

SEBASTIANO SANNA

# INGEGNERIA NATURALISTICA NEI TERRITORI MONTANI



### SERVIZI GRATUITI ON LINE

Questo libro dispone dei seguenti servizi gratuiti disponibili on line:

- filodiretto con gli autori
- le risposte degli autori a quesiti precedenti
- files di aggiornamento al testo
- possibilità di inserire il proprio commento al libro.

L'indirizzo per accedere ai servizi è: [www.darioflaccovio.it/scheda/?codice=DF7886](http://www.darioflaccovio.it/scheda/?codice=DF7886)

## INDICE

---

PREFAZIONE ..... pag. 9

INTRODUZIONE ..... » 11

### PARTE PRIMA

#### 1 • NOZIONI GENERALI DI INGEGNERIA NATURALISTICA

1.1. Storia dell'ingegneria naturalistica ..... » 15

1.2. Ambiti di intervento ..... » 19

1.2.1. Foreste e uso del suolo ..... » 21

1.2.2. I problemi del territorio montano..... » 24

1.2.3. Corsi d'acqua montani ..... » 26

1.3. Opere di manutenzione e di intervento ..... » 27

1.4. I vantaggi dell'ingegneria naturalistica..... » 29

#### 2 • TECNICHE E APPLICAZIONI

2.1. Valutazioni di base propedeutiche agli interventi ..... » 31

2.2. Tecniche usate e tipi di intervento ..... » 33

2.3. Le strutture di sostegno..... » 51

2.4. La conservazione delle caratteristiche naturali..... » 58

### PARTE SECONDA

#### 3 • DISSESTI E OPERE DI RIPRISTINO

3.1. I dissesti idrogeologici..... » 93

3.2. I dissesti delle opere ..... » 105

3.3. I ripristini ambientali ..... » 118

3.4. La validità funzionale delle opere..... » 126

#### 4 • OPERE DI SISTEMAZIONE

4.1. La sistemazione delle frane .....	» 133
4.1.1. Interventi di sistemazione di un versante .....	» 133
4.2. La sistemazione dei torrenti .....	» 149
4.2.1. La manutenzione del territorio .....	» 151
4.3. La sistemazione delle piste forestali .....	» 172

### PARTE TERZA

#### 5 • ESEMPI PRATICI

ESEMPIO 1 Fasi esecutive di sistemazione di un torrente con opere miste ....	» 185
ESEMPIO 2 Fasi di intervento di sistemazione di un rio con opere miste ....	» 188
ESEMPIO 3 Difese spondali e guadi di un torrente alpino, fasi costruttive ....	» 193
ESEMPIO 4 Fasi costruttive della sistemazione di un rio con opere in cemento armato e ripristino del versante in frana con opere di ingegneria naturalistica .....	» 197
ESEMPIO 5 Lavori di sistemazione idraulico-forestale .....	» 202
ESEMPIO 6 Fasi esecutive della realizzazione di opere miste su un versante in erosione .....	» 206
ESEMPIO 7 Costruzione di opere miste spondali e di un tombotto .....	» 210
ESEMPIO 8 Fasi costruttive di difese spondali con opere miste .....	» 215
ESEMPIO 9 Sistemazione di un tratto di un rio con opere trasversali e di stabilizzazione delle pendici con tecniche di ingegneria naturalistica .....	» 217
ESEMPIO 10 Realizzazione di una grata viva .....	» 225
BIBLIOGRAFIA .....	» 235

## PREFAZIONE

L'uso delle piante per il controllo dell'erosione e per la protezione delle sponde dei fiumi e torrenti e dei versanti ha una lunga tradizione in Europa. Negli ultimi decenni queste antiche tecniche di conservazione del suolo e di stabilizzazione sono state riscoperte e implementate, anche dopo una serie di tentativi ed errori, e si basano principalmente su una lunga esperienza pratica, recentemente supportata anche da validazioni scientifiche. Esse consentono la possibilità di integrare o a volte sostituire le tradizionali opere di ingegneria idraulica e consentono inoltre di realizzare sistemi ecologicamente compatibili mantenendo quei requisiti di corretto uso del suolo e sicurezza richiesti.

Lo scopo di questo libro è la descrizione dei metodi e delle tecniche costruttive in questo campo, al fine di offrire ai lettori un'ampia casistica dell'utilizzo di tali metodologie nei vari settori della difesa del suolo, con esempi pratici che vanno dalla sistemazione delle frane a quelle idraulico-forestali, dalla sistemazione delle piste forestali al ripristino ambientale di aree degradate.

Data la proficua bibliografia in materia presente al giorno d'oggi in Italia e all'estero, si è privilegiato l'aspetto iconografico che esalta in maniera più evidente l'applicazione delle singole tecniche nel contesto della globalità dell'intervento.

## INTRODUZIONE

L'ingegneria naturalistica è una disciplina che elabora metodi e sistemi di edificazione utilizzando, come materiale da costruzione, piante vive, o parti di esse, in abbinamento con altri materiali quali pietrame, legno, terra, biostuoia, geotessili, ecc. Le metodologie di intervento, strutturate da nozioni di botanica, geobotanica, fitosociologica ed ecologico-vegetazionale, vengono applicate per la sistemazione delle aree degradate e dei versanti in frana, negli interventi idraulico forestali e per il reinserimento ambientale di infrastrutture, di cave e discariche, nelle sponde dei corsi d'acqua e delle fasce costiere.

Le tecniche costruttive, sfruttano le potenzialità delle piante, o di parti di esse, usando queste ultime per assicurare la stabilità di aree instabili, in combinazione con altri materiali.

Tali tecniche, usate per il controllo dell'erosione e per la protezione delle sponde di fiumi, torrenti e versanti, hanno una lunga tradizione in Europa. La loro evoluzione, soprattutto negli ultimi decenni, si è basata soprattutto sulle esperienze pratiche riviste e migliorate, di volta in volta, a seguito di tentativi e di errori. Solo recentemente, i sistemi attuati sono stati supportati da validazioni scientifiche.

Tali metodi, dunque, hanno fornito una sicurezza tale da essere usati sia ad integrazione di metodi tradizionali, sia a totale sostituzione di opere di ingegneria idraulica, consentendo, inoltre, la realizzazione di sistemi ecologicamente compatibili, mantenendo quei requisiti di corretto uso del suolo e di sicurezza richiesti.

Lo scopo di questo libro è la descrizione dei metodi e delle tecniche costruttive in questo campo, al fine di offrire ai lettori un'ampia casistica dell'utilizzo di tali metodologie nei vari settori della difesa del suolo, con esempi pratici, che vanno dalla sistemazione delle frane a quelle idraulico-forestali, dall'organizzazione delle piste forestali al ripristino ambientale di aree degradate.

Il materiale utilizzato e le finalità della singola struttura consentono una prima classificazione dei metodi di intervento quali:

- protezione superficiale (metodi di copertura);
- stabilizzazione utilizzando materiali vivi;
- utilizzazione di sistemi costruiti sia con materiali vivi che non vivi;
- costruzione di strutture di supporto che utilizzano materiali non vivi.

Il primo metodo è usato, principalmente, per realizzare una rapida protezione al fine della conservazione del suolo. Collocando un grande numero di piante, come alberi, arbusti ed erbe per unità di area, la superficie del suolo viene protetta dall'erosione; costituite solo da materiale vivo, tali tecniche riescono ad incrementare la stabilità del versante e prevenire l'erosione. In condizioni meno favorevoli, le opere, costituite da materiali non viventi, possono essere integrate da altre costituite da materiali viventi.

In condizioni estreme o comunque molto sfavorevoli come tempo meteorologico critico, stagione non vegetativa o presenza di un'area che richiede una stabilizzazione prima che possano essere usate le piante vive, possono essere utilizzati materiali come legname, pietrame, calcestruzzo e ramaglia morta per realizzare opere di supporto. In zone molto umide o drenate e con difficoltà di accesso, le tecniche dell'ingegneria naturalistica possono essere integrative o anche sostitutive delle altre opere dell'ingegneria classica. I sistemi di drenaggio, costruiti con i materiali dell'ingegneria naturalistica, agiscono riducendo la pressione interstiziale dei pori, evitando così la saturazione dei suoli coesivi ed inibendo l'inizio dell'erosione.

La fase conoscitiva della disciplina, la formazione di professionisti, la messa a punto dei documenti tecnici è coordinata, in Italia, dall'Associazione italiana per l'Ingegneria Naturalistica. Quest'ultima, fondata nel 1989, si occupa di divulgare le conoscenze specifiche della materia, rivolgendosi a tutti quei professionisti che ne vogliono conoscere i contenuti e utilizzare le tecniche.

Fornisce, dunque, le linee guida e d'intervento relative a tecniche, metodi, materiali e normative guidando le fasi sotto elencate:

- l'esame delle caratteristiche topoclimatiche e microclimatiche di ogni superficie di intervento;
- l'analisi del substrato pedologico con riferimento alle caratteristiche chimiche, fisiche ed idrologiche del suolo in funzione degli additivi e correttivi da impiegare;
- l'esame delle caratteristiche geomorfologiche e geotecniche;
- le verifiche idrauliche, geomeccaniche e geotecniche;
- la valutazione delle possibili interferenze reciproche con l'infrastruttura. Ad esempio per una strada: la presenza di sali antigelo e l'interferenza della vegetazione con la sagoma limite;
- la base conoscitiva, floristica e fitosociologica con particolare riferimento alle serie dinamiche degli ecosistemi interessati per l'efficace sfruttamento delle caratteristiche biotiche di ogni singola specie;
- l'utilizzo degli inerti tradizionali ma anche di materiali di nuova concezione quali le georeti tridimensionali e i geotessuti sintetici in abbinamento a piante o parti di esse;
- l'accurata selezione delle specie vegetali da impiegare con particolare riferimento a: miscele di sementi di specie erbacee, specie arbustive ed arboree da vivaio, talee, trapianto di zolle erbose, utilizzo di stoloni o rizomi;
- l'abbinamento della funzione di consolidamento con quella di reinserimento ambientale e naturalistico;
- il miglioramento nel tempo delle due funzioni sopra citate a seguito dello sviluppo delle parti aeree e sotterranee delle piante impiegate, con il mascheramento delle componenti artificiali dell'opera.

Questo testo, attraverso una raccolta di immagini, mostra le reali applicazioni delle tecniche di ingegneria naturalistica fermando l'attenzione sui particolari più interessanti e confrontando le fasi, durante la costruzione e dopo la conclusione, per evidenziare la totale integrazione delle opere con il territorio circostante.

## PARTE PRIMA

# 1. NOZIONI GENERALI DI INGEGNERIA NATURALISTICA

## 1.1. Storia dell'ingegneria naturalistica

L'insieme delle tecniche che oggi vanno sotto il nome di ingegneria naturalistica, risalgono agli antichi popoli dell'Asia e dell'Europa. Notizie storiche, riguardanti la civiltà cinese, riportano informazioni sulle tecniche usate per la sistemazione delle dighe, già nel 28 a.C. I primi visitatori occidentali della Cina riferirono di sponde e dighe stabilizzate con grandi canestri di salice, canapa o bambù e riempiti con pietre. In Europa, gli abitanti dei villaggi celtici e illirici svilupparono la tecnica di intrecciare tra loro i rami dei salici per creare palizzate e muri. Più tardi, i romani, usarono fascine e fagotti di pali di salice per le costruzioni idrauliche.

**Palificata n. 4 - F4**

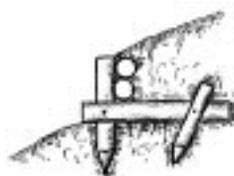
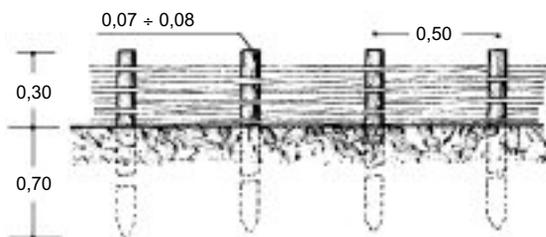


Figura 1.1  
Palificata  
a due corsi  
(1934)



**Prospetto**

Figura 1.2  
Graticciata  
morta (1931)

Dal XVI secolo, le tecniche dell'ingegneria naturalistica furono usate e codificate in tutta l'Europa, dalle Alpi al mar Baltico e ad ovest fino alle isole britanniche. Una delle pubblicazioni più antiche sull'uso di queste tecniche, si deve a *Woltmann* (1791), che illustrò l'impiego di pali per stabilizzare le sponde dei fiumi. Nello stesso periodo, furono sviluppate in Austria altre tecniche basate sull'uso di filari di vimini nei corsi d'acqua, per trattenere i sedimenti e per risistemare i canali.

Sin dai tempi della rivoluzione industriale, l'utilizzo e l'evoluzione delle tecniche dell'ingegneria naturalistica si ritrovano nelle regioni montuose dell'Austria e della Germania del sud, dove l'estensivo abbattimento delle foreste contribuiva ad aumentare i processi di degrado dell'ambiente. Problemi come l'erosione dei versanti, la frequenza di frane e valanghe, e gli intensi fenomeni erosivi delle sponde dei corsi d'acqua, richiedevano un intervento sistematorio. Fin dall'inizio del secolo, gli ingegneri geotecnici europei, avevano incominciato a cercare nuove applicazioni per le vecchie tecnologie classiche, utilizzandole per sviluppare metodi al fine di affrontare i nuovi problemi ambientali. Queste nuove figure professionali, soprattutto forestali e ingegneri, hanno cominciato a studiare le tecniche tradizionali e a pubblicare i loro lavori. La spinta maggiore per lo sviluppo di nuove tecniche dell'ingegneria naturalistica in Europa è dovuta al risultato dello sviluppo politico avvenuto attorno agli anni '30. Le ristrettezze economico-finanziarie degli anni che precedettero la guerra in Germania e Austria, favorì l'uso dei materiali locali, tradizionali e a basso costo. La costruzione del sistema autostradale tedesco, durante questo periodo, coinvolse estese applicazioni delle tecniche dell'ingegneria naturalistica che diventarono consistente con l'espandersi dell'ideologia nazionalista. Nel 1936, Hitler fondò a Monaco di Baviera, un istituto di ricerca incaricato di utilizzare l'ingegneria naturalistica per la costruzione di strade. Sebbene questo lavoro di sviluppo andò perduto, un forestale livoniano, chiamato *Arthur von Kruedener*, direttore dell'istituto, continuò a lavorare in questo settore nell'Europa centrale e proprio grazie al suo operato, egli si considera il padre dell'ingegneria naturalistica.

Allo stesso tempo in cui i tedeschi fondavano il loro istituto di ricerca, alcune delle più importanti opere di ingegneria naturalistica venivano realizzate negli Stati Uniti. *Charles Kraebel*, che lavorava presso l'*USDA Forest Service*, stava sviluppando la tecnica della graticciata (fig. 1.3) per stabilizzare le scarpate stradali. *Kraebel* usava una combinazione di tecniche che includevano palificate e fascinate vive e piantagioni, per stabilizzare i versanti degradati nelle foreste del centro e del sud della California. Il lavoro di *Kraebel* è ben documentato nella Circolare n. 380 dell'USDA,

### Tipo di graticciata

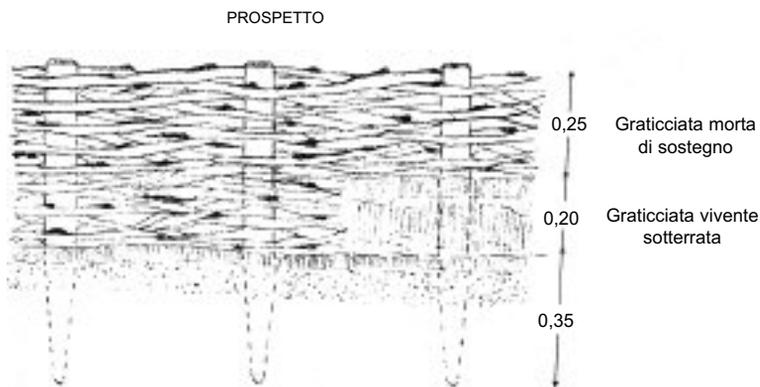


Figura 1.3  
Graticciata  
viva (1934)

pubblicata nel 1936. Due anni più tardi, il *Soil Conservation Service*, oggi noto come *Natural Resource Conservation Service* (NRCS), incominciò lo studio sperimentale di stabilizzazione delle sponde del Lago Michigan. Il lavoro dell'agenzia, che includeva l'uso di fascinate vive, briglie e palificate vive, fu pubblicato nel 1938.

Durante il periodo post-bellico, gli ingegneri geotecnici ritornarono allo studio, allo sviluppo e alla valutazione di nuove tecniche del settore. Nel 1950, un comitato di tecnici provenienti dalla Germania, dall'Austria e dalla Svizzera si riunì per standardizzare le nuove tecnologie emergenti che divennero parte del *German National System of Construction Specifications*, il DIN.

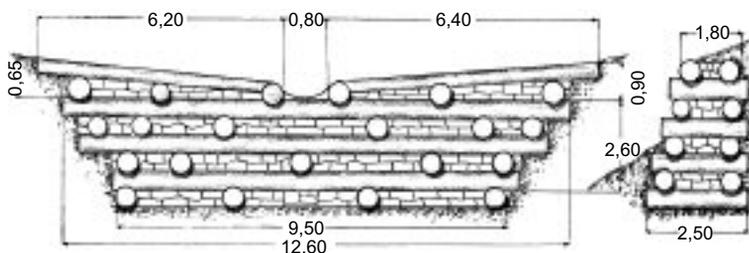


Figura 1.4  
Opera mista  
tipo briglia  
(1934)

Il libro di Arthur von Kruedener, *Ingenieurbiologie*, fu pubblicato nel 1951: il titolo, tradotto in inglese dal tedesco, diede il nome alla disciplina. La traduzione, errata, di bioingegneria, creò nei ricercatori qualche confusione poichè il termine, il più delle volte, si riferiva ad un'area della ricerca medica. Il *Natural Resource Conservation Service* (NRCS) si riferisce a questo lavoro, ufficialmente, con il termine di **ingegneria naturalistica** che enfatizza la componente suolo del sistema.

Gli ingegneri tedeschi e austriaci che si occuparono del settore, hanno continuato a perfezionare le tecniche e a pubblicare i loro lavori negli anni '50 e '60. Tale lavoro rappresentò un passo importante per iniziare a dare un'impronta strutturale, gettando

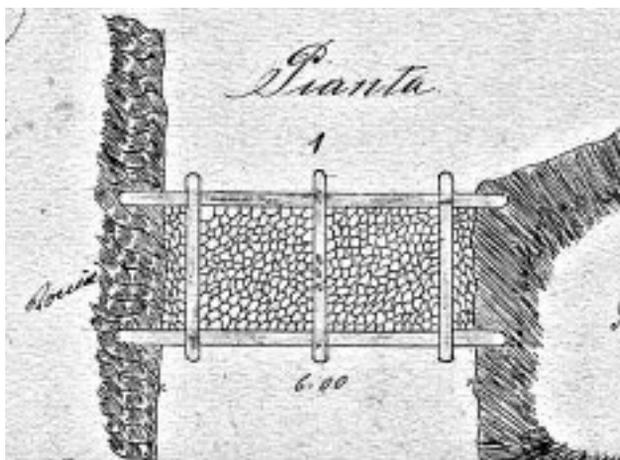


Figura 1.5  
Briglia in  
legname di  
larice a  
cassone  
munita di  
zatterone e  
riempita di  
sassi (1891):  
pianta

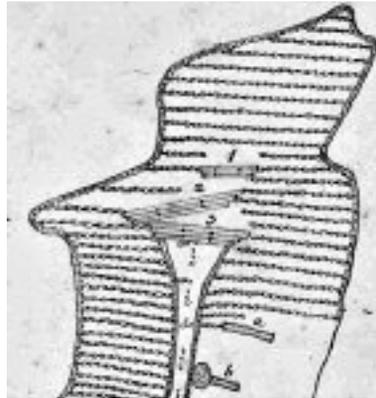


Figura 1.6  
Particolare di una planimetria con evidenziata una sistemazione con briglie in legname e graticciate (Fiume Tagliamento – Udine 1891)

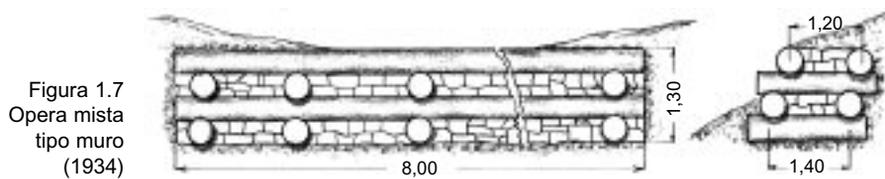


Figura 1.7  
Opera mista  
tipo muro  
(1934)

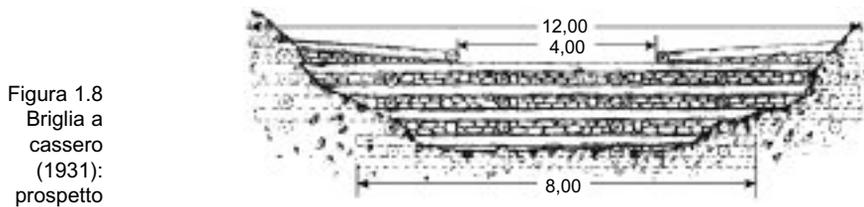


Figura 1.8  
Briglia a  
cassero  
(1931):  
prospetto

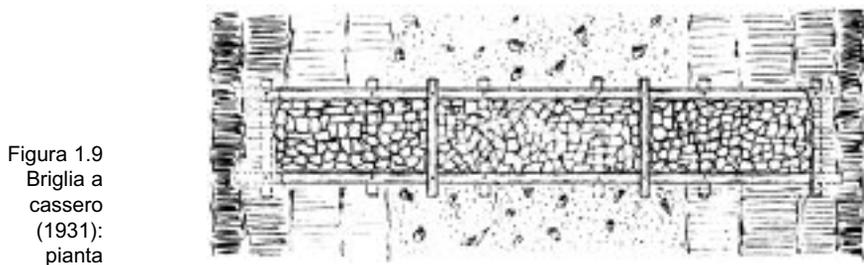


Figura 1.9  
Briglia a  
cassero  
(1931):  
pianta

le basi per lo sviluppo del campo professionale dell'ingegneria naturalistica. Nel 1980, il libro di Hugo Schiechl *Bioengineering for land reclamation and conservation* fu pubblicato in Canada. Lo scritto, per la prima volta in inglese, presentò il lavoro di molti ingegneri europei tra i quali *Lorenz, Hassenteufel, Hoffman, Courtoirier*, e lo stesso *Schiechl*. Il libro ricostruisce le tecnologie e lo sviluppo storico e applicativo, accessibile al mondo anglosassone. Nel 1997 fu pubblicato un altro libro di Schiechl, *Ground Bioengineering Techniques for Slope Protection and Erosion Control*. I suoi scritti rimangono il lavoro più importante dell'ingegneria naturalistica in lingua inglese.

Le pubblicazioni successive, che includono *Biotechnical Slope Protection and Erosion Control* di Gray e Leiser, *Soil Bioengineering for Upland Slope Protection and Erosion Reduction in the United States e Biotechnical and Soil Bioengineering Slope Stabilization* di Sotir e Gray, e *Use of Vegetation in Civil Engineering* del *British Construction Industry Research and Information Association* hanno consentito lo sviluppo delle conoscenze di questo settore nel campo dell'ingegneria. Tuttavia, in alcuni paesi vi è ancora una certa diffidenza verso l'utilizzo di tali tecniche.

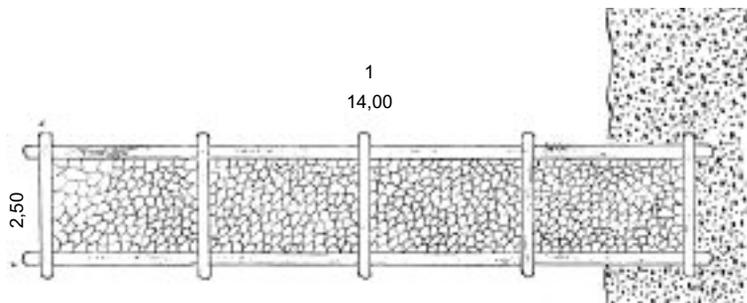


Figura 1.10  
Pennello  
(1934):  
pianta

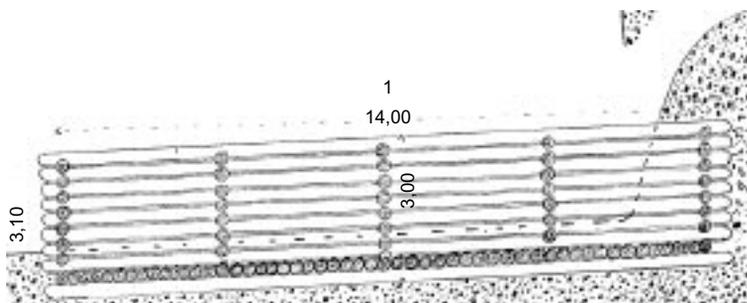


Figura 1.11  
Pennello  
(1934):  
prospetto

## 1.2. Ambiti di intervento

L'ingegneria naturalistica usa, spesso, materiali reperibili in loco ed un minimo di attrezzature pesanti, e può offrire alle popolazioni locali un modo, poco costoso per risolvere i propri problemi ambientali. La maggiore sensibilità agli aspetti ambienta-

li spesso rende le soluzioni, attraverso l'ingegneria naturalistica, più discreti di quelli tradizionali dell'ingegneria classica.

Proprio per questo, le differenze di approccio e di filosofia rispetto alle problematiche ambientali tra l'ingegneria naturalistica e gli altri metodi dell'ingegneria, rendono, la prima, certamente più appropriata. Infatti, l'ambiente e le sue problematiche, connesse soprattutto all'attività antropica, richiedono l'utilizzo di nuove tecnologie che, come accennato precedentemente, sono già in uso da qualche secolo. Anche in Italia, nei primi anni del novecento, era diffuso l'utilizzo nelle sistemazioni di versante delle opere in legname e pietrame chiamate, a seconda dei casi, opere miste in legname e pietrame, briglia mista a casseri, traversa in legname e delle opere in solo legname come la palificata, la palizzata semplice o la palizzata in legname a due o tre corsi (da fig. 1.1 a fig. 1.8).

Le stesse voci di capitolato dei progetti sono praticamente uguali a quelle attualmente in uso, fatta eccezione per il fatto che gli scavi venivano eseguiti, giocoforza, solo manualmente. Le stesse graticciate potevano considerarsi quasi delle antesignane delle cordonate o gradonate attuali. L'ontano veniva utilizzato massicciamente nei rimboschimenti sotto forma di selvaggioni, mentre l'unica varietà di salice ad essere utilizzata sotto forma di talea era il *Salix caprea*, notoriamente tra le più difficili da propagare con tale sistema.

L'ingegneria naturalistica può essere applicata per la risoluzione delle seguenti problematiche:

- sistemazioni idraulico-forestali;
- rinaturalizzazione delle dighe in terra;
- opere di mitigazione/consolidamento in ambito stradale e ferroviario:
  - consolidamento e stabilizzazione scarpate
  - barriere e rilevati vegetati antirumore
  - vasche di sicurezza – ecosistemi filtro
  - fasce di vegetazione tampone
  - ricostruzione di habitat;
- mantenimento della continuità faunistica (recinzioni, sottopassi, sovrappassi uso faunistico, scale di risalita per ittiofauna, ...);
- metanodotti, condotte interrato;
- interporti, centrali elettriche, insediamenti industriali;
- cave, discariche;
- porti, coste;
- stabilizzazione dune costiere;
- ricostruzione barene lagunari;
- coperture verdi (edilizia, industria, ...).

Gli ambiti d'intervento sono quelli finalizzati, per lo più, alla difesa del suolo, con riguardo particolare agli interventi antierosivi, di drenaggio e di consolidamento, attraverso le seguenti azioni:

- *difesa idrogeologica*: consolidamento di versanti o in generale del terreno, drenaggio delle acque meteoriche, controllo dell'erosione, sistemazioni a rinforzo delle sponde dei fiumi e torrenti;

- *funzione ecologico-naturalistica*: recupero di aree naturali degradate, cave e discariche, protezione dall'inquinamento (fitodepurazione, barriere antirumore);
- *funzione estetico-paesaggistica*: sistemazione e rinaturazione di rilevati stradali o ferroviari di infrastrutture in genere, risanamento estetico di frane, inserimento di costruzioni nel paesaggio, arricchimento paesistico con sistemi a verde;
- *funzione socio-economica*: tipologie alternative a quelle tradizionali a costi molto competitivi, recupero produttivo di aree incolte o abbandonate.

Tali azioni si fondano, principalmente, sulla funzione che svolgono le foreste e i boschi nella difesa del suolo.

### 1.2.1. Foreste e uso del suolo

Le precipitazioni, intense e concentrate in tempi molto limitati, rendono difficili se non impossibili gli interventi di salvaguardia degli abitati e delle infrastrutture nel corso degli eventi. I millimetri di pioggia caduti, del valore anche di in poche ore, sono frutto di circostanze eccezionali a scala locale, ma incombono quale fatto ricorrente in alcune aree dell'Europa mediterranea (Toscana 1996, Spagna 1996, Friuli 2000, 2002 e 2003, ecc.).

Nelle sue disastrose conseguenze, la dinamica di tali eventi risulta apparentemente chiara: dopo mesi di siccità, lo strato superficiale del terreno si modifica profondamente, alterando la percentuale di macro, meso e micropori presenti, variandone la struttura, la capacità di assorbimento e la permeabilità. Così la precipitazione supera la capacità di infiltrazione dei suoli e di immagazzinamento dei terreni producendo elevati tenori di ruscellamento e una diffusa mobilitazione dei versanti dei bacini interessati. Tale situazione ha ben evidenziato come le caratteristiche dei suoli e della vegetazione possano influenzare l'evoluzione di tali fenomeni. Tutta la letteratura di settore riconosce alle formazioni forestali una funzione regimante sulle acque di precipitazione e sui deflussi. La benefica azione si esplica sia a livello del soprassuolo arboreo che del terreno forestale.

Le chiome delle piante intercettano le precipitazioni, trattenendone una parte, ma riducendo sensibilmente l'energia cinetica posseduta dalla pioggia e quindi l'azione battente della stessa al suolo; lo scorrimento lungo i tronchi di una porzione dell'acqua intercettata, influisce positivamente sui tempi di corrivazione, aumentandoli.

La lettiera dei terreni forestali favorisce un'elevata infiltrazione delle acque, riducendone lo scorrimento superficiale. L'orizzonte umifero sottostante presenta una notevole capacità idrica o di trattenuta; il deflusso all'interno del profilo è quindi rallentato e l'acqua viene, in buona parte, immagazzinata e sottratta momentaneamente ai processi gravitativi di punta causa di azioni erosive e dissesti.

L'efficacia di tali azioni varia, ovviamente, in rapporto alla durata ed alla intensità delle precipitazioni, riducendosi, per alcuni aspetti, in concomitanza di eventi prolungati e di forte intensità, ma anche a seguito delle peculiari caratteristiche dei popolamenti forestali, raggiungendo i livelli di massima funzionalità nel caso delle formazioni miste più evolute di latifoglie e conifere dell'orizzonte montano.

Ai fini della salvaguardia del territorio dal rischio idrogeologico, la continua espan-

Figura 1.12  
Effetti delle  
piogge  
intense  
su un fiume:  
si noti il  
trasporto  
solido  
derivante e  
l'apporto  
liquido di un  
impluvio  
laterale



sione della superficie forestale nell'area montana, avvenuta negli ultimi decenni, dovrebbe essere valutata alla luce di quanto sopra esposto, in termini positivi. Altri elementi, però, pesano negativamente sul bilancio gestionale di tale problematica:

- la colonizzazione spontanea dei prati e dei pascoli abbandonati, è un processo lento e graduale che porta all'affermazione iniziale di fasi pionieristiche, rustiche, frugali, e, solo dopo una lunga evoluzione, alla fase finale di climax; la prima delle due fasi è temporalmente ridotta rispetto a alla seconda anzi, paradossalmente, negli anni immediatamente successivi all'abbandono, i prati e i pascoli, presentano un'accentuata propensione al dissesto in relazione all'accresciuto scorrimento superficiale dei deflussi;
- l'abbandono delle aree marginali e la progressiva contrazione della presenza umana sul territorio fa venire meno la costante e puntuale attività di manutenzione delle piccole opere e dei manufatti di presidio, consolidamento e regimentazione esistenti, nonché di sistemazione dei dissesti nelle fasi iniziali, quando presentano dimensioni ancora contenute;
- a fronte di un sensibile declino demografico delle aree montane, i tessuti urbani dei principali centri di fondovalle si sono comunque espansi per ospitare le attività economiche ed i servizi indispensabili; le grandi infrastrutture viarie, ferroviarie e tecnologiche (metanodotti, elettrodotti, ecc.) hanno richiesto nuovi spazi, in buona parte recuperati ai fondi originariamente destinati a zona agricola, ma anche sottratti ai demani idrici ed alle aree di pertinenza fluviale, con la conseguenza di ridurre anche in questo caso i tempi di corrivazione dei deflussi;
- i regimi pluviometrici, se sostanzialmente invariati nella distribuzione, hanno evidenziato, in particolare nell'ultimo decennio, un'aumentata frequenza di eventi di forte intensità, violenti, distruttivi. Precipitazioni di qualche centinaio di millimetri, concentrati in poche ore, non sono, purtroppo, infrequenti con la conseguenza che i bacini idrografici interessati vanno in crisi, causando danni ed esondazioni;
- in alcune aree, peraltro limitate al territorio montano e collinare vocato, lo sfrut-



Figura 1.13  
Torrente  
in piena

tamento intensivo del territorio con la coltura della vite ha innescato alcune situazioni di dissesto collegate all'eliminazione del soprassuolo arboreo preesistente, alla messa a nudo del suolo non sempre o non completamente stabilizzato con la copertura erbacea, all'inadeguatezza, a volte, dei sistemi artificiali di raccolta e regimentazione delle acque superficiali e profonde.

La gestione e l'uso del territorio, ai fini della salvaguardia idrogeologica, comporta anche problematiche complesse, di rilevanza socio-economica di ampia portata, che esulano dalle competenze strettamente tecnico-esecutive. Restando negli ambiti di intervento della direzione centrale delle risorse agricole, naturali e forestali, giova ricordare le azioni e le linee operative adottate per favorire e sfruttare la funzione regimante del bosco, un tempo definita protettiva.

In senso generale ed estensivo, la progressiva contrazione della superficie forestale a gestione selvicolturale attiva, ridotta ormai a meno di un terzo della totale, è contrastata dalle misure di settore del Piano di Sviluppo Rurale Regionale, tese a favorire l'utilizzo di tecniche naturalistiche della risorsa legnosa, garantendo, nel contempo, la perpetuazione del popolamento forestale e di ecosistemi boschivi nel complesso stabili ed efficienti. A tali azioni si accompagnano gli interventi combinati del Fondo Regionale per lo Sviluppo della Montagna che riconoscono nell'utilizzazione boschiva, una più ampia funzione manutentoria del territorio con la previsione di incentivi specifici per le imprese e/o i proprietari esecutori.

Dal punto di vista più strettamente sistematorio, accanto alle tecniche di intervento tradizionale che trovano ampia illustrazione in altra parte della presente riflessione, nel consolidamento di frane, versanti e sponde torrentizie, hanno sempre più diffusione gli interventi di ingegneria naturalistica che prevedono l'utilizzo di materiale vegetale vivo, allo scopo di accelerare il processo di ricostituzione della copertura arbustiva ed arborea e sfruttare l'azione consolidante e regimante dei relativi popolamenti, al fine di integrare anche tutti gli aspetti legati alle biodiversità. Alla tecnica dei semplici inerbimenti potenziati, diffusa a partire dagli anni ottanta, si sono via via

aggiunte le palificate vive a parete singola e doppia come opere di sostegno, le gradonate e le cordonate con talee di salice a scopo di stabilizzazione di pendii, le fascinate con funzioni drenanti, le grate vive quali opere di rivestimento, ecc.; tipologie costruttive che, oltre a garantire l'efficacia dell'intervento sistematorio, non comportano alcun impatto ambientale perché realizzate con materiali naturali (legname, pietrame, parti verdi) reperibili in loco.

### 1.2.2. I problemi del territorio montano

La difesa del territorio montano da quei fenomeni naturali o artificiali che alterano il paesaggio e l'equilibrio morfologico dei luoghi, rappresenta, per la gente montana, motivo di grande preoccupazione e interesse. L'insorgere di piene torrenziali, ad esempio, è una minaccia e una fonte di notevole pericolo non solo per la vita stessa delle popolazioni ma anche per gli aspetti legati alla precaria economia di quelle zone disagiate.

Il dissesto idrogeologico ha due componenti presenti e non sempre contemporanee: una idraulica o idrologica relativa alla rete di drenaggio, l'altra geologica che si riferisce alle caratteristiche del substrato geologico ed ai suoi parametri geotecnici che possono subire un decremento in relazione ad una variata o nuova situazione idrologica. Gli eventi calamitosi che provocano tali dissesti idrogeologici sono legati, per lo più, a cause naturali, ma non sono infrequenti le azioni dell'uomo che ne provocano l'innescò. Tra le principali:

- la costruzione di strade, di impianti sciistici, di infrastrutture quali elettrodotti e metanodotti hanno modificato quel precario equilibrio naturale dei bacini idrografici modificandone spesso le condizioni geomorfologiche, idrologiche, forestali, pedologiche che hanno condotto ad uno stravolgimento della rete idrografica soprattutto dei rami secondari di primo e secondo ordine;



Figura 1.14  
Chiara esempio di una non corretta pianificazione urbanistica e di una carente valutazione del problema idraulico

- l'eccessivo utilizzo della meccanizzazione agricola nei terreni a forte o accentuata pendenza ha portato alla realizzazione di lavorazioni profonde, e spesso lungo la linea di massima pendenza, provocando fenomeni di erosione accelerata fino al provocare vere e proprie frane;
- l'abbandono dei terreni montani e collinari, in seguito al cambiamento della politica economica degli anni '60 (esodo rurale), ha fatto sì che in tali territori vi sia stata una carenza dell'attività umana legata alla cura per la salvaguardia della pro-

1. *Nozioni generali di ingegneria naturalistica*

prietà attuata dagli abitanti (realizzazione di gradonature per la coltivazione di ortaggi, manutenzione capillare della sentieristica, pulizia di canali e canalette di sgrondo delle acque, ecc.) ovvero tutte quelle attività (idraulico-agrarie e idraulico-forestali) legate quindi non solo alla salvaguardia della proprietà ma indirettamente anche alla salvaguardia idrogeologica del territorio;

- il disboscamento, con l'eliminazione di associazioni vegetali proprie di una data fascia alpina, ha cancellato la copertura che proteggeva il suolo innescando, quindi, fenomeni erosivi di entità variabile legati alla pendenza dei versanti con la formazione di frane e valanghe;



Figura 1.15  
Effetti di  
una pioggia  
intensa su un  
versante

- la costruzione di strade, autostrade, piazzali, capannoni artigianali e industriali ha portato ad una impermeabilizzazione dei suoli riducendo così il deflusso superficiale. Le strade e le ferrovie costituiscono una vera e propria ferita del territorio e dei suoli in particolare, modificando quindi il regime ideologico dei corsi d'acqua.



Figura 1.16  
Danni ad infrastrutture a seguito  
di un evento alluvionale



Figura 1.17  
Effetti di una piena con il coinvolgimento  
di abitazioni e infrastrutture presenti