabbione a scatola Palvis, in rete metallica zincata a doppia torsione e maglie esagonale (8x10cm); plastificata se a contatto con l'acqua;
- pietrame con provenienza da cava o da alveo di pezzatura idonea;
- filo di ferro cotto o zincato avente diametro pari a 2.20/3.20 mm;
- T.N.T. (tessuto non tessuto).

Modalità di esecuzione:

Si prepara lo scavo del piano di fondazione su cui poggiare il gabbione, curando che vi sia un sufficiente approfondimento rispetto al fondo alveo, in modo da evitare fenomeni di sifonamento. Gli scatolari vengono aperti e posizionati con la chiusura dei lati verticali realizzata utilizzando filo di legatura oppure anelli di acciaio. Una volta posizionato e legato, lo scatolare viene riempito con il pietrame di idonea pezzatura: la dimensione minima non deve essere inferiore alla dimensione "D" della maglia e la dimensione massima non superiore a circa 2,5 volte "D"; l'operazione può svolgersi anche meccanicamente, però va effettuata la sistemazione a mano del pietrame in modo da ottenere un riempimento omogeneo. Viene quindi chiusa la parte superiore utilizzando lo stesso sistema impiegato per le parti laterali e si procede con la realizzazione delle file superiori. Al fine di irrobustire la struttura, tutti i bordi sono rinforzati con un filo avente diametro maggiore rispetto a quello utilizzato per la rete. Questa può essere ricoperta da uno strato aggiuntivo di materiale in tessuto non tessuto T.N.T..

Accorgimenti costruttivi:

Sono disponibili diverse combinazioni di tipologia di maglia e diametro del filo in relazione alle prestazioni meccaniche richieste e diverse combinazioni di dimensioni e misure degli elementi. Il gabbione può essere suddiviso in celle mediante il posizionamento di diaframmi centrali per ogni metro di lunghezza. Va curato l'ammorsamento dell'opera nelle sponde, per evitare che si verifichino fenomeni di aggiramento laterale. La gaveta va dimensionata sulla base di opportuni calcoli idraulici, mentre l'intera opera va dimensionata effettuando le verifiche di corpo rigido e quelle di stabilità interna, ponendo attenzione alla determinazione del peso specifico del gabbione. In generale, soprattutto nel caso di opere di modesta altezza, il paramento a valle è verticale; in questo caso va adeguatamente curata la protezione dell'opera al piede, per evitare fenomeni di erosione localizzata causati dal getto d'acqua effluente dalla gaveta. Un corretto assortimento dimensionale del pietrame ed un suo accurato posizionamento a mano dovrebbero evitare il rischio di deformazioni eccessive del gabbione.

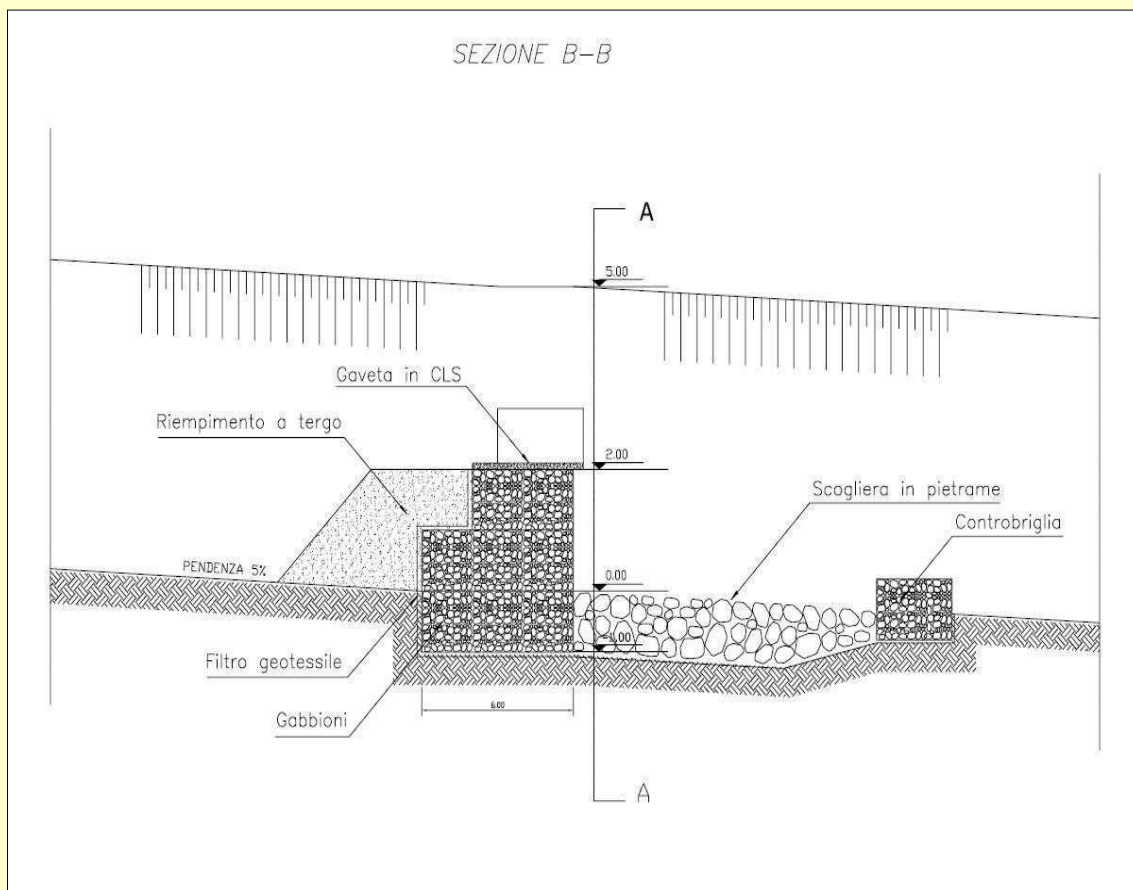
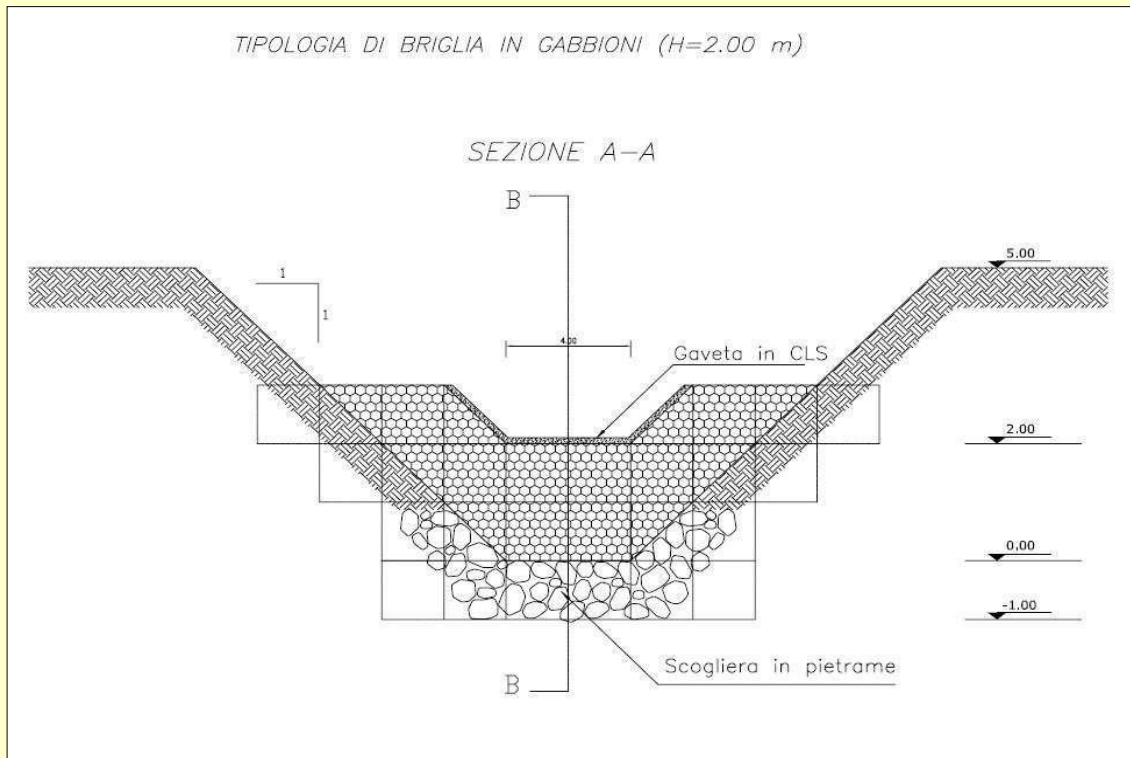
Condizioni e limiti dell'intervento:

Le briglie in gabbioni presentano limitazioni nel caso dei torrenti con fenomeni di piena caratterizzati da trasporto solido elevato, con presenza di pietre e massi di grosse dimensioni. In questi casi una limitazione dei danni può ottenersi rivestendo le parti vulnerabili, cioè il piano di gaveta e le ali, mediante tronchetti di legno in asse alla corrente.

Evoluzione e aspetti manutentivi dell'intervento:

La briglia in gabbioni presenta buone caratteristiche di flessibilità, adattandosi a piccoli cedimenti dell'alveo e delle sponde. Interventi manutentivi potrebbero riguardare fenomeni di deformazione indotti da un non corretto assortimento o posizionamento del pietrame, oppure lacerazioni della rete metallica dovuta al trasporto solido.

Disegni e particolari costruttivi:



Esempio di briglie gabbioni



Foto
Briglia in gabbioni (Torrente Cammarota, Comune di Deliceto (Fg)
Foto M. Frisoli)

Riparazione delle vecchie briglie**Scheda 5.2.4****Obiettivi dell'intervento:**

Con la riparazione delle vecchie briglie, soggette a sifonamento e/o scalzamento, o per danni alla superficie di coronamento, alle ali e al paramento di valle, si ottiene il ripristino e la funzionalità dell'opera originaria, e si ottiene la continuità del controllo delle erosioni torrentizie. Si avrà inoltre il ritorno, sia a monte che valle, della vegetazione arborea/arbustiva.

Ambiti di intervento:

Torrenti con vecchie briglie in muratura ordinaria, calcestruzzo e gabbioni, danneggiate da sifonamento, scalzamento e usura della gaveta, dovuta al trasporto solido.

Materiali vegetali impiegabili: non utilizzati**Altri materiali:**

- Tronchetti di castagno Ø12cm (gaveta briglia in gabbioni);
- Filo di ferro Ø 3mm;
- Malta cementizia;
- Pietrame di varie dimensioni e spessore (gaveta briglia in muratura);

Modalità di esecuzione:

a) Riparazione di briglie in muratura danneggiate, eseguita con pietrame il più possibile regolare ed a spigoli vivi, facendo attenzione alla omogeneità con il materiale che già costituisce l'opera. E' possibile usare pietra da taglio perfettamente combacianti nei giunti.

b) Riparazione di briglie in gabbioni danneggiate, eseguita con l'impiego di pietrame e rete metallica zincata romboidale, di diametro non inferiore a 3mm. A protezione del coronamento del gabbione sarà realizzato, con tronchetti di castagno aventi diametro 12 cm, un rivestimento totale della gaveta e delle ali fissandoli con filo di ferro al gabbione sottostante.

Condizioni e limiti dell'intervento: Non sussistono particolari condizioni e limiti d'intervento.

Evoluzione e aspetti manutentivi dell'intervento:

Per conservare il manufatto riparato è necessario istituire un data base di tutte le opere del bacino idrografico per la loro manutenzione futura.

Foto



Briglia in muratura ordinaria costruita negli anni '60 da restaurare
Comune di Orsara di Puglia (Fg) - Torrente Lamiozza
Foto M. Frisoli

Foto



Briglie in muratura ordinaria costruite negli anni '60 e da poco restaurate.
Comune di Celle di San Vito (Fg) - Fosso Fontanelle
Progetto e D.L. S. Puglisi e P. La Cava
Foto M. Frisoli

STABILIZZAZIONE VERSANTI

6

Grata viva**Scheda 6.1****Obiettivi dell'intervento:**

La grata viva (o grata a camera) è uno dei sistemi più complessi dell'Ingegneria Naturalistica, ma molto efficace per il consolidamento superficiale di versanti acclivi. La grata viva agisce come sostegno superficiale del terreno per consentire lo sviluppo degli apparati radicali delle piante ed il conseguente loro effetto consolidante. Quindi, non sono considerate opere di sostegno, ma opere che contribuiscono alla stabilizzazione della parte più superficiale del terreno mediante un miglioramento delle sue caratteristiche geotecniche.

Ambiti di intervento:

Scarpate stradali e ferroviarie, sponde fluviali, nicchie di frana e versanti molto acclivi con substrato compatto sui quali sono in atto fenomeni di erosione superficiale e dove, per l'elevata acclività, non è possibile applicare altre tecniche di Ingegneria Naturalistica o dove non è possibile ridurre la pendenza con azioni di rimodellamento superficiale del terreno. Gli ambiti di intervento comprendono pendii che presentano acclività anche superiori al 40°-60°. L'opera è caratterizzata dal vantaggio di poter essere realizzata in spazi limitati senza possibilità di rimodellamenti morfologici consistenti, da un limite di inclinazione raggiungibile molto elevato, da un limite di altezza raggiungibile discreto, da un rapido effetto stabilizzante, da un buon effetto drenante, da un buon inserimento paesaggistico-ambientale.

Materiali vegetali impiegabili:

ramaglia viva, piantine di specie autoctone idonee arbustive con apparato radicale molto sviluppato, miscugli di specie erbacee.

Altri materiali:

- tondame in legno scortecciato (Castagno, Larice o altro legname con buone caratteristiche di resistenza) con $\varnothing = 15-30$ cm e $L = 2-5$ m, per la realizzazione dell'impalcatura principale e delle maglie o camere;
- picchetti in legno con $\varnothing = 8-10$ cm e $L > 1$ m o piloti in ferro di dimensioni idonee, per fissare la struttura alla parete retrostante e per rinforzare i pali orizzontali;
- tondini in ferro ad aderenza migliorata ($L 40+60$ cm - $\varnothing 14$ mm);
- filo di ferro acciaioso;
- eventuale rete metallica per meglio trattenere il materiale di riempimento o intreccio di ramaglia morta di conifere posizionata a pettine;
- materiale inerte di riporto ricavato dallo scavo o terra appositamente fornita (con caratteristiche compatibili per lo sviluppo della componente vegetale);
- eventuale palificata viva o scogliera sulle quali appoggiare il piede della struttura.

Modalità di esecuzione:

- regolarizzazione/riprofilatura della superficie della scarpata, che deve essere il più possibile piana;
- realizzazione di un piano di appoggio che può essere costituito da:
 - a) una piccola trincea nella quale vengono collocati due tronchi longitudinali sovrapposti di base saldamente ancorati fra loro ed al terreno con tondini di ferro di $\varnothing = 14-16$ mm ;
 - b) un piano in leggera contropendenza dove viene realizzata una eventuale palificata viva o una scogliera in massi ciclopici di altezza max = 1-1,5 m, quando esiste una reale possibilità di scalzamento al piede;
 - w) sul tronco interrato o sul tondame della palificata vengono fissati (con tondini) i tronchi verticali (montanti) distanti 80-150 cm e parallelamente fra loro e posizionati il più aderente possibile alla scarpata;
 - x) successivamente, ai montanti così ancorati, viene fissato trasversalmente altro tondame (correnti), in modo da formare delle maglie quadrate o rettangolari (interasse 0,40-1 m);
 - y) si prosegue fissando tutta la struttura al versante mediante paletti di castagno ($\varnothing = 8-10$ cm) che vengono posizionati ai due lati del punto di incrocio fra i montanti ed i correnti. Invece dei

paletti possono essere utilizzati piloti in ferro;

z) lo step successivo è rappresentato dal riempimento delle maglie della grata mediante materiale terroso e inerte. Tale riempimento inizia dal basso. Una volta completato il riempimento della maglia fino al corrente, si procede con la messa a dimora di talee e/o ramaglia viva (n. 10 a metro lineare), ed eventuali piantine radicate;

aa) è possibile prevedere un eventuale inerbimento dell'intera superficie;

bb) è opportuno, nei casi in cui l'incavo retrostante è troppo distante dalla struttura in legno o nei casi di terreno poco coesivo, posare con inclinazione a reggipoggio, in corrispondenza dei correnti (alla base delle maglie), una rete metallica elettrosaldata completa di biostuoia o un graticcio di ramaglia a pettine per trattenere il terreno riportato;

cc) dove si temono infiltrazioni d'acqua dall'alto, per proteggere la testata della grata si può rivestirla posando e ancorando una striscia di carta catramata, biostuoie o piote erbose, e rinforzare l'area con una fila di talee o di piantine radicate; in alternativa può essere realizzata una canaletta di guardia.

Accorgimenti costruttivi:

I montanti vengono disposti con la base maggiore verso il basso. I tronchi con \varnothing maggiore vengono posizionati nella parte basse della struttura. Le talee e le piantine dovranno avere altezza tale da raggiungere il terreno retrostante la grata. Un accorgimento per mantenere costante la distanza tra le file di tronchi longitudinali (correnti) e per facilitare le operazioni di fissaggio degli stessi consiste nel costruire dei supporti-distanziatori con due spezzoni di tronco della lunghezza voluta. È opportuno ottenere un accurato allineamento dei montanti.

Condizioni e limiti dell'intervento:

L'altezza massima che è possibile raggiungere non supera in genere i 15-20 m che comunque deve essere valutata in fase progettuale dipendendo dalle caratteristiche morfologiche e geotecniche del substrato e quindi dalle condizioni di stabilità della scarpata da sistemare.

Evoluzione e aspetti manutentivi dell'intervento:

Lo sviluppo della componente vegetale dà avvio ad un processo continuo di consolidamento della struttura e di interconnessione della stessa al substrato che sopperirà poi al decadimento della componente lignea portante.

Foto:



Grata viva in costruzione - Comune di Vieste (Fg)
Foto G. Russo

Scheda 6.2

Gradonata viva

Obiettivi dell'intervento:

Sistemazione superficiale di pendii, versanti e scarpate.

Ambiti di intervento:

Terrapieni, fronti di cava, riporti, versanti costituiti da terreni in avanzato stato di erosione sui quali è necessario rallentare il deflusso superficiale delle acque meteoriche e ripristinare il rivestimento vegetale.

Materiali vegetali impiegabili:

Piantine radicate e ramaglia viva di specie autoctone idonee arbustive e/o arboree.

Altri materiali:

Possono essere utilizzati pannelli di rete metallica per formare dei "materassi" rinforzati di ramaglia o fogli di carta catramata o di biostuoie per rinforzare orizzontalmente la testata esterna del gradone per una profondità di circa 30 cm.

Modalità di esecuzione:

Si realizzano, partendo dalla parte più bassa del versante, file parallele o tratti di file sfalsate di piccoli gradoni (profondità 0,5-1 m ed interasse di 1,5-3 m), con leggera contropendenza a monte (10%) e trasversali alla linea di massima pendenza, con successivo posizionamento sulla base del gradone ottenuto di un letto (almeno 10 pz./ml.) di ramaglia viva di piante legnose con capacità di riproduzione vegetativa (salici, tamerici, etc.) e/o di arbusti radicati autoctoni e copertura finale con il materiale proveniente dagli scavi dei gradoni superiori. I gradoni vanno realizzati secondo le curve di livello.

Accorgimenti costruttivi:

Si possono realizzare gradonate con sola ramaglia viva o con sole talee/piantine radicate, oppure gradonate miste di talee/piantine e ramaglia viva. Per inclinazioni del pendio di 25° - 30° si consiglia una distanza tra i gradoni successivi di 1 - 1,5 m, mentre per inclinazioni inferiori a 20° una distanza pari a 2 - 3 m. Gli astoni o verghe devono avere lunghezza > 100 cm (20-30 cm > della profondità dello scavo) e diametro di 1-7 cm; le piantine radicate di latifoglie pioniere autoctone devono avere un'altezza di almeno 100 cm (20-30 cm > della profondità dello scavo) e un diametro di 1-3 cm. Il periodo di esecuzione è quello coincidente con il riposo vegetativo delle piante. Gli interstizi tra i rami devono essere accuratamente intasati di terreno per evitare eccessive circolazioni di aria e disseccamento.

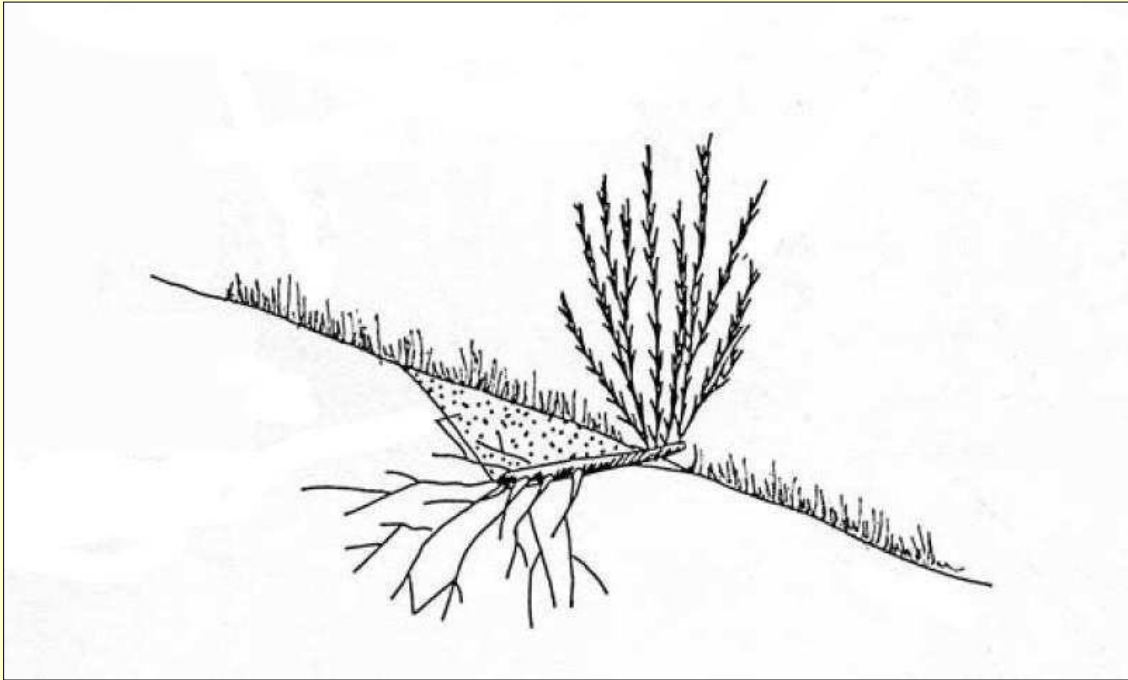
Condizioni e limiti dell'intervento:

L'intervento è sconsigliato per la sistemazione di pendii molto acclivi e ad eccessiva aridità del substrato e su terreni poco profondi e/o con roccia affiorante..

Evoluzione e aspetti manutentivi dell'intervento:

L'area interessata si evolve in una boscaglia/macchia che va sottoposta a manutenzione periodica con la realizzazione di sfolli e riceppature utili anche per ricavare ramaglia e talee da utilizzare per altri interventi. Nel caso si mettano a dimora piantine radicate ed in presenza di forti stress idrici, sarà necessario provvedere ad irrigazioni di soccorso nei primi anni dopo l'intervento.

Disegni e particolari costruttivi:



Sezione tipo di gradonata viva

Scheda 6.3

Cordonata viva

Obiettivi dell'intervento:

Sistemazione superficiale di scarpate naturali o artificiali.

Ambiti di intervento:

Terrapieni, fronti di cava, riporti, versanti in genere.

Materiali vegetali impiegabili:

Ramaglia morta (preferibilmente di conifere), piantine radicate e/o talee di specie autoctone idonee arbustive e/o arboree.

Altri materiali:

Paleria di pino o di castagno del diametro di 6-12 cm; picchetti in legno del diametro di 12-15 cm; piloti in ferro profilati a "T"; tondini di ferro di 10-12 mm; filo di ferro zincato.

Modalità di esecuzione:

Si realizzano, partendo dalla parte più bassa del versante, file parallele o tratti di file sfalsate di piccoli gradoni (profondità 0,5-1 m ed interasse di 1,5-3 m), con leggera contropendenza a monte (10%) e trasversali alla linea di massima pendenza, con successivo posizionamento longitudinale di stangame con corteccia, su due file parallele, delle quali una verso l'esterno (bordo del gradone), fissata con il filo di ferro a picchetti in legno (o ferro) infissi nella base del gradone, ed una fila verso l'interno. Successivamente sulla base del gradone, si posiziona un letto di ramaglia morta (preferibilmente di resinose) che si copre con uno strato di terreno dello spessore di circa 10 cm. Si prosegue con la messa a dimora di 10-15 talee o 4-5 piantine radicate per metro lineare, sporgenti dallo scavo per 10-20 cm, e copertura finale con il materiale proveniente dagli scavi dei gradoni superiori. I gradoni vanno realizzati secondo le curve di livello.

Accorgimenti costruttivi:

Si possono realizzare cordonate con un solo palo interno o con due pali, oppure con sole talee o con sole piantine radicate, oppure cordonate miste di talee e piantine. Per inclinazioni del pendio di 25° - 30° si consiglia una distanza tra i gradoni successivi di 1 - 1,5 m, mentre per inclinazioni inferiori a 20° una distanza pari a 2 - 3 m. Gli astoni o verghe devono avere lunghezza > 100 cm (20-30 cm > della profondità dello scavo) e diametro di 1-7 cm; le piantine radicate di latifoglie pioniere autoctone devono avere un'altezza di almeno 100 cm (20-30 cm > della profondità dello scavo) e un diametro di 1-3 cm. Il periodo di esecuzione è quello coincidente con il riposo vegetativo delle piante. Gli interstizi tra i rami devono essere accuratamente intasati di terreno per evitare eccessive circolazioni di aria e disseccamento.

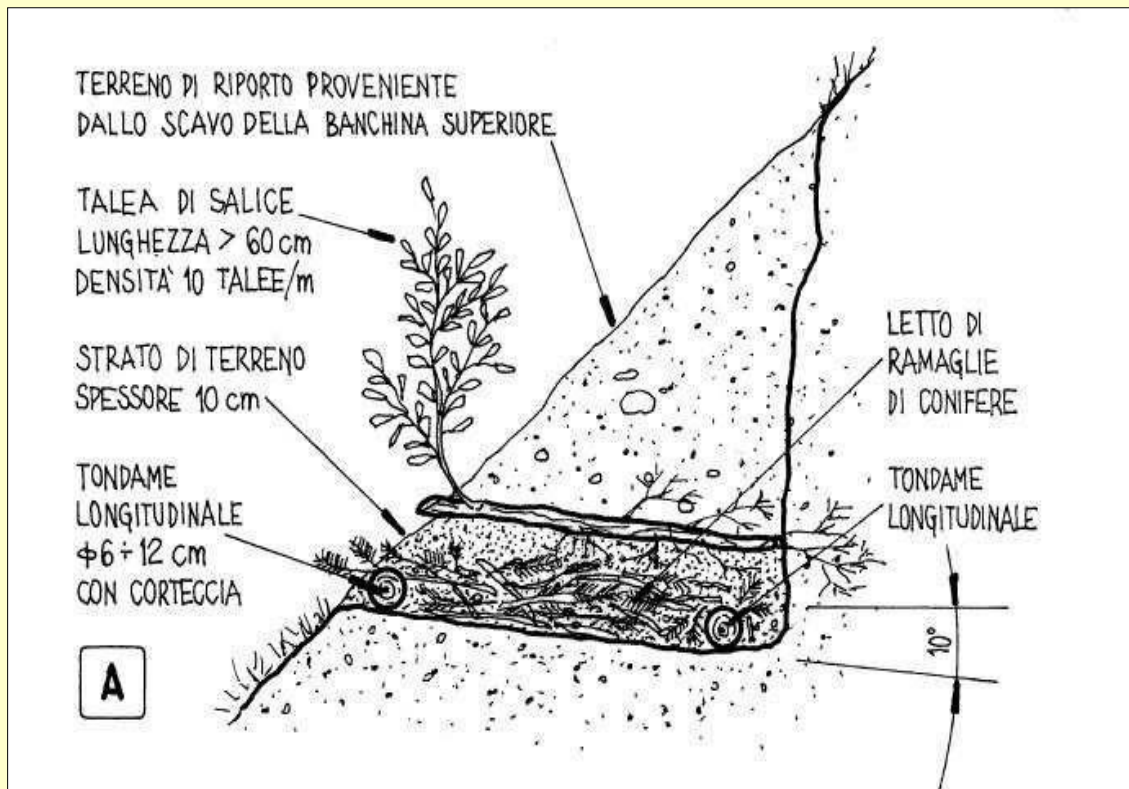
Condizioni e limiti dell'intervento:

l'intervento è sconsigliato per la sistemazione di pendii molto acclivi.

Evoluzione e aspetti manutentivi dell'intervento:

l'area interessata si evolve in una boscaglia/macchia che va sottoposta a manutenzione periodica con la realizzazione di sfolli e riceppature utili anche per ricavare ramaglia e talee da utilizzare per altri interventi. Nel caso si mettano a dimora piantine radicate ed in presenza di forti stress idrici, sarà necessario provvedere ad irrigazioni di soccorso nei primi anni dopo l'intervento. Gli interventi di manutenzione sulle parti vegetali dell'opera comprendono il recupero delle fallanze, la potatura di formazione. Quelli sulle parti inerti prevedono il ripristino dei fissaggi..

Disegni e particolari costruttivi:



Schema di cordonata. Dopo lo scavo si dispongono il tondame, la ramaglia e le talee radicate come in figura.

Scheda 6.4

Canaletta drenante in legname e pietrame

Obiettivi dell'intervento:

Le canalette in legname e in pietrame a secco hanno lo scopo di regimare le acque superficiali.

Ambiti di intervento:

Pendici in frana generalmente associate a trincee drenanti.

Materiali vegetali impiegabili:

nessuno.

Altri materiali:

Pietrame di diverse dimensioni, Paletti di legname di castagno di diametro e lunghezza variabile in base dimensione della canaletta, Tavole in castagno di spessore 2,5cm, larghezza 15 ÷25cm, lunghezza 2.0÷25 m, Chiodi, Tondino di ferro a superficie migliorata, Tessuto non tessuto, Geocompositi impermeabili.

Modalità di esecuzione:

Prima della realizzazione della canaletta, si procede alla formazione della trincea drenante, come da disegno. La canaletta poggia su terreno pistonato per separare le acque di superficie da quelle emunte. La canaletta ha fondo e sponde in pietrame assemblato con tondame di castagno.

Accorgimenti costruttivi:

Particolare attenzione dovrà essere prestata alla giunzione dei pali di castagno longitudinali, tenendo sempre presente la pendenza e il rivestimento con pietrame. I picchetti di castagno vanno ben fissati nel terreno pistonato. Per la canaletta drenante è utile disporre delle brigliette rompitratta in gabbioni distanziati in funzione della pendenza di versante.

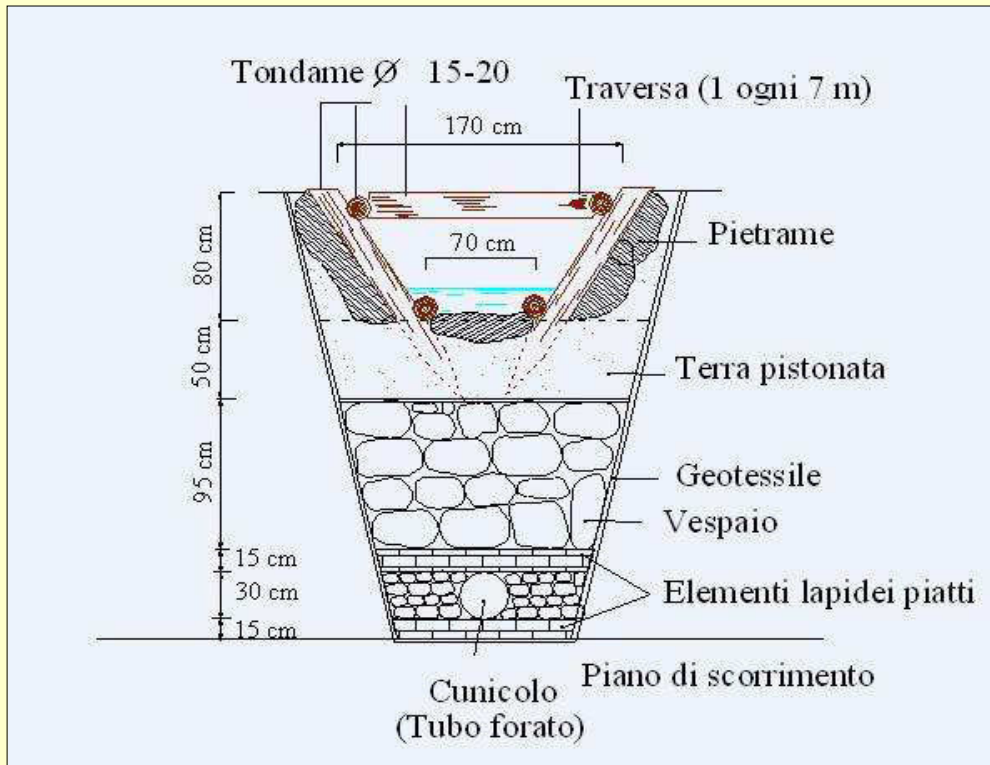
Condizioni e limiti dell'intervento:

Presenta facilità di esecuzione, leggerezza e adattabilità del manufatto.

Evoluzione e aspetti manutentivi dell'intervento:

Per quanto riguarda la manutenzione essa consiste principalmente nella sostituzione di parti danneggiate; nuovi traversi.

Disegni e particolari costruttivi:



Schema di canaletta in legname e pietrame sopra trincea drenante.

Foto:



Canaletta in legname e pietrame Comune di Tremiti (Fg) Isola di San Domino
Progetto Consorzio di Bonifica Montana del Gargano
Foto G. Russo

Scheda 6.5

Palificata viva di versante a parete semplice

Obiettivi dell'intervento:

Ha funzione di consolidamento di terreni in pendio o di sostegno di scarpate stradali.

Ambiti di intervento:

Pendici interessate da dissesto idrogeologico. Strade di servizio a mezza costa.

Materiali vegetali impiegabili:

Talee, astoni, o piantine radicate di specie idonee.

Altri materiali:

Pali di castagno o di resinose scortecciati del diametro 15 - 20 cm; pietrame, inerti, terra vegetale, chioderia.

Modalità di esecuzione:

Dopo l'apertura dello scavo, vengono disposti in basso i pali longitudinali (correnti), aventi asse parallelo alle isoipse. Ad essi si sovrappongono e fissano trasversalmente i traversi che sono appuntiti a una estremità per conficcarli nel retrostante terreno. Essi si incastellano ponendoli anteriormente sopra i correnti e incastrandoli posteriormente nel terreno *in situ*.

Sopra gli stessi si mette una seconda fila di correnti in modo da formare, alternando dal basso verso l'alto correnti e traversi, una gabbia il cui interno si riempie con il materiale dello scavo e con terreno di riporto. Man mano che si procede al riempimento graduale del manufatto vi si mettono a dimora le talee o le piantine, disposte orizzontalmente con la parte apicale sporgente dalla parete. Per dar modo alle vegetazione, dopo l'attecchimento, di svilupparsi in altezza senza essere deviata dai correnti superiori, la parete non sarà verticale. Procedendo dal basso verso l'alto l'arretramento dei correnti delle file superiori si fa uguale al loro diametro. L'altezza complessiva del manufatto è di 1,50 - 2,00 m.

Accorgimenti costruttivi:

E' buona norma ancorare al terreno la prima fila di correnti mediante profilati a doppio T, oppure pali di sostegno, disposti verticalmente con interasse di 2,00 m. Correnti e traversi vanno fissati tra di loro con dei chiodi o meglio tondini di acciaio ad aderenza migliorata, di lunghezza doppia rispetto al diametro dei pali, previa apertura col trapano di fori di ugual diametro. I traversi frontalmente vanno sfalsati a quinconce. L'estremità esterna dei traversi va profilata di sbieco con la motosega per ragioni estetiche. I correnti vanno congiunti come da disegno(vedi scheda 6.1.7). Nella zona di contatto tra correnti e traversi è opportuno praticare con la motosega una tacca come da disegno (vedi scheda 6.1.7).

Condizioni e limiti dell'intervento:

Nei versanti dove vi sono rotture di pendenza, intercalate a dispositivi di consolidamento diversi tipo grate vive o altro. Scarpate di frana, dove necessario, tra muretti a secco, canalette, ecc.

Evoluzione e aspetti manutentivi dell'intervento:

Se l'intervento è eseguito correttamente, la manutenzione dovrà riguardare la vegetazione nei primi anni, perché sarà essa ad assumere nel tempo la funzione stabilizzante della palificata dopo l'alterazione dei materiali legnosi.

Foto:



Palificata semplice - Parco nazionale del Gargano
Foto G. Russo

Scheda 6.6

Palificata viva di versante a parete doppia

Obiettivi dell'intervento:

Ha funzione di contenimento di terreni in pendio proclivi a franamento superficiale o di sostegno di scarpate stradali.

Ambiti di intervento:

Pendici interessate da dissesto idrogeologico. Strade di servizio a mezza costa.

Materiali vegetali impiegabili:

Talee, astoni, o piantine radicate di specie idonee.

Altri materiali:

Pali di castagno o di resinose scortecciati del diametro 15 - 20 cm; pietrame, inerti, terra vegetale, chioderia.

Modalità di esecuzione:

Dopo l'apertura dello scavo in contropendenza del 10%, si dispongono in basso due file di pali longitudinali (correnti), una anteriormente e l'altra posteriormente, distante generalmente 1,00 - 1,50 m dalla prima, e addossata alla parete dello scavo. A differenza della palificata a parete semplice, in questa i traversi, anziché essere appuntiti a una estremità per conficcarli nel terreno retrostante, poggiano alle due estremità sui correnti disposti come sopra. A questi si sovrappone una seconda fila di correnti in modo da formare, alternando dal basso verso l'alto correnti e traversi, una incastellatura il cui interno si riempie con il materiale dello scavo e con terreno di riporto. Man mano che si procede al riempimento graduale della gabbia vi si mettono a dimora le piantine. L'altezza complessiva del manufatto dipende dalla morfologia del terreno e dai calcoli di stabilità che possono imporre una maggiore larghezza trasversale alla base rispetto a quella indicata sopra.

Accorgimenti costruttivi:

Correnti e traversi vanno fissati tra di loro con dei chiodi o meglio tondini di acciaio ad aderenza migliorata, di lunghezza doppia rispetto al diametro dei pali, previa apertura col trapano di fori di ugual diametro. L'estremità esterna dei traversi va profilata di sbieco con la motosega per ragioni estetiche. I correnti vanno congiunti come da disegno (vedi scheda 6.1.7). Nella zona di contatto tra correnti e traversi è opportuno praticare con la motosega una tacca come da disegno (vedi scheda 6.1.7).

Condizioni e limiti dell'intervento:

Nei versanti dove vi sono rotture di pendenza, intercalate a dispositivi altri tipo grate vive ecc.. Scarpate di frana, dove necessario, tra muretti a secco, canalette, ecc.

Evoluzione e aspetti manutentivi dell'intervento:

Se l'intervento è eseguito correttamente, la manutenzione dovrà riguardare la vegetazione nei primi anni, perché sarà essa ad assumere nel tempo la funzione stabilizzante della palificata dopo l'alterazione dei materiali legnosi.

Foto:



Palificata di versante a doppia parete - Comune di Celle San Vito (Fg)
Progetto e D.L. S. Puglisi e P. La Cava
Foto M. Frisoli

Scheda 6.7

Palificata viva di versante "L'Aquila"

Obiettivi dell'intervento:

Ideata da Ing. Cornelini, ha funzione di sostegno controripa delle scarpate stradali, consentendo di ottenere continuità sommitale della cortina vegetale che con essa si forma.

Ambiti di intervento:

Strade di servizio a forte pendenza.

Materiali vegetali impiegabili:

Talee, astoni, o piantine radicate di specie idonee.

Altri materiali:

Pali di castagno o di resinose scortecciati del diametro 15 - 20 cm; pietrame, massi, inerti, terra vegetale, profilati metallici, chioderia.

Modalità di esecuzione:

Dopo l'apertura dello scavo vengono disposti alla base i correnti come nelle palificate doppie di versante. Questi scavi si fanno a settori lunghi 2,00 m e larghi 1,00 – 1,50 m e sono posti a quote sfalsate per adeguarli alla pendenza della livelleta stradale. In ognuno si mettono due file di pali longitudinali (correnti) sui quali si inchiodano i traversi di base. Successivamente, nel centro di ogni settore, dietro ai correnti anteriori orizzontali si dispongono dei pali verticali che si inclinano a 60° e si fissano in questa posizione nel modo che si dirà. Questi pali diritti (ma non verticali) frontali sono disposti a coppia. Però, mentre nella palificata "Roma" i montanti sono messi uno dietro l'altro in modo da formare un'intercapedine, dentro la quale alloggiare i correnti della parete frontale, qui sono disposti uno accanto all'altro, sul piano frontale, distanziati di 15 – 20 cm per potervi fissare in mezzo il tirante incernierato al corrente posteriore e al palo trasversale di base in modo da formare con essi un triangolo. I tiranti sporgono di 20 cm ca. dalla coppia di montanti in modo da reggere i correnti che, poggiando in tal modo sui tiranti di settori contigui aventi differente livello, risulteranno inclinati, con pendenza uguale a quella della strada. Una volta impilati, i vari ordini di correnti, soprastanti e sottostanti formeranno la parete frontale. In particolare, i correnti inferiori di secondo ordine sono fissati ai traversi di due settori contigui, aventi quote diverse, e risulteranno perciò anch'essi inclinati. Sopra ad essi si sistemano, come detto, gli altri correnti, poggiandoli e inchiodandoli su segmenti di tronchetti o cubetti di legno che poggiano sui correnti sottostanti. I correnti del primo ordine, invece, che sono orizzontali, hanno lunghezza maggiore del settore in modo da sovrapporsi ai correnti del settore accanto, come da disegno. Man mano che si procede al riempimento graduale della gabbia con il materiale dello scavo e con terreno di riporto, vi si mettono a dimora le piantine e/o talee.

Accorgimenti costruttivi:

Correnti e traversi vanno fissati tra di loro con dei chiodi o meglio tondini di acciaio ad aderenza migliorata, di lunghezza doppia rispetto al diametro dei pali, previa apertura col trapano di fori di ugual diametro. I correnti vanno congiunti come da disegno (vedi scheda 6.1.7). Nella zona di contatto tra correnti e traversi è opportuno praticare con la motosega una tacca come da disegno (vedi scheda 6.1.7). La cerniera tra tiranti e correnti posteriori si fa con barre d'acciaio filettate di diametro 14 mm con dadi e rondelle.

Condizioni e limiti dell'intervento:

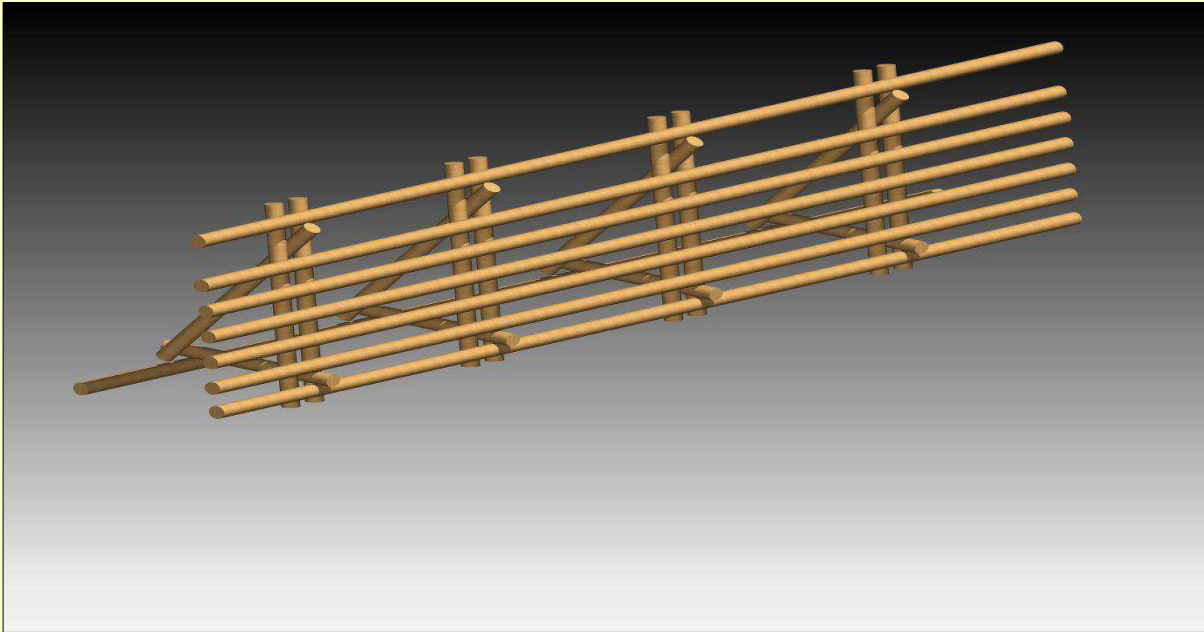
Nei versanti dove vi sono rotture di pendenza, intercalate a dispositivi altri tipo grate vive ecc.. Scarpate di frana, dove necessario, tra muretti a secco, canalette, ecc.

Evoluzione e aspetti manutentivi dell'intervento:

Se l'intervento è eseguito correttamente, la manutenzione dovrà riguardare la vegetazione nei primi anni, perché sarà essa ad assumere nel tempo la funzione stabilizzante della palificata dopo

l'alterazione dei materiali legnosi.

Disegni e particolari costruttivi:



Schema di palificata l'Aquila

Foto:



Esempi di palificata l'Aquila in costruzione

Palificata viva di versante “Latina”**Scheda 6.8****Obiettivi dell'intervento.**

Ideata da Ing. Cornellini, ha funzione di consolidamento di terreni in pendio o di sostegno di scarpate stradali.

Ambiti di intervento:

Pendici interessate da dissesto idrogeologico. Strade di servizio a mezza costa.

Materiali vegetali impiegabili:

Talee , astoni, o piantine radicate di specie idonee.

Altri materiali:

Pali di castagno o di resinose scortecciati del diametro 15 - 20 cm; pietrame, inerti, terra vegetale, chioderia.

Modalità di esecuzione:

Dopo l'apertura dello scavo, vengono disposti in basso i pali longitudinali (correnti) aventi asse parallelo alle isoipse. Ad essi si sovrappongono e fissano trasversalmente i vari ordini di traversi che, a differenza della disposizione che assumono nella palificata a parete semplice, non sono normali ai correnti né vengono conficcati nella parete retrostante dello scavo ma hanno, a gruppi di due, le estremità posteriori inchiodate a formare il vertice di un triangolo. I cassoni triangolari si alternano planimetricamente a cassoni trapezoidali che, coi precedenti, si riempiono con il materiale dello scavo e con terreno di riporto. Man mano che si procede al riempimento graduale delle gabbie vi si mettono a dimora le talee o le piantine, disposte orizzontalmente con la parte apicale sporgente dalla parete.

Accorgimenti costruttivi:

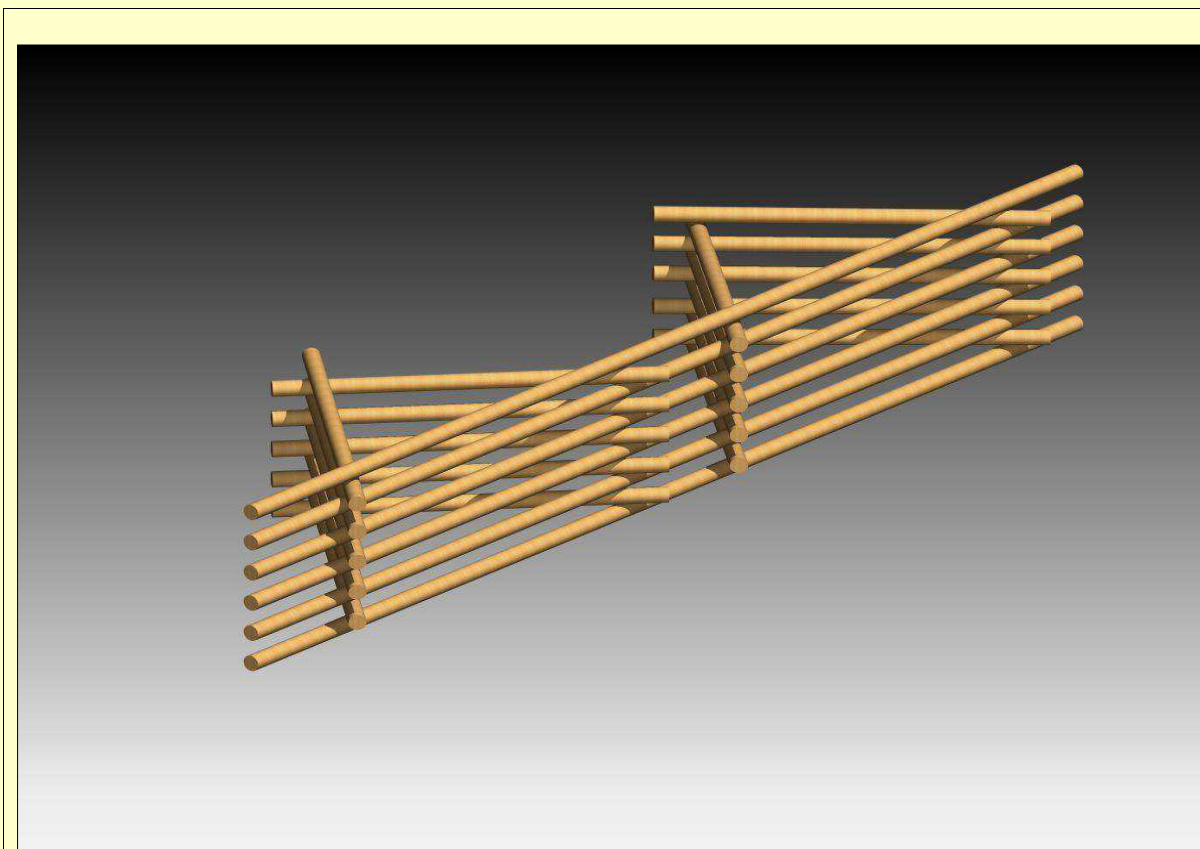
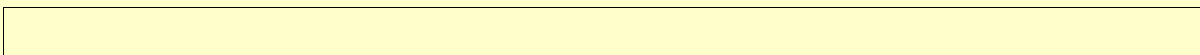
Correnti e traversi vanno fissati tra di loro con dei chiodi o meglio tondini di acciaio ad aderenza migliorata, di lunghezza doppia rispetto al diametro dei pali, previa apertura col trapano di fori di uguale diametro. L'estremità esterna dei traversi va profilata di sbieco con la motosega per ragioni estetiche. I correnti vanno congiunti come da disegno (vedi scheda 6.1.7). Nella zona di contatto tra correnti e traversi è opportuno praticare con la motosega una tacca come da disegno (vedi scheda 6.1.7).

Condizioni e limiti dell'intervento:

Nei versanti dove vi sono rotture di pendenza, intercalate a dispositivi diversi tipo grate vive o altro. Scarpate di frana, dove necessario, tra muretti a secco, canalette, ecc.

Evoluzione e aspetti manutentivi dell'intervento:

Se l'intervento è eseguito correttamente, la manutenzione dovrà riguardare la vegetazione nei primi anni, perché sarà essa ad assumere nel tempo la funzione stabilizzante della palificata dopo l'alterazione dei materiali legnosi.



Schema di palizzata Latina

Foto:



Palificata Latina in costruzione
Foto P. Cornolini

Foto:



Palificata Latina ultimata
Foto P. Cornolini

Scheda 6.9

Palificata viva di versante "Roma"

Obiettivi dell'intervento:

Ideata da Ing. Cornellini, ha funzione di contenimento di terreni in pendio o di sostegno di scarpate stradali.

Ambiti di intervento:

Pendici proclivi a dissesto idrogeologico. Strade di servizio a mezza costa.

Materiali vegetali impiegabili:

Talee, astoni, o semenzali di specie idonee.

Altri materiali:

Pali di castagno o di resinose scortecciati del diametro 15 - 20 cm; pietrame, inerti, terra vegetale, rete metallica, chioderia.

Modalità di esecuzione:

Dopo l'apertura dello scavo, vengono disposti in basso, davanti e dietro, i correnti come nella palificata a doppia parete. Su queste due file di pali longitudinali si dispongono i traversi. Esaurita questa prima fase, dietro ai correnti anteriori della prima assise si dispongono dei pali verticali. Si inclinano a 60° e si fissano in questa posizione mediante dei pali longitudinali collegati ai traversi inferiori. Dietro ad essi si sistemano degli altri montanti, con la stessa inclinazione e resi stabili da tiranti incernierati ai correnti posteriori e sporgenti rispetto al frontale. I tiranti vanno dalla prima fila di correnti posteriori alla terza assise di quelli anteriori. Questi nuovi montanti formano coppia con quelli anteriori, così da costituire una intercapedine dentro la quale si disporranno, a formare parete, cinque file o più di correnti distanziati, dal basso verso l'alto, da cubetti di legno aventi lato uguale al diametro dei pali, o segmenti di tronchetti di pari diametro. Man mano che si procede al riempimento graduale della gabbia con il materiale dello scavo e con terreno di riporto, vi si mettono a dimora talee o piantine.

Accorgimenti costruttivi:

E' buona norma disporre sui traversi della fondazione una rete metallica con maglia di 6x8 cm per farvi gravare e ripartire su di essi il carico del terreno di riporto sovrastante in modo da rendere più robusta la struttura. E' opportuno altresì ancorare al terreno la prima fila di correnti mediante profilati a doppio T, oppure pali di sostegno, disposti verticalmente con interasse di 2,00 m. Correnti e traversi vanno fissati tra di loro con dei chiodi o meglio tondini di acciaio ad aderenza migliorata, di lunghezza doppia rispetto al diametro dei pali, previa apertura col trapano di fori di ugual diametro. L'estremità esterna dei traversi va profilata di sbieco con la motosega per ragioni estetiche. I correnti vanno congiunti come da disegno (vedi scheda 6.1.7.). Nella zona di contatto tra correnti e traversi è opportuno praticare con la motosega una tacca come da disegno (vedi scheda 6.1.7.). La cerniera tra tiranti e correnti posteriori si fa con barre d'acciaio filettate di diametro 14 mm con dadi e rondelle.

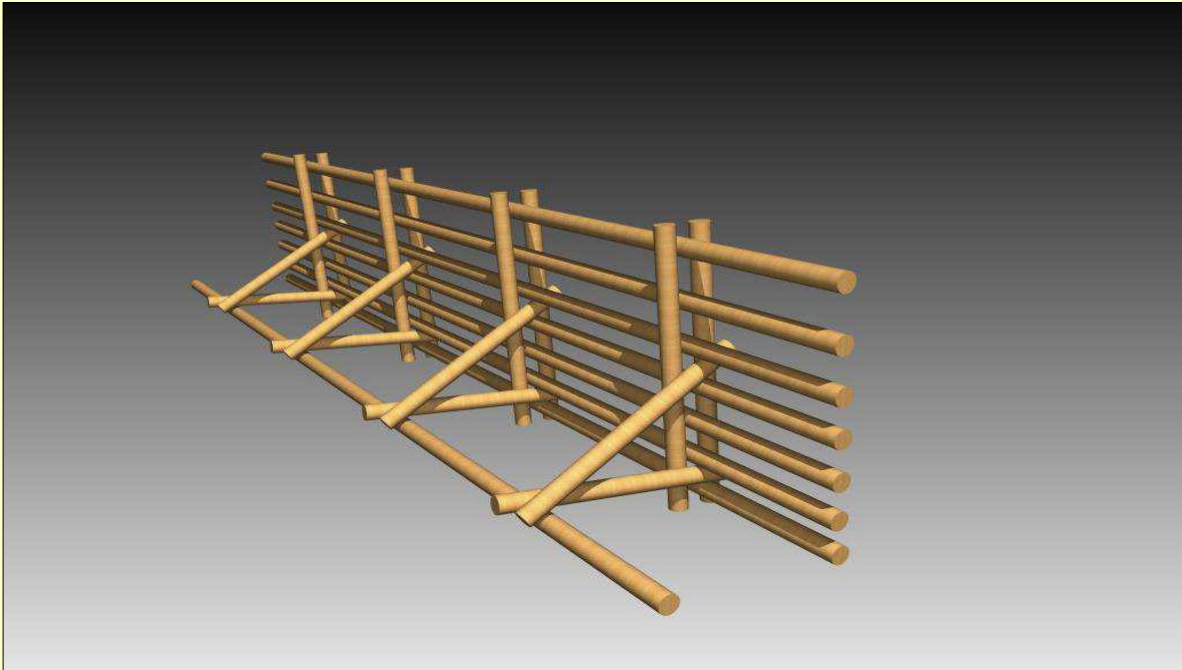
Condizioni e limiti dell'intervento:

La palificata "Roma" consente di risparmiare, rispetto alla palificata doppia parete, a parità di funzione, il 20% di legname e il 50% di chioderia. Sono da evitare i terreni in frana con sollecitazioni disformi da una sezione all'altra.

Evoluzione e aspetti manutentivi dell'intervento:

Se l'intervento è eseguito correttamente, la manutenzione dovrà riguardare la vegetazione nei primi anni, perché sarà essa ad assumere nel tempo la funzione stabilizzante della palificata dopo l'alterazione dei materiali legnosi.

Disegni e particolari costruttivi:



Schema di Palificata Roma

Foto:



Palificata Roma in costruzione
Foto P. Cornelini



Palificata Roma ultimata
Foto P. Cornelini

Palificata viva a doppia parete "Vesuvio"**Scheda 6.10****Obiettivi dell'intervento:**

Ideata dall'ing. Menegazzi Ha funzione di consolidamento dei terreni in pendio o di scarpate stradali.

Ambiti di intervento:

Pendici con dissesto idrogeologico e strade di servizio a mezza costa.

Materiali vegetali impiegabili:

Talee, astoni, o semenzali di specie idonee.

Altri materiali:

Tondame di castagno o di resinose del diametro 15 - 20 cm; pietrame, inerti, terra vegetale, chioderia.

Modalità di esecuzione:

Dopo l'apertura dello scavo vi vengono disposti alla base i correnti come nelle palificate doppie di versante. Quelli posteriori, prima di disporvi superiormente i traversi, vengono collegati a pali verticali retrostanti appuntiti, conficcati a colpi di maglio fino a rifiuto lungo la parete di scavo. Ai correnti si alternano i pali trasversali appuntiti all'estremità posteriore e conficcati nella parete dello scavo. Questi sono a loro volta collegati, l'intero gruppo di tre ordini sovrapposti, a pali verticali infissi nella fondazione come i precedenti. La palificata è superiormente conclusa da traversi più lunghi di quelli sottostanti, conficcati nel terreno a monte e collegati singolarmente a pali verticali conficcati nel terreno di fondazione come i precedenti. Man mano che si procede al riempimento graduale della gabbia con il materiale dello scavo e con terreno di riporto, vi si mettono a dimora le talee/piantine.

Accorgimenti costruttivi:

Correnti e traversi vanno fissati tra di loro con dei chiodi o meglio tondini di acciaio ad aderenza migliorata, di lunghezza doppia rispetto al diametro dei pali, previa apertura col trapano di fori di ugual diametro. I correnti vanno congiunti come da disegno (vedi scheda 6.1.7). Nella zona di contatto tra correnti e traversi è opportuno praticare con la motosega una tacca come da disegno (vedi scheda 6.1.7).

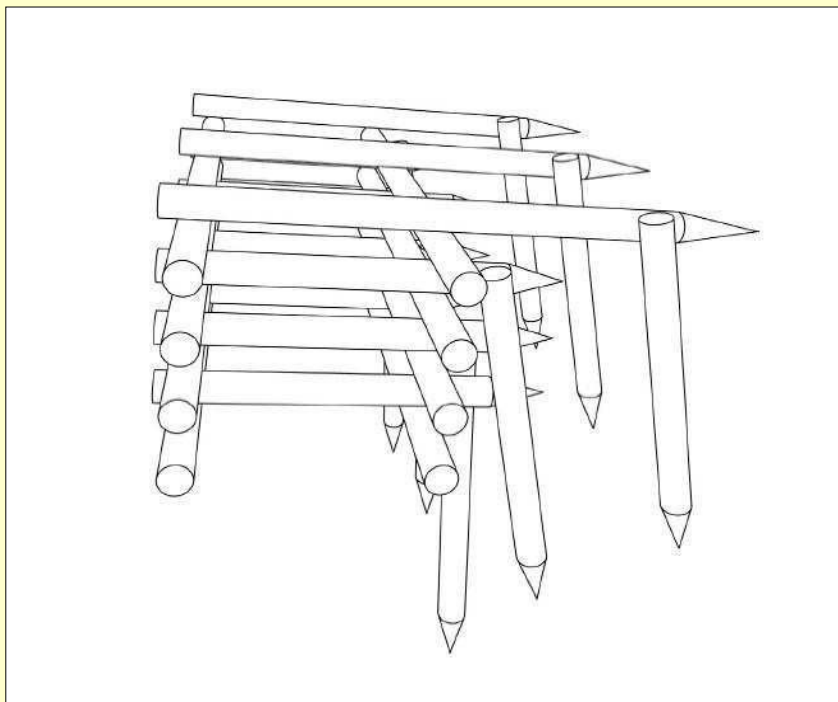
Condizioni e limiti dell'intervento:

La palificata "Vesuvio" trova impiego nelle pendici detritiche.

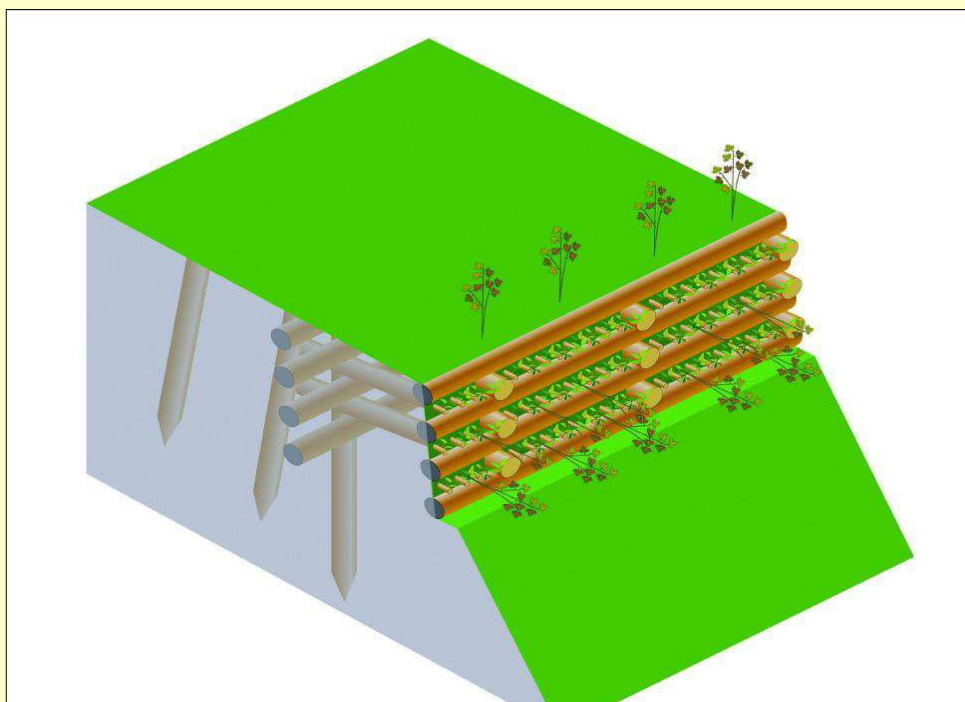
Evoluzione e aspetti manutentivi dell'intervento:

Se l'intervento è eseguito correttamente, la manutenzione dovrà riguardare la vegetazione nei primi anni, perché sarà essa ad assumere nel tempo la funzione stabilizzante della palificata dopo l'alterazione dei materiali legnosi.

Disegni e particolari costruttivi:



Disposizione dei pali della Palificata Vesuvio
Da: "Interventi di Ingegneria Naturalistica nel Parco nazionale del Vesuvio" - 2001
Ente Parco Nazionale del Vesuvio



Schema assonometrico della Palificata Vesuvio
Da: "Interventi di Ingegneria Naturalistica nel Parco nazionale del Vesuvio" - 2001
Ente Parco Nazionale del Vesuvio

Foto:



Da: "Interventi di Ingegneria Naturalistica nel Parco nazionale del Vesuvio" - 2001
Ente Parco Nazionale del Vesuvio

Scheda 6.11

Palificata viva di versante “Loricata”

Obiettivi dell'intervento:

Ideata da Ing. Cornelini con la collaborazione delle società JemmBuild e Betonform, ha funzione di sostegno controripa delle scarpate stradali, consentendo di ottenere continuità sommitale della cortina vegetale che con essa si forma.

Ambiti di intervento:

Pendici instabili e scarpate stradali.

Materiali vegetali impiegabili:

Talee, astoni, o piantine radicate di specie idonee

Altri materiali:

Pali di castagno o di resinose scortecciati del diametro 20 - 25 cm; pietrame, massi, inerti, terra vegetale, profilati metallici, chioderia

Modalità di esecuzione:

Dopo l'apertura dello scavo viene disposta alla base una struttura metallica a monoancoraggio costituita da un paramento anteriore realizzato con elementi in acciaio a forma di croce di S. Andrea con gli estremi della X collegati verticalmente da profilati metallici, su cui vanno fissati i tronchi. Dal centro della X si diparte un tirante ancorato posteriormente ad una piastra. Alla medesima sono fissate le funi di collegamento alle estremità degli elementi metallici in croce. L'intera struttura va riempita con l'inerte ricavato dallo scavo ammendato con terreno per collocarvi le talee o le piantine. Tale struttura senza pali frontali, munita di rete metallica fissata posteriormente ai profilati, può essere usata come briglia di trattenuta dei torrenti di trasporto.

Accorgimenti costruttivi:

Nel caso di difesa spondale va posta al piede della palificata una fila di massi, a contatto con l'acqua, legati con una fune di acciaio di \varnothing 16 mm e ulteriormente fissati con piloti in profilato metallico di lunghezza di 2 m, infissi nel fondo per almeno $\frac{3}{4}$ della lunghezza.

Condizioni e limiti dell'intervento:

Non vi sono particolari limitazioni.

Evoluzione e aspetti manutentivi dell'intervento:

Se l'intervento è eseguito correttamente, la manutenzione dovrà riguardare la vegetazione nei primi anni.

Foto:



Costruzione di una Palificata Loricata nel Parco tecnico-scientifico del Genio Militare a Roma
Foto P. Cornelini

SISTEMAZIONI DUNALI

7

Restauro e/o ripristino dei sistemi dunali costieri**Capitolo
7**

Per le peculiarità ecologiche delle aree costiere sabbiose, gli interventi di restauro o ripristino dei sistemi dunali dovrebbero sempre essere configurati come azioni di riqualificazione naturalistica della fascia sabbiosa, che dalla battigia si estende verso l'interno, in modo da ripristinare la normale serie di vegetazione delle coste sabbiose che dall'arenile afitoico procede verso la zona consolidata e più continentale della duna. La riqualificazione operata secondo questo criterio ecologico-naturalistico, infatti, permette di ristabilire i delicati equilibri ecologici e dinamici fra le differenti tipologie delle serie di vegetazione in quanto l'omeostasi ecosistemica della zona continentale della duna mediterranea più arretrata (es. fascia a ginepri, ma anche bassure retrodunali, etc.) dipende strettamente dalla stabilizzazione del sistema di dune embrionali e mobili, oltre che da quella della spiaggia sommersa.

Le proposte progettuali di restauro o ripristino dei sistemi dunali, per quanto detto, devono basarsi su di una attenta analisi delle componenti chimico-fisiche e biologiche, considerate sia al livello locale del singolo intervento e sia nel contesto generale dell'intera fascia sabbiosa in cui ricadono le aree di intervento. In linea generale, inoltre, tali proposte non possono prescindere dall'analisi della dinamica del litorale in cui si deve operare perchè con una certa frequenza le cause di degrado dei sistemi dunali sono legate a fenomeni più generali che determinano erosione costiera, quindi non sempre strettamente legati al solo cordone dunoso. In questi casi, interventi di restauro o ripristino dei sistemi dunali non integrati con le opportune azioni di difesa costiera possono risultare inutili o anche, nei casi peggiori, privi di successo.

Per la scelta delle tipologie di intervento sul cordone dunale devono essere considerati diversi fattori fra i quali, in maniera prioritaria, la direzione e la forza dei venti dominanti, la composizione granulometrica dei sedimenti e l'assetto fisiografico della costa sabbiosa prima dell'intervento. L'analisi di questi fattori, correlata con lo studio morfometrico di eventuali cordoni dunali più o meno ben sviluppati ed ancora presenti nelle aree costiere circostanti, può fornire nella maggior parte dei casi gli elementi utili per il dimensionamento in tutte le sue parti del sistema dunale, sia quando si ipotizzano modalità operative di ricostituzione di tipo "attivo", sia quando di tipo "passivo" e sia, ancora, "combinato". Le prime mirano a restaurare e ricostruire in tempi relativamente brevi la normale successione spaziale dei diversi aggruppamenti vegetali dei cordoni dunali e retrodunali. Le seconde, invece, sono finalizzate a favorire o ad innescare il naturale processo di formazione dei cordoni dunali e sono attuate attraverso opere di difesa passiva, in grado di attivare dinamiche tendenti alla neoformazione soprattutto di dune bianche, ma anche embrionali.

Per le componenti biologiche da considerare, lo studio della vegetazione reale e potenziale dell'ambiente sabbioso costiero costituisce la tappa fondamentale per la scelta delle specie e soprattutto delle tipologie vegetazionali da utilizzare per il restauro delle comunità psammofile o per il ripristino della copertura vegetale sulle dune di neoformazione e negli avvallamenti interdunali e retrodunali. Infatti, l'analisi delle correlazioni esistenti tra fattori ecologici (biotici, abiotici e merobiotici) e distribuzione degli aggruppamenti vegetali nello specifico territorio permette di scegliere le specie da utilizzare, di individuare le comunità vegetali da ricostituire e di definirne in maniera puntuale la

distribuzione spaziale.

Gli interventi di sistemazione ed il restauro/ripristino vegetazionale della costa sabbiosa, finalizzati alla ricostituzione o a favorire oppure ancora ad innescare la normale successione spaziale dei diversi aggruppamenti vegetali, dovrebbero sempre essere progettati a partire da una certa distanza dalla linea di battigia. La scelta di questa distanza deve essere fatta sia tenendo conto dei fattori a determinante geomorfologica (onde, maree, correnti costiere, vento, apporti sedimentari) e sia sulla scorta di considerazioni di carattere ecologico riguardanti soprattutto i popolamenti vegetali, ma che tengano conto anche delle presenze faunistiche. La fascia sabbiosa così individuata, ossia che partendo dalla linea di battigia si estende per una determinata distanza verso l'entroterra, interessa nello specifico la zona afitoica intertidale più prossima al mare e quella immediatamente successiva. Per questa fascia la progettazione dovrebbe prevedere di lasciare inalterato lo stato di fatto anche in modo da permettere lo sviluppo spontaneo di comunità spiccatamente pioniere dell'alleanza *Euphorbion peplis* Tüxen 1950 (Syn. *Cakilion maritimae* Pignatti 1953), che raggruppa diverse associazioni tra cui la più comune in Puglia è *Salsolo kali-Cakiletum maritimae* Costa e Manzanet 1981 nom. mut. propos. in Rivas-Martínez *et al.* 2002. Queste comunità sono caratterizzate da entità terofitiche alo-nitrofile che si sviluppano sulle spiagge sabbiose ricche di detriti organici e che da un anno all'altro tendono a spostarsi topograficamente ma che, comunque, presentano carattere permanente.

Solo a monte di quest'ultima fascia è possibile ipotizzare interventi di sistemazione finalizzati al restauro o al ripristino dei sistemi dunali. In particolare, in quest'area posta a monte della fascia destinata a comunità dell'*Euphorbion peplis* Tüxen 1950, gli interventi da realizzare devono ripristinare o favorire o, ancora, innescare la costituzione di una fascia di dune embrionali e di una a dune mobili, disposte in successione spaziale spostandosi dal lato mare verso l'entroterra.

Le dune embrionali devono essere stabilizzate da una vegetazione a carattere tipicamente pioniera, ma questa volta perennante, in Puglia generalmente rappresentata da un agropireto. Questo tipo di vegetazione deve essere previsto dove le onde del mare non riescono ad arrivare se non nel caso di mareggiate eccezionali e dove la salinità della sabbia, rispetto alla fascia che la precede, cala bruscamente perché è sufficiente una breve pioggia a solubilizzare in pochissimo tempo il cloruro di sodio presente. L'inizio di questa tipologia di vegetazione deve essere previsto dove le quote del terreno generalmente sono superiori a 200-300 cm dal livello medio del mare, e ciò per evitare che la risalita capillare dell'acqua salata, di una certa consistenza soprattutto in presenza di sabbia fine, possa determinare una eccessiva presenza di sali ed in particolare di cloruro di sodio che, ad elevate concentrazioni, risultano fatali per questo tipo di vegetazione. A queste fitocenosi, pertanto, deve essere destinata una fascia dalle caratteristiche ecologiche intermedie fra quella delle comunità terofitiche maggiormente pioniere e quella degli aggruppamenti delle dune mobili a relativa maggiore stabilità ecologica. Per il restauro o il ripristino di questo tipo di vegetazione, nella maggior parte dei casi dovrà essere utilizzata la gramigna delle spiagge (*Elymus farctus* (Viv.) Runemark ex Melderis subsp. *farctus*) a cui associare, a seconda dei casi, *Sporobolus virginicus* Kunth, *Cyperus capitatus* Vand., *Eryngium maritimum* L., *Calystegia soldanella* (L.) Roem. & Schult. ed *Echinophora spinosa* L., tutte specie tipiche degli agropireti o sporoboleti tra cui il più frequente in Puglia è *Cypero capitati-*

Agropyretum juncei Kühnholtz ex Br.-Bl. 1933. Questa fascia di vegetazione costituisce un elemento essenziale per l'avvio del processo di evoluzione della spiaggia, in quanto è caratterizzata da specie ad elevata capacità stolonifera o con radici a sviluppo orizzontale che sono in grado di determinare un certo primo consolidamento delle sabbie.

La successiva fascia a dune mobili, costituita a seconda dei casi da uno o più cordoni dunali, dovrà essere stabilizzata da un ammoreto. Questa fitocenosi a dominanza di *Ammophila arenaria* (L.) Link subsp. *australis* (Mabille) Laínz svolge il ruolo principale nella fissazione della sabbia e nella formazione delle dune. Infatti, *Ammophila arenaria* (L.) Link subsp. *australis* (Mabille) Laínz è in grado di creare barriere naturali con i suoi sviluppatissimi cespi di foglie basali, barriere che bloccano buona parte della sabbia della battigia che sollevata dal vento è sospinta verso l'interno. I folti cespi che si rinnovano continuamente verso l'alto determinano un innalzamento dei cumuli arenacei anche nella misura di alcuni decimetri l'anno. Questo processo, che si innesca prevalentemente grazie alla presenza di questa entità, continua fin quando non viene raggiunta una situazione di equilibrio nella quale le azioni costruttrice ed erosiva del vento finiscono per bilanciarsi. Per la costituzione dell'ammoretto bisogna prevedere l'utilizzo, oltre che di *Ammophila arenaria* (L.) Link subsp. *australis* (Mabille) Laínz, che ne determina dinamicamente l'evoluzione e fisionomicamente l'aspetto, anche di altre specie tra cui le principali sono costituite, a seconda dei casi, da *Medicago marina* L., *Echinophora spinosa* L., *Eryngium maritimum* L., *Pancratium maritimum* L., *Euphorbia paralias* L., *Matthiola sinuata* (L.) R. Br., *Otanthus maritimus* (L.) Hoffmanns. & Link subsp. *maritimus* e *Lotus creticus* L., ricostituendo in questo modo comunità dell'associazione *Medicagini marinae-Ammophiletum australis* Br.-Bl. 1921 corr. F. Prieto & T.E. Díaz 1991. La costituzione di cordoni di dune mobili, inoltre, determina le condizioni sia per un miglior sviluppo della fascia di vegetazione retrodunale non umida, quando presente, e sia per un minor surriscaldamento delle depressioni retrodunali umide e non eventualmente presenti.

Quando la profondità della fascia sabbiosa da restaurare e/o ricostituire permette la costituzione di almeno due cordoni di dune bianche, nella o nelle depressioni interdunali non umide che si determinano fra i cordoni di dune mobili, le condizioni ecologiche generalmente non sono più idonee allo sviluppo di un ammoreto ma favorevoli per lo sviluppo di altre comunità che, caso per caso, devono essere localmente individuate.

Nelle aree retrodunali che si vengono a determinare verso monte dei cordoni di dune mobili con gli interventi di ripristino, le quote del suolo devono tendere gradualmente ad abbassarsi, così come avverrebbe in condizioni di naturalità, in modo da avvicinarsi sempre più alla falda freatica. In questo modo, con l'abbassarsi delle quote del rilievo, l'influenza della falda freatica diventa sempre più marcata, anche determinando in alcuni periodi dell'anno impaludamenti temporanei. In questo caso il retroduna oltre che sabbioso diventa anche tipicamente umido. In questo diverso ambiente la vegetazione definita in precedenza non è in grado di svilupparsi e si determinano le condizioni per l'instaurarsi di una vegetazione igrofila, di norma leggermente alofila e riferibile in Puglia per lo più all'ordine *Juncetalia maritimi* Br.-Bl. ex Horvatic 1934.

Se queste condizioni morfo-topografiche non sono già preesistenti, bisognerebbe quando possibile favorirle anche con opportuni rimodellamenti del corpo dunale, non solo perchè i retroduna umidi

alofili o subalofili sono il risultato della dinamica evolutiva naturale del cordone dunale, ma anche perchè si tratta di *habitat* dalle peculiarissime caratteristiche ecologiche. L'importanza di questi ultimi ambienti, così come di quelli della spiaggia, della duna embrionale e mobile, è stata riconosciuta a più riprese dalla legislazione nazionale ed internazionale in materia di conservazione, come ad esempio in anni più recenti dalla Direttiva 92/43CEE "*Habitat*". Per questi motivi le proposte progettuali, quando possibile ed ecologicamente sostenibile, dovrebbero prevedere anche il ripristino di un alternarsi di aree a vegetazione alo-igrofila di suoli sabbiosi con aree eventualmente occupate anche da stagni retrodunali.

Il materiale vegetale da utilizzare per la ricostituzione o restauro di tutte le tipologie di vegetazione del corpo dunale (duna, interduna, retroduna) dovrà di norma essere raccolto *in loco* od in aree limitrofe a quelle di intervento, selezionato e, nel caso di piantagione, eventualmente riprodotto ed accresciuto prima dell'impianto. L'acquisto sul mercato di tale materiale, infatti, nella maggior parte dei casi non garantisce l'uso di genotipi locali e, quindi, non permette di scongiurare fenomeni di inquinamento genetico che inevitabilmente si instaurano quando si permette la ricombinazione all'interno del pool genico di una specie.

Le indicazioni fornite sono finalizzate al raggiungimento di una serie di obiettivi sia generali che particolari, in linea con i dettami più recenti della *Restoration ecology*. Infatti, gli interventi di restauro o ripristino dei sistemi dunali, configurati come azioni di riqualificazione naturalistica della fascia sabbiosa che seguono le linee evolutive naturali risultanti dall'analisi delle successioni sindinamiche degli aggruppamenti che formano la vegetazione reale, consentono di ricreare ambienti dalle spiccate caratteristiche di naturalità. Inoltre, l'utilizzo di numerose specie vegetali, scelte tra quelle già presenti nella fascia costiera circostante le aree di intervento e che assumono un particolare significato sociologico per le comunità da edificare, garantisce una notevole biodiversità necessaria per l'omeostasi dei futuri ecosistemi. Ed infine, le scelte progettuali a carattere naturalistico e le conseguenti tecniche di ingegneria naturalistica da adottare permettono di ricostituire biotopi dotati di autonomia di sviluppo, in quanto in equilibrio con i fattori ecologici, ed in grado di autoregolarsi ed autorigenerarsi senza la necessità di interventi futuri.

Nelle schede che seguono sono riportate le principali tecniche di base che possono essere utilizzate per risolvere diverse problematiche che con frequenza si riscontrano negli ambienti dunali pugliesi. Queste tecniche sono utilizzabili da sole o combinate tra di loro e consentono di effettuare il restauro o il ripristino dei sistemi dunali costieri seguendo i criteri ecologico-naturalistici prima evidenziati. Tuttavia, non costituiscono le uniche soluzioni sicuramente proponibili nelle aree costiere sabbiose, in quanto altre tecniche, pur se non ancora consolidate nella pratica corrente, sono negli ultimi anni in via di sperimentazione.

Ricostituzione dune bianche**Scheda 7.1****Obiettivi dell'intervento:**

Ripristino di tipo attivo di cordoni dunali mobili dove disturbi antropici e/o eventi naturali ne hanno provocato la distruzione. Tipologia di intervento finalizzata alla ricostituzione della naturale serie di vegetazione delle coste sabbiose, anche con l'obiettivo della protezione della zona continentale della duna più arretrata ed in generale di quella retrodunale.

Ambiti di intervento:

Coste sabbiose con assenza di dune mobili o con cordoni dunali interrotti o variamente alterati.

Materiali vegetali impiegabili:

Semi, cespi e rizomi di specie erbacee psammofile idonee.

Altri materiali:

- materiale sabbioso di riporto
- biorete in fibre di cocco (ma anche di juta), a maglia larga e fibra grossolana con peso non inferiore a 250 g/mq (meglio se > 400 g/mq)
- paletti in legno di castagno (d = 6 ÷ 8 cm; h = 50 -70 cm);

Modalità di esecuzione:

Prima di procedere alla costituzione dei cordoni dunali veri e propri con materiale di riporto, sull'intera area di intervento deve essere recuperato tutto il materiale vegetale presente sino ad una profondità di circa 70-80 cm rimuovendo e setacciando la sabbia. Questo materiale, costituito da radici, rizomi, etc., deve poi essere sottoposto a stoccaggio temporaneo con opportune tecniche di conservazione. Questa operazione consente di recuperare molto materiale vegetale che, una volta classificato, può essere successivamente reimpiegato. Successivamente, deve essere asportato uno strato di sabbia sino ad una profondità di 80-100 cm e temporaneamente stoccato (figura 1). Successivamente, nelle aree di scavo, viene riportato e modellato materiale sabbioso di riporto a costituire l'ossatura del corpo duna. Questa, poi, viene ricoperta con la sabbia precedentemente stoccata, che rappresenta il substrato idoneo per far vegetare le diverse essenze psammofile da impiegare. Per fermare il movimento della sabbia prima che la vegetazione incominci la sua opera di fissazione, viene posta in opera una biorete biodegradabile in fibre di cocco o anche di juta, ancorandola con paletti di castagno (1 per mq) (figura 2). A completamento dell'opera si esegue la messa a dimora delle diverse essenze vegetali, da attuare sia con l'impianto di rizomi e cespi (previa esecuzione di piccoli tagli a croce della biorete) e sia con semina a spaglio o anche con idrosemina, da effettuare, rispettivamente, prima della posa in opera della biorete o successivamente (figura 3).

Accorgimenti costruttivi:

Particolare attenzione deve essere posta al dimensionamento in tutte le sue parti del sistema dunale. Per il buon esito dell'intervento, inoltre, è fondamentale la posa in opera della biorete per la sua duplice azione, fisica e biologica. La prima di protezione della sabbia dall'azione eolica, la seconda di garantire, in un primo periodo, un minor disseccamento del substrato sabbioso grazie al diverso potenziale matriciale di questo materiale rispetto a quello della sabbia, e, successivamente al suo disfaccimento, di migliorare la struttura del substrato funzionando da ammendante.

Altri accorgimenti consistono in:

corretto stoccaggio di radici e rizomi per mantenerne la vitalità; sovrapposizione dei teli contigui di biorete di almeno 10 cm con picchetti o, in alternativa, cucitura in posto dei lembi contigui di biorete con riduzione del numero di paletti; interrimento delle estremità della biorete, sia verso mare che verso monte, e adeguato fissaggio con picchetti; perimetrazione con staccionata dell'area di intervento per evitarne il calpestio e posizionamento di eventuale bacheca informativa.

Condizioni e limiti dell'intervento:

Il maggior limite, anche in termini di costi, è costituito dalla possibilità di reperimento del materiale sabbioso di riporto che andrà a costituire l'ossatura del corpo duna.

Evoluzione e aspetti manutentivi dell'intervento:

La vegetazione psammofila colonizza piuttosto rapidamente i cordoni dunali ed inizia il consolidamento della duna prima della degradazione della biorete. Normalmente non richiede interventi successivi di manutenzione.

Disegni e particolari costruttivi:

Figura 1 - Primo step: recupero di tutto il materiale vegetale presente nella fascia dove verrà realizzato il sistema dunale. La sabbia asportata dovrà essere setacciata e temporaneamente stoccata. Il materiale vegetale, costituito da radici, rizomi, ecc. dovrà anch'esso essere temporaneamente stoccato.

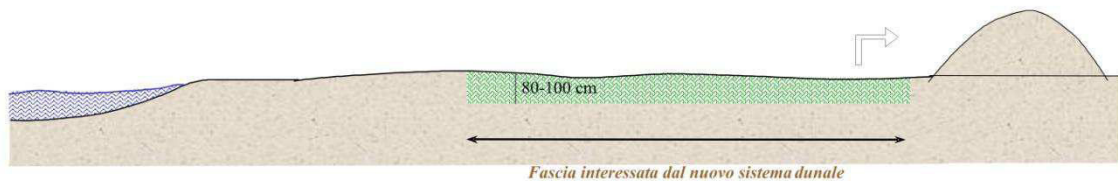


Figura 2 - Secondo step: Modellamento fisico del sistema dunale con materiale sabbioso di riporto e copertura con la sabbia proveniente dallo scavo relativo al primo step. Il sistema dunale potrà essere costituito da uno o più cordoni di dune di altezza differente e separati da un'interduna

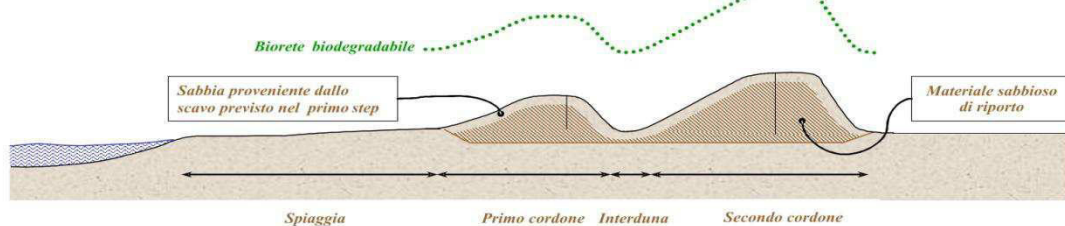
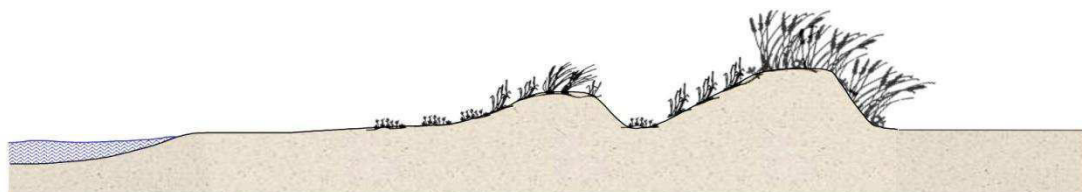


Figura 3 - Terzo step: messa a dimora delle diverse essenze vegetali psammofile



Sezioni di ricostituzione dunale

Foto



Ricostituzione dunale in fase di realizzazione, anno 2008
Località Riserva Naturale Orientata "Bosco Pantano di Policoro", Comune di Policoro (MT)
Realizzazione CODRA Mediterranea
Foto L. Forte



Intervento a 2 anni dalla realizzazione
Località Riserva Naturale Orientata "Bosco Pantano di Policoro", Comune di Policoro (MT)
Realizzazione CODRA Mediterranea
Foto L. Forte

Scheda 7.2

Barriera basale in viminata

Obiettivi dell'intervento:

La barriera basale in viminata è un tipo di opera in legno che si adopera principalmente per la protezione del piede della duna. Questo tipo di opera è in grado di rispondere, generalmente, in modo "elastico" all'energia del moto ondoso e svolgere un'azione efficace sia di smorzamento delle onde e sia di frangivento producendo la deposizione della sabbia. La posa in opera di questo manufatto, inoltre, crea la possibilità di trattenere frazioni organiche depositate dalle mareggiate favorendo così la vegetazione psammofila pioniera. Per queste caratteristiche, il ruolo svolto è funzionale al contempo sia alla protezione che al consolidamento del piede dunale o anche della porzione sommitale della spiaggia.

Ambiti di intervento:

Spiege ed dune, anche mobili, interessate da fenomeni di erosione con scalzamento al piede.

Materiali vegetali impiegabili:

Materiali morti (vedi altri materiali).

Altri materiali:

Palaria di castagno (d = 10 ÷ 12 cm; h = 220 ÷ 240 cm)
Verghe di castagno o di orniello (d = 3 ÷ 5 cm; l = 300 ÷ 350cm)
Filo di ferro, chiodi e tirafondi.

Modalità di esecuzione:

Si realizza uno scavo di trincea di circa 1 metro di profondità, 1.5 ÷ 2.0 metri di larghezza in cui si infiggono i pali tutori e quelli di controventatura intervallati ad una distanza di circa 1.5 metri, a cui segue il fissaggio con tirafondi. Quindi si realizza la viminata mediante l'intreccio delle verghe, il fissaggio e il serraggio degli elementi di intreccio con chiodi e filo di ferro. Si conclude con il riempimento della trincea con sabbia.

Accorgimenti costruttivi:

Essendo un'opera realizzata in ambiente particolarmente critico, spesso prossimo alla linea di riva, va posta particolare attenzione alla qualità del legname e alla corretta modalità esecutiva con interrimento del 50 ÷ 60 % della barriera e adeguata inclinazione della stessa. In presenza di forti scalzamenti al piede del cordone dunale, prima della posa in opera della barriera basale in viminata, sono necessari livellamenti di raccordo tra la porzione basale e quella apicale del cordone dunale.

Condizioni e limiti dell'intervento:

La durata dell'opera è limitata soprattutto in caso di eventi meteomarinari particolarmente critici o comunque quando, nel medio termine (approssimativamente oltre i 2 anni), i meccanismi di deposito non risultino prevalere su quelli erosivi.

Evoluzione e aspetti manutentivi dell'intervento:

In condizioni favorevoli, nel giro di 1 o 2 anni, prima del deterioramento definitivo della struttura, si assiste al seppellimento della stessa, con la creazione di un deposito antedunale rapidamente stabilizzato dalla vegetazione psammofila.

Nel caso in cui il deposito di sabbia attorno alla barriera sia basso, sono consigliate periodiche manutenzioni (controllo delle chiodature, sostituzione di parti danneggiate).

Schermi frangivento a scacchiera

Scheda 7.3

Obiettivi dell'intervento:

Gli schermi frangivento, realizzati con materiale permeabile al vento e disposti a scacchiera, hanno l'obiettivo di favorire la deposizione delle sabbie grazie alla riduzione dell'energia cinetica di trasporto e la conseguente creazione di un deposito dunale. Questi schermi, ancorché realizzati con materiale fragile, sono comunque in grado di "armare" il deposito grazie al fitto telaio costituito da materiale per la maggior parte biodegradabile. La vegetazione grazie ad essi trova condizioni favorevoli al proprio sviluppo evolvendo e provvedendo progressivamente all'accrescimento ed alla stabilizzazione del deposito stesso. Questi schermi frangivento, poi, oltre alla iniziale protezione meccanica diretta, determinano un'azione positiva sulla vegetazione legata al trattenimento di materiale vegetale trasportato dal vento, in grado di arricchire in sostanza organica la sabbia dunale, e ancor di più alla condensazione ed al trattenimento dell'umidità atmosferica (piogge occulte), che in ambiente dunale costiero rappresenta un elemento ecologico di particolare portata fitologica.

Ambiti di intervento:

Molto utile ogni qual volta è necessario innescare fenomeni di *trapping*, soprattutto nel caso di dune embrionali o anche sui dossi delle spiagge, questa tipologia di manufatto può essere vantaggiosamente applicata anche nei depositi dunali interessati da differenti forme d'erosione (eolica, da calpestio, da ruscellamento, ecc.) e da scarsa copertura vegetale in grado di trattenere efficacemente le sabbie di trasporto eolico.

Materiali vegetali impiegabili:

solo materiali morti (vedi altri materiali).

Altri materiali:

Stuoie di canne legate da filo di ferro o stuoie di canne pretessute (h = 100 -120 cm)
Paleria di castagno (d = 6 ÷ 8 cm; h = 100 -120 cm)
Filo di ferro

Evoluzione e aspetti manutentivi dell'intervento:

Grazie all'azione di *trapping* e di prima stabilizzazione della duna, l'evoluzione successiva è legata all'azione di accrescimento e di stabilizzazione del deposito dunale svolto dalle piante psammofile (origine "organogena" delle dune costiere). Nel caso di utilizzo del manufatto a protezione di dune consolidate degradate l'evoluzione è legata al ritmo di accrescimento delle specie arbustive e può quindi richiedere locali interventi di ripristino della continuità degli schermi.

Modalità di esecuzione:

Si posizionano i pali di castagno ai vertici di quadrilateri, delle dimensioni di circa 1,5 ÷ 2,0 metri di lato. I pali vengono infissi per una profondità pari a circa 50 cm. Quindi si realizza un di piccolo solco lungo il perimetro del quadrilatero e si stende, tra i pali, il filo di ferro in doppio ordine (a 20 cm dal p.c. ed altrettanti dalla sommità). Si posizionano le stuoie di canne con circa il 50% dell'altezza totale interrata e si fissano al filo di armatura mediante legatura con filo di ferro, concludendo con la sistemazione della sabbia lungo il perimetro dei quadrilateri.

Accorgimenti costruttivi:

Particolare cura dovrà essere posta nel completamento di punti critici quali i vertici dei quadrilateri e le porzioni terminali degli schermi al fine di evitare punti di concentrazione dell'energia eolica. In tal senso anche i tratti frontali degli schermi che si sviluppano con continuità per lunghezze superiori ai 2 metri dovranno essere interrotti da setti ortogonali (deflettori). Gli schermi frangivento dovranno sempre risultare permeabili al vento in modo da ridurre l'energia di trasporto, favorire la deposizione del sedimento ed evitare meccanismi di concentrazione del fluido e conseguente innesco di erosioni.

Condizioni e limiti dell'intervento:

Le strutture descritte devono essere posizionate a quota superiore al limite delle onde di tempesta. Un elemento critico è quello della presenza di filo metallico di armatura e legatura, limitatamente

degradabile, che nel caso di mancato seppellimento dell'opera o di sua demolizione permane in superficie. Una possibile soluzione (almeno nell'intelaiatura) risiede nell'uso di cordami in materiale vegetale (stuoie di canne pretessute), tuttavia di scarsa durabilità, o meglio ancora di pertiche trasversali.

Evoluzione e aspetti manutentivi dell'intervento:

Grazie all'azione di *trapping* e di prima stabilizzazione della duna, l'evoluzione successiva è legata all'azione di accrescimento e di stabilizzazione del deposito dunale svolto dalle piante psammofile (origine "organogena" delle dune costiere). Nel caso di utilizzo del manufatto a protezione di dune consolidate degradate l'evoluzione è legata al ritmo di accrescimento delle specie arbustive e può quindi richiedere locali interventi di ripristino della continuità degli schermi.

Foto



Schermi frangivento a scacchiera in fase di realizzazione.
Località Riserva Naturale Orientata "Bosco Pantano di Policoro", Comune di Matera (MT)
Foto L. Forte



Intervento a 2 anni dalla realizzazione. E' evidente l'innescò nella ricostituzione di una duna embrionale grazie all'efficace azione di *trapping* svolta dallo schermo frangivento a scacchiera, oramai quasi completamente sepolto dalla sabbia di nuova deposizione.
Località Riserva Naturale Orientata "Bosco Pantano di Policoro", Comune di Matera (MT)
Foto L. Forte.

ACCORGIMENTI PER L'IMPIEGO DI MATERIALI VIVI

8

Idrosemina

Scheda 8.1

Obiettivo dell'intervento:

Si applica per inerbire più rapidamente pendii e versanti per contrastare l'erosione superficiale.

Ambiti di intervento:

Quando necessita un intervento di rapido inerbimento dei pendii e versanti..

Materiali vegetali impiegabili:

Miscuglio di sementi di specie idonee.

Altri materiali:

- Idrosemiatrice;
- acqua, concimi, ammendanti, collanti e fitoregolatori con percentuale variabile da caso a caso;
- biorete di juta.

Modalità di esecuzione:

Eventuale riprofilatura del versante e stesura di biorete in juta. Irrorazione della miscela di acqua, concimi, ammendanti, collanti e fitoregolatori, sulle superfici da rinverdire. La miscela viene spruzzata ad alta pressione con spessore variabile e in più passaggi, aspettando che quello precedente si sia asciugato, tutto ciò in base al tipo di superficie.

Accorgimenti costruttivi:

E' necessario effettuare preliminarmente un'analisi stazionale che consenta di valutare la composizione percentuale e il tipo di miscuglio di sementi da utilizzare. La miscela avrà una percentuale dei componenti variabile, da caso a caso.

Condizioni e limiti dell'intervento:

L'idrosemina non è idonea su pareti rocciose compatte. Tecnica da applicare in primavera e autunno.

Evoluzione e manutenzione:

L'utilizzo di un adeguato miscuglio di sementi consentirà un rapido inerbimento della superficie interessata.

Foto



Inerbimento di scarpata
Foto M. Frisoli

Messa a dimora di talee

Scheda 8.2

Obiettivo dell'intervento:

Rivegetazione e stabilizzazione di superfici spondali e scarpate, anche a completamento di altre tecniche di Ingegneria naturalistica.

Ambiti di intervento:

Sponde di corsi d'acqua e scarpate in condizioni pedoclimatiche di sufficiente umidità ed esposizione non soleggiata.

Materiali vegetali impiegabili:

Talee di specie idonee.

Altri materiali:

Cavicchio in ferro e/o barra ad aderenza migliorata a T,

Modalità di esecuzione:

Prelievo di rami di specie ad elevata capacità di propagazione vegetativa, in siti vicini all'area di intervento, di Ø 2÷5cm, e loro stoccaggio in acqua per alcuni giorni. Taglio delle talee, di cm. 20-50 di lunghezza, avendo cura di mantenere una gemma nelle vicinanze delle due estremità. Le talee andranno conficcate nel terreno quasi completamente, lasciando fuori terra 1 o 2 gemme, secondo il verso di crescita delle piante.

Accorgimenti costruttivi:

L'intervento va effettuato in fase di ripresa vegetativa, appena prima dell'apertura delle gemme.

Condizioni e limiti dell'intervento:

Le condizioni limite sono quelle pedoclimatiche in relazione alle specie impiegate. Nelle difese spondali occorre verificare le tensioni di trascinarsi dovute all'azione dell'acqua e al trasporto solido.

Evoluzione e manutenzione:

L'inserimento e l'attecchimento delle talee, nel tempo aumentano la stabilità del versante o della sponda.

Foto



Esempi di talee: a) Frassino, b) Olmo, c) Salice da vimine, d) Pioppo cipressino, e) Pioppo bianco, f) Ginestra dei carbonai, g) Alaterno
Foto M. Frisoli.



Talee di Salici nella prima stagione vegetativa
Foto M. Frisoli.



Talee con l'estremità maggiore in acqua per stoccaggio in cantiere
Foto M. Frisoli.

Scheda 8.3

Messa a dimora di piantine

Obiettivo dell'intervento:

Rivegetazione e stabilizzazione di superfici spondali, scarpate, anche a completamento di altre tecniche di ingegneria naturalistica.

Ambiti di intervento:

Superfici a bassa pendenza con presenza di suolo organico.

Materiali vegetali impiegabili:

Piantine a radice nuda, in fitocella o contenitore (2s1t) di specie idonee.

Altri materiali:

Eventuali pali tutori, dischi pacciamanti, cilindro in rete di protezione dagli animali.

Modalità di esecuzione:

Apertura di buche nel terreno e messa a dimora della piantina, con l'apporto, se necessario, di terreno vegetale, concimi e ammendanti. Dopo il riempimento della buca costipamento del terreno e, se necessario, posa di disco pacciamante e cilindro in rete di protezione dagli animali.

Accorgimenti costruttivi:

Se si utilizzano piantine a radice nuda, in fase di messa a dimora, evitare la prolungata esposizione all'aria delle radici. Se le piantine sono più alte di 1 metro, si consiglia la posa di un palo tutore, disposto sempre sopravento. Si consiglia di intervenire sempre durante il periodo di riposo vegetativo.

Condizioni e limiti dell'intervento:

Le condizioni limite sono quelle pedoclimatiche in relazione alle specie impiegate. Nelle difese spondali occorre verificare le tensioni di trascinamento dovute all'azione dell'acqua e al trasporto solido.

Evoluzione e manutenzione:

L'attecchimento delle piantine, nel tempo aumentano la stabilità del versante o della sponda. Sono consigliabili irrigazioni di soccorso nei primi anni.

Foto



Piantine in contenitore
Foto M. Frisoli.



Rete di protezione con tutori per la protezione dalla fauna selvatica
Foto M. Frisoli.

RECUPERO CAVE

9

Aspetti tecnici generali per il recupero delle cave dismesse

Il recupero delle aree di cava dismesse costituisce un altro importante settore di attività nel quale possono essere utilmente impiegate le tecniche di Ingegneria Naturalistica. Esso si impone sia per garantire condizioni di sicurezza accettabili nel sito e nei suoi immediati dintorni, sia per attuare il ripristino, per quanto possibile, degli equilibri alterati in termini di paesaggio, di condizioni morfologiche ed idrogeologiche, di habitat e comunità floro-faunistiche. Un'altra motivazione dell'intervento di recupero è la razionale riutilizzazione dell'area che, a seconda del contesto socio-culturale ed ambientale, può essere destinata alla fruizione pubblica (altre attività produttive, sportive e di tempo libero in generale ecc.).

Normativa regionale di riferimento

Il principale documento di riferimento è il **P.R.A.E. (Piano Regionale Attività Estrattive) adottato con Delibera di Giunta Regionale n. 2112 del 10/11/2009 e approvato con D.G.R. n. 445 del 23/02/2010**. Il Piano prevede come programmare e favorire il recupero ambientale e paesaggistico delle aree abbandonate o dismesse, fatta salva la messa in sicurezza dei siti dopo la cessazione dell'attività estrattiva, al quale si rimanda per la classificazione delle aree e nomenclatura delle procedure.

Indirizzi tecnici per la rivegetazione delle aree di cava

Il quadro tecnico-normativo regionale, pur prevedendo il recupero ambientale e le varie possibilità di riuso delle cave dismesse, non fa alcun riferimento alle tecniche di ingegneria naturalistica necessarie. A tal fine, nelle schede tecniche comprese nel presente lavoro, vi sono tutte le tipologie adatte alla bisogna tra le quali scegliere in base alla geolitologia, morfologia (inclinazione, ecc.), ambiente microclimatico delle aree interessate.

In dipendenza della geomorfologia dei luoghi, le tipologie di cava presenti in Puglia possono essere classificate secondo il seguente schema:

- a) Cave di pianura e/o fluviali, inserite in un contesto morfologico-paesaggistico pianeggiante e, quindi, poco visibili dal territorio circostante, o ricavate su terrazzi alluvionali in prossimità di letti di fiumi ed inserite, quindi, in un contesto morfologico-paesaggistico di fondo valle, non sempre visibili dal territorio circostante.
- b) Cave di collina e di montagna, ubicate quasi sempre "a mezza costa" in un contesto morfologico-paesaggistico collinare o montuoso e, quindi, caratterizzate da un accentuato impatto paesaggistico per la loro visibilità dal territorio circostante;

Cave di pianura

Le escavazioni in pianura sfruttano giacimenti di origine alluvionale (ghiaie, sabbie, argille, etc, e, in Puglia, anche di inerti calcarei o di roccia da taglio) con morfologie di scavo a fossa che possono o meno interessare le falde acquifere sottostanti.

Si individuano le tipologie di recupero di seguito descritte

A) Tipologie di recupero di cave in falda

Le escavazioni in pianura di una certa profondità mettono spesso a nudo la falda freatica creando degli specchi d'acqua che si prestano a vari tipi di recupero/riutilizzo quali:

- laghetti per la pesca sportiva con veri e propri campi gara molto diffusi, ormai, in tutta la penisola italiana;
- laghetti di uso fruitivo anche con funzioni di balneazione estiva, relativamente frequenti nel centro Europa, scarsamente proponibili nell'Italia meridionale;
- recupero di tipo prettamente naturalistico con ricostruzione di ecosistemi palustri in cui le morfologie di abbandono devono prevedere una fascia riparia a bassa pendenza (in genere max 1:10), indispensabile per ricostruire gli elementi della idroserie della vegetazione palustre.
- Questo tipo di recupero consente, spesso, anche una fruizione didattica o turistica dell'area.

B) Tipologie di recupero di cave sopra falda

Si intendono le cave a fossa, molto diffuse in pianura, che interessano normalmente profondità non superiori ai 20 m dal piano campagna. Il recupero di tali morfologie può essere:

1) recupero di tipo naturalistico legato al rispetto di alcune condizioni:

- non interessamento della falda freatica (fondo cava almeno di 2 m superiore al livello di massima escursione dello specchio di falda);
- pendenza delle scarpate non superiore ai 32° (meglio se di 25°);
- morfologia finale delle scarpate a fronte unico anche se la morfologia di scavo prevedeva i gradoni;
- recupero del terreno agrario di scotico e sua stesura per lotti successivi sulle scarpate e sul fondo cava;
- rivegetazione mediante semine e messa a dimora di arbusti ed alberi autoctoni;
- eventuale impiego di tecniche stabilizzanti (gradonate, viminate vive, palizzate) sulle scarpate.

Questo tipo di recupero consente anche una fruizione turistico-ricreativa delle aree rivegetate.

2) recupero di tipo agricolo o misto agricolo-naturalistico.

Le cave a fossa si prestano anche al riutilizzo quali depositi di inerti di scarto e quindi ad un loro parziale o totale ritombamento e successivo recupero di tipo agricolo o misto.

Cave di collina o di montagna

Le cosiddette "cave di monte" (dette anche cave in roccia o di versante) costituiscono in Italia una delle grosse problematiche territoriali e di impatto ambientale-paesaggistico con migliaia di cave attive in Italia. In Puglia, in particolare, la natura prevalentemente calcarea della roccia madre su quasi tutto il territorio regionale, ha favorito la diffusione di tale tipologia di attività estrattiva.

Molti sono i fattori che hanno determinato la distribuzione pressoché su tutto il territorio nazionale ed in particolar modo in Puglia di queste gravi "ferite" paesaggistiche:

- la prevalente morfologia montano-collinare del territorio;
- la vasta disponibilità dei giacimenti di inerti calcarei (i più richiesti dall'edilizia) nelle zone pedemontane, e la loro ubicazione in prossimità dei centri abitati o lungo i principali assi

stradali di fondovalle;

- la disponibilità di tecnologie estrattive che consentono grandi operazioni di scavo in tempi brevi.

Le possibilità di recupero degli ambiti di cave di versante a fine coltivazione sono varie, ma principalmente:

recupero e riutilizzo di tipo urbanistico sia industriale che edilizio-fruitivo e abitativo;

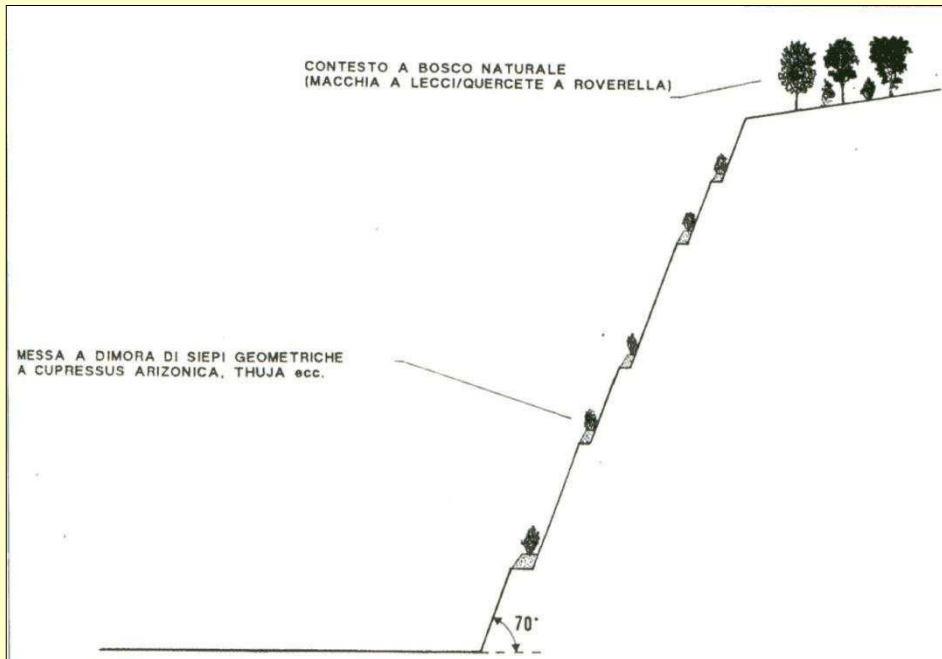
dd) ripristino di condizioni naturalistiche e paesaggistiche mediante interventi morfologici e di rivegetazione.

Le tecniche variano anche a seconda che vi siano possibilità di ampliamento dell'area di cava per modificare la pendenza dei versanti o che in fase di esercizio si siano rispettate le prescrizioni del piano di coltivazione.

Il recupero delle "cave di monte" è quello che più di altri richiede interventi stabilizzanti sia per mettere in sicurezza i "fronti" sia per consentire l'attecchimento ed il successivo sviluppo della vegetazione.

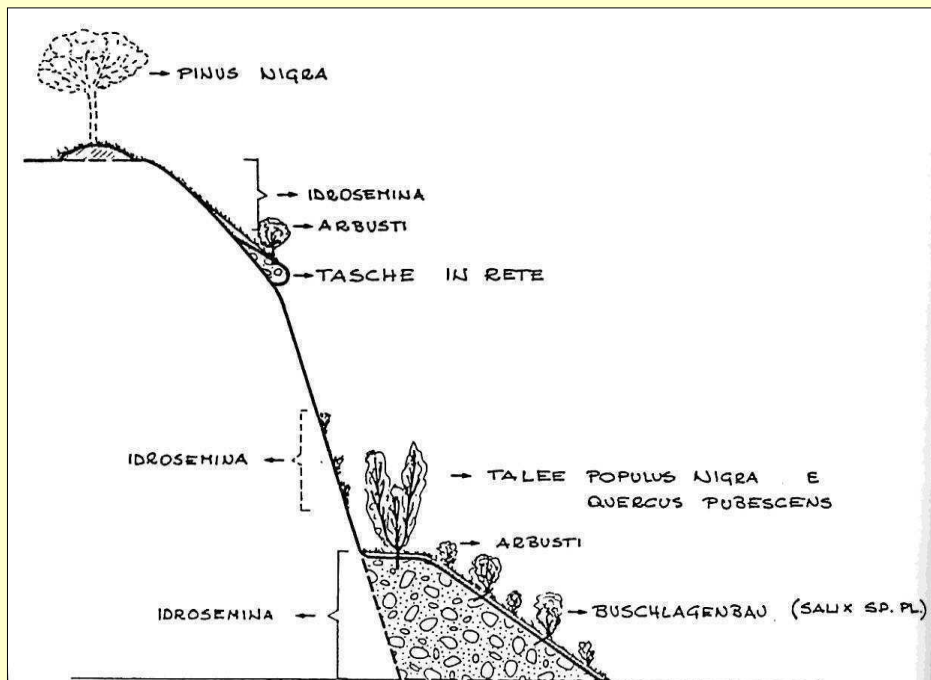
Nella figura che segue sono schematizzate solo alcune delle innumerevoli tipologie che possono capitare nelle cave presenti in Puglia.

Disegni e particolari costruttivi:



Rivegetazione di cava in roccia coltivata a gradoni

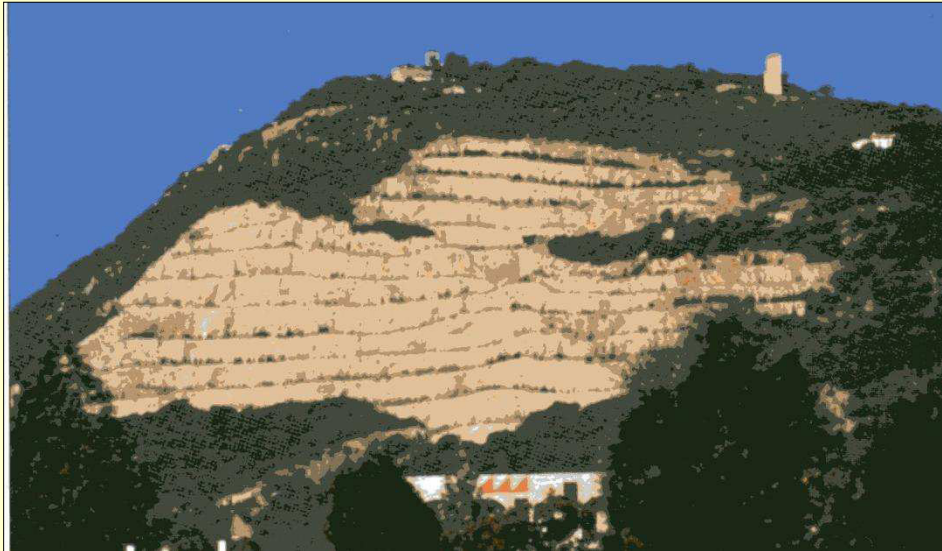
Da: G. Sauli, Interventi di rivegetazione o.c.,



Rivegetazione di cava in roccia coltivata a scarpata unica

Da: G. Sauli, Interventi di rivegetazione o.c.,

Foto:



Rivegetazione di cava in roccia coltivata a gradoni

Da: S. Puglisi (ed.), Progettazione aree verdi o.c.

BIBLIOGRAFIA

Bibliografia

Introduzione

Anselmo V., 2008, L'Ingegneria naturalistica nella pratica professionale, in "Le Sistemazioni idraulico-forestali con tecniche di Ingegneria naturalistica", Quaderni di Idronomia Montana n. 28/3, pp.151-200, Editoriale Bios, Cosenza.

Gray D.H. & Leiser A.T., 1982, Biotechnical slope protection and erosion control, p.271, Krieger Publishing Company, Malabar Florida.

Gray D.H. & Sotir R.B., 1996, Biotechnical and soil bioengineering slope stabilization. A practical guide for erosion control, p. 378, John Wiley & Sons, Inc., New York.

Kirwald E., 1964, Gewässerpflge, p.167, BLV Verlagsgesellschaft, Wien.

Ministero dell'Ambiente e Tutela del Territorio e Ministero dell'Economia e Finanze, 2005, Manuale di indirizzo delle scelte progettuali per interventi di ingegneria naturalistica, p. 389, PODIS (Progetto Operativo Difesa Suolo)

Patt H., Jürging P. & Kraus W., 1998, Naturnaher Wasserbau. Entwicklung und Gestaltung von Fließgewässern, p.358, Springer, Berlin.

Prückner R., 1965, Die technik der Lebendverbauung, p.200, Österreichischer Agrarverlag, Wien.

Puglisi S., 1999, Il controllo dell'erosione di versante con le tecniche dell'ingegneria naturalistica, in "Sistemazione dei corsi d'acqua. Metodi avanzati nella progettazione di interventi di ingegneria naturalistica" (a cura di U.Maione, A. Brath, P. Mignosa), pp. 211- 226, Atti Corso di aggiornamento Politecnico di Milano, Editoriale Bios, Cosenza.

Puglisi S. (a cura di), 2004, Progettazione di aree verdi e ingegneria naturalistica in ambiente mediterraneo, p.330, Editoriale Bios, Cosenza.

Puglisi S., 2008, Appunti in margine alla riunione sulle Sistemazioni idraulico-forestali e l'Ingegneria naturalistica, in "Le Sistemazioni idraulico-forestali con tecniche di Ingegneria naturalistica", Quaderni di Idronomia Montana n. 28/3, pp.9-31, Editoriale Bios, Cosenza.

Schiechtl H.M., s.d., Bioingegneria forestale. Basi-Materiali da costruzione vivi-Metodi, p.263, Regione del Veneto. Assessorato Agricoltura e Foreste. Dipartimento Foreste, Edizioni Castaldi. Feltre.

Inquadramento territoriale

Azzaroli A., Valduga A., 1967, Note illustrative della carta geologica d'Italia. Foglio 177 e Foglio 178 "Bari" e "Altamura". Serv. Geol. d'It., Roma.

Baldace L., 1904, Carta geologica d'Italia: Foglio 202 - "Taranto", Firenze.

Canavari M., Cortese E., 1883, Rilevamento geologico del Gargano, "Proc. Verb. Soc. Tosc. Sc. Nat.", col. IV, 24 pp., Pisa

Cappa G., De matteis G., 1962, Osservazioni speleologiche del Gargano sud occidentale (Puglia), "Atti Soc. Ital. Sc. Nat." vol CI, fasc. III-IV, pp. 207-236, 4 figg., Milano

Checchia Rispoli G., 1904, Osservazioni geologiche lungo la valle del Fortore in Capitanata. "Boll.

Soc. Geol. It." vol. 23, fasc.2, Roma

Checchia Rispoli G., 1912, Osservazioni geologiche sull'Appennino della Capitanata, parte I, "Giorn. di Sc. Nat. ed Econ.", vol.29, Palermo

Checchia Rispoli G., 1928, Carta geologica d'Italia – F. 157 1:100.000 (Monte S. Angelo), "R. Uff. Geol. Ital.", Roma

Checchia Rispoli G., 1941, Osservazioni geologiche sull'Appennino pugliese, "R. Acc. d'It.", "Mem. Cl. Sc. Fis. Mat. Nat." Vol. 13 Roma

Cortese E., 1885, Appunti geologici sulla terra di Bari. "Boll. R. Com. Geol. It.", vol. XVI, Roma

Cotecchia V., Magri G. 1967, Gli spostamenti delle linee di costa quaternarie del Mar Ionio fra Capo Spulico e Taranto, "Geol. Appl. Idrogeol.", v. 2 (estr.), 27 pp., 4 tav., 12 fig., Bari

De Giorgi C., 1922, Descrizione geologica e idrografica della provincia di Lecce. Voll. in 4° di 263 pp., 13 tav., Lecce

Martinis B., 1962, Lineamenti strutturali della parte meridionale della Penisola Salentina. Geol. Romana, vol. 1, pp. 11-23, 5 fig., 2 tav., Roma.

Virgilio F., 1900, Geomorfologia della provincia di Bari. Trani

Criteri di scelta delle specie vegetali

BIONDI E. & BLASI C., 2004. Dinamismo e serie di vegetazione. In: Blasi C., Bovio G., Corona P., Marchetti M., Maturani A. (eds.), Incendi e complessità ecosistemica. Dalla pianificazione forestale al recupero ambientale. Palombi & Partner Srl, Roma.

BIONDI E. & BLASI C. (eds.), 2009. Manuale Italiano di Interpretazione degli Habitat della Direttiva 92/43/CEE. SBI, MATTM, (consultabile on-line sul sito: <http://vnr.unipg.it/habitat>).

BLASI C., BOITANI L., LA POSTA S., MANES F. & MARCHETTI M. (a cura di), 2005. Stato della biodiversità in Italia. Contributo alla Strategia Nazionale per la biodiversità. Palombi Editori, Roma.

BRAUN-BLANQUET J., 1932. Plant sociology. Mc. Graw-Hill.

CELESTI-GRAPOW L., PRETTO F., CARLI E. & BLASI C. (eds.), 2010. Flora vascolare alloctona e invasiva delle regioni d'Italia. Casa Editrice Università La Sapienza, Roma.

CONTI F., MANZI A. & PEDROTTI F., 1992. Libro Rosso delle Piante d'Italia. Ministero dell'Ambiente, WWF Italia.

CONTI F., MANZI A. & PEDROTTI F., 1997. Liste Rosse Regionali delle Piante d'Italia. WWF Italia. Società Botanica Italiana. Università di Camerino. Camerino.

CORNELINI P., 1992. Problematiche ed esempi concreti relativi all'uso delle specie autoctone negli interventi di ripristino in ambito ferroviario. Verde Ambiente, suppl. n.6: 22-29.

CORNELINI P. & SAULI G., 2005. Manuale di indirizzo delle scelte progettuali per interventi di ingegneria Naturalistica. Ministero dell'Ambiente, PODIS. Poligrafico dello Stato.

CORNELINI P., FEDERICO C., PIRRERA G., 2009. Arbusti autoctoni mediterranei per l'ingegneria naturalistica. Primo contributo alla morfometria degli apparati radicali. Azienda Foreste Demaniali Regione Siciliana.

ERCOLE S., MASSIMILIANO BIANCO P., BLASI C., COPIZ R., CORNELINI P. & ZAVATTERO L., 2010. Analisi e progettazione botanica per gli interventi di mitigazione degli impatti delle infrastrutture

lineari. Manuali e linee guida, ISPRA.

EUROPEAN COMMISSION DG ENVIRONMENT, 2007. Interpretation manual of European Union habitats (version EUR27). European Commission DG Environment, Brussels, pp.127.

GÉHU J.M., 2006. Dictionnaire de sociologie et synécologie végétales. Fédération Internationale de Phytosociologie. J. Cramer - Berlin-Stuttgart.

GÉHU J.M. & RIVAS-MARTÍNEZ S., 1981. Notions fondamentales de Phytosociologie. Berichte der Internationalen Symposien der Internationalen Vereinigung für Vegetationskunde. Syntaxonomie: 5-33. Vaduz Ed.

GIACANELLI V., 2005. L'importanza dell'approccio fitosociologico nel risanamento ambientale. In: Onori L., Di Noi A., Siniscalco C. (eds.), La rinaturalizzazione e il risanamento dell'ambiente per la conservazione della Biodiversità. Rapporti APAT 63/2005.

IUCN, 1994. IUCN Red List categories and criteria: version 3.1. IUCN Species Survival Commission. IUCN Gland Switzerland and Cambridge, U.K.

IUCN, 2000. Guidelines for the prevention of biodiversity loss caused by alien invasive species. Prepared by the IUCN/SCC Invasive Species Specialist Group (ISSG) and approved by the 51 Meeting of the IUCN Council. IUCN, Gland, Switzerland.

PERROW M.R. & DAVY A.J. (EDS.), 2002. Handbook of ecological restoration. Vol. 2: Restoration in practice. Cambridge University Press, Cambridge UK.

PIGNATTI S., 1995. Flora. In: Pignatti S. (ed.), Ecologia Vegetale. UTET, Torino.

PIGNATTI S., 1995. Vegetazione. In: Pignatti S. (ed.), Ecologia Vegetale. UTET, Torino.

PIGNATTI S., ELLENBERG H. & PIETROSANTI S., 1996. Ecograms for phytosociological tables based on Ellenberg's Zeigerwerte. Annali di Botanica (Roma), 54: 5-14.

PIGNATTI S., MENEGONI P. & PIETROSANTI S., 2005. Valori di biondificazione delle piante vascolari della Flora d'Italia. Braun-Blanquetia, 39: 3-97.

PIROLA A., 1970. Elementi di fitosociologia. Coop. Libreria Univ., Bologna.

RIVAS-MARTÍNEZ S., 1987. Nociones sobre Fitosociología, Biogeografía y Bioclimatología. In Peinado Lorca M., Rivas-Martínez S. (ed.), La vegetación de España, pp. 19-46, Serv. de Publ. de la Univ. De Alcalá de Henares.

SCHIECHTL H.M., 1992. I salici nell'uso pratico. Edizioni Arca, Gardolo (TN).

SCOPPOLA A. & SPAMPINATO G. (a cura di), 2005. Atlante delle specie a rischio di estinzione. Ministero dell'Ambiente e della tutela del Territorio, Direzione per la Protezione della Natura (CD). Allegato al volume Blasi C., Boitani L., La Posta S., Manes F., Marchetti M. (a cura di), Stato della biodiversità in Italia. Contributo alla Strategia Nazionale per la biodiversità. Palombi Editori.

Fenomeni erosivi e franosi

Carrara A., D'Elia B. & Semenza E., 1982, Classificazione e nomenclatura dei fenomeni franosi, Geologia applicata e Idrogeologia, vol. XX, .pp. 223-243

Del Prete M., Puglisi S. & Trisorio Liuzzi G., 1985, Analisi critica dei risultati di una sistemazione idraulico-forestale presso Tursi (MT), Rivista Italiana di Geotecnica, a.XVI n.3, pp. 157-167, Edizioni Scientifiche Italiane, Napoli.

Bagarello V., Ferro V., 2006, Erosione e conservazione del suolo. McGraw-Hill, pp. 536.

Gentile F., Trisorio Liuzzi G., 1996. Analisi del processo evolutivo dell'erosione gully con riferimento a un caso di studio. Atti delle Giornate di studio su: Sviluppi recenti delle ricerche sull'erosione e sul suo controllo, Valenzano, Bari, 17-18 febbraio 1994, in Quaderni di Idronomia Montana, n.15, 83-97.

Gentile F., Puglisi S., Trisorio Liuzzi G., 1996, Il controllo dell'erosione gully. Atti delle Giornate di studio su: Sviluppi recenti delle ricerche sull'erosione e sul suo controllo, Valenzano, Bari, 17-18 febbraio 1994, in Quaderni di Idronomia Montana, n.15, 329-354.

Interventi antierosivi

Bagarello V., Ferro V., 2006, Erosione e conservazione del suolo. McGraw-Hill, pp. 536.

Gentile F., Trisorio Liuzzi G., 1996. Analisi del processo evolutivo dell'erosione gully con riferimento a un caso di studio. Atti delle Giornate di studio su: Sviluppi recenti delle ricerche sull'erosione e sul suo controllo, Valenzano, Bari, 17-18 febbraio 1994, in Quaderni di Idronomia Montana, n.15, 83-97.

Gentile F., Puglisi S., Trisorio Liuzzi G., 1996, Il controllo dell'erosione gully. Atti delle Giornate di studio su: Sviluppi recenti delle ricerche sull'erosione e sul suo controllo, Valenzano, Bari, 17-18 febbraio 1994, in Quaderni di Idronomia Montana, n.15, 329-354.

Interventi in alveo

D'AGOSTINO V., CERATO M., DA RE F., LENZI M.A. (1997). La sistemazione idraulica dei torrenti con briglie in massi. *Dendronatura*, 18, n. 2, 39-51.

FERRO V. (2006). La sistemazione dei bacini idrografici. II ed. McGraw-Hill, pp. 848.

FERRO V., DALLA FONTANA G., PAGLIARA S., PUGLISI S., SCOTTON P. (2004). Opere di sistemazione idraulico-forestale a basso impatto ambientale. McGraw-Hill, pp. 413.

GENTILE F., PUGLISI S., ATTANASIO C. (2002) Valutazione dell'efficienza a lungo termine di opere a basso impatto ambientale impiegate nella sistemazione idraulico-forestale del Fosso Scarciolla a Timmari (Matera). *Quaderni di Idronomia Montana*, n. 18, 101-118.

Kirwald E., 1964, *Gewässerpflege*, p.167, BLV Verlagsgesellschaft, Wien.

Nardini A., Sansoni G. (curatori) e collaboratori, *La riqualificazione fluviale in Italia. Linee guida, strumenti ed esperienze per gestire i corsi d'acqua e il territorio*, p. 832, Collezione CIRF, Mazzanti Editori, Venezia

Patt H., Jürging P. & Kraus W., 1998, *Naturnaher Wasserbau. Entwicklung und Gestaltung von Fließgewässern*, p.358, Springer, Berlin.

Prückner R., 1965, *Die technik der Lebendverbauung*, p.200, Österreichischer Agrarverlag, Wien.

PUGLISI S., GENTILE F. (1999) La sistemazione idraulico-forestale e la conseguente rinaturazione del fosso Andrisani a Timmari (Matera). *Monti e Boschi*, n. 5,

40-50. Schiechl H.M., s.d., *Bioingegneria forestale. Basi-Materiali da costruzione vivi-Metodi*, p.263, Regione del Veneto. Assessorato Agricoltura e Foreste. Dipartimento Foreste, Edizioni Castaldi. Feltre.

Stabilizzazione dei versanti

Bifulco C. (a cura di), 2001, Interventi di ingegneria naturalistica nel Parco Nazionale del Vesuvio, Ente Parco nazionale del Vesuvio, San Sebastiano la Vesuvio (Napoli), p. 192 + XVI

GENTILE F., PUGLISI S., ZACCONE C. (2004) Un esempio di sistemazione a basso impatto ambientale di un'area in frana in Italia Meridionale. Atti del 10o Congresso Int. "Interpraevent 2004", Riva del Garda, 24-28 maggio 2004, vol. 2, 161-172.

Gray D.H. & Sotir R.B., 1996, Biotechnical and soil bioengineering slope stabilization. A practical guide for erosion control, p. 378, John Wiley & Sons, Inc., New York.

Puglisi S. (a cura di), 2004, Progettazione di aree verdi e ingegneria naturalistica in ambiente mediterraneo, p.330, Editoriale Bios, Cosenza.

Schiechl H.M., s.d., Bioingegneria forestale. Basi-Materiali da costruzione vivi-Metodi, p.263, Regione del Veneto. Assessorato Agricoltura e Foreste. Dipartimento Foreste, Edizioni Castaldi. Feltre

Sistemazioni dunali

AA.VV., 2000. Restauracion de las dunas litorales de la Devesa de la Albufera de Valencia. Ajuntament de Valencia & Devesa de l'Albufera.

AA.VV., 2002. Conservació de áreas con flora amenazada en la isla de Menorca. Projecte LIFE natura Consell Insular de Menorca - Illes Balears - Espanya - (pubblicazione online <http://lifeflora.cime.es>).

AA.VV., 2002. Dune e spiagge sabbiose - Quaderni Habitat n. 4, Min. dell'Ambiente e della Tutela del territorio - Museo Friulano di Storia Naturale, Udine.

AA.VV., 2004. A guide to coastal erosion management practices in Europe: lessons learned. Progetto EuroSION "Coastal erosion - Evaluation of the needs for action", National Institute of Coastal and Marine Management of the Netherlands, Directorate General Environment European Commission.

AA.VV., 2006. Lo stato dei litorali italiani. Gruppo Nazionale per la Ricerca sull'ambiente Costiero, Studi Costieri, n. 10/2006.

AGENC, 1994. Restauration de Dunes a faible dynamique edificatrice en Corse. Agence pour la Gestion des Espaces Naturels de Corse Bastia.

Barbour M., 1977. Management of beach and dune vegetation. Sea Grant Publication, Davis, California, pp 27-29, 41-43.

Biondi E. & Andreucci F., 1991. Le piante della duna. Verde Ambiente, 3: 22-31.

Biondi E., 1999. Diversità fitocenotica degli ambienti costieri italiani. In Bon M., Sburlino G., Zuccarello V. (a cura di), Aspetti ecologici e naturalistici dei sistemi lagunari e costieri. Atti XIII Convegno G. Gadio. Suppl. Boll. Museo Civ. Sc. Nat. di Venezia, 49 (1998): 39-105, Arsenale ed.

Bovina G., 2004. Restauro e conservazione delle dune costiere. Professione geologo. Rivista dell'Ordine dei Geologi del Lazio.

Bovina G., Callori di Vignale C. & Amodio M., 2003. L'approccio dell'ingegneria naturalistica nella conservazione degli ambienti dunali. In : Manuale di Ingegneria Naturalistica vol. 2, Regione Lazio, Ass. Ambiente.

Brullo S., Giusso Del Galdo G., Siracusa G. & Spampinato G., 2001. Considerazioni fitogeografiche

sulla vegetazione psammofila dei litorali italiani. *Biogeographia*, vol. XXII *Biogeografia degli ambienti costieri italiani*.

Conti F., Abbate G., Alessandrini A. & Blasi C. (Eds.), 2005. An annotated checklist of the Italian vascular flora. Palombi & Partner, Roma. 420 pp.

Converio F., 2003. Il restauro ambientale e della duna in un'area costiera antropizzata: Focene (Roma). Studio preliminare, Tesi di Laurea, Relatore Prof.ssa A. M. Testi, Università degli Studi "La Sapienza", Roma.

De Lillis M., 1997. Gestione delle dune sabbiose in Europa: qualche esperienza dal Nord-Europa al Mediterraneo. In "Atti del 1° Congresso Conservazione e biodiversità nella progettazione ambientale, Perugia 28-30 nov. 1996", IAED International Association for Environmental Design

Doody, J. P., 2008. Sand Dune Inventory of Europe, 2nd Edition. National Coastal Consultants and EUCC - The Coastal Union, in association with the IGU Coastal Commission.

EUCC 1991. Sand Dune Inventory of Europe. Editor: J. P. Doody. Publ.: JNCC (UK) and EUCC.

EUCC 1998. Coastal Dunes, Management, Protection and Research. Editor: C.H. Ovesen. Report from a European Seminar, Skagen, Denmark, 1997. Publ: National Forest and Nature Agency, Geological Survey of Denmark and Greenland.

Feagin R.A., 2005. Artificial dunes created to protect property on Galveston Island, Texas: the lesson learned. *Ecol. Restor.* 23: 89-94.

Forte L. & Lapresa A., 1997. Le dune dell'arco ionico. Un modello di ricostituzione di un biotopo dotato di autonomia di sviluppo. *Verde Ambiente*, 4-5: 81-84.

Gehu J.M. et al., 1984. Essai synsystematique et syncorologiques sur les vegetations littorales italiennes dans un but conservatoire. 1 - Dunes et vases salées. *Doc. Phytosoc.*, n.s., 8: 393-474.

Gehu J.M., Scoppola A., Caniglia G., Marchiori S. & Gehu-Franck J., 1984. Le systèmes végétaux de la cote nord-adriatique italienne, leur originalité a l'échelle européenne. *Doc. Phytosoc.*, 8 : 485-558.

Greipsson S., 2002. Coastal dunes. In: Perrow M.R. & Davy A.J. (eds.) *Handbook of ecological restoration*. Vol. 2: *Restoration in practice*. Cambridge University Press, Cambridge UK.

Greipsson S., 2011. *Restoration ecology*. Jones & Bartlett Learning, London.

ISPRA, 2009. Il ripristino degli ecosistemi marino-costieri e la difesa delle coste sabbiose nelle Aree protette. *Rapporti 100/2009*.

Lux H., 1995. Le dune costiere, un ambiente in crescente pericolo: possibilità e tecniche di rinaturazione. In: *Tecniche di rinaturazione e di ingegneria naturalistica*. A cura di G. Sauli & S. Siben, Pàtron Editore, Bologna.

McLachlan A., 1992. The exchange of materials between dune and beach system. *Coastal Dunes: geomorphology, Ecology and Management for Conservation*. Edited by Carter, Curtis & Sheehy-Skeffington.

Pignatti S., 1982. *Flora d'Italia*. Voll. 3. Edagricole, Bologna.

Psuty N. P., 1988. Sediment budget and dune/beach interaction. *Journal of Coastal Research*, n. 3, Summer 1988, CERF (Editor).

Puglisi S. (a cura di), 2004. *Progettazione di aree verdi e ingegneria naturalistica in ambiente*

mediterraneo. Editoriale Bios, Castrolibero (Cosenza), pp. 330.

Puglisi S., 2007. Il consolidamento delle dune costiere mediante vegetazione: dai lavori di difesa della ferrovia Palermo-Trapani alle tecniche attuali. Facoltà di Agraria, Università degli Studi di Palermo.

Rivas-Martínez et al., 2002. Vascular plant communities of Spain and Portugal. Addenda to the syntaxonomical checklist of 2001. *Itinera Geobotanica*, 15.

Salman A.H.P.M. & Strating K.M., 1992. European coastal dunes and their decline since 1900. European Union for Coastal Conservation (EUCC), Leiden (NL).

Van der Berghen C., 1964. La végétation terrestre du littoral de l'Europe occidentale. *Les Naturalistes Belges*.

Recupero cave

Gisotti G., *Le cave. Recupero e pianificazione ambientale. Manuale per la gestione sostenibile delle attività estrattive*, 2008, p.428, Dario Flaccovio Editore, Palermo.

Muzzi E. & Rossi G., *Il recupero e la riqualificazione ambientale delle cave in Emilia-Romagna. Manuale teorico-pratico*, 2003, p. 491, Regione Emilia-Romagna. Assessorato Difesa del suolo e della Costa. Servizio Pianificazione di Bacino e della Costa, Bologna.

Sauli G., *Interventi di rivegetazione delle cave in roccia: possibili applicazioni in ambito mediterraneo*, 2004, in Puglisi S. (ed.), *Progettazione di aree verdi e ingegneria naturalistica in ambiente mediterraneo*, pp. 233-251, Editoriale Bios, Cosenza.