



**REGIONE CAMPANIA**



\*\*\*\*\*



**COMUNE DI ROCCHETTA E CROCE**

(Provincia di CASERTA)

**Messa in sicurezza di parte del territorio comunale  
da fenomeni di dissesto idrogeologico**

CUP B77C20000080001 CIG: 8633848CC0

**PROGETTO DEFINITIVO**

**RELAZIONE APPLICABILITA'  
INGEGNERIA NATURALISTICA**

**Tavola n.**

**2**

DATA : Ottobre 2023

AGGIORNAMENTO :

SCALA:

**Il Progettista R.T.P.**

(Ing. Michele Izzo)  
(capogruppo)



(arch. Domenico Di Domenico)

(Geol. Raffaele Pensiero)

**Visto: II RUP**

(Geom. Raffaele Della Gatta)

# **RELAZIONE DI INGEGNERIA NATURALISTICA**

## **1. PREMESSA**

L'ingegneria naturalistica (un tempo denominata "bioingegneria forestale"), è una disciplina tecnico-scientifica che studia le modalità di utilizzo, come materiali da costruzione, di piante viventi, di parti di piante o addirittura di intere biocenosi vegetali, spesso in unione con materiali viventi come pietrame, terra, legname, acciaio, ecc. Infatti, particolari specie vegetali "pioniere" hanno apparati radicali talmente capaci da poter consolidare efficacemente sponde, versanti e scarpate, il tutto unito ad un effetto drenante dovuto alla loro elevata capacità di traspirazione.

Lo scopo dell'ingegneria naturalistica, come sostiene H. Zeh, esperta svizzera di tali tecniche, "non è quello di abbattere le costruzioni ingegneristiche degli ultimi anni, ma quello di vitalizzare il nostro paesaggio già costruito".

Si tratta quindi di un migliore inserimento nel paesaggio di certe opere ritenute necessarie in una logica di sviluppo compatibile, mitigando così il loro impatto sia a livello estetico - paesaggistico che naturalistico.

Resta però altrettanto evidente che a monte di una qualsiasi scelta di intervento sul territorio debba essere verificata, a livello interdisciplinare, l'effettiva necessità dell'opera in sé: si deve sempre prendere in considerazione anche la cosiddetta "opzione zero" o "di non intervento" il cui principio ispiratore è legato al rapporto tra il rischio che un certo potenziale evento dannoso si verifichi ed il

costo economico ed ambientale dell'opera medesima.

L'ingegneria naturalistica è, pertanto, un insieme di tecniche, le quali accelerando i processi naturali in atto, consentono il raggiungimento di precisi obiettivi in tempi più brevi e a costi più sostenibili; ciò richiede una elevata professionalità in quanto la ricerca di un preciso equilibrio naturale risulta essere complessa anche a causa degli innumerevoli fattori ambientali (temperature, luce, acqua, suolo, ecc.) che caratterizzano una determinata zona.

Tutto ciò dovrà tradursi in una fase di sperimentazione, già avviata da decenni nelle regioni alpine, ma che nelle zone appenniniche è ancora piuttosto sporadica, al fine di conoscere meglio le caratteristiche biotecniche della vegetazione autoctona e le conseguenti potenzialità di tale affascinante materia.

Conosciute fin dal Medioevo, le tecniche che utilizzano le piante ai fini del consolidamento dei versanti e delle sponde fluviali sono state descritte per la prima volta in Austria, nel 1826.

In seguito alle catastrofi verificatesi nelle regioni alpine dal 1878 al 1884 soprattutto in Francia, i bacini imbriferi di ruscelli e torrenti furono risistemati con l'aiuto di piante vive e tecniche miste.

In Svizzera, il primo scritto su tali metodologie di sistemazione idraulico – forestale apparve nel 1886, mentre applicazioni concrete si ebbero in quel periodo nell'impero austro-ungarico (Austria, Cecoslovacchia, Ungheria, Jugoslavia ed Italia settentrionale).

Con l'avvento dello sviluppo tecnologico, le metodologie si sono evolute verso una maggiore meccanizzazione e verso l'uso dei materiali diversi (ad esempio: il calcestruzzo), anche se negli ultimi trent'anni, soprattutto nelle regioni alpine, si è di nuovo manifestato un certo interesse nei confronti delle tecniche di consolidamento che

utilizzano le piante.

L'approccio moderno avviene su basi molto più scientifiche di un tempo, ma un certo empirismo, basato sul senso pratico e sull'esperienza, rimane un carta vincente insostituibile nel momento della progettazione e della realizzazione delle opere.

Le tecniche dell'ingegneria naturalistica sono finalizzate principalmente alla protezione del suolo dai fenomeni franosi e dall'erosione (entrambi connessi alla disgregazione della litosfera causata dagli agenti atmosferici) attraverso l'uso di piante vive o di loro parti, in modo tale da svolgere contemporaneamente funzioni idrologiche, naturalistiche ed estetico- paesaggistico.

Gli ambiti di intervento possono essere diversi: corsi d'acqua, zone umide, coste marine, ex-cave, versanti, discariche ed infrastrutture viarie.

Tenuto presente che i fattori ambientali devono necessariamente essere inseriti tra i parametri di una moderna analisi progettuale, quest'ultima dovrà essere compiuta in un'ottica di interdisciplinarietà, in modo tale che i diversi aspetti di un problema possano essere valutati in maniera esecutiva.

In tale prospettiva è anche opportuno che le esigenze dell'ingegneria naturalistica siano presenti già nella fase progettuale, in modo da ottenere risultati indubbiamente migliori rispetto a quelli raggiungibili con interventi di mitigazione effettuati a posteriori.

In definitiva, attraverso l'impegno di queste tecniche si registrerebbe una positiva evoluzione dei criteri di gestione del territorio con il conseguente passaggio, per quanto concerne ad esempio i corsi d'acqua, da una fase di realizzazione di opere idrauliche ad una di opere "idro-ecologiche".

## **2. FINALITÀ DI INTERVENTO**

L'ingegneria naturalistica può svolgere importanti funzioni quali:

- a- **Funzione idrogeologica:** consolidamento del terreno, copertura del terreno, trattenuta delle precipitazioni atmosferiche, protezione del terreno dall'erosione idrica, drenaggio;
- b- **Funzione naturalistica:** creazione di macro e microambienti naturali divenuti ormai rari, recupero di aree degradate, sviluppo di associazioni vegetali autoctone, miglioramento delle caratteristiche chimico - fisiche del terreno;
- c- **Funzione estetico – paesaggistica:** rimarginazione delle “ferite” del paesaggio, inserimento di opere e costruzioni nel paesaggio, protezione dal rumore;
- d- **Funzione economica:** risparmio sui costi di costruzione e di manutenzione di alcune opere.

## **3. AMBITI DI AZIONE**

Le tecniche di ingegneria naturalistica possono essere applicate in diversi ambienti, quali:

- a- **Corsi d'acqua:** consolidamento e rinverdimento delle sponde, costruzioni di briglie e pennelli, creazione di rampe di risalita per l'ittiofauna;
- b- **Zone umide:** realizzazione di ambienti idonei alla sosta ed alla riproduzione degli animali;

- c- **Coste marine**: consolidamento delle dune sabbiose;
- d- **Cave**: recupero ambientale di ex-cave;
- e- **Versanti**: consolidamento ed inerbimento di pendici franose o piste da sci;
- f- **Discariche**: inerbimento e rinverdimento dei rilevati;
- g- **Infrastrutture viarie**: inerbimento e riverdimento delle scarpate e degli svincoli, realizzazione di barriere antirumore.

#### **4. TECNICHE DI INTERVENTO**

Le tecniche di intervento prevedono l'utilizzo di piante intere o di loro parti (semi, radici, talee) per cui, a seconda delle diverse combinazioni, si possono avere le seguenti tipologie di intervento:

- a- Semina (a spaglio, idrosemina, con coltre protettiva);
- b- Messa a dimora di talee (vimate, fascinate, copertura diffusa con astoni, palificate, ecc.);
- c- Piantagione di piantine radicate (erbacee, arbustive o arboree).

Qualora l'impiego di piante o di loro parti non sia sufficiente per ottenere gli obiettivi prefissati, si può fare riferimento anche ad altri materiali quali: pietrame, legname, reti metalliche, griglie o reti in materiale sintetico o in fibra naturale.

Emblematica, come esempio di coniugazione di diversi materiali, è la palificata in legname con talee ("parete Krainer") consistente in una struttura in legname, in grado di consolidare il piede in una frana superficiale, rivestita da una compagine vegetale arborea (salici, ontani, frassini, ecc.), arbustiva ed erbacea che ne accresce la funzione statica e quella estetica.

In definitiva, le possibili combinazioni dei diversi materiali offrono una vasta gamma di soluzioni per uno specifico problema e compete al tecnico individuare, in base alla propria esperienza, quella più idonea da applicare.

## **5. MATERIALI**

In funzione dei problemi da risolvere o dei miglioramenti da apportare ad un ecosistema paranaturale, le tecniche di ingegneria naturalistica utilizzano diversi materiali tra cui le piante.

Attualmente, infatti, la tecnologia offre anche prodotti non naturali, ma di sintesi e, perciò, è opportuno suddividere i veri materiali disponibili in:

- a- Materiali organici (o naturali):
  - Materiali vegetali vivi;
  - Materiali organici inerti;
- b- Materiali di sintesi;
- c- Altri materiali.

### **5.1 Materiali Vegetali vivi**

Sono materiali provenienti dal mondo vegetale che hanno la capacità di rinnovare rapidamente rendendo più stabile il terreno:

- a- **Sementi**;
- b- **Semenzali di specie arbustive o arboree**;
- c- **Talee di specie arbustive o arboree**: la talea è un segmento di fusto separato dalla pianta madre capace di produrre radici

avventizie e di rigenerare così un altro esemplare, a volte con sviluppi considerevoli ed in breve tempo; questa capacità è insita in diverse specie quali: salici, pioppi, noccioli, ecc. Le talee possono presentarsi sotto diverse forme:

- **Culmo:** stelo di graminacea, in genere alofita, che produce un tallo;
  - **Talea piccola:** fusto legnoso di 20-50 cm di lunghezza ed un diametro < 1-2 cm;
  - **Talea grossa:** fusto legnoso di 50-100 cm di lunghezza ed un diametro di 4-15 cm;
  - **Ramaglia:** rami dei quali non vengono eliminate le ramificazioni secondarie;
  - **Astone:** fusto legnoso di 1-3 m di lunghezza ed un diametro di 4-15 cm;
- d- **Rizomi e radici:** parti di organi sotterranei di riserva, in prevalenza di alofite, capaci di produrre nuove piante;
- e- **Zolle:** insieme compatto di radici e fusti erbacei, di origine naturale o prodotti in vivaio; vengono commercializzati in elementi di dimensioni variabili (0,3-0,5 x 0,5- 2,5 m), hanno uno spessore di 1-5 cm ed un peso di 20-30 Kg/mq.

## 5.2 Materiali Organici inerti

I materiali di origine organica, ma senza capacità vegetativa, vengono detti inerti o “morti”; il loro uso può rendersi necessario, ad esempio, qualora il periodo di intervento non sia idoneo all’impiego di quelli viventi; ovviamente è auspicabile, ove tecnicamente possibile, un uso combinato dei diversi materiali:

- a- **Legname:** tronche, ramaglia, sciaveri, ecc;
- b- **Reti di juta, fibra di cocco o di altri vegetali:** idonee al rivestimento di terreni soggetti a erosione ed al successivo



inerbimento; sono materiali caratterizzati da una decomposizione abbastanza rapida;

- c- **Stuoie in fibra di paglia, di cocco o di altri vegetali:** sono costituite da uno scheletro in materiale vegetale ed hanno impieghi simili alle precedenti; in commercio sono disponibili anche stuoie preseminate;
- d- **Paglia o fieno:** fissati al suolo mediante picchetti e fili di materiale biodegradabile consentono una buona protezione dall'erosione superficiale;
- e- **Compost:** a base di cellulosa e lignina, viene utilizzato nell'idrosemina per la realizzazione di un feltro di protezione del terreno, del seme e delle sostanze fertilizzanti e per il mantenimento di un certo grado di umidità;
- f- **Concimi organici:** da impiegarsi qualora il substrato sia povero di sostanze nutritive.

### 5.3 Materiali di Sintesi

Esistono diversi materiali di sintesi che consentono di integrare efficientemente le tecniche "biologiche" ed assolvere al ruolo di protezione del suolo fornendo una maggiore stabilità al terreno, soprattutto nelle prime delicate fasi di un intervento di consolidamento:

- a- **Griglie, reti o tessuti di materiale sintetico:** sono in poliammide, poliestere o polipropilene e sono particolarmente idonee per il:
  - rivestimento dei terreni soggetti ad erosione e da consolidare;
  - sostegno del terreno senza l'impiego di materiali quali ferro o calcestruzzo in quanto il tessuto è in grado di sopportare da solo le

- spinte e le tensioni esercitate dal terreno stesso;
- trattenimento delle sementi lungo i pendii instabili;
  - drenaggio;
  - impermeabilizzazione.

Possono essere bi-tridimensionali o a struttura alveolare (romboidale o esagonale) e vengono commercializzate in rotoli; dopo essere state messe in opera possono essere eventualmente ricoperte con terreno ed inerite.

- b- **Fertilizzanti chimici**: da impiegarsi qualora il substrato sia povero di sostanze nutritive;
- c- **Collanti chimici**: da utilizzarsi qualora vi siano fenomeni erosivi di una certa rilevanza;
- d- **Sostanze miglioratrici del terreno**: idonee in substrati poveri di sostanze nutritive o con una struttura ed una tessitura del terreno non ottimali.

#### 5.4 Altri Materiali

Vi sono altri materiali che vengono spesso utilizzati nelle tecniche di ingegneria naturalistica e, in particolare, si ricordano:

- a- **Pietrame**: viene impiegato spesso per opere di protezione, di consolidamento e, più raramente, di sostegno, nonché per la realizzazione di opere trasversali quali le rampe di risalite per pesci;
- b- **Ferro e acciaio**: sono normalmente utilizzati quali elementi accessori di alcune tipologie di opere quali, ad esempio, le difese spondali flessibili e le terre rinforzate.

## **6. ASPETTI ECONOMICI DELL'INGEGNERIA NATURALISTICA**

Per quanto concerne l'aspetto economico dell'ingegneria naturalistica, i costi di realizzazione dipendono dalle seguenti fasi di lavorazione:

- 1- Acquisto o approvvigionamento del materiale;
- 2- Trasporto del materiale;
- 3- Realizzazione dell'opera;
- 4- Manutenzione dell'opera.

In diverse realizzazioni effettuate soprattutto nei paesi alpini si è potuta registrare una notevole convenienza economica (40-90%) rispetto ad interventi di tipo tradizionale che richiedevano l'impiego di calcestruzzo.

Ovviamente, non tutte le tipologie di intervento tradizionali possono essere sostituite con le tecniche di ingegneria naturalistica, ma è più opportuno cercare di ottenere una loro integrazione sinergica.

La sperimentazione e applicazione di tale metodologie si applica, soprattutto in ambienti mediterranei, al fine di meglio quantificare i relativi aspetti economici, anche in relazione alle possibili varianti nella progettazione o nelle organizzazione dellavoro.

In alcuni paesi alpini, ad esempio, nei diversi lavori di consolidamento dei versanti o di costruzione di infrastrutture viarie, è consuetudine destinare per le opere a verde una percentuale (1-15%) dell'importo totale dell'intervento: ciò determina il positivo

effetto di rendere obbligatoria una serie di opere di mitigazione degli impatti che utilizzano proprio il materiale vegetale vivo.

Nella valutazione degli aspetti economici delle diverse metodologie da adottare, infine, bisogna anche tenere presente il fatto che l'impatto ambientale degli interventi antropici sul territorio è difficilmente quantificabile in termini economici, ma indiscutibilmente deve essere considerato con attenzione in una moderna e corretta fase progettuale; in tale prospettiva la mitigazione degli impatti riveste un ruolo fondamentale e, pertanto, le tecniche e le opere di ingegneria naturalistica hanno un valore intrinseco ancora più elevato.

## **7. FINALITA' PROGETTUALE**

Sinteticamente si riportano le varie finalità che con l'uso di tali tecniche naturalistiche si intendono perseguire con il presente progetto.

La considerazione che a priori va segnalata è che l'area oggetto di intervento presenta in più settori problemi di stabilità per cui si è fatto ricorso all'uso di quelle tecniche che assicurano la stabilità nel tempo.

Altro aspetto che in definitiva va considerato è quello della conservazione dell'ambiente naturale esistente unitamente ad un costo contenuto delle opere progettate.