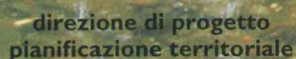




Linee guida per interventi di ingegneria naturalistica lungo i corsi d'acqua



**GUERINI
E ASSOCIATI**



Provincia
di Milano

QUADERNI DEL PIANO TERRITORIALE n. 20

Linee guida per interventi di ingegneria naturalistica lungo i corsi d'acqua

di IRIS sas - Strategie per l'Ambiente
a cura di Lisa Sacchi



Quaderni del Piano Territoriale

La collana raccoglie le analisi, gli studi e gli approfondimenti realizzati dalla Direzione di Progetto Pianificazione Territoriale della Provincia di Milano con particolare riferimento alla definizione del Piano Territoriale di Coordinamento Provinciale.

Ogni Quaderno contiene ricerche su specifici temi, riferiti in modo sostanzialmente omogeneo ai settori di analisi e approfondimento disciplinare tra i quali le infrastrutture, l'ambiente, il paesaggio, l'assetto insediativo e l'assetto socio-economico utilizzando quale strumento di analisi il Sistema Informativo Territoriale.

Assessore Provinciale alla Pianificazione del Territorio e Programmazione delle Infrastrutture

Marco di Tolle

Coordinamento della collana Quaderni del Piano Territoriale

Direttore di Progetto Pianificazione Territoriale

Marco Pompilio

Viale Piceno 60 – 20129 Milano – e-mail: p.territoriale@provincia.milano.it

Quaderno n. 20

Coordinamento editoriale

Direttore Servizio Pianificazione Paesistica e Ambientale - Rossana Ghiringhelli

Servizio Pianificazione Paesistica e Ambientale - Lisa Sacchi

Direzione di Progetto Pianificazione Territoriale - Martina Cornaggia

Autori del quaderno n. 20

IRIS sas - Strategie per l'Ambiente (www.irisambiente.it)

Maurizio Bacci - ingegnere ambientale e coordinatore del progetto

Andrea Agapito Ludovici - biologo

Luca Paltrinieri - biologo

Francesca Procacci - ingegnere ambientale

Giuseppe Pandolfi - paesaggista

Giuliano Trentini - ingegnere ambientale

Immagine di copertina:

Gianluigi Alberti

© 2003 Edizioni Angelo Guerini e Associati SpA

viale Filippetti, 28 - 20122 Milano

<http://www.guerini.it>

e-mail: info@guerini.it

Prima edizione: aprile 2003

Ristampa: v IV III II I 2003 2004 2005 2006 2007

Printed in Italy

ISBN 88-8335-400-1

Le riproduzioni a uso differente da quello personale potranno avvenire, per un numero di pagine non superiore al 15% del presente volume, solo a seguito di specifica autorizzazione rilasciata da AIDRO, via delle Erbe, 2 – 20121 Milano, tel. e fax 02809506, e-mail: segreteria@aidro.org.

ndice

Presentazione, di Marco di Tolle	9
Introduzione, di Rossana Ghiringhelli e Lisa Sacchi	11
PARTE PRIMA	
Inquadramento del sistema idrografico	
1. Peculiarità e criticità del sistema	15
1.1. La pianura settentrionale	16
1.2. La pianura meridionale	17
1.3. La valle del Ticino	19
2. Ambiti critici di intervento e tipologie di situazioni rappresentative	21
PARTE SECONDA	
Previsioni e competenze ai vari livelli amministrativi	
3. Gli aspetti programmatici della pianificazione	39
3.1. La pianificazione di bacino	39
3.2. Il Piano Territoriale di Coordinamento della Provincia di Milano (PTCP)	39
3.2.1. Il Progetto di Rete Ecologica	40
3.3. Indirizzi e principi pianificatori della Regione Lombardia in materia di ingegneria naturalistica	42
4. Le competenze tecnico-amministrative	43
4.1. I soggetti attuatori	43
4.2. Identificazione dei siti e le fasi di intervento	43
PARTE TERZA	
Principi e criteri guida per interventi di ingegneria naturalistica	
5. Significato e principi dell'ingegneria naturalistica	49
5.1. Principi dell'ingegneria naturalistica	49
5.2. Definizioni: rinaturazione e ingegneria naturalistica	50
5.3. Criteri in termini di qualità	52

6. Normative interessanti l'ingegneria naturalistica	54
6.1. I progetti di ingegneria naturalistica nel contesto normativo nazionale	54
6.2. Il quadro regionale	54
7. Orientamento alla progettazione	60
7.1. Le fasi pre-progettuali	60
7.1.1. Individuazione delle criticità e delle soluzioni	60
7.1.2. L'analisi multicriterio per la valutazione delle alternative di intervento	60
7.1.3. Programmazione del lavoro	60
7.2. Analisi e studi di supporto alla progettazione	60
7.3. La progettazione	60
7.3.1. Contenuto della progettazione preliminare	70
7.3.2. Contenuto della progettazione definitiva ed esecutiva	70
8. Condizioni e limiti di impiego dell'ingegneria naturalistica	70
8.1. Limiti di impiego delle tecniche di ingegneria naturalistica nei corsi d'acqua	70
8.1.1. Limitazioni per fattori naturali	70
8.1.2. Limitazioni per fattori antropici	70

PARTE QUARTA

Linee guida per gli interventi

9. Linee guida sulle tecniche di intervento	80
9.1. Schede tecniche descrittive e illustrative	80
9.2. Cenni sulla manutenzione degli interventi	80
9.3. Collaudo	80
10. Interventi realizzati all'estero: applicabilità alle tipologie di corsi d'acqua in Provincia di Milano	84
10.1. Schede tecniche descrittive e illustrative	84
10.2. Dalla realizzazione al monitoraggio	84
11. Il monitoraggio degli interventi	86
11.1. Criteri per il monitoraggio	86
11.2. Monitoraggio della qualità degli interventi	87
12. Conclusioni	92
12.1. Criteri per l'individuazione delle priorità di intervento	92
12.2. L'attività formativa e gli interventi pilota	92
12.3. La fase di monitoraggio	96
12.4. Aspetti culturali e comunicazione	96

Bibliografia ragionata	97
-------------------------------	----

Allegato A

<i>Schede per l'applicazione delle tecniche di ingegneria naturalistica</i>	131
1. Semina di specie erbacee	132
2. Talee di salici	134
3. Fascinata viva di salici	136
4. Fascinata di elofite	138
5. Viminata viva di salici	140
6. Copertura diffusa di salici	142
7. Gradonata viva di salici e piantine radicate	144
8. Palificata doppia viva	146

Allegato B

<i>Schede esemplificative di esperienze estere</i>	149
1. Stabilizzazione delle sponde	150
2. Protezione di sponda	152
3. Progetto pilota	154
4. Difesa dall'erosione spondale	156
5. Riqualificazione ambientale e consolidamento delle sponde	158
6. Riqualificazione ambientale	160
7. Rinaturazione corso d'acqua rettificato	162
8. Bacino di laminazione	164

Presentazione

La Provincia di Milano è impegnata in un processo di pianificazione articolato e complesso quale quello relativo al Piano Territoriale di Coordinamento Provinciale.

Quale scelta strategica si è ritenuto di dare valore paesistico-ambientale ai contenuti territoriali del Piano provinciale, in quanto il raggiungimento degli obiettivi di un equilibrato sviluppo ed una riqualificazione del nostro territorio sono tra le scelte condivise con i comuni.

Il PTCP assumerà quindi valore di piano urbanistico-territoriale con specifica considerazione dei valori paesistico-ambientali e degli aspetti di difesa del suolo, così come definito nelle normative statali e regionali. A tal fine sono stati individuati le analisi e gli studi di settore, relativi a particolari componenti e sistemi paesistici ed ambientali. Fra questi il tema della riqualificazione ambientale dei corsi d'acqua assume particolare rilevanza in un contesto in cui lo sviluppo delle attività antropiche ha determinato una vera e propria aggressione degli ambiti di pertinenza fluviale. L'utilizzo di tecniche di ingegneria naturalistica, oggetto dello studio che presentiamo, risulta essere strategico e multifunzionale per la difesa del suolo, per la realizzazione del Progetto di Rete Ecologica Provinciale e per il miglioramento della qualità delle acque.

Ci auguriamo che questo lavoro, oltre a essere documento di studio propedeutico del Piano, divenga materiale utile di conoscenza e approfondimento del nostro territorio e riferimento per ulteriori attività di analisi.

L'Assessore alla Pianificazione del Territorio
Programmazione delle Infrastrutture
Avv. Marco di Tolle

Introduzione

Rossana Ghiringhelli *

Lisa Sacchi **

Il territorio provinciale è caratterizzato dalla presenza di corsi d'acqua naturali e artificiali che formano un fitto reticolo; le divagazioni, sedimentazioni ed erosioni lo hanno nel tempo connotato dal punto di vista geologico-morfologico e nel suo assetto produttivo ed insediativo. La rapidità dello sviluppo delle attività antropiche si è tradotta in una vera e propria aggressione delle aree di pertinenza fluviale e, più in generale, di un consumo e manomissione del suolo e sottosuolo. La risposta della natura a queste manipolazioni si traduce in evidenti squilibri del sistema delle acque superficiali, dovuti principalmente all'aumento delle impermeabilizzazioni, al collettamento, restringimento e canalizzazione delle vie d'acqua che hanno favorito il rapido attraversamento del territorio. Ne consegue che il sistema non è in grado di dissipare in modo efficace le pressioni idrauliche associate ad eventi idrologici critici, comportando inevitabilmente un aumento di rischio idraulico e rallentando l'esplicarsi di naturali processi autodepurativi e rigenerativi.

L'obiettivo del Piano Territoriale di Coordinamento della Provincia di Milano (di seguito PTCP) è di favorire il naturale evolversi dei fenomeni di dinamica fluviale e degli ecosistemi da questa sostenuti nella consapevolezza che solo in questo modo è possibile attuare la prevenzione del rischio idrogeologico. In sintonia con i contenuti del *Piano stralcio per l'Assetto Idrogeologico*, la progettazione di ogni intervento deve essere preceduta da una verifica di coerenza con le misure di buon governo del territorio e delle possibili

ripercussioni a monte e a valle, adottando accorgimenti tecnici per migliorare la funzionalità ecologica dell'area in cui si interviene. Con il progetto di Rete Ecologica, ricompreso tra gli obiettivi di programmazione, il PTCP punta alla riqualificazione del territorio in termini di riequilibrio naturale ed ecosistemico, di cui il sistema delle acque è parte integrante.

In quest'ottica risulta strategico l'impiego di *tecniche di ingegneria naturalistica* che, evolvendosi dalle tradizionali opere idraulico-forestali, sono orientate ad ottenere principalmente le seguenti tipologie di risultati:

- la difesa del suolo;
- la rinaturazione delle sponde ai fini della costruzione di reti ecologiche;
- il miglioramento della qualità delle acque.

Pur con minore impatto rispetto alle tecniche tradizionali, anche le tecniche di ingegneria naturalistica rappresentano un irrigidimento delle dinamiche naturali e pertanto devono essere applicate solo se necessario. È possibile che la valutazione sulla necessità di intervenire porti alla così detta «opzione zero» cioè il «non intervento»: tale principio sta anche alla base delle indicazioni fornite dal «Quaderno delle opere tipo di ingegneria naturalistica» della Regione Lombardia approvato come direttiva con DGR 29/02/2000, n. 6/48740.

Come ricerca propedeutica all'elaborazione del PTCP, le presenti linee guida hanno voluto approfondire i se-

* Direttore Servizio Pianificazione Paesistica e Ambientale

** Funzionario Servizio Pianificazione Paesistica e Ambientale

guenti aspetti ritenuti prioritari, lungi da voler essere una ripetizione di concetti generali già ampiamente trattati in letteratura:

- interpretazione di problematiche indagate sul territorio provinciale e potenzialità applicative;
- rapporto con gli strumenti di pianificazione;
- trattazione di criteri tecnico-giuridici;
- rappresentazione di specifiche tecniche applicabili al contesto territoriale provinciale;
- individuazione di esperienze straniere significative per il contesto in esame;
- individuazione di strategie e strumenti operativi.

Nascono così le presenti linee guida che si configurano come strumento di supporto alla Provincia di Milano per consentire la promozione di prime applicazioni di ingegneria naturalistica fluviale, ma soprattutto per avviare un percorso finalizzato a creare modalità e procedure ordinarie che facciano riferimento basilare a queste tecniche e a all'approccio «ecosistemico» nei piani di riassetto idraulico-ambientale. A tale scopo risulta evidente che occorre dotarsi di approfondimenti specifici sui diversi aspetti di ordine tecnico e amministrativo. È per questo motivo che il presente contributo individua possibili sviluppi per completare gli aspetti pianificatori e gestionali degli interventi sui corsi d'acqua.

PARTE PRIMA

Inquadramento del sistema idrografico

1. Peculiarità e criticità del sistema

La Provincia di Milano occupa un settore centrale della Pianura Padana compreso ad ovest dalla valle del Ticino e ad est da quella dell'Adda. Il territorio risulta essere estremamente ricco d'acqua ed è posto sulla fascia di transizione tra l'alta e la bassa pianura, caratterizzata dalla cospicua presenza di fontanili. Da nord a sud, più o meno gradualmente, si passa da terreni asciutti a quelli più idromorfi.

Dal punto di vista litologico la porzione settentrionale della Provincia, che ricade nell'alta pianura asciutta, è costituita da elementi grossolani (ghiaie prevalenti) in gran parte ricoperti superficialmente dal ferretto, un «suolo» argilloso, acido e poco adatto alle coltivazioni.

La parte centro-meridionale è invece caratterizzata dal passaggio a litologie più fini (sabbie e limi prevalenti). È in questa fascia che la sostituzione di materiali ghiaiosi con strati di argilla impermeabile determina l'affiorare delle acque freatiche e la formazione dei fontanili.

Oltre ai due grandi fiumi, il Ticino e l'Adda, che delimitano il territorio provinciale, vi sono numerosi altri corsi d'acqua. Dalle Prealpi si originano il Lambro, il Seveso e l'Olonza, compresi nel bacino definito ad «alto rischio ambientale» dal Ministero dell'Ambiente nel 1988, per le gravi condizioni di degrado e d'inquinamento. Si aggiungono poi altri corsi d'acqua naturali che scorrono pressoché paralleli tra loro, tra cui il Bozzente, il Lura, il Cava, il Trobbia, il Vallone, il Nirone, il Lombrone e il Molgora.

Completano il sistema idrografico descritto, canali artificiali di importanti dimensioni con funzioni prevalentemente irrigue e di drenaggio, posti più o meno trasversalmente ai corsi d'acqua naturali. Tra questi i più importanti sono: il Villoresi, lo Scolmatore di Nord

Ovest, il Redefossi, la Vettabbia, l'Addetta, la Muzza e i Navigli Grande, Pavese e Martesana.

Infine vi è una fitta rete irrigua di canali e rogge di ridotte dimensioni, in parte alimentata dai corsi d'acqua più grandi e in parte derivante dal sistema dei fontanili che caratterizza soprattutto la porzione centrale e meridionale della Provincia favorendone un diffuso uso agricolo.

La situazione relativa alla qualità delle acque dei corpi idrici superficiali della provincia milanese («Indagine sulla qualità delle acque superficiali della Provincia di Milano», 1999) è quanto mai complessa, variegata e certamente critica. Le acque subiscono il pesante influsso diretto degli insediamenti antropici sia civili che industriali. Vi sono corsi d'acqua che presentano preoccupanti livelli d'inquinamento, ben al di sopra dei parametri della classe «D», la più critica del Piano Regionale di Risanamento delle Acque, che ne limita l'uso allo scopo irriguo ed industriale. Si tratta della Vettabbia, del Lambro Settentrionale e Meridionale, del Cavo Redefossi, dell'Olonza, del Lura, del Seveso, del Bozzente, del Pudiga e del torrente Guisa.

Tra i corsi d'acqua in condizioni accettabili, cioè con acque leggermente o saltuariamente inquinate, vi sono l'Adda, il Nirone, l'Addetta, i Navigli, il Canale Villoresi e risulta non inquinato solo il Ticino.

Si riscontrano frequenti condizioni di rischio idrogeologico lungo la fitta rete idrografica, il cui utilizzo e gestione sono spesso complessi e caotici. Il problema prioritario è quello della sicurezza dalle inondazioni dell'area milanese. Essa risulta infatti esposta ad inondazioni per piene aventi un tempo di ritorno di 5 anni, mentre l'obiettivo usuale di sicurezza per aree urba-

nizzate è garantire la sicurezza anche al verificarsi di portate aventi tempi di ritorno anche di 100 anni (Regione Lombardia, Dir. Gen. OO.PP. e Prot. Civile, 1998 «Prevenzione del rischio idraulico ed idrogeologico» BURL. n. 38 del 24/9/98). A questo proposito l'Autorità di bacino del Po, la Regione Lombardia, il Magistrato per il Po, la Provincia ed il Comune di Milano hanno promosso un accordo di programma che prevede la realizzazione di alcuni interventi tra cui: il raddoppio della sezione del Canale Scolmatore di Nord Ovest dal Torrente Seveso al Deviatore Olona; la costruzione di un sistema di laminazione delle piene sull'Olona; l'adeguamento di alcuni tronchi del Lambro nell'area milanese.

Dal punto di vista naturalistico la Provincia di Milano è senza dubbio una delle zone italiane maggiormente antropizzate in cui l'ambiente naturale è in gran parte scomparso. Proprio lungo i corsi d'acqua ancora permangono interessanti aspetti naturali. L'area, secondo Tomaselli (1983), è potenzialmente ascrivibile al «climax del frassino (*Fraxinus excelsior*), del carpino (*Carpinus betulus*) e della farnia (*Quercus robur*)» che lungo i grandi fiumi planiziali si diversifica con formazioni di ontano nero (*Alnus glutinosa*), pioppo bianco (*Populus alba*) e salici (*Salix spp.*).

Per una più dettagliata descrizione, il territorio della provincia milanese viene suddiviso in tre grosse porzioni:

1. la pianura settentrionale
2. la pianura meridionale
3. la valle del Ticino

Per ciascuna porzione vengono descritte le caratteristiche principali del reticolo idrografico.

1.1. La pianura settentrionale

La fascia settentrionale della provincia milanese è piuttosto estesa (84.398 ettari) ed occupa gran parte dell'alta pianura lombarda. Si estende longitudinalmente per circa 55 km e da nord a sud per circa 15/20 km, comprendendo parte della Brianza e il grande terrazzo delle Groane.

L'altitudine media varia dai 300 m slm nell'area collinare del confine nord della provincia, ai 130/150 m slm del confine meridionale, lungo l'antica fascia dei fontanili.

Si tratta di una zona altamente urbanizzata soprattutto lungo la valle dell'Olona e del Lambro. L'agricoltura ricopre un certo interesse solo nelle aree irrigue occidentali e in quelle della pianura ad est di Milano.

Il sistema idrografico

Il territorio è inciso dalle valli dei fiumi principali come l'Olona, il Seveso, il Lambro e l'Adda che delimitano l'area in oggetto. Sono inoltre presenti altri corsi d'acqua a scorrimento parallelo, concentrati soprattutto nella parte centrale tra Olona e Seveso, tra cui il Bozzente, Lura, Guisa, Nirone, Pudiga e Garbogera. Tutto il territorio è longitudinalmente attraversato dal canale Villoresi, uno dei più importanti distributori d'acqua a scopo irriguo.

La falda nelle zone settentrionali si trova ad una profondità media tra i 30 e i 40 metri, raggiungendo circa i 5 metri verso il confine con il settore meridionale della pianura.

La qualità delle acque

La qualità delle acque è gravemente compromessa se si pensa che degli undici corsi d'acqua considerati in questo settore della Provincia, sette sono fortemente inquinati escludendo qualsiasi tipo di utilizzo; solo Adda, Nirone e Villoresi presentano condizioni accettabili. In Tabella 1 è riassunta la condizione della qualità delle acque desunta dalle indagini svolte dalla Provincia di Milano.

Criticità idrogeologiche

Questa è l'area che risulta particolarmente critica dal punto di vista del rischio idrogeologico. Il Canale Scolmatore di Nord Ovest, che convoglia le acque dal Seveso al Ticino e il Deviatore Olona, che collega Olona con Lambro Meridionale, non sono sufficienti ad evitare le inondazioni nella porzione nord di Milano con tempo di ritorno inferiore ai cinque anni. In generale l'intero sistema idrografico appare piuttosto vulnerabile: si verificano frequenti esondazioni dell'Olona e dei suoi principali affluenti Bozzente e Lura; il Torrente Guisa provoca allagamenti in numerosi Comuni del suo bacino (Garbagnate, Cesate, Solaro, Ceriano L.). Il Seveso esonda con portate inferiori ai cinque anni di tempo di ritorno non solo a Milano, ma anche più a monte a Paderno Dugnano (loc. Palazzolo) e lungo alcuni suoi affluenti (Certesa e Comasinella), a Meda e Cesano Maderno.

Tabella 1 – Tabella riassuntiva della qualità delle acque superficiali della pianura settentrionale, dai risultati delle indagini svolte dalla Provincia di Milano (aprile 1999)

<i>Corso d'acqua</i>	<i>Qualità delle acque (aprile 1999)</i>	<i>Tendenza (1987/1993 – 1995/1999)</i>	<i>Usi possibili</i>
Fiume Adda	Leggermente inquinato. La situazione non è compromessa; ci sono segni d'inquinamento soprattutto di tipo civile	Sostanzialmente stabile	Agricolo, industriale, ricreativo
Torrente Bozzente	Fortemente inquinato	Sempre qualità scadente	Nessuno
Torrente Garbogera	Inquinato. Prevalentemente a causa di scarichi civili	Sostanzialmente stabile	Cautela nell'uso irriguo
Torrente Guisa	Fortemente inquinato. Prevalentemente a causa di scarichi civili	Sostanzialmente stabile	Nessuno
Torrente Lura	Fortemente inquinato. Prevalentemente da scarichi civili ed industriali	Si è registrato un miglioramento, pur rimanendo grave la situazione	Nessuno
Torrente Molgora	Inquinato. Prevalentemente da inquinamento organico	Sostanzialmente stabile	Nessuno
Torrente Nirone	Leggermente inquinato	Si è manifestata una lieve diminuzione dell'inquinamento dal 1988	Agricolo
Fiume Olona	Fortemente inquinato. Prevalentemente imputabile alle acque reflue di tipo civile	Sostanzialmente stabile	Nessuno
Torrente Pudiga	Fortemente inquinato. Le cause sono gli scarichi civili ed industriali	Sostanzialmente stabile	Nessuno
Fiume Seveso	Fortemente inquinato. Le cause sono scarichi civili ed industriali	Sostanzialmente stabile	Nessuno
Canale Villoresi	Saltuariamente inquinato	Sostanzialmente stabile	Agricolo, industriale

Anche per il Rio Molgora e il Torrente Molgora si sono riscontrati episodi di allagamento. Infine vi sono torrenti come il Trobbia (caratterizzato da piene con colmi elevati ed improvvisi) insieme agli affluenti Cava e Vallone che hanno causato esondazioni lungo vari tronchi del loro corso, in particolare in corrispondenza di Melzo, Cavenago, Trezzano Rosa. Le cause sono da imputarsi sia all'aumento delle portate che alle opere di tombinatura ed incanalamento realizzate.

Aspetti naturalistici

Caratteristica di questa porzione di pianura sono le brughiere, particolarmente estese e ben rappresentate nel Parco delle Groane. Si tratta di una formazione vegetale piuttosto stabile dominata dal brugo (*Calluna vulgaris*), una fitocenosi in parte di origine antropica che è riuscita ad insediarsi sui terrazzi più alti e ferrettizzati. Tipiche di questa zona sono anche le for-

mazioni boscate, composte da farnia, rovere, betulla e pino silvestre. Nelle zone più umide, negli impluvi o lungo i corsi d'acqua, in funzione del grado d'igrofilia, si possono trovare boschi a farnia, olmo campestre, ontano nero. La pessima qualità della maggior parte dei corsi d'acqua generalmente non consente lo sviluppo di cenosi particolarmente ricche o interessanti.

1.2. La pianura meridionale

Questa porzione di media e bassa pianura si sviluppa per circa 86.000 ettari. L'altitudine varia dai circa 140 m slm nella parte più settentrionale fino ai circa 87 m slm nella propaggine più meridionale. Comprende il territorio comunale del capoluogo lombardo e tutta l'area del Parco Agricolo Sud Milano.

Tabella 2 – Tabella riassuntiva della qualità delle acque superficiali della pianura meridionale, dai risultati delle indagini svolte dalla Provincia di Milano (aprile 1999)

<i>Corso d'acqua</i>	<i>Qualità delle acque (aprile 1999)</i>	<i>Tendenza (1987/1993 – 1995/1999)</i>	<i>Usi possibili</i>
Fiume Adda	Leggermente inquinato. La situazione non è compromessa ma con segni d'inquinamento soprattutto di tipo civile	Sostanzialmente stabile	Agricolo, industriale, ricreativo
Fiume Lambro Meridionale	Fortemente inquinato. Condizione prevalentemente derivante da scarichi civili	Registra una lieve tendenza al miglioramento	Nessuno
Fiume Lambro Settentrionale	Inquinato. Prevalentemente a causa di scarichi civili	Registra una lieve tendenza al miglioramento	Uso limitato in agricoltura, soprattutto per quei prodotti che non prevedono cottura. A valle di Brugherio nessun uso possibile
Cavo Redefossi	Fortemente inquinato. Prevalentemente a causa di scarichi civili	Sensibile miglioramento	Nessuno
Roggia Vettabbia	Fortemente inquinata. Massiccio inquinamento di tipo civile dovuto alla mancata depurazione delle acque di Milano; vi è anche inquinamento industriale	Sostanzialmente stabile	Nessuno
Colatore Addetta	Leggermente inquinato. Le cause sono soprattutto per scarichi di origine civile	Si è registrato un netto miglioramento	Agricolo ed industriale
Torrente Molgora	Inquinato. Prevalentemente da inquinamento organico	Sostanzialmente stabile	Nessuno
Canale Scolmatore Nord Ovest	Leggermente inquinato di derivazione organica a causa degli apporti di Olona e Seveso	Sostanzialmente stabile	L'uso agricolo dovrebbe essere limitato
Naviglio Grande	Saltuariamente inquinato, a causa di scarichi urbani	Sostanzialmente stabile	Agricolo, industriale, ricreativo
Naviglio Martesana	Saltuariamente inquinato, a causa di scarichi di origine civile		Agricolo, industriale, ricreativo
Naviglio Pavese	Saltuariamente inquinato, a causa di scarichi di origine civile	Sostanzialmente stabile	Agricolo, industriale, ricreativo

Tale area si connota da canali ad uso irriguo che derivano in parte da Ticino e Adda e in parte anche dai fontanili ancora presenti in gran parte del territorio. L'agricoltura è quindi diffusa, favorita e valorizzata dalla presenza del Parco Agricolo suddetto.

Il sistema idrografico

L'Adda interessa il territorio per un breve tratto, compreso tra i Comuni di Cassano d'Adda e Truccazzano; è all'altezza di Cassano che il fiume inizia a divenire meandriforme e a presentare ampie zone inondabili.

Il Lambro Settentrionale attraversa con un lungo tratto il Comune di Milano, nel quale è completamen-

te canalizzato, costretto in argini «in frodo». Alcuni tratti di corsi d'acqua, che interessano Milano, sono «tombinati», come i Navigli, il Deviatore Olona o il Redefossi.

L'area è inoltre attraversata dal Lambro Meridionale che raccoglie le acque dell'Olona attraverso il suo Deviatore, il Torrente Molgora, i tre storici Navigli (Grande, Pavese e Martesana), il Colatore Addetta, il Canale Muzza.

Elemento tipico del sistema idrografico di questa porzione di pianura è senza dubbio il fontanile, oggetto di tutela da parte del Parco Agricolo Sud Milano e più in generale, dal PTC della Provincia di Milano.

La qualità delle acque

La qualità delle acque superficiali di questa porzione di pianura sembra complessivamente migliore rispetto a quella settentrionale: su undici corsi d'acqua (che per altro attraversano la pianura settentrionale) quattro risultano gravemente compromessi e praticamente non utilizzabili, gli altri sette presentano invece utilizzi multipli. Inoltre l'area è caratterizzata dai fontanili e dai canali a loro collegati che complessivamente presentano una buona qualità delle acque.

Criticità idrogeologiche

La canalizzazione dei corsi d'acqua determina una condizione di vulnerabilità del sistema idrogeologico soprattutto in alcuni punti. Ad esempio il Lambro Settentrionale, canalizzato per tutto il tratto in Comune di Milano, esonda frequentemente in diversi punti (a Ponte Lambro e Peschiera Borromeo) allagando strade e provocando gravi disagi.

Un'altra condizione di criticità è legata alle opere di tombinatura: caso particolare è il tratto del Cavo Redefossi e del suo scolmatore in Lambro tra S. Giuliano Milanese e S. Donato Milanese.

Aspetti naturalistici

Nell'area in esame vi sono alcune interessanti emergenze che testimoniano l'antico aspetto dell'ambiente naturale. Il Bosco di Cusago rappresenta un residuo di foresta planiziale, appartenente all'alleanza *Carpinion*, caratterizzata dalla presenza di farnia (*Quercus pedunculata*), carpino bianco (*Carpinus betulus*), *Vinca minor*, *Carex pilosa*, *Stellaria holostea* e *Brachypodium sylvaticum*.

Lungo l'Adda sono rimaste discrete porzioni di ambiente naturale con boschi ripariali a salici, pioppi e ontani, zone umide perifluviali caratterizzate dalla vegetazione palustre igro-idrofila: saliceti ed alneti vengono gradualmente sostituiti, procedendo secondo un gradiente di maggior igrofilia, dalla vegetazione adrofite emergenti (canneti, tifeti, cariceti, scirpeti) che a loro volta lasciano il posto negli specchi d'acqua a cenosi ad acque lentiche (lamineti, aggruppamenti a *Ceratophyllum demersum*) o lotiche (es. cenosi a *Potamogeton* spp. e *Vallisneria spiralis* o a *Ranunculus fluitans*).

Altro aspetto rilevante sono gli ambienti presso i fontanili, caratterizzati da una vegetazione acquatica a *Callitriche stagnalis*, ranuncoli acquatici (*Ranunculus tricophyllus*, *R. aquatilis*), crescione (*Nasturtium officinale*) e *Apion nodiflorum*.

1.3. La valle del Ticino

La porzione occidentale della Provincia di Milano è costituita da un ampio tratto della valle del Ticino completamente compresa nel Parco Lombardo della valle del Ticino. Dei 45 comuni del parco 16 sono in Provincia di Milano, altrettanti in Provincia di Pavia e 13 in Provincia di Varese.

Il sistema idrografico

Il Ticino presenta una portata media annua di 300 m³/s, una massima piena storica verificatasi nel 1868 stimata in 4.500 m³/s e una portata di piena ordinaria pari a 900 m³/s. Negli ultimi quarant'anni si è superato poche volte la portata di 2.000 m³/s (un evento si è verificato nel 1993).

Oltre al fiume Ticino il sistema idrografico è caratterizzato da una serie di grandi canali ed opere idrauliche, costruite a partire dal XIII secolo, nonché di una fitta rete irrigua.

Le numerosissime derivazioni idrauliche, tra cui si cita il Canale Villoresi, i Navigli, derivazioni ENEL ecc., ne riducono sensibilmente la portata, che viene in parte recuperata con gli apporti di falda e le restituzioni provenienti da varie fonti.

La qualità delle acque

Da una recente indagine promossa dal Consorzio del parco (Parco Ticino, 1999: «La qualità delle acque del fiume Ticino. Valutazione dei dati raccolti nelle campagne di monitoraggio svolte nell'anno 1999») è emerso che la situazione generale appare buona dal punto di vista della qualità delle acque e della funzionalità ecosistemica. Nei tratti compresi tra le Province di Milano e Novara la situazione, secondo il monitoraggio biologico (IBE), è sostanzialmente stabile e i valori riscontrati sono caratteristici di ambienti non alterati sensibilmente (I classe di qualità) o con moderati sintomi di alterazione (II classe di qualità).

Vi sono preoccupazioni dal punto di vista sanitario per il tratto a sud di Abbiategrasso. Inoltre è a valle di alcuni scarichi, anche di depuratori (Bellinzago, Turbigo, Torre d'Isola) che si hanno alcuni problemi riguardo la presenza oltre limiti di coliformi fecali.

Criticità idrogeologiche

L'ultimo tratto del Ticino è sottoposto a piene con caratteristiche idrodinamiche ed idrometriche complesse a causa della concomitanza o meno di condizioni di piena del Po. Possono infatti verificarsi piene di rigur-

gito di quest'ultimo risalenti sino a 12 km dal punto di confluenza, con acque tranquille e velocità minima di deflusso. Per tale motivo si può verificare il pericolo di sormonti arginali. Le piene, legate al deflusso delle acque del solo Ticino, sono caratterizzate dall'innalzamento del livello e da forti velocità di deflusso.

Aspetti ambientali

Il Ticino è uno degli ambiti fluviali più integri del Nord Italia. Presenta infatti un'ampia superficie boscata ca-

atterizzata da boschi di farnie ascrivibili a *Polygonato multiflori* – *Quercetum roboris* nei quali sono presenti anche carpino bianco (*Carpinus betulus*), olmo (*Ulmus minor*), acero campestre (*Acer campestre*), ciliegio selvatico (*Prunus avium*). Nelle zone più igrofile ed adiacenti al fiume possono trovarsi vaste alneti (*Carici elongatae* – *Alnetum glutinosae*) o saliceti (*Salicetum albae*). Le numerose lanche presentano la tipica vegetazione idro-igrofila palustre con vasti canneti e vegetazione di specchi d'acqua ricca e diversificata.

2. Ambiti critici di intervento e tipologie di situazioni rappresentative

A partire dall'analisi del territorio descritta nel capitolo 1 e con la collaborazione dei tecnici del Servizio Pianificazione Paesistica e Ambientale della Provincia di Milano, sono stati eseguiti nel periodo da aprile a giugno 2000 sopralluoghi mirati all'individuazione di tipologie di corsi d'acqua con caratteristiche omogenee rappresentative del contesto territoriale.

È stato quindi possibile inquadrare le realtà del reticolo idrografico provinciale in categorie che corrispondono alle seguenti «tipologie»:

- Grandi fiumi
- Canali principali
- Fiumi dell'area metropolitana
- Reticolo minore
- Cave, bacini ed acque ferme.

La prima tipologia corrisponde ai fiumi Ticino ed Adda la cui contesto naturalistico e, più in generale, paesistico occupa una porzione considerevole del territorio circostante.

I canali principali si contraddistinguono per la loro trasversalità rispetto al reticolo idrico naturale e come opere antropiche, più o meno storiche, con funzioni di drenaggio e irrigue. Essi determinano un segno rilevante nel paesaggio attraversato.

Nella terza tipologia sono compresi i corsi d'acqua che attraversando nuclei fortemente urbanizzati hanno subito pesanti modificazioni ed artificializzazioni.

Il reticolo minore comprende sia corsi d'acqua naturali per lo più di carattere torrentizio, con portate tal-

volta nulle nel periodo estivo, sia rogge di derivazione irrigua o alimentate da fontanili. Tale reticolo si contraddistingue per la sua complessa articolazione che connota in modo rilevante il paesaggio del settore centro-meridionale della Provincia di Milano.

Nell'ultima tipologia sono state raggruppate quelle situazioni spesso determinate da interventi antropici e che per la maggior parte dei casi si configurano come elementi di degrado ambientale. Tuttavia essi sono meritevoli di attenzione per le potenzialità che offrono ai fini della realizzazione del progetto di rete ecologica provinciale.

Gli elaborati grafici sono stati organizzati secondo il seguente criterio: nella Scheda 1 di seguito riportata viene fornita una sintesi in cui sono elencati, per ogni tipologia, i siti investigati la cui ubicazione è rappresentata in Figura 1. Le relative immagini fotografiche sono state invece organizzate in Scheda 2. Per ciascun sito viene citato il corso d'acqua, la località, le principali caratteristiche e problematiche riscontrate, i potenziali obiettivi di intervento. Nelle didascalie delle immagini fotografiche viene fornita una descrizione più dettagliata e puntuale della situazione riscontrata.

L'analisi dei siti ha consentito di individuare situazioni critiche che possono costituire motivo di limitazione all'impiego di tecniche di ingegneria naturalistica; nel contempo solo attraverso i sopralluoghi sopra citati è stato possibile definire tipologie di intervento che hanno determinato la traccia per la redazione delle presenti linee guida.

SCHEDA 1: Ambiti critici di intervento e tipologie di situazioni rappresentative

<i>TIPOLOGIA</i>	<i>CORPO IDRICO</i>	<i>FOTO (numero)</i>	<i>SITO (numero)</i>	<i>COMUNE</i>	<i>CARATTERISTICHE</i>	<i>POTENZIALITÀ</i>
GRANDI FIUMI	FIUME TICINO	1/2/3	1	MOTTA VISCONTI (loc. Bosco Maina)	<ul style="list-style-type: none"> • area protetta (Parco della Valle del Ticino) • uso fruitivo • buona qualità ambientale 	<ul style="list-style-type: none"> • riqualificazione ambientale e tutela degli habitat • miglioramento degli usi fruitivi
		4/5	2	BESATE (loc. Madonna del Zerbo)		<ul style="list-style-type: none"> • (percorso ciclopeditonale) • difesa dall'erosione
	FIUME ADDA	6/7/8	3	CASSANO D'ADDA	<ul style="list-style-type: none"> • area protetta (Parco dell'Adda Nord) • presenza di importanti opere di regolazione idraulica e difesa spondale (punto di derivazione Canale Muzza) • presenza di particolari biotopi da tutelare 	<ul style="list-style-type: none"> • miglioramento dell'impatto generato dalle opere • creazione di fasce o aree a bosco • miglioramento degli usi fruitivi
CANALI PRINCIPALI	CANALE SCOLMATORE DI NORD OVEST	9	4	CISLIANO (loc. C.na Manzola)	<ul style="list-style-type: none"> • area protetta (Parco Agricolo Sud Milano) • canale fortemente artificializzato 	<ul style="list-style-type: none"> • riqualificazione ripariale
	CANALE MUZZA	10/11	5	TRUCCAZZANO	<ul style="list-style-type: none"> • area protetta (Parco dell'Adda Nord) • canale irriguo con sponde inerbite • pratiche agricole fino a ridosso delle sponde 	<ul style="list-style-type: none"> • costruzione di fasce vegetali riparie • inserimento di elementi di diversificazione in alveo (se compatibili) • difese di sponda vegetali in alcuni punti critici
	CANALE REDEFOSSI	12	6	SAN DONATO M. SAN GIULIANO (confluenza con F. Lambro)	<ul style="list-style-type: none"> • area protetta (Parco Agricolo Sud Milano) • canale fortemente artificializzato in area agricola 	<ul style="list-style-type: none"> • proposta di riqualificazione ambientale • progettazione partecipata
FIUMI DELL'AREA METROPO-LITANA	TORRENTE BOZZENTE	13/14	7	RHO e LAINATE (loc. Barbaiana)	<ul style="list-style-type: none"> • canale artificializzato in area verde di periferia urbana 	<ul style="list-style-type: none"> • proposta di restoration e rimeandrizzazione • parco comunale • progettazione partecipata
	FIUME OLONA	15/16	8	SAN VITTORE OLONA	<ul style="list-style-type: none"> • tratto moderatamente artificializzato in area agricola di periferia urbana 	<ul style="list-style-type: none"> • progetto di vasca di laminazione (PAI) • proposta di parco sovracomunale • progettazione partecipata
	FIUME OLONA	17	9	VANZAGO (presso ponte SS 172)	<ul style="list-style-type: none"> • aree agricole con carenza di vegetazione riparia 	<ul style="list-style-type: none"> • riqualificazione dell'alveo e delle fasce riparie
	TORRENTE SEVESO	18/19	10	PADERNO D. (loc. Palazzolo)	<ul style="list-style-type: none"> • tratto artificializzato in area urbana • pessima qualità delle acque 	<ul style="list-style-type: none"> • aumento di sezione dell'alveo • riqualificazione dell'alveo e delle ripe

<i>TIPOLOGIA</i>	<i>CORPO IDRICO</i>	<i>FOTO (numero)</i>	<i>SITO (numero)</i>	<i>COMUNE</i>	<i>CARATTERISTICHE</i>	<i>POTENZIALITÀ</i>
	FIUME LAMBRO	20/21/22	11/12	MILANO	<ul style="list-style-type: none"> • area protetta (Parco Agricolo Sud Milano) • artificializzazione delle sponde • pessima qualità delle acque • usi impropri lungo le sponde (orti abusivi, discariche ecc.) 	<ul style="list-style-type: none"> • ampliamento dell'alveo e riconquista di fasce riparali • riqualificazione ripariale • applicazione di tecniche di ingegneria naturalistica per la difesa spondale
	FIUME LAMBRO	23/24	13	MELEGNANO	<ul style="list-style-type: none"> • area protetta (Parco Agricolo Sud Milano) • artificializzazione delle sponde • pessima qualità delle acque • usi impropri lungo le sponde • usi impropri lungo le sponde (orti abusivi, discariche ecc.) 	<ul style="list-style-type: none"> • ampliamento dell'alveo e riconquista di fasce riparali • riqualificazione ripariale • applicazione di tecniche di ingegneria naturalistica per la difesa spondale
RETICOLO MINORE	ROGGIA di derivazione F. Ticino	25	1	MOTTA VISCONTI	<ul style="list-style-type: none"> • area protetta (Parco della Valle del Ticino) • buona qualità sia delle acque che delle fasce vegetali riparie 	<ul style="list-style-type: none"> • miglioramento di alcuni tratti localmente degradati (es. scarsa qualità vegetazionale)
	CANALE SECONDARIO VILLORESI	26	14	VANZAGO	<ul style="list-style-type: none"> • area protetta (Oasi del WWF di Vanzago) • canale artificializzato 	<ul style="list-style-type: none"> • riqualificazione paesistico-ambientale
	CANALI irrigui di derivazione F. Olona	27/28	8	SAN VITTORE OLONA	<ul style="list-style-type: none"> • canali irrigui nella campagna attigua al corso d'acqua principale • degrado e carenza di vegetazione • manufatti idraulici dissestati 	<ul style="list-style-type: none"> • progetto di vasca di laminazione (PAI) • proposta di parco sovracomunale • progettazione partecipata
	ROGGIA RIOLA	29/30	15	MEDIGLIA	<ul style="list-style-type: none"> • area protetta (Parco Agricolo Sud Milano) • tratti con discreta qualità geomorfologica e ambientale • tratti privati della vegetazione ripariale o canalizzati • necessità di manutenzione 	<ul style="list-style-type: none"> • rivitalizzazione • manutenzione degli alvei e rimozione di situazioni di degrado (eventuale bonifica)
	ASTE DI FONTANILI	31	16	BUCCINASCO	<ul style="list-style-type: none"> • area protetta (Parco Agricolo Sud Milano) • aste di fontanili soggette ad usi impropri 	<ul style="list-style-type: none"> • rimozione di rifiuti e di manufatti abusivi • riqualificazione idraulico-ambientale • costituzione di biotopi e fasce riparali (buffer zones) anche a fini fitodepuranti
		32	17	ZIBIDO SAN GIACOMO	<ul style="list-style-type: none"> • area protetta (Parco Agricolo Sud Milano) • aste di fontanili soggette ad usi impropri 	<ul style="list-style-type: none"> • rimozione di rifiuti e di manufatti abusivi • riqualificazione idraulico-ambientale • costituzione di biotopi e fasce riparali (buffer zones) anche a fini fitodepuranti
	CANALI IRRIGUI	33	12	SAN DONATO M.	<ul style="list-style-type: none"> • canali irrigui in aree di periferia urbana con situazioni di degrado e carenti di vegetazione 	<ul style="list-style-type: none"> • costituzione di fasce riparali e buffer zones anche a fini fitodepuranti • recupero della fruizione (percorsi, collegamenti a parchi urbani ecc)

<i>TIPOLOGIA</i>	<i>CORPO IDRICO</i>	<i>FOTO (numero)</i>	<i>SITO (numero)</i>	<i>COMUNE</i>	<i>CARATTERISTICHE</i>	<i>POTENZIALITÀ</i>
	TORRENTE CAVA	34	18	BELLUSCO e MEZZAGO	<ul style="list-style-type: none"> • corso a carattere torrentizio con alveo mediamente incassato • presenza di siepi • tratti con discreta dinamica geomorfologia (erosioni spondali) 	<ul style="list-style-type: none"> • riqualificazione vegetazionale e ambientale • rimozione di ostacoli al deflusso (tombature)
	TORRENTE BEVERA	35/36	19	BRIOSCO (loc. Fornaci)	<ul style="list-style-type: none"> • area protetta (Parco della Valle del Lambro) • presenza di opere di difesa spondale di tipo tradizionale e poco giustificabili • discreta copertura vegetale ripariale • esistenza di comitato ambientalista locale che opera per la riqualificazione del corso d'acqua • progetto di vasca di laminazione (Regione Lombardia) 	<ul style="list-style-type: none"> • sostituzione di opere di difesa tradizionali (se considerate necessarie) con tecniche di ingegneria naturalistica • realizzazione di opere di laminazione delle piene con tecniche compatibili rispetto alla qualità paesistico-ambientale dei luoghi
CAVE, BACINI E ACQUE FERME	LANCA F. Ticino	37	1	MOTTA VISCONTI (loc. Bosco Maina)	<ul style="list-style-type: none"> • area protetta (Parco della Valle del Ticino) • discreta/buona qualità ambientale • uso fruitivo (porticciolo) 	<ul style="list-style-type: none"> • riqualificazione ambientale • sistemazione di localizzate erosioni di sponda • miglioramento della fruizione
	Ex CAVE in falda	38	20	BUCCINASCO	<ul style="list-style-type: none"> • area protetta (Parco Agricolo Sud Milano) • sponde piuttosto ripide • carenza di vegetazione • usi fruitivi 	<ul style="list-style-type: none"> • miglioramento delle condizioni degli habitat attraverso modifiche morfologiche • costituzione di fasce ripariali e biotopi • sistemazioni e uso di protezioni per migliorare la sicurezza • attrezzature per la fruizione
		39	21	SAN DONATO M.	<ul style="list-style-type: none"> • area urbana • discreta qualità ambientale con ricchezza di vegetazione spondale 	<ul style="list-style-type: none"> • miglioramento delle condizioni degli habitat attraverso modifiche morfologiche • costituzione di fasce ripariali e biotopi • sistemazioni e uso di protezioni per migliorare la sicurezza • attrezzature per la fruizione
		40	21	SAN GIULIANO M.	<ul style="list-style-type: none"> • area protetta (Parco Agricolo Sud Milano) • presenza di un parco comunale • tratti con sponde carenti di vegetazione • fruizione e pesca amatoriale 	<ul style="list-style-type: none"> • miglioramento delle condizioni degli habitat attraverso modifiche morfologiche • costituzione di fasce ripariali e biotopi • sistemazioni e uso di protezioni per migliorare la sicurezza • attrezzature per la fruizione

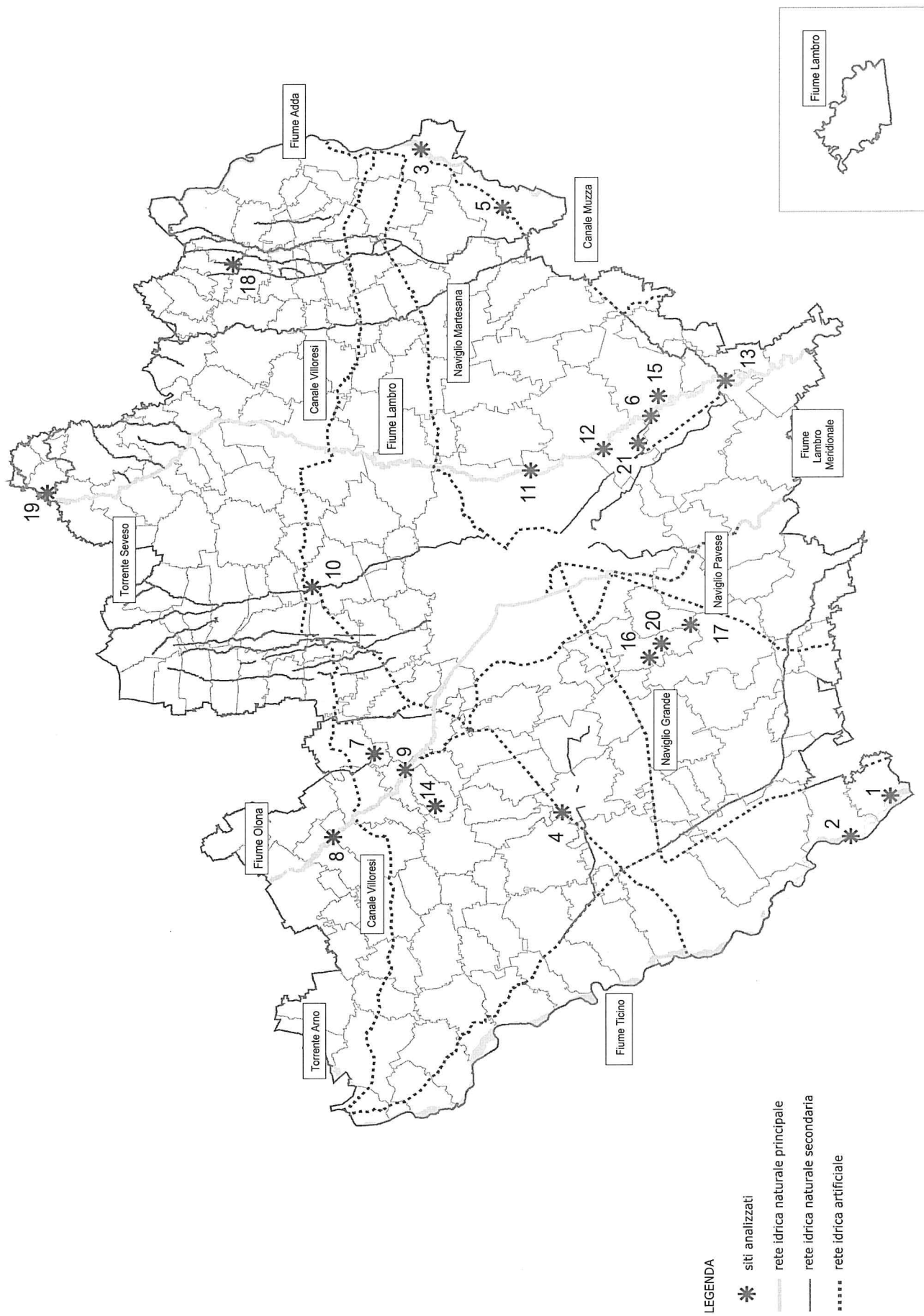


Figura 1 – Ubicazione siti analizzati



1. FIUME TICINO presso MOTTA VISCONTI

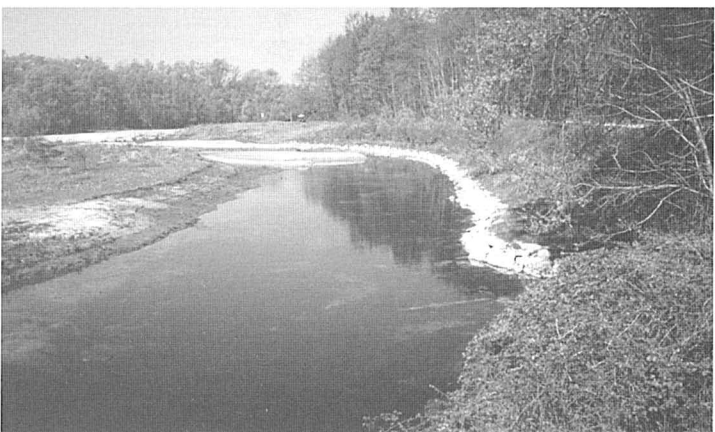
Lavori in corso (aprile 2000) per il consolidamento di sponda soggetta ad azione erosiva.

Le tecniche impiegate sono di tipo convenzionale, di notevole impatto estetico oltre che inibenti la dinamica geomorfologica e la crescita vegetativa. Vengono infatti utilizzate membrane plastiche al di sotto dei massi rendendo la struttura impermeabile.



2. FIUME TICINO presso MOTTA VISCONTI

La sponda esterna del fiume è costituita da discarica di materiali inerti di natura edile. Questi, oltre a rappresentare forme di inquinamento incontrollate, risultano chiaramente incompatibili con la destinazione a percorso naturalistico per ragioni estetiche e di sicurezza.



3. FIUME TICINO presso MOTTA VISCONTI

Esempio di limitazione della dinamica erosiva tramite sistemazioni al piede con scogliera, a difesa preventiva di un'area abitata retrostante. Si noti come la vegetazione spondale (salicacee) tende a insediarsi spontaneamente e come la dinamica del meandro si stia arrestando negli ultimi anni.



4. FIUME TICINO presso BESATE (loc. Madonna del Zerbo)

Marcata erosione di sponda in corrispondenza dell'attraversamento di un metanodotto. Si notano alcune opere in paleria disgregate. Qui è richiesta, da parte dell'Ente Parco, la limitazione del fenomeno erosivo per l'esistenza di un percorso ciclopeditone e di un'area di rimboschimento.

5. FIUME TICINO presso BESATE (loc. Madonna del Zerbo)

Particolare della difesa in paleria dissestata di cui alla foto 4. L'insuccesso è dovuto allo svuotamento del materiale fine e all'azione erosiva avvenuta alle spalle dell'opera che non prevedeva, probabilmente, un rivestimento efficace.



6. FIUME ADDA presso CASSANO D'ADDA

Nodo idraulico: derivazione del Canale Muzza dal F. Adda. È presente un'imponente difesa spondale che funge da troppo pieno, deviando le acque verso un vecchio alveo dell'Adda. Si crea a valle dell'opera, per effetto dello stramazzo, erosione alla sua base. Sarebbe opportuno intervenire con tecniche d'ingegneria naturalistica.



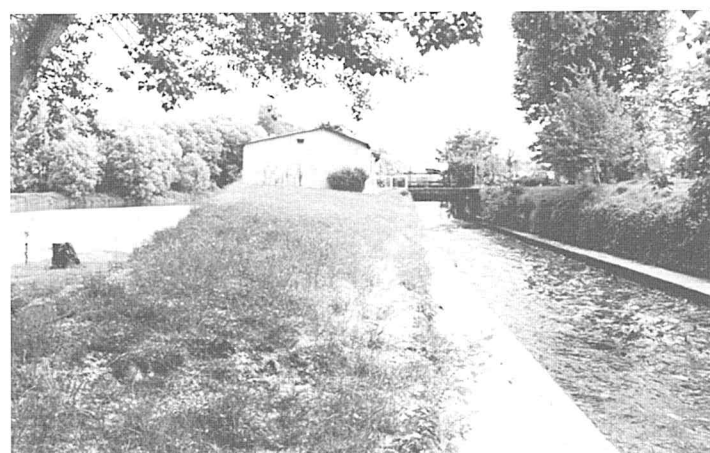
7. FIUME ADDA presso CASSANO D'ADDA

Particolare del vecchio alveo dell'Adda di cui alla foto 6. Si è formato un interessante habitat di greto che andrebbe salvaguardato. Le tecniche di ingegneria naturalistica potrebbero conciliare esigenze di difesa idraulica rispetto a quelle di tipo ecologico-ambientale.



8. FIUME ADDA presso CASSANO D'ADDA (loc. Cantarana)

Dall'opera idraulica viene derivata una portata necessaria ad alimentare il corso del F. Adda posto a valle; la restante acqua defluisce nel Canale Muzza il cui corso inizia in corrispondenza del ponte di Cassano d'Adda.





9. CANALE SCOLMATORE NORD-EST presso CISLIANO

Le sponde sono impermeabilizzate con una fascia superiore inerbita ove cresce vegetazione spontanea anche di discreto pregio. Se i sovrappassi dei canali corrispondono al limite della sezione libera rispetto al livello di piena, si può pensare di introdurre fasce vegetate senza creare problemi di compatibilità idraulica.



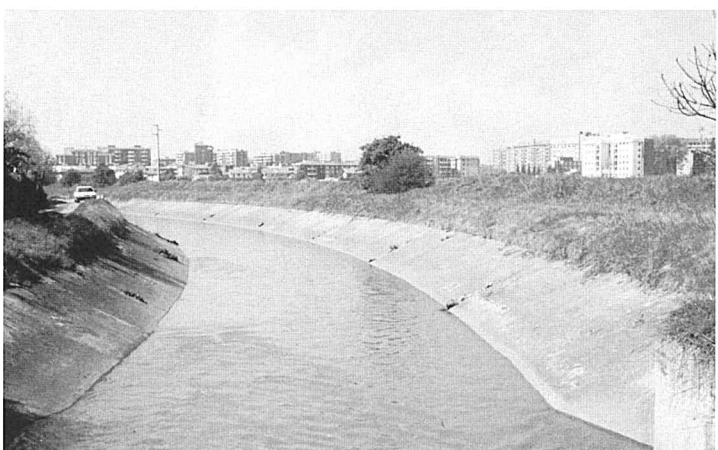
10. CANALE MUZZA presso TRUCCAZZANO (loc. C.na Fornasetta)

Si notano le sponde del canale basse e inerbite e, in questo tratto, prive di vegetazione arborea o arbustiva; le sponde del canale potrebbero essere riprogettate con tecniche d'ingegneria naturalistica.



11. CANALE MUZZA presso TRUCCAZZANO (ponte SP 14)

Tratto rettilineo con acqua corrente veloce, sponde rialzate e inerbite. In acqua sono presenti ciuffi di ranuncolo acquatico. Siepi in sponda destra costituite da robinie, olmi, pioppi, sambuchi.

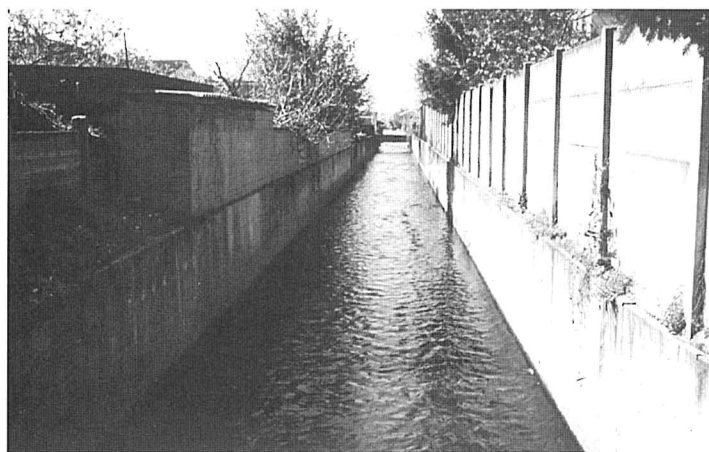


12. CANALE REDEFOSI presso S. DONATO e S. GIULIANO MILANESE (confluenza in F. Lambro)

Il canale è impermeabilizzato con sponde in calcestruzzo. Esisterebbero spazi per un intervento di riqualificazione ambientale giustificabile per altro dalla presenza di un parco urbano. Il WWF Lombardia sta lavorando per proporre un progetto in questa direzione.

13. TORRENTE BOZZENTE fra RHO e LAINATE (loc. Barbaiana)

Nel tratto di attraversamento dell'area urbanizzata il torrente si presenta fortemente artificializzato e compreso in un'area definita a rischio idrogeologico molto elevato nel Piano stralcio per l'Assetto Idrogeologico (PAI).



14. TORRENTE BOZZENTE fra RHO e LAINATE (loc. Barbaiana)

A valle rispetto al tratto di foto 13, il torrente si dirige verso l'area urbana, attraversando sulla destra un parco urbano e sulla sinistra campi coltivati: su entrambe le sponde apparirebbe facilmente proponibile una riqualificazione idraulico-ambientale dell'alveo con la riconquista di aree di pertinenza fluviale.



15. FIUME OLONA presso S. VITTORE OLONA

Quest'area è interessata da un progetto di Parco Locale di Interesse Sovracomunale (PLIS), prestandosi quindi ad interventi di rinaturazione fluviale e di riconquista di aree di espansione, quale potrebbe essere quella agricola qui in sinistra idrografica, come peraltro previsto nel PAI.



16. FIUME OLONA presso S. VITTORE OLONA

In questo tratto sono presenti fenomeni erosivi di sponda anche in prossimità di abitazioni e attività connesse, che richiederebbero interventi compatibili con la destinazione d'uso e integrati con esigenze di tutela e riqualificazione di manufatti storici quali cascine e mulini come quello nell'immagine.





**17. FIUME OLONA a VANZAGO
(presso il ponte della SS 172)**

Tratto parzialmente a ridosso di insediamenti antropici. La sponda in destra idrografica appare ancora libera da ostacoli per eventuali interventi di rinaturazione.



**18. TORRENTE SEVESO presso PADERNO D.
(loc. Palazzolo)**

La sponda in sinistra è pesantemente artificializzata. Eventuali interventi di ingegneria naturalistica si potrebbero realizzare in sponda destra, finalizzati soprattutto alla depurazione delle acque la cui qualità è di pessime condizioni.



**19. TORRENTE SEVESO presso PADERNO D.
(loc. Palazzolo)**

In destra idrografica il fiume è vincolato da insediamenti artigianali e dalla ferrovia, mentre in sinistra è presente un'area parzialmente libera, ove si potrebbe aumentare la sezione idraulica dell'alveo e una riduzione dell'artificialità delle sponde.



20. FIUME LAMBRO a MILANO (loc. Ortica)

Il fiume è confinato in sponde verticali in cemento. Essendoci ancora spazi liberi lungo le fasce riparie, seppur limitati, si potrebbe intervenire con opere di riqualificazione ambientale.

21. FIUME LAMBRO a MILANO (periferia sud-est)

Con il sistema degli argini in frodo è evitata la possibilità di espansione del fiume e di espletamento della sua dinamica, con incremento di rischio idraulico a valle.



22. FIUME LAMBRO a MILANO, confine con S. DONATO MILANESE

Il fiume attraversa aree libere e spazi aperti; ciò nonostante l'alveo viene mantenuto sensibilmente irrigidito da sistemazioni spondali tradizionali con scarsa vegetazione di sponda e di ripa. Sono presenti numerose discariche abusive.



23. FIUME LAMBRO a MELEGNANO

Nei pressi dell'area urbanizzata il fiume è stato in parte ricalibrato e in parte privato di vegetazione ripariale. Considerata l'esistenza di spazi aperti sarebbero possibili interventi di rinaturazione.



24. FIUME LAMBRO a MELEGNANO

Esempio di intervento di riqualificazione ambientale (stagno ripariale) sulla riva del fiume realizzato e gestito dalla Sezione WWF Sud Milanese. Questo tratto del fiume, a monte dell'abitato di Melegnano, presenta discrete condizioni per quanto concerne il sistema delle ripe.





25. ROGGIA presso MOTTA VISCONTI

Nel Parco del Ticino vi sono molti canali con buone caratteristiche ambientali e spesso sono presenti corridoi e filari ricchi di vegetazione autoctona. La qualità delle acque è abbastanza buona.



26. CANALE SECONDARIO VILLORESI presso VANZAGO

Il canale attraversa un'area ad alta valenza naturalistica: l'oasi del WWF di Vanzago. Ciò induce a promuovere specifici interventi di riqualificazione paesistico-ambientali.



27. ROGGIA irrigua presso S. VITTORE OLONA

I canali irrigui secondari presentano forme di degrado per occlusione o erosione d'alveo e per carenza o scarsa qualità della vegetazione ripariale, mentre potrebbero rappresentare importanti corridoi ecologici.



28. ROGGIA irrigua presso S. VITTORE OLONA

Il reticolo irriguo minore è stato in parte abbandonato e spesso è soggetto a degrado. Sarebbe opportuno riattivarlo sia per le sue funzioni idrauliche che per quelle ambientali (corridoi ecologici), oltre che restaurare gli storici manufatti di regolazione.

29. ROGGIA RIOLA presso MEDIGLIA

Forme di degrado dovute a cumuli di inerti con la probabile funzione di ridurre l'azione erosiva che peraltro minaccia la fondazione del traliccio. È evidente come tali difese risultino scarsamente efficaci, oltre che degradanti.



30. ROGGIA RIOLA presso MEDIGLIA

Nel presente tratto il corso d'acqua ha la possibilità di spagliare e di realizzare una certa meandricizzazione di magra-morbida. Ancora presenti cumuli di inerti lungo le sponde.



31. Asta di FONTANILE presso BUCCINASCO

L'estremo sfruttamento del suolo può provocare situazioni di degrado (in questo caso cementificazione) che compromettono le condizioni delle aste dei fontanili. Essi generalmente godono di una discreta, o buona, qualità delle acque.



32. CANALE irriguo presso ZIBIDO S. GIACOMO

In questa zona del Parco Agricolo Sud Milano numerosi sono i canali irrigui che, a partire dalle captazioni di fontanili, costituiscono una rete omogenea. In questo caso il canale alimenta una risaia e potrebbe essere ecologicamente migliorato.





33. CANALI irrigui presso S. DONATO M.

Si tratta di canali che attraversano aree sub-urbane, con situazioni di degrado ambientale (discariche, orti abusivi ecc.) e vegetazionale. I manufatti di attraversamento del Canale Redefossi determinano potenziali ostacoli al deflusso di piena di quest'ultimo.



34. TORRENTE CAVA tra BELLUSCO e MEZZAGO

In questo tratto l'alveo è piuttosto stretto e stagionalmente in asciutta; sono visibili fitte e continue siepi (robinia, salice bianco, salicone, olmo campestre) che ne caratterizzano la vallecola. L'area è indicata nel PAI come a rischio idrogeologico molto elevato.



35. TORRENTE BEVERA presso BRIOSCO

Particolare andamento meandriforme nel tratto di attraversamento di una piana. Sono state realizzate opere di difesa con massi ciclopici irrigidendo in modo non giustificato il decorso naturale. Sull'area è prevista dalla Regione Lombardia una vasca per la laminazione delle piene.



36. TORRENTE BEVERA presso BRIOSCO

Nonostante sia presente una discreta quantità di pesci, la qualità delle acque presenta segni di inquinamento per scarichi industriali. Gli interventi di difesa del suolo dovrebbero essere non solo di tipo idraulico ma anche ambientale.

37. LANCA del F. TICINO presso MOTTA VISCONTI

L'uso a porticciolo di questo tratto determina il diradamento o l'eliminazione della vegetazione spondale con qualche fenomeno di erosione attenuato con scogliere. Esse risultano esteticamente impattanti e ostacolano fenomeni di rinaturazione spontanea.



38. Ex CAVA in falda presso BUCCINASCO

Considerato l'uso fruitivo dell'area, sarebbe importante realizzare in consolidamento spondale per incrementare la sicurezza e nel contempo un miglioramento paesaggistico-ambientale.



39. Ex CAVA in falda presso SAN DONATO M.

L'ubicazione all'interno del tessuto urbano costituisce motivo per una riqualificazione ambientale finalizzata ad un uso fruitivo. Si riscontrano nel complesso discrete condizioni naturalistiche e paesaggistiche.



40. Ex CAVA in falda presso SAN GIULIANO M.

L'area rientra in un parco comunale; viene praticata attività di pesca amatoriale. Le sponde risultano talvolta carenti di vegetazione: sarebbero necessari interventi per la messa in sicurezza e per il riequipaggiamento vegetazionale.



PARTE SECONDA

Previsioni e competenze ai vari livelli amministrativi

3. Gli aspetti programmatici della pianificazione

3.1. La pianificazione di bacino

La Legge quadro sulla difesa del suolo 183/89 ha la finalità (comma 1, art. 1) di *«assicurare la difesa del suolo, il risanamento delle acque, la fruizione e la gestione del patrimonio idrico per gli usi di razionale sviluppo economico e sociale, la tutela degli aspetti ambientali ad essi connessi»* e per questo consente un approccio al governo del territorio più organico, fondato su *«un'opportuna azione di carattere conoscitivo, di programmazione e pianificazione degli interventi»*, considerando i bacini (o sottobacini) idrografici come ecosistemi unitari.

La pianificazione di bacino si esplica con la predisposizione del piano di bacino che *«ha valore di piano territoriale di settore ed è lo strumento conoscitivo, normativo e tecnico-operativo mediante il quale sono pianificate e programmate le azioni e le norme d'uso finalizzate alla conservazione, alla difesa e valorizzazione del suolo e alla corretta utilizzazione delle acque, sulla base delle caratteristiche fisiche ed ambientali del territorio interessato»* (comma 1, art. 17). I piani di bacino possono essere attuati anche per sottobacini o piani stralcio.

Inoltre il comma 4 dell'art. 17 recita come segue: *«I piani di bacino sono coordinati con i programmi nazionali, regionali e subregionali di sviluppo economico e di uso del suolo. Di conseguenza, le autorità competenti, in particolare, provvedono entro dodici mesi dall'approvazione del piano di bacino ad adeguare i piani territoriali e i programmi regionali previsti dalla legge 27 dicembre 1977, n. 984»*.

Con il DPCM del 24 luglio 1998 è stato approvato il «Piano stralcio delle Fasce Fluviali (PSFF)» dell'Autorità di Bacino del fiume Po (AdBPo). Più recentemente con DPCM del 24/05/01 è stato approva-

to il «Piano stralcio per l'Assetto Idrogeologico» (PAI) che rappresenta il completamento del piano precedente con:

- il tracciamento di fasce fluviali lungo i principali affluenti del Po nel tratto di pianura e fondovalle;
- l'indicazione dei rischi derivanti da dissesti in area montana.

In particolare il PAI si pone come obiettivo (art. 1, comma 3 delle NdA) quello di garantire al territorio un *livello di sicurezza adeguato, attraverso il ripristino degli equilibri idrogeologici e ambientali, il recupero degli ambiti fluviali e del sistema delle acque*. Tra le azioni attraverso cui sono perseguite le finalità di cui sopra si cita in particolare: *«l'individuazione di interventi finalizzati al recupero naturalistico e ambientale, nonché alla tutela e al recupero dei valori monumentali, paesaggistici e ambientali presenti e/o la riqualificazione di aree degradate»*.

3.2. Il Piano Territoriale di Coordinamento della Provincia di Milano (PTCP)

Rispetto alla normativa regionale vigente, il PTCP ha valenza paesistica (artt. 12, 13, 14 della LR 18/97), come pure evidenziato nella DGR 29/12/99, n. 6/47670 che fissa i criteri relativi ai suoi contenuti di natura paesistico-ambientale. Con LR 05/01/00, n. 1, la Regione Lombardia attribuisce al piano suddetto natura di piano di settore per gli aspetti idrici, idrogeologici e idraulico-forestali, previa intesa con le competenti Autorità.

Il PTCP ha assunto, rispetto alle originarie previsioni della L. 142/1990, valenze e contenuti ulteriori e

rilevanti, tali da renderlo strumento generale di programmazione provinciale attraverso cui definire gli indirizzi strategici di assetto e di sviluppo del territorio relativamente agli aspetti di rilevanza sovracomunale. Il piano ha una funzione di coordinamento nell'individuazione degli obiettivi generali relativi all'assetto e alla tutela territoriale, da svolgere:

- sulla base delle proposte dei comuni e degli altri enti locali;
- in coerenza con gli strumenti di pianificazione e programmazione regionale.

Il PTC della Provincia di Milano recepisce le disposizioni del Piano stralcio per l'Assetto Idrogeologico del Bacino del Fiume Po, specificandone, in particolare, le indicazioni relativamente alle aree a rischio idrogeologico, alle misure di tutela e salvaguardia delle acque superficiali e alle modalità di recupero degli ambiti a maggiore sfruttamento di suolo. Questi obiettivi si integrano con quelli del progetto di rete ecologica provinciale cioè: «costituire un sistema di protezione nei confronti degli agenti fisici esterni naturali (es. fattori meteoclimatici) capaci di provocare pressioni critiche e conseguenti lacerazioni nella struttura fisica dell'ecosistema. A tale riguardo come obiettivi specifici di azione si sono assunti:

- un ecomosaico di riferimento che preveda neo-ecosistemi capaci, nel loro complesso, di produrre una riduzione dei tempi di corrivazione delle acque meteoriche;
- indicazioni per l'utilizzo, ove possibile, di soluzioni di ingegneria naturalistica nei punti di pressione specifica da parte delle portate di piena».

Il progetto di rete ecologica risponde ad un «quadro di obiettivi polivalenti» e ad una difesa del suolo basata sul mantenimento dell'integrità fisica e della funzionalità ecologica del territorio, sulla tutela dei processi naturali e la salvaguardia dei valori ambientali e paesaggistici, come espresso dalla L. 183/89.

Si evidenziano alcuni indirizzi relativi ai corsi d'acqua e agli ambiti fluviali, contenuti nelle NdA del PTCP:

- prevenzione dei fenomeni di dissesto idrogeologico attraverso una pianificazione orientata al ripristino degli equilibri idrogeologici e ambientali, al recupero degli ambiti fluviali, alla programmazio-

ne degli usi del suolo ai fini della difesa, alla stabilizzazione e consolidamento dei terreni (art. 45, comma 2);

- favorire il naturale evolversi dei fenomeni di dinamica fluviale e degli ecosistemi (art. 46, comma 2);
- migliorare la capacità di laminazione delle piene e di autodepurazione delle acque.

3.2.1. Il Progetto di Rete Ecologica

Il PTC della Provincia di Milano pone particolare attenzione al riequilibrio ambientale e al conseguente recupero delle funzionalità compromesse dell'ecosistema, assumendoli tra gli obiettivi dell'intera pianificazione. Si rimanda a questo proposito alla pubblicazione nella collana *Quaderni del Piano* dal titolo «Analisi e studi di settore per il progetto di Piano Territoriale di Coordinamento Provinciale. La rete ecologica della Provincia di Milano», a cura di S. Malcevschi. In esso viene quindi proposto un possibile modello ecosistemico territoriale applicabile alla realtà della Provincia di Milano che fa riferimento al concetto generale di rete ecologica.

Per le elaborazioni del PTCP sono stati eseguiti quattro studi di dettaglio che hanno approfondito l'analisi territoriale e la progettazione della rete ecologica in quattro aree nel territorio provinciale, i cui risultati saranno oggetto di una specifica pubblicazione.

Il concetto di rete ecologica nasce dalla considerazione che la tutela del patrimonio biologico non è garantita dalla sola istituzione di aree protette che rischiano di essere «isole» all'interno di territori estremamente antropizzati. La necessità di assicurare le connessioni vitali tra popolazioni «isolate» di parchi e riserve, ha portato all'idea di reti ecologiche. Si tratta quindi di realizzare un progetto sul territorio che integri le presenze naturali (aree protette) con una serie di altri elementi (in alcuni casi da costruire) che emergono dalla lettura del territorio e delle sue vocazioni e opportunità.

Una rete ecologica si basa così sull'identificazione di alcune principali categorie differenziate secondo i livelli di tutela ed utilizzazione. Si riconoscono:

- le *core areas*, destinate alla conservazione dei principali tipi di habitat (generalmente aree protette) che rappresentano i veri e propri bacini di biodiversità all'interno dei quali sopravvivono popolazioni animali sufficientemente stabili;

- i *corridoi* biotici che rappresentano le connessioni ambientali per il collegamento biologico (principalmente genetico) tra popolazioni della stessa specie tra loro isolate (generalmente i corridoi sono specie-specifici);
- le *stepping stones* intese come aree naturali di varia dimensione, geograficamente poste in modo tale da costituire punti di appoggio per trasferimenti di organismi tra grandi bacini di naturalità quando non esistono corridoi continui. Tali unità, se opportunamente allineate, possono vicariare, entro certi limiti, corridoi continui svolgendo in questo caso un'importante funzione di rifugio;
- le *restoration areas* o zone di restauro ambientale e sviluppo naturale sono aree che consentono di ampliare la rete ecologica e recuperando zone degradate e/o abbandonate;
- e infine le *buffer zone* o zone cuscinetto, destinate a proteggere la rete ecologica dalle influenze esterne dannose.

Su questi principi si fonda il progetto di rete ecologica della Provincia di Milano prevedendo in particolare alcune categorie ed elementi costitutivi (3.1.2.)¹ quali:

- le *matrici naturali primarie*, che corrispondono alle core areas;
- le *fasce d'appoggio* alla matrice naturale primaria, in parte corrispondenti a stepping stones o buffer zone;
- i *gangli della rete ecologica*, che costituiscono capisaldi o nodi ecosistemici in grado di sostenere biocenosi o popolazioni di specie significative;
- i *corridoi ecologici*, i *corridoi fluviali*, le *reti ecologiche locali polivalenti*, che considerano elementi residuali nelle aree più antropizzate che possono venire rinaturalizzate e costituire ulteriori elementi per la rete ecologica principale;
- le *barriere*, cioè le interferenze tra le principali infrastrutture viarie o ferroviarie esistenti o programmate e gli elementi della rete ecologica;
- i *varchi*, cioè quelle aree dove l'espansione urbana vicina alla completa saldatura, minaccia fortemente la continuità dei corridoi ecologici.

¹ Il numero è il riferimento del paragrafo dell'«Analisi e studi di settore per il progetto di Piano Territoriale di Coordinamento Provinciale. La rete ecologica della Provincia di Milano», (Malcevschi, 1999).

Tali elementi sono riconducibili a quelli rappresentati nella cartografia del PTCP - Tav. 4 - Rete Ecologica.

L'insieme dei corsi d'acqua principali, sia naturali che artificiali della Provincia, esclusi Ticino e Adda considerati core areas, possono costituire la spina dorsale per progetti di riqualificazione polivalente. Fanno parte di questa categoria: l'Olonza (tratto superiore), il Seveso (tratto superiore), il Lambro Settentrionale, il Lambro Meridionale, il Rio Molgora, il Rio Vallone, i Navigli Grande, Pavese e Martesana, i Canali Villorosi e Muzza e la Roggia Addetta. Inoltre tutta la rete idrica minore costituisce elemento di estrema importanza per la costituzione della rete ecologica.

In seguito a queste premesse il progetto di rete ecologica persegue i seguenti *obiettivi generali* (3.2.3.):

1. la tutela degli elementi d'importanza naturalistica ed ecosistemica, là ove ancora esistenti;
2. lo sfruttamento razionale delle risorse idriche, attraverso il rispetto o la definizione dei deflussi minimi vitali;
3. la rinaturalizzazione dei tratti più o meno artificializzati;
4. il miglioramento delle capacità di laminazione ai fini idraulici;
5. lo sfruttamento delle capacità autodepurative.

In seguito a tali obiettivi il progetto di rete ecologica prevede il rispetto di alcuni *criteri* ai fini della pianificazione territoriale e di settore, programmazione, progettazione e manutenzione dei singoli interventi:

- evitare per quanto possibile il tombinamento o la deviazione dei corsi d'acqua;
- utilizzare preferenzialmente l'ingegneria naturalistica, là ove possibile, per il consolidamento delle sponde;
- allargare, là ove possibile, la sezione dei corsi d'acqua artificializzati, al fine di meglio sfruttarne le potenzialità di habitat e di autodepurazione nei confronti dell'inquinamento veicolato e diffuso.

Nel progetto di rete ecologica vengono inoltre individuati gli *interventi elementari* (3.3.1.) tra i quali vi sono quelli spondali d'ingegneria naturalistica, proposti per le seguenti tipologie:

- interventi su sponde di corsi d'acqua principali;
- interventi su sponde di canali artificiali rivestiti;
- interventi su sponde di rogge ed altri elementi del reticolo idrografico a servizio dell'agricoltura.

Questo tipo di interventi possono essere realizzati secondo il «Quaderno delle opere tipo di ingegneria naturalistica» approvato dalla Regione Lombardia il 29 febbraio 2000 con deliberazione n. 6/48740.

Il progetto di rete ecologica, inoltre, prevede altre tipologie d'interventi alle quali il presente lavoro fa riferimento: i *passaggi per pesci* (3.3.5), i *recuperi di cave* (3.3.10.), gli *ecosistemi-filtro palustri* (3.3.11.)

3.3. Indirizzi e principi pianificatori della Regione Lombardia in materia di ingegneria naturalistica

Il «Quaderno delle opere tipo di ingegneria naturalistica» della Regione Lombardia (DGR 29/02/00, n. 6/48740), di seguito denominato «Quaderno», afferma che *«l'obiettivo generale dell'ingegneria naturalistica è quello di innescare negli ecosistemi non in equilibrio, processi evolutivi naturali che portino ad un nuovo equilibrio dinamico in grado di garantire una maggiore stabilità ed un miglioramento dei valori paesaggistici dell'ambiente in un quadro di aumento della complessità e della biodiversità dell'ecosistema»*.

Come riportato nel «Quaderno», attraverso l'impiego di tecniche su base biologica possono essere perseguite molteplici finalità di seguito sintetizzate:

- *finalità tecnico funzionali*: si riassumono nelle azioni fisiche che le piante inducono sul suolo nel processo di consolidamento dei terreni sotto l'aspetto idrogeologico e nelle funzioni di filtrazione dei solidi sospesi e degli inquinanti di origine diffusa (fitodepurazione) esercitata dalla vegetazione spontanea lungo le rive dei corsi d'acqua;
- *finalità naturalistiche*: attraverso la creazione o ricostruzione di ambienti naturali con innesco di ecosistemi mediante l'impiego di specie autoctone, che hanno tra l'altro maggior grado di attecchimento e autonomia di accrescimento;
- *finalità paesistica*: essa consente un collegamento con il paesaggio circostante, sotto l'aspetto non so-

lo estetico-visuale (panorama), ma anche storico-culturale (palinsesto), entrambe importanti nella realtà italiana, che l'ingegneria naturalistica può contribuire a valorizzare;

- *finalità socio economiche*: in quanto strutture competitive e alternative rispetto ad opere ingegneristiche di alto impatto, nonché motore del beneficio sociale legato alla gestione economica e alla fruizione delle risorse naturali, nonché allo sviluppo dell'occupazione nelle aree collinari, montane e della pianura agricola.

Le tipologie di soluzioni adottabili in funzione di diverse esigenze, vengono raccolte secondo i seguenti gruppi:

- *interventi di difesa dall'erosione*: quali consolidamento di versanti instabili, riduzione dei processi erosivi superficiali dei suoli e consolidamento di alcune tipologie di fenomeni franosi (es. gradonata, cordonata, palificata, grata viva ecc.), interventi di drenaggio delle acque sotto-superficiali (es. con fascinate di drenaggio), difese elastiche delle sponde dei corpi d'acqua corrente e stagnanti, opere idrauliche e legate alla dinamica idraulica (es. difese spondali con ramaglia, scogliera o gabbionata con talee, copertura diffusa con astoni, rampa in pietra-me ecc.);
- *interventi di mitigazione dell'impatto ambientale e paesaggistico* dovuto, per esempio, ad opere di regimazione torrentizia e fluviale di elevato impatto, opere viarie. Un tipo di intervento può essere la creazione di ecosistemi-filtro a valle di scarichi idrici;
- *interventi di ripristino e rinaturazione di ambiti territoriali degradati* quali: cave, discariche, sistemazioni temporanee o permanenti di cantieri, tratte di aste torrentizie e fluviali, casse di espansione, bacini di deposito, creazione di nuove unità ecosistemiche in grado di aumentare la biodiversità locale o territoriale, creazione di nuove strutture ambientali (reti e corridoi ecologici in grado di garantire la permanenza e la mobilità della fauna).

4. Le competenze tecnico-amministrative

4.1. I soggetti attuatori

La L. 183/89 al comma 1 dell'art.11 precisa che *«I comuni, le province, i loro consorzi o associazioni, le comunità montane, i consorzi di bonifica, i consorzi di bacino imbrifero montano e gli altri enti pubblici e di diritto pubblico con sede nel bacino idrografico partecipano all'esercizio di funzioni regionali in materia di difesa del suolo nei modi e nelle forme stabilite dalle regioni singolarmente o d'intesa tra loro, nell'ambito delle competenze del sistema delle autonomie locali»*.

Il «Quaderno» della Regione Lombardia cita inoltre: *«la salvaguardia dei valori naturali e ambientali regionali, la prevenzione e l'eliminazione delle cause di dissesto idrogeologico, la realizzazione delle opere di interesse regionale per la difesa del suolo e il potenziamento del verde, attività e funzioni che costituiscono parte rilevante della politica forestale e ambientale della Regione, sono conferite alle Comunità montane e alle Province, oltre che agli Enti gestori delle aree protette, delle Riserve naturali e dei Consorzi di Bonifica»*.

Vi sono quindi una serie di soggetti che possono individuare, attraverso le proprie azioni di pianificazione territoriale e di settore, ed eseguire interventi d'ingegneria naturalistica e di rinaturazione:

- *Autorità di Bacino*: Piani di bacino, Programmi d'intervento, Schemi previsionali programmatici;
- *Regione*: Piano Territoriale Regionale, Piano Paesistico Regionale;
- *Province*: Piano Territoriale di Coordinamento Provinciale e Piani di settore;

- *Comunità Montane*: Piani Urbanistici di Comunità;
- *Parchi regionali*: Piani territoriali di coordinamento e Piani di settore;
- *Riserve regionali*: Piani di gestione;
- *Comuni*: Piani Urbanistici;
- *Consorzi di Bonifica*: Programmi Provvisori di Bonifica.

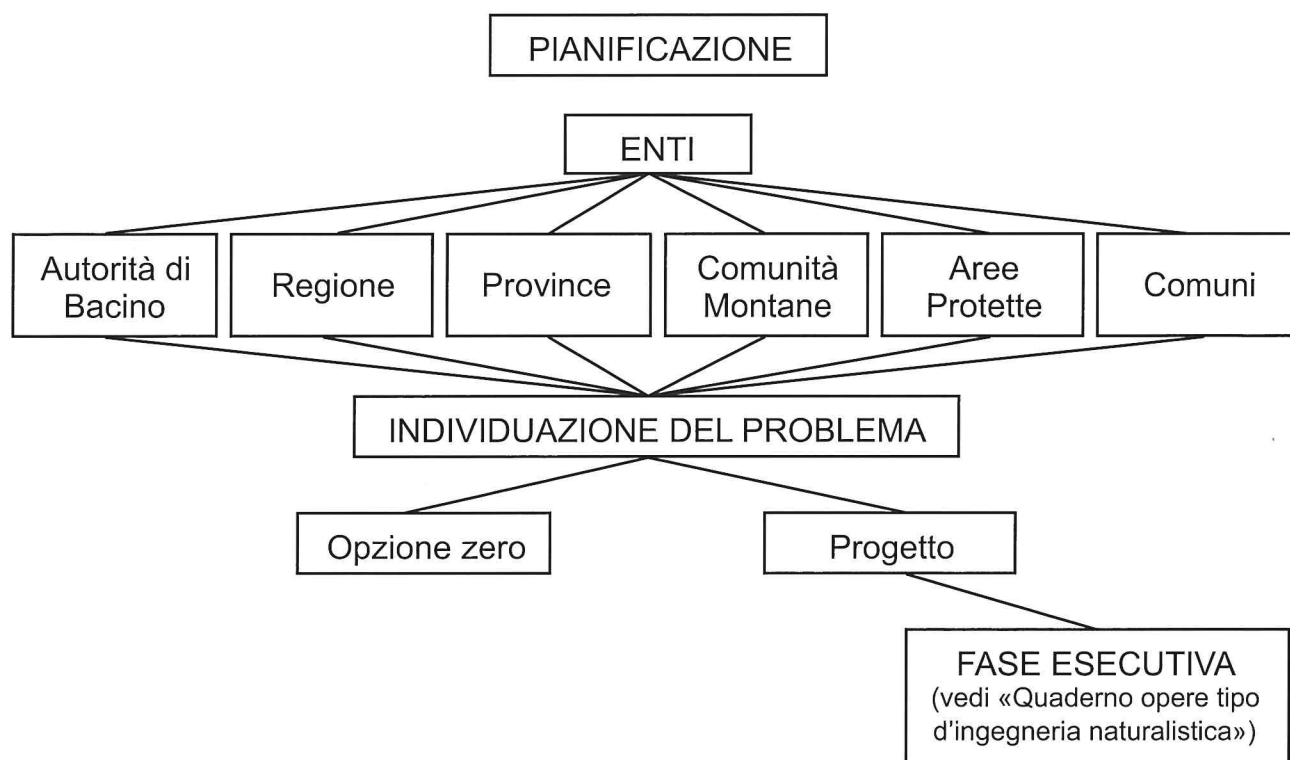
L'Autorità di Bacino del fiume Po, ad esempio, predispone programmi d'intervento finanziati con i fondi disponibili per la L. 183/89, che raccolgono le proposte pervenute dal Magistrato per il Po, dalle Regioni e dalle Province Autonome facenti parte del bacino. Tali interventi devono rispondere ai criteri emanati dall'Autorità di bacino stessa.

In modo analogo la Regione, in funzione del piano di riparto annuale, può stanziare fondi per interventi particolari all'interno di aree protette, in seguito all'applicazione della L.R. 86 del 1983.

4.2. Identificazione dei siti e le fasi di intervento

È evidente che per un corretto perseguimento delle finalità del Piano di Assetto Idrogeologico e del PTCP stesso, l'iter d'identificazione dei siti che necessitano di interventi, deve basarsi su valutazioni oggettive condotte secondo criteri omogenei. La successiva scelta delle tipologie progettuali dovrà essere orientata verso soluzioni innovative e di tipo integrato, che coniughino aspetti di prevenzione del rischio idraulico con il miglioramento della qualità delle acque e la fruibilità dei luoghi là dove possibile.

Figura 2 – Schema di gestione delle opere di Ingegneria Naturalistica (da: «Quaderno delle opere tipo d'ingegneria naturalistica» DGR n. 6/48740 del 29/02/00)



A questo proposito nel «Quaderno» della Regione Lombardia vengono illustrate dettagliatamente le competenze e le modalità per la realizzazione di interventi con tecniche di ingegneria naturalistica.

In particolare vengono identificate e descritte le seguenti fasi che ne accompagnano il processo realizzativo:

1. la fase di pianificazione;
2. la fase della progettazione;
3. la fase esecutiva;
4. la fase di manutenzione;
5. la fase di monitoraggio.

Tale percorso è stato sintetizzato in Figura 2 e per una più approfondita trattazione si rimanda al «Quaderno» stesso.

Se la fase esecutiva della realizzazione degli interventi d'ingegneria naturalistica e quella del monitoraggio sono ben definite dal «Quaderno», pare necessario, in questa sede, dettagliare la fase di «*individuazione del problema*» che, se non risolta adeguatamente, può fortemente condizionare le scelte sul territorio.

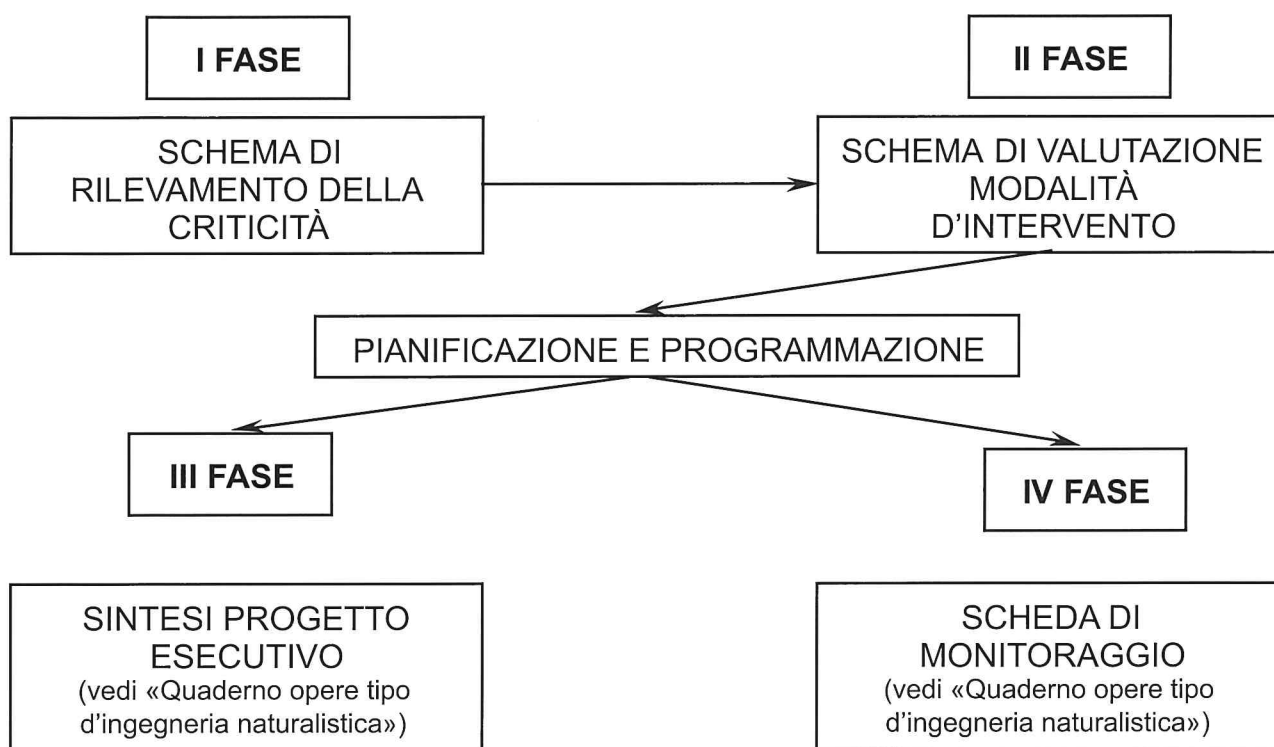
In genere questa fase nasce da esigenze diffuse, rappresentate da privati cittadini, da Comuni (a volte an-

che da Consorzi di Bonifica e da Comunità Montane) che segnalano la necessità di interventi, generalmente in situazioni di criticità ambientale e/o di rischio.

Il rilevamento della criticità e la successiva richiesta d'intervento, per quanto riguarda la difesa del suolo, sono a tutt'oggi generalmente seguiti dal Magistrato per il Po o dalla Regione. Questo iter si conclude in Autorità di Bacino che, in funzione delle priorità d'intervento e delle disponibilità di spesa, approva gli interventi idonei e ripartisce i fondi. Spetta poi all'ente destinatario dei finanziamenti predisporre, secondo la normativa sui lavori pubblici vigente, il progetto esecutivo e la sua successiva realizzazione.

È indispensabile predisporre *schede di rilevamento delle criticità* che consentano di avere tutte le informazioni necessarie per predisporre una proposta d'intervento di massima (sintetizzata in apposite *schede d'intervento*) che consenta di valutare il problema da un punto di vista idrogeologico, geomorfologico, naturalistico, ecologico e paesaggistico. Inoltre, affinché si possa essere coerenti con il progetto di rete ecologica, è necessario che il singolo intervento venga valutato all'interno di un ambito territoriale omogeneo più ampio o comunque relativo a porzioni significative e unitarie del territorio (es. tratti fluviali) e possa

Figura 3 – Successione delle fasi di individuazione del problema, di progettazione e di monitoraggio di interventi di ingegneria naturalistica



tenere conto dell'interconnessione ecologica di aree naturali, nel contesto di un processo di progressivo recupero della complessità e della biodiversità del territorio.

Nello schema di Figura 3 vengono sintetizzate le fasi salienti di questo percorso:

I FASE: è quella di segnalazione della criticità o del dissesto; vi è quindi una richiesta da parte di singoli cittadini, associazioni, comuni o altri enti locali. La raccolta d'informazioni deve essere omogenea, semplice, ma completa; può essere fatta attraverso una scheda di rilevamento della criticità. Si tenga presente che il livello di preparazione di chi fa la richiesta non è necessariamente di tipo specialistico.

II FASE: consiste nella valutazione della modalità di intervento più idonea. Viene generalmente eseguita

dalla Regione e/o dal Magistrato per il Po. Vi è quindi un grado di competenze tecniche specifico, generalmente di tipo idraulico. Si potrebbe prevedere la compilazione di *schede di intervento*.

III e IV FASE: comprendono le fasi di pianificazione e programmazione definite nel «Quaderno», distinguendo in particolare la compilazione della *scheda di sintesi del progetto esecutivo* (terza fase) e la *scheda per il monitoraggio* (quarta fase) eseguite da funzionari qualificati o tecnici esperti.

Si evidenzia la necessità, soprattutto nella seconda fase, di individuare l'applicabilità di interventi d'ingegneria naturalistica. Gli enti coinvolti nella progettazione potrebbero prevedere corsi specifici per i loro tecnici, che consentano una preparazione adeguata e un approccio omogeneo ai problemi.

PARTE TERZA

Principi e criteri guida per interventi di ingegneria naturalistica

5. Significato e principi dell'ingegneria naturalistica

5.1. Principi dell'ingegneria naturalistica

«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 non viventi, come pietrame, terra, legname, acciaio» (Schiechtl 1991). Nasce, quindi, quale evoluzione delle tradizionali opere idraulico-forestali, come insieme di tecniche finalizzate a mitigare l'effetto degli interventi di difesa idraulica e idrogeologica o per migliorare l'inserimento ambientale, paesaggistico ed ecologico di infrastrutture, aumentando l'efficacia dell'azione attraverso le caratteristiche biologiche delle piante utilizzate.

L'ingegneria naturalistica è una scienza ibrida, la cui riuscita necessita di ampie conoscenze: quelle botaniche, geobotaniche, fitosociologiche e di ecologia vegetale sono le principali per quanto riguarda la componente vivente. Quelle fisiche, meccaniche e della dinamica dei suoli, dei materiali ausiliari, della geologia, pedologia e soprattutto idraulica quando si lavora in ambiente acquatico (corsi d'acqua), sono indispensabili alla buona riuscita della loro applicazione.

Uno dei *principi fondamentali* nella concezione delle soluzioni contro l'erosione o nell'ambito delle sistemazioni a fini ecologici, *consiste nel basarsi sull'interpretazione dell'evoluzione e del funzionamento naturale del «sistema» fisico-ambientale*, delle sue caratteristiche e, in particolare, della sua dinamica.

La Tabella 3 illustra il processo logico che si dovrebbe percorrere per giungere alla definizione dell'approccio e delle modalità di intervento, specie se riferito ad un corso d'acqua. In sostanza il criterio da ap-

plicarsi è quello che consente il massimo avvicinamento alle condizioni naturali, ovvero minimizzare gli impatti ambientali della eventuale sistemazione. Si ricorrerà quindi a tecniche maggiormente impattanti solo nel caso in cui non se ne possa fare a meno, per motivi tecnici.

Tale principio sta anche alla base delle indicazioni fornite dal «Quaderno» della Regione Lombardia relativamente alla gestione delle opere di ingegneria naturalistica.

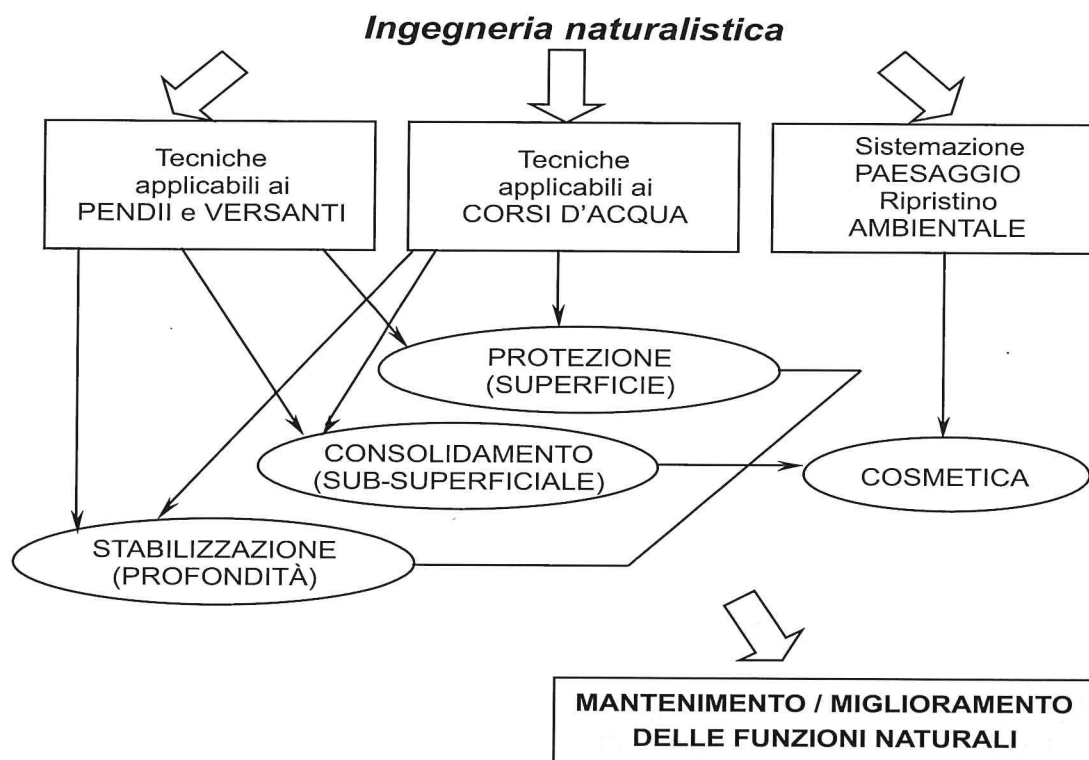
Tabella 3 – Trattamento logico delle erosioni in un corso d'acqua (secondo Lachat 1994)

1. Bisogna *realmente intervenire?* (Variante zero – valutare le conseguenze di un non-intervento).
2. Valutare se una gestione mirata della vegetazione esistente può risolvere le cause dell'erosione.
3. Valutare se l'ingegneria naturalistica può soddisfare le esigenze di protezione.
4. Stabilire se tecniche combinate (ingegneria naturalistica – sistemazioni forestali – ingegneria civile) possono risolvere il problema.
5. Applicare, solo a questo stadio, una tecnica abituale di ingegneria civile ragionevole e proporzionata alla situazione.

Ciò significa non solo ricorrere, ove possibile, a tecniche della progettazione ambientale, ma anche optare per la soluzione ambientalmente migliore fra di esse. In materia di ingegneria naturalistica ciò significa seguire la ormai diffusa scala delle priorità decrescenti:

1. consentire la massima espressione dell'ecosistema, evitandone forzature;
2. applicare la tecnica meno impattante possibile, ovvero ricorrendo a materiali vegetali;
3. ricorrere a tecniche miste.

Figura 4 – Ambiti e scopi dell'ingegneria naturalistica



Tecniche che comportano quindi il ricorso a scogliere, gabbioni, terre rinforzate, legname, geotessili ecc. devono quindi *essere evitati* se si verifica la possibilità di ottemperare alle esigenze con tecniche rigorosamente naturalistiche. Si tenga però sempre presente l'opzione «0» (non intervento), che dovrà essere adottata qualora si verifichino incompatibilità di qualsiasi intervento. L'ingegneria naturalistica, quindi, non deve unicamente accontentarsi di risolvere i problemi dal punto di vista tecnico, ma deve contribuire fortemente e imperativamente al mantenimento e al miglioramento delle funzioni biologiche del sito e della biodiversità come illustrato in Figura 4.

5.2. Definizioni: rinaturazione e ingegneria naturalistica

Per assimilare meglio principi e filosofie di intervento è importante chiarire i diversi significati dei termini usati in questo settore.

Il termine *rinaturalizzazione* (rinaturalizzazione e rinaturazione sono da considerare sinonimi) compare nel Piano Stralcio delle Fasce Fluviali (PSFF) dell'Autorità di bacino del fiume Po; l'art. 13 «Interventi di rinaturazione» delle Norme di attuazione re-

cita al primo comma: «*Nelle fasce A e B e in particolare nella porzione non attiva dell'alveo inciso sono favoriti gli interventi finalizzati al mantenimento ed ampliamento delle aree di esondazione, anche attraverso l'acquisizione di aree da destinare al Demanio, il mancato rinnovo delle concessioni in atto non compatibili con le finalità del Piano, la riattivazione o la ricostruzione di ambienti umidi, il ripristino e l'ampliamento delle aree a vegetazione spontanea*». Successivamente questi concetti sono stati inseriti anche nel Piano stralcio per l'Assetto Idrogeologico (PAI).

Il termine rinaturazione compare anche al comma 1 dell'art. 37 della LR 8/8/1998, n. 14, «Nuove norme per la disciplina delle coltivazioni di sostanze minerali di cava», che recita: «*Nei corsi d'acqua e nel demanio fluviale e lacuale è vietata l'estrazione di materiali litoidi; tale divieto non si applica alle estrazioni che derivano da interventi di difesa e sistemazione idraulica finalizzati al buon regime delle acque e alla rinaturalizzazione dei corsi d'acqua*».

Da questi brevi riferimenti si evince come rinaturazione e ingegneria naturalistica possano in qualche modo essere confusi e sovrapposti. Se l'*ingegneria naturalistica* è quanto definito da Schiechl (1991) e poi am-

piato nel «Quaderno» della Regione Lombardia, vi è l'esigenza di soffermarsi di più sul concetto di *rinaturazione*. Si tratta di un termine spesso utilizzato sotto diversi significati, che si rifanno generalmente alla *restoration ecology*. Si ritiene utile, prima di proporre una definizione adeguata alle finalità del presente lavoro, citare alcune delle definizioni più comunemente usate anche all'estero, parte delle quali riprese da «*Principles of conservation biology*» (G. K. Meffe, C. R. Carroll, 1994):

- «*Restoration*» – restauro/rinaturazione: il termine restauro (restore) significa «riportare all'origine o allo stato originario» (Webster's New Collegiate Dictionary 1977). Il restauro ecologico (ecological restoration) significa quindi «restaurare» un ecosistema o parte di esso. Restoration è considerata spesso una forma distinta di gestione ambientale, differente dalla «salvaguardia», «conservazione» o «gestione» stessa. Non c'è una netta distinzione tra queste forme di manipolazione. Tutte tendono a compensare gli effetti ecologici dovuti ad alterazioni causate dalle attività umane.
- «*Rehabilitation*» – rivitalizzazione. Questo è un ampio termine che può essere usato per spiegare i tentativi di ripristinare elementi di strutture o funzioni di un sistema ecologico, senza necessariamente cercare di raggiungere completamente il suo «restauro» (restoration) come specifica condizione prioritaria; per esempio la messa a dimora di piante in un sito preventivamente eroso.
- «*Reclamation*» – bonifica. Questo termine è tipicamente riferito al ripristino di aree fortemente degradate, ad esempio da attività minerarie. Attraverso il lavoro di bonifica si possono avere piccole ricadute di rinaturazione in senso pieno (non è raggiunta una «copia» dell'ambiente originario): è un primo stadio verso il ripristino di un più naturale ecosistema. Sfortunatamente le discipline della bonifica e della rinaturazione si sono sviluppate più o meno indipendentemente e solo recentemente hanno raggiunto un significato tra loro ricorrente.
- «*Ecological recovery*» – ripresa ecologica. La ripresa è lasciata solo all'evoluzione spontanea del sistema, nella speranza che vengano ripristinate le caratteristiche desiderate attraverso il susseguirsi di processi di successione naturale. Questo approccio di «ordine zero» alla rinaturazione può o non può funzionare. Se sussistono determinate condizioni, questa forma di recupero ambientale può rivelarsi la

migliore, mentre a volte può essere utile semplicemente favorire il processo naturale con modesti interventi di ausilio.

Nel presente lavoro, la *rinaturazione* è intesa come *l'insieme degli interventi e delle azioni atte a ripristinare le caratteristiche ambientali e la funzionalità ecologica di un ecosistema in relazione alle sue condizioni potenziali*, determinate dalla sua ubicazione geografica, dal clima, dalle caratteristiche geologiche e geomorfologiche del sito e dalla sua storia naturale pregressa. La rinaturazione può essere estrema, con l'obiettivo di ripristinare le condizioni naturali preesistenti di un'area, oppure può essere realizzata in funzione di obiettivi intermedi o specifici (es. ripristino della capacità di laminazione; riduzione della velocità di corrivazione; recupero della capacità autodepurativa; salvaguardia di specie di particolare pregio).

La rinaturazione non va confusa con gli interventi di minimizzazione d'impatto ambientale o d'inserimento paesaggistico, in quanto li differenzia sostanzialmente l'obiettivo principale: nella rinaturazione esso è il ripristino di caratteristiche ambientali (riqualificazione di un bosco o di una zona umida, reintroduzioni di specie, interventi su habitat o specie rare, azioni di contenimento di specie alloctone infestanti) o della funzionalità ecologica (recupero della capacità di esondazione, ripristino della continuità ecologica, recupero della capacità autodepurativa di un corso d'acqua); mentre nel caso della minimizzazione d'impatto ambientale (che può avvenire con tecniche d'ingegneria naturalistica o d'inserimento paesaggistico di vario genere) l'obiettivo è soprattutto la riduzione appunto dell'impatto sull'ambiente o il miglioramento dell'inserimento paesaggistico di opere o interventi che hanno finalità diverse. Ad esempio il consolidamento di una scarpata con tecniche d'ingegneria naturalistica ha uno scopo prevalente ben preciso (il consolidamento) e non necessariamente un obiettivo di rinaturazione; è tuttavia evidente il vantaggio di utilizzare tecniche che consentono un inserimento ambientale adeguato e lo sfruttamento delle caratteristiche biologiche dei materiali vivi usati, piuttosto che utilizzare tecniche o materiali ad alto impatto ambientale.

D'altra parte, è intuibile come, in alcuni casi, grazie all'uso delle tecniche di ingegneria naturalistica pur finalizzati alla sistemazione del suolo, si ottengano allo stesso tempo risultati in termini di rinaturazione (ri-creazione di biotopi o di corridoi ecologici ecc.).

Sia chiaro quindi che l'ingegneria naturalistica rappresenta un mezzo (l'insieme di specifiche tecniche «verdi»), mentre la rinaturalizzazione e la difesa del suolo rappresentano dei fini, entrambi raggiungibili, in molti casi, grazie all'applicazione delle tecniche di ingegneria naturalistica.

5.3. Criteri in termini di qualità

In una prospettiva di protezione contro l'erosione o di rinforzo della stabilità dei suoli sembrerebbe che, dal momento in cui si utilizzano elementi vegetali (o parte di essi) nel suolo, si stia facendo dell'«ingegneria naturalistica». Orbene, questa «illusione» può talvolta essere totale e mascherare completamente una triste realtà dei risultati e dei fatti.

Si deve infatti tenere presente che la «cosmetica» non è sempre funzionale, sia a livello tecnico sia a livello biologico. La presenza di «verde» non significa forzatamente che si è di fronte a un modello di biodiversità.

In Tabella 4 si è cercato di fornire qualche linea direttrice, qualche nozione d'apprezzamento e di distinzione tra ciò che si potrebbe definire «vera» piuttosto che «falsa» ingegneria naturalistica.

È comunque opportuno premettere che non è inequivocabilmente possibile catalogare tutto in questi due termini e che, pertanto, la tabella rappresenta una semplificazione. La nozione di «vero/falso», «giusto/sbagliato», «sì/no», «per/contro», «buono/cattivo» (in realtà, una semplice relazione binaria) non può essere il riflesso di tutto un insieme di tecniche; mancano in effetti molte sottigliezze. Tuttavia, come anticipato prima, molte realizzazioni che vengono catalogate come di «ingegneria naturalistica» potrebbero essere classificate in una o nell'altra colonna, senza ombra di equivoci. Lo scopo della Tabella 4 è quello di dare alcuni elementi per poter meglio distinguere quali tipologie di tecniche possono rientrare fra quelle di ingegneria naturalistica e quali non lo sono.

Essa potrà quindi permettere una riflessione sui tipi di problemi con i quali è necessario confrontarsi sia durante la progettazione dell'intervento sia durante la realizzazione.

Se l'utilizzo del vegetale è una condizione obbligatoria per la costruzione di opere d'ingegneria naturalistica, non tutte le opere che impiegano l'elemento vegetale (vivo o morto) possono essere chiamate «d'ingegneria naturalistica».

L'analisi di lavori realizzati mostra che alcune opere, sebbene denominate d'ingegneria naturalistica, sono in realtà di «pseudo ingegneria naturalistica» o di «ingegneria naturalistica rustica», dove il vegetale è utilizzato come semplice elemento di cosmetica oppure viene impiegato solo laddove le forze idrauliche sono minime.

Attualmente vi è una certa infatuazione per le tecniche d'ingegneria naturalistica, con il rischio di vederle applicare alla bene-meglio. Se si prende l'esempio della Francia, dove è stato realizzato un lavoro riguardante il *bilancio delle realizzazioni in ingegneria naturalistica su scala nazionale* (Agence de l'eau Rhin-Meuse, «Etude Interagences de l'eau en France - Bilan des réalisations du génie biologique en France». Ministero dell'ambiente francese), si possono trarre alcune considerazioni:

- le persone e gli uffici di ingegneria ambientale che dominano realmente e perfettamente le tecniche d'ingegneria naturalistica, così come i processi erosivi e idraulici legati alla dinamica fluviale, sono ancora poco numerosi; l'analisi delle esperienze, seppur poche, denota sovente realizzazioni molto approssimative;
- spesso non esistono analisi e studi preliminari e tanto meno progetti ben concepiti e documentati: le tecniche d'ingegneria naturalistica sono applicate in modo «dilettantesco», sulla base di schemi presi qua e là nella letteratura;
- sovente, coloro che concepiscono la sistemazione non hanno le idee chiare sui bisogni fisiologici delle piante e del loro comportamento nei diversi ambienti e nelle diverse condizioni ecologiche;
- molti interventi si rivelano inutili e mal concepiti: in queste realizzazioni sono infatti evidenti chiari segni di incomprensione dell'ecologia e dei processi idraulici;
- molti di coloro che concepiscono le sistemazioni non sanno analizzare le conseguenze di quello che hanno realizzato e di quello che non ha funzionato;
- gli stessi errori sono ripetuti, a volte negli stessi posti;
- la manutenzione dei corsi d'acqua e la loro sistemazione con tecniche d'ingegneria naturalistica sono stati spesso utilizzati perlopiù come propaganda politica, in particolare come elemento di reinserimento urbanistico; questi sono stati spesso i punti di partenza di alcune catastrofi per i corsi d'acqua.

Tabella 4 – Qualche differenza essenziale tra vera e falsa ingegneria naturalistica a livello di concetti e di risultati

L'INGEGNERIA NATURALISTICA	
LA VERA	LA FALSA
1) <i>Il vegetale vivo è l'elemento che stabilizza e consolida il suolo proteggendo pure la sua superficie.</i>	1) Il vegetale non è che un elemento cosmetico in strutture di ingegneria convenzionale (massicciate in blocchi, gabbioni, diversi sistemi brevettati ecc.).
2) <i>La ricolonizzazione e lo sviluppo spontaneo dei vegetali autoctoni sono favoriti per permettere una normale evoluzione naturale.</i>	2) Lo sviluppo spontaneo, la ricolonizzazione o l'evoluzione normale sono impossibili. Generalmente sono le specie esotiche invasive che colonizzano il sito.
3) <i>In condizioni particolari, dove lo sviluppo spontaneo non è possibile, le specie vegetali utilizzate sono numerose, variate e indigene. L'obiettivo da raggiungere, oltre la protezione o la stabilizzazione, è la qualità biologica e la biodiversità. I lavori di ripristino offrono ambienti vitali a una grande varietà di organismi viventi.</i>	3) Solo una o due specie sono utilizzate. La qualità biologica e la biodiversità sono dunque quasi nulle. La sistemazione non costituisce un ambiente vitale per numerose specie vegetali e animali.
4) <i>Il vegetale, il suolo, l'acqua formano un tutt'uno coerente e in stretta interdipendenza, condizione che permette e favorisce lo sviluppo completo delle successioni vegetali e delle relazioni fauna-flora, sulla base di modelli naturali.</i>	4) Il vegetale, il suolo, l'acqua non sono in stretta relazione. Gli squilibri biologici sono favoriti. Solamente i vegetali piantati possono mantenersi per qualche tempo. Non esiste un rinnovamento della vegetazione (successione). Lo sviluppo naturale è assente, manifestandosi in un impoverimento biologico. Spesso è osservata una colonizzazione da parte di specie esotiche invasive.
5) <i>La concezione è basata su conoscenze botaniche, idrauliche, pedologiche, geomorfologiche, geotecniche, ecologiche. L'osservazione e la comprensione dei fenomeni esistenti sul terreno e dei modelli naturali costituiscono la base delle soluzioni e delle tecniche. Biologia e fisica s'incontrano. Il vivente incontra l'inerte.</i>	5) La concezione è basata unicamente su parametri fisici e matematici e non integra (se non minimamente) l'ecologia e gli altri fattori.
6) <i>Uno dei criteri di riuscita di un'opera d'ingegneria naturalistica: dopo qualche anno, non è più visibile alcun segno dell'intervento umano. Il ripristino forma una o più strutture vegetali con aspetto naturale, che si integrano perfettamente nel paesaggio, e composizioni floristiche tipiche di un ambiente intatto.</i>	6) Malgrado sia vegetato, il ripristino presenta discordanze con i modelli naturali e le specie vegetali presenti non sono tipiche di un ambiente intatto. La semplificazione e la banalizzazione sostituiscono l'eterogeneità e la diversità.

6. Normative interessanti l'ingegneria naturalistica

Scopo di questo capitolo è fornire gli strumenti normativi a cui riferirsi per l'elaborazione di un progetto di ingegneria naturalistica, ovvero per la redazione della documentazione tecnica prevista dalle normative in materia.

Si è ritenuto importante inserire tale trattazione sia perché i progetti di ingegneria naturalistica richiedono alcuni specifici contenuti in aggiunta o modifica rispetto a quelli che utilizzano le tecniche convenzionali, sia perché tali contenuti presentano un carattere almeno in parte innovativo, quindi non ancora patrimonio di tutti i tecnici interessati. Infatti, i progetti di ingegneria naturalistica comportano una spiccata multidisciplinarietà poiché entrano in gioco altri fattori rispetto a quelli strettamente fisici, e di multicriterialità per l'introduzione o l'approfondimento di obiettivi sociali e ambientali, ordinariamente poco considerati o valutati a posteriori rispetto alla progettazione.

D'altra parte, qualora tali obiettivi non fossero considerati con il peso dovuto, si comprometterebbe la validità tecnica dei progetti e la loro applicabilità andando incontro a difficoltà nel compimento delle procedure autorizzative o nell'ottenimento del consenso nei confronti delle opere proposte.

Infine, è solo attraverso un percorso basato sulla qualità delle scelte e il rigore tecnico-scientifico che si potrà sviluppare una nuova cultura coerente con la piena affermazione dei nuovi approcci, non solo tecnici ma anche politico-sociali, sui quali si fonda l'ingegneria naturalistica.

Nella trattazione seguente si intende concentrare l'attenzione su metodologie e modalità di impostazione ed elaborazione dei progetti. Si tenga però presente che, specie nel campo dell'ingegneria naturalistica, a fronte della notevole diversità applicativa e molte-

plicità delle problematiche incontrabili, tali operazioni possono presentare varianti anche notevoli e specificità caso per caso. Quindi, *si prendano tali metodi quali linee guida orientative piuttosto che regole.*

Per quanto concerne il riferimento agli argomenti tecnici (idraulica, botanica, urbanistica ecc.), ci si limita a richiamare principi e concetti generali, rimandando la trattazione più esaustiva a contributi specifici riportati in altri capitoli.

6.1. I progetti di ingegneria naturalistica nel contesto normativo nazionale

In questo ultimo decennio è stato ampiamente rivisto il quadro normativo sulla «difesa del suolo» e le acque in genere. In linea generale si è affermato un approccio legato alla pianificazione unitaria di bacino idrografico e il legislatore ha posto particolare attenzione agli aspetti di riequilibrio e inserimento ambientale e di minimizzazione dell'impatto. Come già evidenziato, la legge più significativa è la L. 183/1989, «Norme per la difesa del suolo», che ha lo *«scopo di assicurare la difesa del suolo, il risanamento delle acque, la fruizione e la gestione del patrimonio idrico per gli usi di razionale sviluppo economico e sociale, la tutela degli aspetti ambientali ad essi connessi»* (comma 1, art. 1). È a seguito di questa legge che sono state definite le Autorità di bacino e le loro competenze tra cui la predisposizione del Piano di bacino quale strumento sovraordinato rispetto a qualsiasi altro atto pianificatorio (es. PRG, PTC), finalizzato a garantire un uso e una gestione razionale delle risorse e l'integrità fisica dell'ambiente, i cui aspetti ecologici, paesistici e territoriali devono essere affrontati in modo unitario ed integrato.

Alcune altre leggi nazionali hanno posto l'attenzione ai problemi di riqualificazione ambientale con particolare riferimento agli ambiti fluviali. La cosiddetta legge Cutrera, L. 37/1994, «Norme per la tutela ambientale delle aree demaniali dei fiumi, dei torrenti, dei laghi e delle acque pubbliche», permette di tutelare gli ecosistemi fluviali anche attraverso il recupero e la ridefinizione delle aree demaniali lungo i fiumi, favorendone la concessione alle Amministrazioni pubbliche che intendessero promuovere parchi, riserve o comunque progetti di salvaguardia ambientale. La L. 37/1994 (art. 1, 2, 3, 4), infatti, modifica sostanzialmente alcuni articoli del codice civile (artt. 942, 945, 946 e 947), definendo appartenenti allo Stato i terreni abbandonati dalle acque correnti, laddove prima potevano essere acquisiti «per accessione» dai proprietari confinanti. Un'altra novità introdotta dalla L. 37/1994 (art. 8) è la modifica del disposto di cui all'art. 6 del Regio Decreto Legge 18 giugno 1936, n. 1338, in forza del quale la concessione dei terreni del demanio idrico veniva rilasciata di preferenza ai proprietari, agli enfiteuti o agli usufruttuari ivieraschi di corsi d'acqua pubblica (omissis) a scopo di piantagione di pioppi o di altre essenze arboree. Tali aree dovevano essere gestite dall'Amministrazione delle Finanze secondo criteri di economicità, ossia fornendo un reddito mediante il canone concessorio. Con la nuova normativa il diritto di preazione per le concessioni diviene per comuni, consorzi di comuni, province, regioni, comunità montane, nonché per i titolari di programmi di cui ai regolamenti CEE n. 2078/92 e n. 2080/92. Con la L. 37/1994 lo Stato identifica come prioritario l'obiettivo di salvaguardia e tutela della natura rispetto a quello produttivo (piantagione dei pioppi) definito dal Regio Decreto del 1936. Si tratta quindi di una legge che può favorire interventi di rinaturazione o riqualificazione ambientale anche tramite le tecniche d'ingegneria naturalistica.

L'Autorità di Bacino del fiume Po ha adottato il 26/04/01 il Piano stralcio per l'Assetto Idrogeologico (PAI), approvato poi con DPCM il 24/05/01. Il PAI si pone come obiettivo principale quello di: «garantire al territorio del bacino del fiume Po un livello di sicurezza adeguato rispetto ai fenomeni di dissesto idraulico e idrogeologico, attraverso il ripristino degli equilibri idrogeologici ed ambientali, il recupero degli ambiti fluviali e del sistema delle acque, la programmazione degli usi del suolo ai fini della difesa, della stabilizzazione e del consolidamento dei terreni, il re-

cupero delle aree fluviali» (comma 3, art.1 delle Norme di attuazione).

Nel PAI vengono definiti alcuni aspetti chiave riguardo la rinaturazione e l'ingegneria naturalistica. Sempre nelle sue NdA al Titolo I, «Norme per l'assetto della rete idrografica e dei versanti», l'art. 14, comma 2 recita: «*Gli interventi di manutenzione del territorio fluviale devono tutelare le caratteristiche naturali dell'alveo, salvaguardare e ricostruire la varietà e molteplicità delle biocenosi riparie (...). Gli interventi devono essere effettuati in maniera tale da non compromettere le funzioni biologiche del corso d'acqua e degli ecosistemi ripariali (...).*». Al comma 4 dello stesso articolo viene rafforzato l'approccio ecosistemico: «*Gli interventi di manutenzione dei versanti e delle opere di consolidamento o protezione dai fenomeni di dissesto devono tendere al mantenimento di condizioni di stabilità, alla protezione del suolo da fenomeni di erosione accelerata e instabilità, al trattenimento idrico ai fini della riduzione del deflusso superficiale e dell'aumento dei tempi di corrivazione. In particolare privilegiano il ripristino di boschi, la ricostruzione di boschi degradati e di zone umide, i reimpianti, il cespugliamento, la semina di prati e altre opere a verde. Sono inoltre effettuati in maniera tale da non compromettere le funzioni e le caratteristiche naturali degli ecosistemi (...).*». L'art. 15 definisce gli «Interventi di riqualificazione ambientale e di rinaturazione»; il comma 1 recita: «*Il Piano ha l'obiettivo di promuovere interventi di riqualificazione ambientale e rinaturazione che favoriscano: – la riattivazione e l'avvio di processi evolutivi naturali e il ripristino di ambienti umidi naturali; – il ripristino, il mantenimento e l'ampliamento delle aree a vegetazione spontanea e degli habitat tipici, allo scopo di favorire il reinsediamento delle biocenosi autoctone e di ripristinare, ove possibile, gli equilibri ambientali ed idrogeologici; – il recupero dei territori perifluviali ad uso naturalistico e ricreativo.*».

È posta poi attenzione agli «Interventi nell'agricoltura e per la gestione forestale» e il comma 1 dell'art. 17 recita: «*Nella definizione di programmi di intervento in agricoltura e nella gestione forestale sono considerati prioritari interventi finalizzati a:*

- migliorare il patrimonio forestale esistente;
- favorire l'instaurarsi delle successioni naturali in atto nei terreni abbandonati dall'agricoltura;
- monitorare e controllare le successioni naturali al fine di evitare condizioni di dissesto conseguenti all'abbandono;

- *gestire e realizzare le adeguate sistemazioni idraulico-agrarie e idraulico-forestali;*
- *incrementare la forestazione naturalistica lungo le aste fluviali;*
- *mantenere una opportuna copertura erbacea nelle colture specializzate collinari (viticoltura e frutticoltura);*
- *realizzare interventi coordinati di tipo estensivo (forestazione ed inerbimenti) a completamento di opere o interventi di tipo intensivo;*
- *realizzare interventi intensivi, ove possibile, attraverso le tecniche d'ingegneria naturalistica (...).*

L'art. 32 «Demanio fluviale e pertinenze idrauliche e demaniali» al comma 3 riprende quanto contenuto nella legge Cutrera: *«Le aree del demanio fluviale di nuova formazione, ai sensi della L. 5 gennaio 1994, n. 37, a partire dalla data di approvazione del presente Piano, sono destinate esclusivamente al miglioramento della componente naturale della regione fluviale e non possono essere oggetto di sdemanializzazione».* L'art. 36 «Interventi di rinaturazione» recita al comma 1: *«Nelle fasce A e B e in particolare nella porzione non attiva dell'alveo inciso sono favoriti gli interventi finalizzati al mantenimento ed ampliamento delle aree di esondazione, (...) la riattivazione o la ricostituzione di ambienti umidi, il ripristino e l'ampliamento delle aree a vegetazione spontanea autoctona».* Al comma 2 si specifica che: *«Gli interventi devono assicurare la funzionalità ecologica, la compatibilità con l'assetto delle opere idrauliche di difesa, la riqualificazione e la protezione degli ecosistemi relittuali, degli habitat esistenti e delle aree a naturalità elevata, la tutela e la valorizzazione dei contesti di rilevanza paesistica e la ridotta incidenza sul bilancio del trasporto solido del tronco fluviale interessato (...).*

Nel PAI l'ingegneria naturalistica è promossa sia come insieme di tecniche per la rinaturazione sia per consentire un più adeguato inserimento ambientale e la minimizzazione dell'impatto delle opere di difesa del suolo. È comunque evidente che l'ingegneria naturalistica di per sé non è sinonimo di rinaturazione, che può essere intesa come l'insieme degli interventi e delle azioni atte a ripristinare la funzionalità ecologica di un ecosistema in relazione alle sue caratteristiche potenziali, determinate dalla sua ubicazione geografica, dalle condizioni climatiche, dalle caratteristiche geologiche e geomorfologiche del sito e dalla sua storia naturale pregressa. La rinaturazione può essere estrema, con l'obiettivo di ripristinare le con-

dizioni naturali preesistenti di un'area, come può essere realizzata in funzione di obiettivi intermedi o specifici (es. ripristino della capacità di laminazione; riduzione della velocità di corrivazione; recupero della capacità autodepurativa; salvaguardia di specie di particolare pregio).

Anche il recente D.Lgs. 152/1999, «Disposizioni sulla tutela delle acque dall'inquinamento e recepimento della Direttiva 91/271/CEE concernente il trattamento delle acque reflue urbane e della Direttiva 91/676/CEE relativa alla protezione delle acque dall'inquinamento provocato dai nitrati provenienti da fonti agricole», si occupa di ambiti utili per l'applicazione delle tecniche d'ingegneria naturalistica. Esso infatti specifica all'art. 1 che: *«Il presente Decreto definisce la disciplina generale per la tutela delle acque superficiali, marine e sotterranee perseguendo i seguenti obiettivi: (...) d) mantenere la capacità naturale di autodepurazione dei corpi idrici, nonché la capacità di sostenere comunità animali e vegetali ampie e ben diversificate».* All'art. 3 (Competenze): *«Le competenze nelle materie disciplinate dal presente decreto sono stabilite dal Decreto Legislativo 31 marzo 1998, n. 112 e dagli altri provvedimenti statali e regionali adottati ai sensi della legge 15 marzo 1997, n. 59 (...). I consorzi di bonifica ed irrigazione, anche attraverso appositi accordi di programma con le competenti autorità, concorrono alla realizzazione di azioni di salvaguardia ambientale e di risanamento delle acque, anche al fine della loro utilizzazione irrigua, della rinaturalizzazione dei corsi d'acqua e della fitodepurazione».*

Il decreto legislativo all'art. 41 «Tutela delle aree di pertinenza dei corpi idrici» specifica al comma 1: *«Fermo restando le disposizioni di cui al capo VII del Regio Decreto 25 luglio 1904, n. 523, al fine di assicurare il mantenimento o il ripristino della vegetazione spontanea nella fascia immediatamente adiacente ai corpi idrici, con funzioni di filtro per i solidi sospesi e gli inquinanti di origine diffusa, di stabilizzazione delle sponde e di conservazione della biodiversità da contemperarsi con le esigenze di funzionalità dell'alveo, entro un anno dall'entrata in vigore del presente Decreto, le regioni disciplinano gli interventi di trasformazione e gestione del suolo e soprassuolo previsti nella fascia di almeno 10 metri dalla sponda di fiumi, laghi, stagni e lagune comunque vietando la copertura dei corsi d'acqua, che non sia imposta da ragioni di tutela della pubblica incolumità e la realizzazione di impianti di smaltimenti dei rifiuti».*

In questo contesto, è opportuno inoltre far riferimento all'«Atto di indirizzo e coordinamento alle regioni recante criteri e modalità per la redazione dei programmi di manutenzione idraulica forestale», promosso dal Ministero dell'Ambiente, DPR 14 aprile 1993. Nel testo si sottolinea la particolare attenzione che deve essere posta alla conservazione dei consorzi vegetali e alla rinaturazione delle sponde e degli alvei, e si raccomanda, ove possibile, la sostituzione di opere impattanti con «tecnologie di ingegneria ambientale». Si tenga presente che, nell'ambito di tale Atto di indirizzo, si riporta fra le «tipologie di interventi manutentori da effettuarsi», la «*sostituzione di elementi di gabbionata metallica deteriorata o instabile od altra difesa artificiale deteriorata o in frana, utilizzando tecnologie di ingegneria ambientale*». Secondo tale atto le gabbionate, definite sia da alcune normative che da operatori del settore come opere di ingegneria naturalistica purché rinverdite, non dovrebbero essere comprese fra le tecniche di ingegneria ambientale.

In effetti, malgrado il rinverdimento, il principio di costruzione e di funzionamento di tali manufatti non rientra nell'ambito dei principi su cui si basano le tecniche di ingegneria naturalistica. Ci si è soffermati su tale considerazione a fronte dell'ampia utilizzazione di queste opere nelle sistemazioni idrauliche, del loro costo non indifferente e della loro facile progettazione e applicazione, aspetti questi ultimi che potrebbero indurre a evitare in modo semplicistico la scelta di tecniche vegetali, più economiche, ma anche progettualmente più impegnative e meno interessanti sul piano commerciale.

Per la realizzazione delle opere di ingegneria naturalistica il recente DPR 34/2000 «Regolamento recante istituzione del sistema di qualificazione per gli esecutori di lavori pubblici, ai sensi dell'articolo 8 della legge 11 febbraio 1994, n. 109, e successive modificazioni», definisce le nuove categorie di lavori per i quali può essere richiesta la qualifica delle ditte esecutrici. Ci si limita a elencare le seguenti categorie che possono riguardare gli interventi di ingegneria naturalistica, riqualificazione fluviale e territoriale-ambientale in genere:

Categorie di opere generali

- Og 2: restauro e manutenzione dei beni immobili sottoposti a tutela ai sensi delle disposizioni in materia di beni culturali e ambientali
- Og 8: opere fluviali, di difesa, di sistemazione idraulica e di bonifica
- Og 13: opere di ingegneria naturalistica

Categorie di opere specializzate

Os 1: lavori in terra

Os 24: verde e arredo urbano.

La mancanza di criteri selettivi validi a livello nazionale produce effetti negativi dal punto di vista della corretta esecuzione dei cantieri e delle opere in quanto consente anche a imprese operanti nell'edilizia o nel movimento terra, purché semplicemente iscritte all'Albo costruttori, di partecipare a gare e appalti concernenti la realizzazione di interventi idraulici. Può così capitare che opere di ingegneria naturalistica o sistemazioni spondali prevalentemente forestali (tecniche vegetali, tagli, sfalci, pulizie di alveo) vengano eseguite da maestranze non qualificate, prive delle conoscenze adeguate. In Regione Lombardia ciò dovrebbe in parte essere avviato a risoluzione anche in seguito all'adozione del «Quaderno delle opere tipo d'ingegneria naturalistica».

L'affidamento di questi tipi di lavori a ditte specializzate è molto importante agli effetti della riuscita degli interventi: i risultati dipendono notevolmente dalle modalità di esecuzione, di trattamento dei materiali e dalla loro qualità, aspetti che richiedono una specifica competenza ed esperienza specialmente nei settori dei lavori a verde e di carattere agro-forestale. Per contro, la maggior parte delle gare d'appalto per lavori di sistemazione del suolo, dei corsi d'acqua in particolare, si rivolge a ditte che operano genericamente in lavori di ingegneria civile, ditte ben collegate al mercato che dispongono di grossi capitali e referenze, col risultato di tagliare fuori, in molti casi, gli operatori emergenti nei nuovi suddetti settori, relegandole agli appalti di piccola entità o ai subappalti.

È importante sottolineare il fatto che anche alcune recenti normative nazionali richiamano esplicitamente al termine di ingegneria naturalistica o ai concetti a essa più strettamente connessi. In particolare, la Legge quadro in materia di lavori pubblici L. 109/1994 introduce testualmente l'ingegneria naturalistica fra le attività definite come lavori pubblici (art. 2, comma 1). Il Regolamento di attuazione della stessa legge, DPR 554/1999 nello spirito della ricerca di soluzioni a minimo impatto ambientale, richiede poi (art. 21 e 29) la redazione di studi di prefattibilità e di fattibilità ambientale, ovvero di valutazione d'impatto ambientale ove previsto. Il principio della migliore soluzione sul piano ambientale è contenuto già nelle disposizioni generali per la progettazione (art. 15), ove si richiamano, in più parti, gli obiettivi fondamentali per minimizza-

re gli effetti negativi sull'ambiente, sul paesaggio e sul patrimonio storico-artistico ed archeologico. Nel capitolo 7 si riporteranno nel dettaglio gli specifici riferimenti del Regolamento in materia ambientale e, più specificatamente, di ingegneria naturalistica.

Occorre però sottolineare anche un fattore in qualche modo contraddittorio nel contesto giuridico specifico. Il Testo Unico sulle Opere Idrauliche, Regio Decreto 523/1904, vieta esplicitamente, all'art. 96, «*le piantagioni che si inoltrino dentro gli alvei dei fiumi, torrenti, rivi e canali, a costringere la sezione normale e necessaria al libero deflusso delle acque*» e «*le piantagioni di qualunque sorta di alberi ed arbusti sul piano e sulle scarpe degli argini, loro banche e sotto-banche, lungo i fiumi, torrenti e canali navigabili*». Nella realizzazione delle opere di ingegneria naturalistica in ambito fluviale di fatto si introduce vegetazione arborea e arbustiva, sebbene lo sviluppo di questa avvenga dopo qualche mese dai lavori. Peraltro, le modalità con cui si inserisce e si sviluppa tale vegetazione e le caratteristiche delle specie vegetali utilizzate fanno sì che tale impianto vegetale possa essere inteso in termini di «opera idraulica» piuttosto che in termini di semplice «piantagione», in relazione alla sua omogeneità, densità, continuità e tipologia costruttiva. Comunque, a rigore, la questione rimane non ben definita, quindi soggetta a eventuali diversità di interpretazione, anche in sede autorizzativa.

Gli interventi effettuati con tecniche di ingegneria naturalistica, come del resto qualsiasi altro tipo di intervento, devono poi fare riferimento comunque a tutte quelle normative che trattano specifiche problematiche e l'esecuzione di opere sul territorio. Le categorie principali di tali normative sono: difesa del suolo, impatto ambientale, risorse idriche, lavori pubblici, pubblica amministrazione, urbanistica, edilizia, regolamenti tecnici sui materiali e sulle resistenze meccaniche, regolamenti sulle professioni, sicurezza. Occorre quindi che l'intervento soddisfi quanto previsto e che ottenga tutti i permessi e nulla osta necessari, seguendo un iter più o meno complesso e articolato a seconda degli aspetti e problemi che lo caratterizzano nonché dell'ambito territoriale, che può essere soggetto a vincoli o a competenze specifiche.

La legge quadro sui lavori pubblici, oltre a indicare gli elaborati che devono comporre le diverse fasi di qualsivoglia progettazione (preliminare, definitiva, esecutiva), introduce infine un'altra prescrizione di rilievo: la redazione del «piano di manutenzione dell'opera e delle sue parti» (art. 16, comma 5), che deve es-

sere redatto secondo quanto previsto dal Regolamento collegato (si veda l'art. 40). È ovvio come tale strumento sia importante in particolare per gli interventi che presentano un'evoluzione considerevole nel tempo, quali quelli di ingegneria naturalistica.

Si ricorda in conclusione, l'obbligo di accompagnare i progetti di opere pubbliche dei comuni con «*una relazione che attesti la conformità del progetto alle prescrizioni urbanistiche ed edilizie, nonché l'esistenza dei nulla osta di conformità alle norme di sicurezza, sanitarie, ambientali, paesistiche*» (art. 4 comma 60, punto 16, DL 662/1996 «Misure di razionalizzazione della finanza pubblica», convertito in L. 30/1997). È chiaro come tale conformità sia in generale più importante per progetti che presentano forti implicazioni col territorio e con i suoi usi, quali le opere di riqualificazione idraulico-ambientali.

6.2. Il quadro regionale

In Regione Lombardia dall'inizio degli anni Novanta si è sviluppato un dibattito sull'applicazione di nuove tecniche per ridurre l'impatto ambientale provocato dagli interventi di difesa del suolo, basati sostanzialmente sull'utilizzo di materiali inerti e sulla artificializzazione dei corsi d'acqua.

La Regione Lombardia e il Ministero dell'Ambiente definirono un «Quaderno delle opere tipo» per la Valtellina in seguito all'applicazione della L. 102/1990, dove le tecniche d'ingegneria naturalistica erano prevalentemente intese come «interventi di carattere estensivo», mentre in quelli di carattere «intensivo» erano identificate tutte le opere tradizionali come le briglie, le scogliere in pietrame o massi, le gabbionate, le canalizzazioni con fondo rivestito e i vari tipi di consolidamento di frane. Il «Quaderno opere tipo» fu oggetto di vivaci discussioni alimentate soprattutto dalle associazioni ambientaliste che criticavano la divisione tra interventi di tipo intensivo ed estensivo, che relegavano in assoluto secondo piano l'ingegneria naturalistica, rischiando di perdere un'importante occasione, come quella del «Piano di ricostruzione della Valtellina», per promuovere, sperimentare e sviluppare questo nuovo approccio.

Ciò nonostante iniziò un'opera di sensibilizzazione per l'introduzione di tecniche d'ingegneria naturalistica che ha avuto un importante momento di confronto e sensibilizzazione nel seminario svoltosi presso la Regione il 2 marzo 1994 su: «Ingegneria

aturalistica: nuove prospettive per la difesa del territorio lombardo e la ricostruzione dell'ambiente naturale». In seguito la Regione ha costituito un «gruppo interassessorile» per la definizione di normative tecniche e programmi di formazione professionale in materia di ingegneria naturalistica con specifica DGR n. 5/50412 del 28/03/1994. Successivamente, il 7 aprile, la Regione Lombardia ha adottato il «Manuale tecnico di ingegneria naturalistica» predisposto dalle Regioni Emilia Romagna e Veneto e lo ha ampiamente distribuito a servizi tecnici regionali e di altre istituzioni.

Il «gruppo interassessorile» ha prodotto una serie di documenti estremamente significativi. Innanzitutto una «Direttiva concernente criteri ed indirizzi per l'attuazione degli interventi di ingegneria naturalistica sul territorio della Regione», poi approvata dalla Regione DGR del 19/12/1995, n. 6/6586), con lo scopo di *sensibilizzare gli operatori verso un approccio alle problematiche ambientali più attento all'analisi degli elementi costitutivi dell'ecosistema e delle interrelazioni tra i diversi ecosistemi*. Due anni dopo, il primo luglio 1997, è stata predisposta una «Direttiva sull'impiego dei materiali vegetali vivi negli interventi di ingegneria naturalistica in Lombardia» (DGR del 1/1/97, n. 6/29567) nella quale venivano forniti indirizzi e disposizioni di carattere tecnico-operativo relativamente alla scelta delle specie vegetali ed al loro impiego nelle varie forme di propagazione, da considerare nella progettazione, esecuzione e controllo finale delle opere d'ingegneria naturalistica realizzate con finanziamenti regionali.

Il Direttore Generale al Territorio ed Edilizia Residenziale della Regione Lombardia ha istituito, con decreto n. 4576 del 1° settembre 1998, un Comitato Tecnico Internazionale per l'ingegneria naturalistica composto da esperti italiani e stranieri con il compito di individuare gli indirizzi strategici e le linee guida per la promozione della disciplina.

Recentemente, il 29 febbraio 2000, è stato approvato il «Quaderno delle opere tipo di ingegneria naturalistica» (DGR 29/02/00, n. 6/48740). Questo «Quaderno» ha validità su tutto il territorio regionale e costituisce anche un elemento essenziale del «Piano per la difesa del suolo e riassetto idrogeologico della Valtellina e delle adiacenti zone delle province di Bergamo, Brescia, Como, e Lecco» da proporre all'Autorità di bacino del Fiume Po.

Infine tra i riferimenti regionali deve essere menzionata la recente DGR 25/01/2002, n. 7/7868 «Determinazione del reticolo idrico principale. Trasferimento delle funzioni relative alla polizia idraulica concernenti il reticolo idrico minore come indicato all'art. 3 comma 114 della LR 1/2000 – Determinazione dei canoni regionali di polizia idraulica». Essa infatti prevede che i comuni, entro un anno dalla sua pubblicazione, debbano delimitare sul proprio territorio i tratti di reticolo idrografico principali e quelli secondari ai fini del trasferimento di nuove funzioni previste dalla LR 1/2000. In particolare le amministrazioni comunali devono regolamentare le attività soggette a divieto o ad autorizzazione all'interno della fascia di 10 m di cui al RD 523/1904. Tali disposizioni possono costituire deroga rispetto al regio decreto stesso.

7. Orientamento alla progettazione

Le nuove normative in materia di lavori pubblici (in particolare la L. 109/94 e successive modifiche e integrazioni) hanno introdotto importanti definizioni, principi e modalità operative per le attività di progettazione ed esecuzione dei lavori. Molte di esse riguardano, direttamente o indirettamente, aspetti ambientali relativi alle opere, fra cui sono comprese quelle che adottano tecniche di ingegneria naturalistica.

Anche le direttive regionali richiamate al capitolo precedente contengono prescrizioni e criteri che devono essere seguiti nelle fasi di progettazione e realizzazione delle opere di ingegneria naturalistica.

In questa sede, dando per acquisito il contenuto di tali normative, si richiamano in sintesi gli aspetti che interessano più specificatamente gli argomenti legati all'ingegneria naturalistica.

In particolare nella prima parte vengono espone quelle fasi che si possono considerare «pre-progettuali», che vanno dall'inquadramento del problema, le soluzioni e le possibili alternative, fino alla programmazione del lavoro. Nella seconda parte saranno affrontati gli studi e le analisi a supporto della progettazione. Infine verrà esposta una trattazione riassuntiva sulle modalità operative di redazione delle diverse fasi della progettazione e dei relativi studi di supporto, anche ad integrazione rispetto a quanto prescritto dalle suddette normative e direttive nazionali e regionali.

7.1. Le fasi pre-progettuali

7.1.1. Individuazione delle criticità e delle soluzioni

Per quanto riguarda l'area di progetto, se il sito di intervento è definito con precisione, essa corrisponde a

quella occupabile dall'opera e dalle connesse operazioni necessarie per la sua realizzazione. Infatti occorre tenere presenti le aree interessate dalle attività di cantiere, di prelievo, lavorazione e movimentazione del verde e dei materiali, di eventuale riporto o reperimento di terreno. A priori però l'area di progetto non è detto sia già ben identificata nella fase iniziale; in sede di definizione delle soluzioni si potranno anche avere più aree da indagare, mentre le modalità e le esigenze di esecuzione saranno definite solo a progetto esecutivo concluso e riviste anche in sede di realizzazione. Quest'ultimo aspetto può essere trattato dal Piano di coordinamento dei lavori, previsto dalle normative in materia di sicurezza, ove la tipologia di questi lo richieda.

L'area di indagine, invece, è normalmente diversa da quella di progetto, poiché i fattori da analizzare per il supporto alla progettazione presentano un raggio di influenza maggiore.

Per i progetti di opere idrauliche in alveo o che comunque possono essere influenzate da variabili di natura idraulica, occorre riportare l'opera al bacino idrografico di competenza, del quale si dovrà stimare in particolare il contributo delle portate idriche di piena presso la sezione idraulica interessata.

L'inquadramento nel contesto di bacino, così come quello rispetto ai confini amministrativi del territorio, servirà anche per la verifica delle interazioni con gli strumenti di pianificazione e la gestione delle procedure autorizzative (piani, normative, competenze, vincoli). La segnalazione del sito (o dei siti) interessato dall'intervento dovrà essere prodotta su una cartografia a grande scala (corografia, normalmente 1:50.000 o 1:25.000) e a scala di maggior dettaglio (normalmente 1:10.000 o 1:5.000).

I progetti di ingegneria naturalistica implicano un apporto condizionante con il territorio, per la conseguente influenza reciproca. Occorre pertanto analizzare tutti i fattori che possono interagire con gli interventi, calandosi nel contesto ambientale, ma anche sociale, nel raggio di influenza corrispondente a ciascuno di tali fattori. Alcuni di essi, infatti, vanno valutati per un intero bacino idrografico (per esempio l'idrologia), altri per zone più ristrette (come gli aspetti geotecnici), altri ancora richiedono sia una trattazione a larga scala che una a raggio ridotto (gli aspetti vegetazionali, bioclimatici, naturalistici). Ciascun raggio di influenza dipende dalle caratteristiche sia del territorio sia dell'intervento, in modo indipendente l'uno dall'altro: per esempio certe tipologie di opere di moderate dimensioni (quali le difese longitudinali di sponda) possono determinare un'influenza sull'ecosistema limitata nello spazio, mentre la loro influenza sui livelli idrici può essere significativa. In un caso del genere sarà pertanto necessario conoscere l'idrologia dell'intero bacino, ma potrà essere sufficiente valutare indicatori biologici locali.

Principio fondamentale per l'ottenimento di un ottimale assetto idraulico-ambientale è quello di intervenire con opere di difesa idraulica solo se veramente necessario. La necessità è determinata dall'esistenza di un fenomeno (dissesto) che provoca un danno inaccettabile, laddove l'inaccettabilità è definita dalla convenienza. Nella valutazione di quest'ultima devono entrare fattori economici (costo dell'opera e della sua gestione rispetto al costo dei beni da difendere) e politici (ambiente, paesaggio, fruizione ecc.).

Nella logica di minimizzazione dell'impatto ambientale, ogni tipo di intervento deve possibilmente evitare di limitare la naturalità: fenomeni erosivi o franosi fanno parte della dinamica naturale e quindi non vanno di per sé limitati; anzi, sono proprio gli elementi naturali di maggiore dinamismo a creare talvolta ecotopi di grande pregio, in quanto gli habitat particolari legati alle situazioni in rapida evoluzione (calanchi, paludi, fronde a falesia, rupi aggettanti, ravaneti ecc.) sono rafforzati a causa dell'intensa antropizzazione del territorio e della loro dipendenza da elementi instabili e mutevoli. In questi casi, si deve tenere presente che anche le tecniche di ingegneria naturalistica rappresentano un irrigidimento delle dinamiche naturali, sia pur con minore impatto rispetto alle tecniche tradizionali.

Sempre per la stessa logica, una volta stabilita l'esigenza o meno di intervenire, si applica il principio

per cui, al fine di ridurre una condizione di dissesto, si sfrutta la capacità propria del sistema naturale al raggiungimento di un livello di equilibrio. In pratica ciò significa lasciare il massimo spazio alle dinamiche naturali in modo da limitare le energie in gioco e ridurre la vulnerabilità della difesa. Nel caso dei corsi d'acqua, per esempio, si tende a riconquistare o ampliare le aree di pertinenza fluviale, ove le piene si possono «sfogare», riducendo la velocità della corrente e i livelli idraulici. In sostanza, si pratica l'operazione opposta alla bonifica e alla regimazione, tradizionalmente adottate negli ultimi decenni.

Queste problematiche e gli approcci d'intervento che ne derivano, devono essere trattati in una fase pre-progettuale ed essere adeguatamente affrontati tramite un confronto con i pianificatori e i gestori del territorio; gli approcci di intervento dovranno infatti far riferimento al «quadro programmatico», espresso dagli strumenti vigenti a diversi livelli (dal Piano di Bacino, al Piano Territoriale di Coordinamento Provinciale, sino al Piano urbanistico comunale). Da tale confronto devono emergere gli interessi collettivi alla messa in sicurezza del territorio, gli obiettivi della pianificazione e le risorse eventualmente disponibili per realizzare gli intenti programmatici. Il ruolo dei tecnici esperti in ingegneria naturalistica in questa fase consiste principalmente nel mettere in evidenza pregi e costi delle diverse ipotesi, contribuendo a una selezione degli obiettivi e supportando una valutazione di tipo «multicriterio» (si veda il paragrafo successivo) delle alternative di azione, compresa quella di non fare nulla («alternativa 0»).

Se non si può agire secondo il principio precedentemente illustrato dell'autosostentamento dei sistemi naturali, può entrare allora in gioco l'ingegneria naturalistica quale tecnica appropriata per risolvere o ridurre i problemi di dissesto del suolo o di riqualificazione ambientale. Ci troviamo quindi ad accettare un certo grado di «denaturalizzazione»; d'altro canto solo in alcuni casi la difesa del suolo con tecniche di ingegneria naturalistica persegue, al tempo stesso, un efficace livello di naturalità.

Purtroppo invece, allo stato attuale, sono in molti ad intendere l'applicazione di queste tecniche come occasione per rinaturalizzare gli ecosistemi. Si deve essere coscienti del fatto che ciò è possibile solo in alcuni casi specifici, in relazione a progetti mirati a tale scopo, mentre, nel caso della difesa del suolo, devono essere intese come tecniche a minor impatto ambientale rispetto a quelle convenzionali.

7.1.2. L'analisi multicriterio per la valutazione delle alternative di intervento

Il Regolamento della Legge Quadro sui Lavori Pubblici richiama principi di valutazione delle «problematiche di ordine ambientale» già in sede di programmazione degli interventi (art. 13), e in sede progettuale prescrive in particolare che (comma 12 dell'art. 15): *«Qualora siano possibili più soluzioni progettuali, la scelta deve avvenire mediante l'impiego di una metodologia di valutazione qualitativa e quantitativa, multicriteri o multiobiettivi, tale da permettere di dedurre una graduatoria di priorità tra le soluzioni progettuali possibili»*.

Chi opera da anni tendendo ad applicare metodi razionali e olistici nella progettazione di nuove attività e interventi sul territorio, accoglie con grande soddisfazione questo primo importante riscontro formale, al quale dovrà adesso seguire una evoluzione nella gestione tecnica e amministrativa, ma soprattutto nell'interpretazione culturale.

Tale modo di operare risulta particolarmente aderente all'ambito dell'approccio idraulico-ambientale, che di fatto è basato sul perseguimento del miglior compromesso possibile tra esigenze antropiche e dinamiche naturali. In effetti se la procedura definita nel testo fosse applicata adeguatamente, si tenderebbe a indirizzare le scelte progettuali, in termini sia di tecniche sia di localizzazioni, verso l'impiego di soluzioni a basso impatto ambientale (si pensi per esempio al caso delle casse di espansione o alla determinazione di tratti fluviali da assoggettare a difese spondali).

Per valutare l'applicabilità delle tecniche di ingegneria naturalistica, la loro scelta o la necessità di prevedere soluzioni integrate, occorre premettere agli studi progettuali alcune verifiche preliminari, prevalentemente di natura idraulica e geotecnica.

Tramite i risultati della prima fase di analisi del problema, degli obiettivi e del territorio, si potranno quindi definire, sulla base di valutazioni di massima e dell'esperienza dei progettisti, le tipologie di intervento che si ritengono adeguate, ovvero la classe di tecniche applicabili per ciascuna sub-area di intervento, e procedere nell'impostazione degli studi e dei progetti. Saranno poi queste successive valutazioni, anche quantitative, che verificheranno l'idoneità di tali ipotesi, e quindi potranno modificarle o affinarle, nonché definire più precisamente le tecniche.

7.1.3. Programmazione del lavoro

Le modalità organizzative di lavoro si devono programmare sulla base dei dati preliminari che individuano, in linea di massima, la tipologia di problema e di intervento. Spesso, invece, l'organizzazione e la struttura tecnica della progettazione tendono a essere predefiniti e standardizzati, e ciò non solo determina inefficienze, ma anche inadeguatezze sul piano tecnico.

In particolare, è importante pianificare il periodo di svolgimento delle indagini, non solo per motivi amministrativi, ma anche perché, specie per gli indicatori ambientali, la validità dei dati raccolti può dipendere dalla stagione. Lo stesso problema riguarda l'esecuzione delle opere a verde: in particolare le parti vegetali che fungono da talee debbono essere poste in opera in periodo di stasi vegetativa, viceversa gli inerbimenti devono essere realizzati in stagione vegetativa in ben precise condizioni del terreno.

È chiaro come tali vincoli siano di fondamentale importanza e comportino una verifica preventiva della compatibilità rispetto alle esigenze progettuali e una impostazione efficiente delle attività e dell'iter di esecuzione.

Un altro aspetto organizzativo da considerare è quello della formazione del gruppo di lavoro. I progetti di ingegneria naturalistica hanno carattere multidisciplinare, ma le discipline coinvolte non sono costanti pertanto si dovrà stabilire di volta in volta a seconda del tipo di progetto e delle caratteristiche geografiche quali competenze dovranno essere necessarie sia per le indagini sia per il supporto alla progettazione.

Occorre quindi pianificare le modalità di gestione delle varie fasi di lavoro da parte di ciascun membro del gruppo (ruoli, interazioni, verifiche) in relazione ai tempi di esecuzione del progetto ipotizzato.

Inoltre risulta importante stabilire da subito i ruoli operativi della committenza rispetto a quelli dei progettisti sia per la raccolta dati che per la gestione delle fasi e delle procedure. In linea generale tali ruoli sono già definiti nella convenzione formale di incarico professionale stipulata tra le parti. In particolare si dovrà chiarire chi svolge o segue determinate procedure e quali documentazioni o materiali dovrà fornire la committenza.

Si tenga presente che, ai sensi della Legge Quadro sui Lavori Pubblici, il coordinamento delle procedure autorizzative e formali spetta al Responsabile del Procedimento che normalmente è un rappresentante tec-

nico dell'ente appaltante; di tale lavoro può essere anche incaricato il progettista, che comunque svolge sempre un ruolo di compartecipazione.

Per quanto riguarda la verifica dei procedimenti da espletare per eventuali nulla osta, permessi, espropri ecc., deve essere svolta una verifica preliminare prima di procedere alla progettazione; questo sia per valutare i tempi necessari per l'espletamento dell'iter, sia per conoscere quali aspetti devono essere opportunamente trattati (e in quali modi e quantità), sia per sapere quante copie degli elaborati devono essere prodotte e a chi dovranno essere inviate.

Quando saranno stati definiti tipologie ed estensione degli interventi si definiranno le competenze amministrative interessate e le relative modalità per l'ottenimento delle autorizzazioni.

Gli interventi di ingegneria naturalistica presentano un profondo rapporto con il territorio, quindi in molti casi implicano, anche in fase progettuale, la realizzazione di attività sul campo e coinvolgono diverse problematiche a livello tecnico e territoriale.

In particolare per le opere di ingegneria naturalistica, a seconda dell'ambito di intervento e della sua tipologia, si dovranno dimostrare opportune verifiche sulla compatibilità rispetto ai vincoli territoriali, agli strumenti urbanistici, alla sicurezza e alle condizioni idrauliche richieste od opportune, alla stabilità geotecnica, alle resistenze meccaniche, alla rimovibilità, inserimento o reperibilità della vegetazione ecc.

In alcuni casi potrebbe essere opportuno organizzare incontri preventivi con gli enti interessati, al fine di individuare un primo screening delle possibili alternative oltre che per conoscere se l'intervento necessita o meno di un atto autorizzativo.

Un altro aspetto da esaminare preliminarmente alla fase progettuale, riguarda l'esigenza di permessi per accedere ai luoghi di intervento, ovvero a terreni di proprietà privata, al fine di effettuare sopralluoghi e indagini (ambientali, topografici, geologico-tecnici ecc.). In alcuni casi occorre richiedere all'ente la produzione di uno specifico permesso, previo accordo o informativa con i proprietari dei terreni interessati. Modalità simili si dovranno adottare in sede di esecuzione dei lavori, in relazione alle aree interessabili dal cantiere e dagli spostamenti e transiti di automezzi; si dovranno, inoltre, prevedere eventuali forme di indennizzo per danni subiti, che verranno valutati opportunamente al termine dei lavori.

7.2. Analisi e studi di supporto alla progettazione

La raccolta della documentazione e il rilievo sul campo corrispondono alla fase analitica della progettazione preliminare, ossia alla fase di rilievo e di trasposizione dei dati acquisiti su elaborati grafici e cartografici; di seguito si fornisce un elenco di massima degli elaborati che sarebbe necessario produrre, pur premettendo che, proprio per il ruolo che svolge la progettazione preliminare, alcuni di questi elaborati possono anche essere superflui o non immediatamente necessari. Si rimanda ai capitoli specifici la trattazione più approfondita degli argomenti di competenza settoriale richiamati nel seguito.

Cartografia a grande e piccola scala

A seconda dell'estensione dell'intervento e dell'area che viene progettualmente investita, può essere opportuno utilizzare una carta topografica scala 1:25.000 (corografia generale, individuazione di un bacino idrografico), e/o una carta al 1:5.000 o 1:10.000 (corografia di dettaglio, analisi di un tratto fluviale), e/o una carta aerofotogrammetrica comunale scala 1:2.000 (misurazione e quantificazione dell'intervento). Tali cartografie sono generalmente disponibili su supporto magnetico, il che consente di acquisirle per elaborazioni grafiche in sistemi informatizzati compatibili con gli standard maggiormente usati in topografia e in progettazione. Sulle carte topografiche è possibile individuare alcuni dei servizi a rete (quali gli elettrodotti ENEL), mentre per le servitù e i vincoli connessi a servizi interrati (metano, acquedotti) occorre reperire informazioni dagli enti preposti o tramite rilevazione delle cartellinature di segnalazione.

Strumenti di pianificazione urbanistica e territoriale

Le cartografie dei PRG, dei PTC o dei Piani di Bacino possono servire per la definizione degli interventi di progetto e per l'orientamento alle soluzioni più adeguate. In prima istanza, queste cartografie forniscono informazioni sui vincoli territoriali, sulle aree di futura urbanizzazione che necessitano di salvaguardia dai rischi e dal dissesto, sulle aree di pertinenza fluviale o destinate a opere di difesa idraulica o di espansione fluviale. Dove le prescrizioni dei piani urbanistici e/o territoriali prevedono la destinazione a parco, a verde di rispetto o naturalistico, ad uso agricolo, allora non è opportuno artificializzare il contesto territoriale e non vi sono normalmente motivazioni per ridurre o contra-

stare gli aspetti di naturalità legati alle dinamiche fluviali o ai movimenti del terreno.

Gli strumenti urbanistici sono un atto programmatico di una amministrazione, sicuramente controvertibile e sottoponibile a giudizi tecnici contrastanti, ma per il tecnico progettista hanno il rilievo di una norma cogente, da assumere come fattore condizionante il progetto. Ciò non esclude la possibilità per il progettista, pur nel rispetto delle norme di correttezza professionale verso il committente, di segnalare gli elementi di pericolo o di erronea programmazione riguardanti le aree di intervento (esempio edificazioni prossime a fiumi o bacini, infrastrutture collocate con poca attenzione all'impatto ambientale provocato, urbanizzazione di aree a rischio di dissesto idrogeologico ecc.).

Le osservazioni in merito alla congruenza dell'intervento di progetto con le previsioni degli strumenti urbanistici e la segnalazione di eventuali problemi, devono trovare trattazione nella relazione di progetto preliminare.

Cartografie catastali

Le cartografie catastali (ordinariamente in scala 1:2.000) sono di grande importanza in quanto il regime di proprietà dei suoli è spesso elemento condizionante e determinante rispetto a scelte di programmazione territoriale. L'individuazione dei confini demaniali lungo strade, fiumi, litorali, è talvolta problematico e uno degli obiettivi della sistemazione ambientale può essere anche quello di ridisegnare in modo più marcato i confini di beni pubblici e di ambiti fluviali (con siepi, filari, fossi ecc.), in modo da attenuare fenomeni di abusivismo o appropriazione indebita.

Le mappe catastali, usate come base di appoggio di un rilievo topografico, costituiscono poi una formidabile testimonianza storica sulle dinamiche fluviali, perché consentono di verificare lo spostamento del ciglio di sponda, confine tradizionale delle acque pubbliche e quindi limite estremo dei fondi agricoli.

Studi e rilievi esistenti

Se esistono studi, tesi di laurea, ricerche, precedenti progetti insistenti sull'area di intervento, è bene acquisire tale materiale in quanto può costituire la base di rilievo più aggiornata sullo stato dei luoghi; inoltre, studi o analisi ambientali preesistenti possono essere testimoni dell'evoluzione storica di un problema (frana, dissesto, erosione), fornendo pure grandezze e misure utilizzabili per il dimensionamento degli interventi futuri.

Richiesta di informazioni e confronto di opinioni

Può essere importante raccogliere informazioni provenienti dalla conoscenza e dall'esperienza di soggetti che vivono sul territorio o che ci lavorano, primi fra tutti i tecnici delle amministrazioni pubbliche. Oltretutto, in molti casi i dati provenienti da studi o analisi ufficiali sono scarsi o comunque non abbondanti; importanti possono essere i problemi di gestione e la conoscenza di situazioni recenti.

Raccolta della bibliografia potenzialmente utile

La bibliografia allegata ai progetti è ordinariamente costituita da quei testi o quegli studi citati nel lavoro o utilizzati a giustificazione di particolari scelte. Nel caso di progetti che utilizzano tecniche di ingegneria naturalistica, si pone il problema di fornire suggerimenti di ricerca sia ai progettisti stessi, sia ai soggetti che devono svolgere una funzione di verifica del progetto, sia a quei tecnici che, pur visionando il progetto e occupandosi di problematiche affini, non conoscono i presupposti della disciplina, non hanno esperienza di tali tecniche che sono di introduzione relativamente recente nella maggior parte delle regioni italiane e sentono quindi l'esigenza di approfondire l'argomento. Perciò è bene fornire una bibliografia ricca, che comprenda anche testi non direttamente citati o utilizzati nell'elaborazione progettuale.

Raccolta dei prezziari vigenti

Nella fase di analisi dei costi, i riferimenti obbligati per il progettista sono i prezziari ufficiali del Ministero dei Lavori Pubblici (editati regione per regione a cura del Provveditorato alle Opere Pubbliche), i prezziari regionali, in particolare quelli specifici per opere agricolo-forestali o di ingegneria naturalistica eventualmente esistenti, i prezziari delle associazioni di categoria.

Nella redazione di progetti di ingegneria ambientale e naturalistica si utilizzano però spesso materiali particolari di provenienza locale, o legati a specifiche circostanze di approvvigionamento (castagno, paleria, pietrame da cave locali, piante ecc.). I prezzi di tali materiali possono quindi distaccarsi in maniera sensibile dai prezzi ufficiali di riferimento.

È quindi opportuno verificare già in fase di progettazione preliminare, se le condizioni stazionali comportano difficoltà o vantaggi per le imprese esecutrici, reperendo con veloci indagini informazioni sui prezzi di mercato delle tecniche e dei materiali utilizzati.

Rilievi speditivi

Nella fase della progettazione preliminare occorre eseguire rilievi sul campo che possano consentire misurazioni di larga massima, in quanto l'importo economico degli interventi previsti va quantificato con una certa precisione. Sovente tali rilievi non possono basarsi su misurazioni adeguate, in quanto gli incarichi per rilievi e misure sono normalmente compresi nella fase esecutiva della progettazione. Il ridotto investimento per la redazione della progettazione preliminare è motivato dal fatto che poiché la fase preliminare corrisponde a un momento di interlocuzione tra più soggetti, e non sempre tutte le ipotesi presentate vengono poi perseguite e realizzate, ovviamente non è opportuno approfondire sino al dettaglio tanto gli elementi di analisi e rilievo quanto gli elementi di progettazione.

Il lavoro di progettazione deve quindi contare su una serie di conoscenze acquisite in campo o tramite analisi cartografica, conoscenze che, compatibilmente con la rapidità di acquisizione e il ridotto costo di esecuzione, consentano una misurazione attendibile degli interventi.

Laddove il problema e la soluzione appaiano al progettista sufficientemente definiti da formulare un'unica ipotesi progettuale, e laddove esista una certa sicurezza sulla successiva realizzazione della progettazione esecutiva e sulla cantierizzazione finale delle opere, sarebbe buona norma per il progettista conferire un incarico specifico per il rilievo topografico puntuale dell'area di intervento, in modo da poter lavorare sin da subito su una base cartografica precisa. Poiché nella maggior parte dei casi tali condizioni non sussistono (per lo meno non tutte assieme) l'approccio più corretto per il progettista è quello di eseguire rilievi speditivi di celere realizzazione.

Tali rilievi sono costituiti da ricognizioni in campo, dalla raccolta di una adeguata documentazione fotografica appoggiata su cartografia esistente, da rilievi topografici di ridotta estensione, dal tracciamento di sezioni idrauliche tipo, ove possibile e opportuno, da disamine della flora e della vegetazione del luogo attuate in modo approfondito ma non necessariamente sistematico, dalla raccolta di cartografie o documentazioni iconografiche storiche (per verificare le dinamiche naturali ecc.), dal reperimento di informazioni cartografiche sul regime di proprietà, sulle reti di servizi passanti nelle aree di progetto e sulle servitù a queste collegate.

Ovviamente le modalità con cui si effettueranno le suddette attività e il loro grado di approfondimento di-

penderanno essenzialmente dalla tipologia di progetto che si deve attuare e dagli obiettivi principali che esso deve perseguire. Per esempio, se le finalità sono essenzialmente di consolidamento di suoli oppure se sono di rinaturalizzazione, le indagini sugli aspetti ecologici potranno essere anche radicalmente diverse.

Rilievi topografici

I rilievi topografici puntuali nelle aree specificamente interessate dal progetto sono sempre necessari e finalizzati alla restituzione di planimetrie e sezioni localizzate; la scala prescelta varia a seconda dell'estensione, soprattutto per la planimetria.

Per ciò che riguarda le sezioni, poiché costituiscono elaborato di supporto anche alla fase di cantiere, vi è la necessità di consentire la percezione esatta delle modificazioni del profilo dei suoli o delle condizioni idrauliche; perciò si possono avere restituzioni di stampa a scala 1:100, 1:50, 1:20 o addirittura 1:10; la scala 1:200 per il rilievo di sezioni si giustifica solo quando il fronte di eventuali movimenti di terra è tanto esteso da non poter essere riportato nelle scale suddette.

I rilievi sono oggi eseguiti da ditte specializzate, talvolta su differenti tipi di rilievo (batimetrico marittimo, per trafori, per opere di urbanizzazione ecc.) in quanto siamo ormai di fronte alla totale informatizzazione del lavoro, dalla fase di rilievo sul campo alla fase di restituzione grafica e di disegno. Le banche dati delle imprese sono quindi impostate con schemi e disegni tipo funzionali alle diverse esigenze dei committenti.

Da quanto detto emerge la convenienza di fare riferimento a tecnici o ditte specializzati in rilievi di spazi aperti, tendenzialmente per sistemazioni agricolo-forestali, il che garantirebbe l'adeguato rilievo degli elementi di vegetazione esistenti in campo.

Intervenendo sui corsi d'acqua, componente fondamentale del lavoro di progettazione è la verifica idraulica degli interventi, per condurre la quale è necessario il rilievo di un numero opportuno di sezioni. La scelta di quali sezioni e informazioni rilevare (ad esempio tracce dei livelli idrometrici di recenti eventi di piena per procedere alla taratura dei modelli idraulici) deve essere decisa dal progettista sulla base delle caratteristiche idrauliche; inoltre, frequentemente, può rendersi necessaria la presenza durante il rilievo del progettista stesso, per guidare il lavoro dei topografi e per integrare sul campo le informazioni topografiche con altre, ad esempio relative allo stato di copertura delle sponde, alla stima della granulometria dei sedimenti in alveo ecc.

Analisi dell'ecosistema

«Un ecosistema è una unità che include tutti gli organismi che vivono insieme (comunità biotica) in una data area, interagenti con l'ambiente fisico in modo tale che un flusso di energia porta ad una ben definita struttura biotica e ad una ciclizzazione dei materiali tra viventi e non viventi all'interno del sistema (biosistema)» (Odum 1983). L'ecosistema è per definizione un insieme di ecotopi, cioè un insieme di caratteri morfologici o geologici spazialmente definiti (geotopi) ai quali corrispondono cenosi vegetali e catene trofiche specifiche (biotopi). Il paesaggio aperto nel quale si interviene con opere di ingegneria naturalistica può essere a sua volta costituito da agro-ecosistemi oppure da ecosistemi forestali oppure ripariali, palustri, litoranei ecc.

L'analisi degli ecosistemi sui quali si interviene è quindi un lavoro necessario ad orientare la scelta delle sistemazioni del suolo, delle regimazioni idrauliche, delle specie vegetali di progetto. L'analisi può essere costituita da:

- una semplice descrizione all'interno del testo della relazione di progetto;
- da una restituzione cartografica che individui sul rilievo topografico il confine approssimativo tra le diverse unità ecosistemiche (fronte del bosco, linea di sponda ecc.);
- da un approfondimento analitico sulla vegetazione e sulla fauna presente in sito;
- da una ricerca bibliografica sulle caratteristiche del sistema ecologico nel quale si interviene, verificate da eventuali sopralluoghi specifici.

È utile comunque definire alcune componenti ambientali di riferimento (habitat particolari, specie guida) che possano essere utilizzate come indicatori per una valutazione dell'efficacia dell'intervento.

Poiché il lavoro di ricerca e di studio naturalistico non viene generalmente riconosciuto come essenziale dalla committenza pubblica e non viene quindi commissionato, è utile poter far riferimento a testi o studi preesistenti ed insistenti sull'area, eventualmente pubblicati da bollettini di associazioni o di ordini professionali.

Analisi delle condizioni di degrado paesaggistico-ambientale

Gli aspetti di degrado paesaggistico e ambientale presenti nei siti di intervento dovrebbero essere rilevati

e restituiti su base cartografica (nel rilievo topografico puntuale) in modo da poter calcolare e dimensionare gli interventi di ripristino e recupero ambientale, che devono sempre rientrare fra gli obiettivi dei progetti di sistemazione ambientale. Purtroppo gli interventi di tipo idraulico o i cantieri di opere pubbliche sono spesso la prima fonte dell'innescare di fenomeni di degrado in quanto presuppongono la rimozione della vegetazione forestale e abbandonano il terreno denudato, collaterale alle opere, alla conquista ed alla mercé di infestanti vegetali o di improvvisati colonizzatori.

Gli elementi di degrado non sono però costituiti dai fenomeni naturali di erosione o di instabilità, rispetto ai quali si deve intervenire con le opere di consolidamento o rivestimento per salvaguardare interessi antropici. Il degrado paesaggistico-ambientale è piuttosto il risultato del sommarsi di incuria e abbandono del paesaggio storico, di interventi pesanti sul territorio, di elementi costruiti che banalizzano e semplificano il paesaggio, di usi impropri, quali le discariche abusive o costruzioni provvisorie in materiali di risulta. Il degrado può anche essere innescato da forme di governo della vegetazione basate sull'uso sporadico di barre falcianti, che eliminano tutta la vegetazione forestale di pregio autoctona lasciando campo libero a specie infestanti esotiche quali la robinia o l'ailanto.

In generale le condizioni di degrado caratterizzano tutti quei luoghi periferici all'urbanizzato o compresi nei coltivi nei quali la percezione collettiva assimila il territorio pubblico a una sorta di «res nullius». Talvolta, i progetti di sistemazione ambientale possono riscattare questi territori restituendo loro caratteri naturalistici di pregio, potenzialità di fruizione, pulizia e decoro.

Rilievi vegetazionali

La flora presente nella località di intervento, può essere indagata in due modi: attraverso un censimento floristico o attraverso un'analisi vegetazionale. Nel primo caso, vi sono sistemi di analisi codificati e consuetudinari che possono consentire di rilevare tutte le specie presenti in una determinata area e di attribuire al sito caratteristiche ambientali di qualità o di degrado a seconda del tipo di spettro biologico, corologico ed ecologico che emerge dal censimento.

Il censimento floristico condotto con criteri rigorosi e scientificamente corretti presupporrebbe rilievi di campo diffusi, indagini approfondite a campione con delimitazione di quadrati permanenti, passaggi a più ri-

prese nelle diverse stagioni perché specie terofite o rizofite possono sfuggire al censimento in stagione di stasi vegetativa invernale. Poiché non sempre vi sono a disposizione tempi e finanziamenti appropriati per condurre una simile indagine con tutti i caratteri prima accennati, si può lavorare all'estensione di censimenti floristici speditivi, con definizione di aree di saggio rappresentative delle diverse associazioni vegetazionali rilevate.

L'aspetto positivo del censimento floristico è la sua potenzialità di fotografare in modo esatto gli aspetti di qualità ambientale di un sito consentendo, con sistemi a tabella, una ottima ed immediata visualizzazione con la quantificazione delle specie rare, delle specie endemiche, delle specie esotiche o antropocore ecc.; l'aspetto negativo di questo sistema è il suo carattere molto «statico», che poco informa sulle dinamiche vegetazionali o sui fenomeni in atto a livello di fitocenosi (dominanza, recessione ecc.).

L'analisi vegetazionale presuppone invece un approccio di tipo diverso, cioè una indagine sui rapporti di tipo sociale che le piante intrattengono tra loro; questo tipo di analisi offre informazioni sulle associazioni vegetali, sui rapporti esistenti all'interno di tali consociazioni, sul livello di evoluzione e di maturità dell'associazione medesima.

Il metodo più consolidato e internazionalmente codificato di analisi delle cenosi vegetali è quello cosiddetto «fitosociologico» di Braun Blanquet. Il vantaggio maggiore nell'uso di tale sistema è dato dalla esistenza di una strumentazione di analisi e di restituzione dei dati conosciuta dai tecnici del settore, universalmente accettata come rappresentativa e significativa. Altro vantaggio nel suo utilizzo è dato dalle informazioni di tipo dinamico che ci restituisce, in quanto, oltre ad analizzare una formazione vegetazionale consentendo di attribuirle ad una associazione classificata, permette di valutare se localmente questa si presenta come in progressione, in evoluzione o in regressione.

Gli aspetti negativi del metodo di rilievo di Braun Blanquet sono in parte gli stessi del censimento floristico: un rilievo correttamente condotto dovrebbe estendersi almeno nell'arco di un intero anno, per consentire al rilevatore di misurare il grado di copertura delle diverse specie nelle diverse stagioni.

Inoltre il metodo fitosociologico, correttamente eseguito, presuppone: una serie di rilievi a tappeto su quadrati di limitata estensione, il confronto successivo dei risultati di rilievo, l'apparentamento dei rilievi simila-

ri e solo a questo punto la tipizzazione e attribuzione della formazione rilevata ad una qualche associazione vegetale riconosciuta.

Una applicazione speditiva e con minor rigore del sistema può essere costituita dalla diretta caratterizzazione delle associazioni vegetali esistenti sul sito, dalla loro restituzione cartografica e dalla successiva indagine su quadrati riconosciuti come rappresentativi della formazione da parte del rilevatore; resta comunque l'aspetto problematico dei ridotti tempi a disposizione del progettista, e della necessità ineludibile per questo tipo di indagini di estendersi sull'intero arco stagionale.

Alle conoscenze ottenute con i sistemi ed i metodi di cui sopra sulla vegetazione reale del sito, si devono aggiungere le informazioni reperite da bibliografia sulle condizioni fitoclimatiche e sulla vegetazione naturale potenziale del luogo; informazioni che raffrontate con i dati di rilievo possono consentire di comprendere quanto la situazione reale si discosti da quella potenzialmente propria del sito in caso di assenza di disturbi ed alterazioni antropiche.

La vegetazione naturale potenziale di un sito non comprende solo quelle associazioni che si insiederebbero al termine della successione vegetazionale, ma anche tutte le associazioni pioniere, quelle differenziali, quelle intermedie nella successione. Infatti l'evoluzione naturale non è un fenomeno lineare e deterministico, e molteplici fattori possono costituire elemento limitante all'insediamento delle associazioni cosiddette climatiche; tutte queste associazioni sono parimenti «naturali» e compete al progettista scegliere al loro interno quella di cui perseguire la ricostruzione.

L'obiettivo progettuale infatti non è sempre costituito dalla ricostruzione delle formazioni forestali dominanti; talvolta il pregio di determinate associazioni vegetali è dato proprio dal loro carattere debole e recessivo, dal loro essere legate ad habitat particolari oggi rarefatti, dal loro mantenimento di caratteristiche naturali nel popolamento e nella struttura.

In ogni caso le conoscenze acquisite in campo e da bibliografia sulla vegetazione sono preziose per orientare la scelta delle specie di progetto e sono perciò necessariamente da prevedere, anche se nel grado di rigore e di precisione di volta in volta consentito dai tempi di progettazione, dalle risorse e dai tempi a disposizione, dalla portata degli interventi, dal grado di naturalità più o meno spiccato del contesto territoriale di intervento.

Studi idrologico-idraulici

Nei progetti idraulico-ambientali (realizzazione di casse di espansione, messa in sicurezza di abitati lungo corsi d'acqua ecc.) e più in generale per interventi suscettibili di far variare significativamente le portate a valle e a monte dell'area di progetto, risulta strettamente necessario uno studio idrologico-idraulico già nella fase di progettazione preliminare.

La valutazione di alcune grandezze idrauliche è comunque importante se esse incidono sul funzionamento e sulla stabilità dell'opera oppure, viceversa, se quest'ultima può determinare una loro variazione tale da far insorgere eventuali problemi. In tali casi occorre produrre opportune verifiche che attestino l'accettabilità, con un certo grado di sicurezza, rispetto alle condizioni stimate, oppure che orientino alla modifica nel dimensionamento o nella scelta delle soluzioni.

Si tenga comunque presente che quasi sempre le grandezze in gioco hanno natura stocastica e, soprattutto per le opere di ingegneria naturalistica, i dati necessari a tarare modelli interpretativi sono essenzialmente carenti se non mancanti. Quindi si ricorre a osservazioni di riferimento e a principi cautelativi.

Studi geologico-tecnici

In molti casi può essere necessario verificare le condizioni di stabilità del terreno e delle opere ivi collocabili, tramite lo studio di eventuali movimenti franosi e valutazioni geotecniche che richiedono l'analisi del tipo di terreno, delle condizioni geomorfologiche e idrogeologiche. Queste ultime possono essere importanti anche in caso di potenziali effetti determinati dall'interazione con la falda.

I principi ai quali devono uniformarsi le verifiche geotecniche (tipo di analisi da condurre, coefficienti di sicurezza ecc.) sono regolamentati dal DM dell'11 marzo 1988: «Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno della terra e delle opere di fondazione».

Allo stato attuale delle conoscenze solo alcune delle strutture realizzate con le tecniche dell'ingegneria naturalistica sono modellizzabili compiutamente nel loro comportamento e quindi verificabili secondo i criteri posti dal Decreto in questione. Per tutte le altre si dovrà procedere per mezzo di valutazioni comparative con altre applicazioni della tecnica in analisi in condizioni simili, oppure con valutazioni cautelative che, ad

esempio, non tengono conto dell'effetto stabilizzante della vegetazione.

Gli studi delle dinamiche geomorfologiche e del trasporto solido, che coinvolgono quindi analisi d'idraulica fluviale, sono importanti per la mirata pianificazione e progettazione degli interventi di sistemazione idraulica dei corpi idrici, specie dove non si limitino a semplici consolidamenti puntuali.

Rilievo fotografico

Il rilievo fotografico è necessario nella fase di progettazione preliminare in quanto consente una immediata visualizzazione delle problematiche e dello stato dei luoghi interessati dal progetto.

Poiché uno degli scopi del progetto preliminare è quello di consentire un confronto con la committenza e una eventuale presentazione a soggetti interessati dal progetto (esempio pescatori, abitanti della zona, comitati locali, associazioni ambientaliste ecc.), è importante che esso venga costruito in modo da consentire una lettura anche a persone prive di cognizioni tecniche. Da questo punto di vista un buon rilievo fotografico commentato, con espliciti riferimenti ai contenuti del progetto, è uno strumento molto valido.

Per i motivi sopra menzionati, è opportuno che la documentazione fotografica sia ridotta nel numero delle immagini, sia costituita da foto ben leggibili e con riferimenti didascalici.

Raccolta e confronto di opinioni

Nella fase di elaborazione progettuale possono essere utili confronti e incontri mirati con la popolazione, con soggetti portatori di interessi collettivi, con associazioni e comitati locali. Quando da tali occasioni di confronto emergono indicazioni molto precise, suggerimenti utili per orientare il lavoro del progettista, bisogni particolari dei fruitori del territorio interessato, sarebbe utile trasformare tali osservazioni in documenti scritti in modo da poterli inserire tra gli allegati progettuali, esplicitando e rendendo così trasparente il rapporto tra il progettista e la «committenza diffusa».

Occasionalmente poi, le progettazioni di tipo ambientale hanno ricadute dirette sulla collettività in quanto sono esplicitamente finalizzate al miglioramento della fruizione di una certa area, alla razionalizzazione delle attività di pesca o canottaggio lungo i fiumi, alla edificazione di parchi fluviali o di aree naturalistiche a gestione controllata. In questi casi sarebbe fondamentale e necessario il rapporto con la frui-

zione potenziale o attuale, il recepimento di osservazioni e la capacità di progettare in relazione a bisogni e domande reali.

Rilievi specifici in relazione agli obiettivi

Quando il progetto è esplicitamente finalizzato al perseguimento di un obiettivo specifico, quale può essere ad esempio il miglioramento dei popolamenti ittici, è utile arricchire il progetto preliminare di relazioni o studi specialistici a supporto della efficacia delle soluzioni individuate rispetto al perseguimento dell'obiettivo progettuale.

Nel caso di esempio sarà opportuno ricercare in bibliografia specialistica o su riviste del settore se esistono studi pregressi che possano servire all'elaborazione progettuale; ove non si reperiscano studi o ricerche già eseguite, diventa obbligata la strada dell'incarico specifico ad un esperto in materia per la redazione di studi o indagini sul campo (censimento ittiofauna, rilievo delle discontinuità naturali e degli ostacoli alla migrazione, individuazione degli habitat potenziali per le specie da facilitare ecc.).

Particolare importanza, e quindi anche specificità, possono assumere i rilievi nel caso di progetti pilota o di ricerca, al fine di disporre di documentazione dettagliata per effettuare confronti nel tempo delle diverse situazioni, oltre che per motivi promozionali e di comunicazione.

Verifica della disponibilità di materiali e competenze

I progetti fondati sull'uso dell'ingegneria naturalistica presuppongono la disponibilità di materiale vivo o morto usualmente non presente sui mercati, e presuppongono la presenza di maestranze, forestali e tecnici del verde, capaci ed esperte. Nel progetto preliminare rientra anche la verifica sulla presenza di queste due condizioni che vanno dettagliate e relazionate.

Tra i materiali «fuori mercato» rientrano la ramaglia viva di salicacee, la ramaglia morta di castagno di dimensioni ridotte, le talee in genere di specie dotate di vigoria vegetativa e di capacità di emissione di radicazione avventizia (salici, pioppi, tamerici, miricaria ecc.). Alla carenza in zona di tali materiali si può fare fronte relativamente in quanto il costo del viaggio incide talvolta in maniera sproporzionata sul costo del materiale; inoltre, uno dei principi fondamentali dell'ingegneria naturalistica è quello di utilizzare materiale vegetale di provenienza certificata, prossimo al sito di cantiere e comunque reperito in stazioni fitoclimaticamente uguali a quella di progetto.

Motivi di carattere paesaggistico-ambientale, ma anche energetici (minor consumo dovuto al trasporto) ed ecologici (la risorsa rimane all'interno del contesto territoriale-ambientale), suggeriscono poi di utilizzare terreni e pietrami di provenienza locale, che possiedono il chimismo compatibile con le condizioni stazionali, i colori, le forme, la biologia ecc.

7.3. La progettazione

L'articolazione, la struttura e gli obiettivi delle diverse fasi della progettazione sono definite dalla Legge Quadro sui Lavori Pubblici (L. 109/94 e successive modifiche e integrazioni). In particolare essa prevede tre fasi di progettazione corrispondenti a tre livelli di approfondimento e definizione: preliminare, definitiva, esecutiva. Si rimanda quindi alla suddetta normativa (art. 16) e al suo Regolamento attuativo (DPR 554/99) per le procedure e le formalità da espletare. Nel seguito ci si soffermerà in modo particolare su quegli aspetti a cui si dovrà dare particolarmente attenzione per i progetti di ingegneria naturalistica.

A tal proposito l'articolo 15 del suddetto Regolamento dispone quanto segue:

- «La progettazione è informata, tra l'altro, a principi di minimizzazione dell'impegno di risorse materiali non rinnovabili e di massimo riutilizzo delle risorse naturali impegnate dall'intervento e di massima manutenibilità, durabilità dei materiali e dei componenti, sostituibilità degli elementi, compatibilità dei materiali ed agevole controllabilità delle prestazioni dell'intervento nel tempo.
- Il responsabile del procedimento cura la redazione di un documento preliminare all'avvio della progettazione con allegato ogni atto necessario alla redazione del progetto (...). Il documento preliminare (...) riporta fra l'altro l'indicazione: a) della situazione iniziale e della possibilità di far ricorso alle tecniche di ingegneria naturalistica; (...) h) degli impatti dell'opera sulle componenti ambientali (...).
- I progetti (...) sono redatti (...) in modo da assicurare il massimo rispetto e la piena compatibilità con le caratteristiche del contesto territoriale e ambientale in cui si colloca l'intervento, sia nella fase di costruzione che in sede di gestione.
- Gli elaborati progettuali prevedono misure atte ad evitare effetti negativi sull'ambiente, sul paesaggio (...) in relazione all'attività di cantiere (...).

Si sottolinea l'importanza di tali prescrizioni, ovvero la rivalutazione del ruolo del progettista, che assume quindi il *diritto/dovere di prevedere soluzioni ottimali a livello ambientale*. Nel campo dell'ingegneria naturalistica, ciò significa che il progettista, ovunque possibile (altrimenti occorre dimostrare il contrario), deve applicare tali tecniche.

Secondo questa logica i progettisti devono tenere presente che aumenta la loro responsabilità in quanto oltre all'idoneità e all'efficienza tecnico-economica del progetto viene richiesta l'ottimizzazione ambientale.

Ciò significa non solo ricorrere, ove possibile, a tecniche della progettazione ambientale, ma anche optare per la soluzione ambientalmente migliore fra di esse.

In materia di ingegneria naturalistica, come già evidenziato nel paragrafo 6.1. «I progetti dell'ingegneria naturalistica» occorre seguire la seguente scala delle priorità, in ordine decrescente:

1. consentire la massima espressione dell'ecosistema, evitandone forzature;
2. applicare la tecnica meno impattante possibile ricorrendo a materiali vegetali;
3. ricorrere a tecniche miste. Tecniche che comportano l'utilizzo di scogliere, gabbioni, terre rinforzate, legname, geotessili ecc. devono quindi essere evitati se si verifica la possibilità di ottemperare alle esigenze con tecniche rigorosamente naturalistiche.

Si tenga però sempre presente l'opzione «0», che dovrà essere adottata qualora si verificassero incompatibilità con qualsiasi intervento.

7.3.1. Contenuto della progettazione preliminare

La progettazione preliminare ha lo scopo essenziale di consentire una verifica con il committente su un ventaglio di ipotesi progettuali ancora da esplorare o da approfondire, in modo da poter scegliere con precisione gli indirizzi del successivo progetto esecutivo. Poiché la committenza è spesso costituita da pubbliche amministrazioni, la progettazione preliminare possiede anche altri scopi, quali quello di presentare alla collettività o a soggetti presenti sul territorio le ipotesi d'intervento, o quello di supportare una determinazione di spesa ufficiale e precisa da inserire in bilancio e da sottoporre a tutti i vagli interni dell'amministrazione medesima.

Talvolta, lo scopo principale della progettazione preliminare è proprio quello di consentire ad un ente

di rivolgere specifiche richieste di finanziamento ad altri enti pubblici erogatori, competenti sulla materia trattata o dotati di poteri di controllo o di supervisione in merito.

Gli elementi costitutivi della progettazione preliminare si possono così raggruppare:

- *caratterizzazione del problema*, tramite rilievi di campo e indagini preliminari, descrizione sintetica delle problematiche che originano la necessità di intervento, documentazione iconografica, cartografica o fotografica di localizzazione e supporto;
- *individuazione delle ipotesi di soluzione*, tramite descrizione sintetica delle strategie di intervento e delle tecniche ritenute più adeguate, loro localizzazione su cartografia a scala vasta (corografia) e media, documentazione schematica sulle tipologie tecniche proposte, esemplificazione iconografica o fotografica, anche con simulazioni, sui risultati dell'applicazione delle tecniche proposte; eventuale produzione di sezioni tipo del corso d'acqua o delle scarpate sistemate, anche se non quotate;
- *studio di prefattibilità ambientale*, cioè confronto di massima dei prevedibili effetti fra le possibili soluzioni e individuazione delle misure di mitigazione e miglioramento;
- *analisi economica*, tramite determinazione di massima dei costi previsti per le sistemazioni proposte, eventualmente comprensiva di comparazione tra i costi delle diverse ipotesi progettuali sottoposte a verifica.

La fase della progettazione preliminare costituisce un'occasione interessante di interlocuzione tra gruppo di progettazione e committenza, tanto più significativa se si tiene presente che spesso si pongono al progettista richieste contrastanti con i principi e la filosofia di intervento dell'ingegneria ambientale: rettificazione di alvei, canalizzazioni, «bonifiche» di zone umide, eliminazione di calanchi o scoscendimenti, magari anche senza necessità, «messa in sicurezza idraulica» di terreni boscati o a seminativo ecc.

In considerazione dell'evoluzione normativa tendente alla forte responsabilizzazione del professionista che assevera alle opere progettate ed eseguite, è importante che sulla base dei dati conoscitivi il professionista orienti la stessa committenza sulla migliore soluzione tecnica.

In generale, si tenga presente che una buona esecuzione della fase preliminare è di grande importanza per

i progetti di carattere ambientale. Peraltro le attività che si devono svolgere, non solo di tipo tecnico ma anche verifiche e confronti di opinione lunghe e impegnative, sono di una certa entità e onere; tuttavia ciò non è ben riconosciuto dalle aliquote dei tariffari professionali, in quanto concepiti in tempi ove tali esigenze non erano così sentite. Nel seguito si dedicherà maggiore spazio a tale fase.

7.3.2. *Contenuto della progettazione definitiva ed esecutiva*

Le progettazioni definitiva ed esecutiva devono essere strutturate in modo da consentire la valutazione da parte degli organi pubblici committenti o di controllo. Quindi devono essere previsti:

- una relazione tecnica sintetica che motivi, sulla base degli studi svolti in fase di preliminare e dei successivi confronti, le scelte tecniche e progettuali;
- elaborati grafici necessari a rendere comprensibile e cantierabile l'intervento, ossia tavole di rilievo e di stato sovrapposto con planimetrie, sezioni, profili, prospetti, dettagli costruttivi.

Per ciò che riguarda la parte economica, il progetto esecutivo deve comprendere obbligatoriamente:

- un elenco prezzi, con i prezzi a misura e a corpo di tutti i materiali e tutte le opere progettate o inserite nel progetto medesimo;
- un capitolato speciale d'appalto con tutte le condizioni e prescrizioni alla impresa;
- un computo metrico estimativo con la quantificazione degli interventi, il relativo prezzo e i totali risultanti (quadro economico).

Si tenga inoltre presente che il Regolamento Merloni richiede anche il «quadro dell'incidenza percentuale della quantità di manodopera», aspetto importante per i lavori di ingegneria naturalistica.

Come si è detto in precedenza, gli elaborati a supporto progettuale sono prescritti dalla L.109/94 e suo regolamento DPR 554/99. Oltre alla relazione tecnica occorre pertanto redigere una serie di studi, relazioni e calcoli che compongono il progetto definitivo ed esecutivo: nel seguito se ne riportano sinteticamente i contenuti. Nelle scelte progettuali e nelle indagini e valutazioni di supporto al progetto si devono inoltre segui-

re le prescrizioni del «Quaderno delle opere tipo» della Regione Lombardia, anch'esso già descritto in precedenza.

Indagini geologico-tecniche

Alcune tecniche di ingegneria naturalistica (cassoni vegetati, palificate, cordonate ecc.) possono essere interpretate come strutture geometricamente e strutturalmente definite, il cui comportamento meccanico può essere modellizzabile matematicamente. Esse sono sottoponibili a verifiche di resistenza e di comportamento sul piano geotecnico attraverso metodi di calcolo convenzionalmente accettati; in tal caso è necessario allegare al progetto elaborati di tipo geotecnico.

Per quel che riguarda gli interventi su argini pensili, su corpi di frana, su cave dismesse o su suoli con problemi di stabilità, la relazione geotecnica dovrebbe già essere allegata alla progettazione preliminare all'atto di consegna agli Enti di controllo e verifica.

Studi geomorfologici (ad esempio sulle dinamiche fluviali di meandrazione), geologici o pedologici sono invece utili a corredo della progettazione esecutiva, in quanto l'efficacia delle tecniche di ingegneria naturalistica è direttamente condizionata dal tipo di substrato, dal chimismo del suolo, dalla struttura del terreno. Tali elaborati possono essere a volte richiesti dagli organi di controllo e verifica ad integrazione degli studi già presentati in allegato al progetto preliminare.

Integrazioni agli studi idraulici e idrologici

Se nel progetto preliminare si sono presentate sezioni tipo della sistemazione idraulico-ambientale prevista, nel progetto definitivo ed esecutivo si devono invece allegare sezioni idrauliche reali localizzate su cartografia planimetrica e quotate, ed eventuali profili longitudinali dell'alveo. Occorre quindi integrare gli studi idraulico-idrologici già eseguiti in fase di progettazione preliminare con calcoli idraulici rapportati alle sezioni tracciate o con verifiche sulle portate di piena, i livelli e/o le velocità nei punti interessati da sistemazioni o opere collaterali o limitatamente ai tratti critici. In alcuni casi, laddove le condizioni sono cautelative o non sussistano problemi inerenti i fattori idraulici, tali verifiche approfondite possono non essere necessarie.

Particolare importanza deve essere data alla verifica della resistenza meccanica dell'opera di rivestimento o della vegetazione all'azione di trascinamento della corrente idrica.

Studio di fattibilità ambientale o di impatto ambientale

Nel caso di interventi di ingegneria naturalistica, la scelta di utilizzare queste tecniche rappresenta di per sé motivo di miglioramento e/o compensazione degli effetti dell'intervento sull'ambiente e sulla qualità ambientale e paesaggistica del contesto territoriale; tali finalità devono appunto essere dimostrate attraverso lo studio di impatto ambientale e di fattibilità ambientale di cui all'art. 29 del Regolamento Merloni (DPR 554/99).

Chiaramente occorre dimostrare che la soluzione scelta, anche rispetto ad altre opzioni rientranti nella categoria delle opere di ingegneria naturalistica, rappresenta quella migliore per l'ambiente, compatibilmente con gli obiettivi del progetto.

Tavole e disegni tecnici

Le tavole e i disegni tecnici sono il contenuto principale del progetto esecutivo in quanto la raffigurazione degli interventi deve essere tale da consentirne l'immediata cantierizzazione.

Tra le tavole di progetto deve necessariamente essere presente una planimetria di progetto o di stato sovrapposto (rilievo-progetto), nella quale siano identificabili con apposite simbologie o legende gli interventi di progetto; la scala di rappresentazione deve essere piccola: 1:500, 1:200, o 1:100.

Quando gli interventi presuppongono significativi movimenti di terra e non semplici riprofilature, si devono produrre una planimetria e specifiche sezioni che raffigurino gli sbancamenti e i riporti tramite legenda e colorazione convenzionale. La scala delle sezioni dovrebbe essere al massimo 1:200, perché al di sopra di questo rapporto i movimenti di terra anche ragguardevoli appaiono poco leggibili.

Le sezioni di progetto, redatte nella medesima scala delle sezioni dei movimenti terra, devono invece riportare, con simbologie o raffigurazioni schematiche, gli interventi e le tecniche di progetto. Le quotature delle sezioni e delle tavole indicanti i movimenti di terra devono essere eseguite con il medesimo criterio, ossia con quote assolute o relative a seconda delle esigenze di progetto.

Le elaborazioni devono essere prodotte ad hoc per ciascun progetto. Si deve assolutamente evitare l'adozione di disegni tratti da libri o progetti precedenti, non solo per serietà professionale, ma soprattutto perché *i progetti di ingegneria naturalistica non possono essere banalmente standardizzati.*

Allegati grafici e particolari costruttivi

Le tecniche di ingegneria naturalistica non sono standardizzate, sono ancora poco utilizzate e poco conosciute anche dalle imprese del settore; per questi motivi si rende necessario allegare al progetto esecutivo delle tavole che riportino in piccola o piccolissima scala (1:50, 1:20, 1:10) i dettagli costruttivi delle diverse tecniche utilizzate.

Le tavole contenenti i dettagli costruttivi è opportuno che siano particolarmente ricche di quotature, di spiegazioni scritte e didascalie, in modo da evitare equivoci o errori nella realizzazione delle opere da parte delle imprese esecutrici; neppure si può far carico alla direzione dei lavori di definire i dettagli costruttivi delle opere, pena l'inefficienza e notevoli rischi di incongruenza sul piano sia tecnico che economico.

Computo metrico estimativo, elenco prezzi unitari

Gli elaborati di analisi economica necessari all'affidamento di un progetto sono differenziati a seconda della committenza, poiché in caso di committente privato si deve procedere alla semplice redazione di un computo metrico e di un elenco prezzi unitari che consentano il raffronto tra le offerte delle diverse ditte contattate e la stipula del contratto. Alle imprese si consegna in genere il computo e l'elenco prezzi privo di cifre nella colonna dei prezzi, mentre resta al committente una copia con prezzi di mercato che consente di valutare la credibilità e l'affidabilità delle ditte che si candidano alla realizzazione: ovviamente eccessivi ribassi rispetto ai prezzi di listino o di mercato ponderati dal progettista sono sospetti, e l'impresa offerente deve essere perlomeno sottoposta a richiesta di chiarimenti.

Questi elaborati sono necessari anche se non sufficienti pure in caso di committente pubblico, in quanto servono all'ente per sottoporre a gara e aggiudicare i lavori. Secondo i recenti aggiornamenti normativi, l'aggiudicazione avviene sottoponendo alle imprese invitate o candidatesi un elenco prezzi unitari privo di cifre, e l'ente sceglie sulla base della percentuale di ribasso offerta sul totale dei prezzi unitari o, per appalti consistenti, sulla base della somma dei singoli ribassi sulle voci di elenco. Questa procedura obbliga a redigere un elenco prezzi limitato alle voci realmente presenti nel progetto o ritenute di possibile utilizzazione con varianti, in quanto elenchi molto ricchi di voci possono falsare il risultato consentendo al limite di aggiudicarsi l'appalto all'impresa che offre sconti maggiori su opere non previste in realtà nel progetto.

La regola generale di costruzione dei prezzi è quella di definirli in funzione delle condizioni di omogeneità economico-territoriale e a seconda delle modalità costruttive prescelte.

Per quel che concerne l'individuazione degli ambienti di omogeneità, si può far direttamente riferimento ai prezziari degli ordini professionali, delle camere di commercio o delle associazioni di categoria (dove i prezzi sono differenziati per regione o per provincia), oppure ci si può appoggiare a prezzi reali di mercato e prezziari di imprese locali, decurtati ovviamente dei margini di utile legati al lavoro al dettaglio.

Per ciò che riguarda invece le modalità costruttive, tutte le volte che si introducono modifiche alle tipologie tecniche riportate in manualistica o in letteratura si devono anche calcolare le differenze di prezzo che queste modifiche comportano: le tecniche di ingegneria naturalistica sono infatti molto flessibili, facili da adattare ai diversi contesti attraverso cambiamenti nei materiali o nei dettagli. Possono anche nascere dei malintesi o delle contestazioni a causa del fatto che manuali tecnici di ingegneria naturalistica (tra l'altro a cura di enti pubblici) riportano, per la medesima tecnica, dei prezzi anche molto diversi, e questi problemi si possono risolvere solo riportando nell'elenco prezzi (o nel capitolato) descrizioni dettagliate dell'opera, dei materiali e delle misure relative.

Nel computo, le quantità delle opere si desumono misurando i disegni degli elaborati progettuali e applicando le densità precisate negli elaborati medesimi o nell'elenco prezzi unitari. Le densità previste per opere quali la messa a dimora di talee o di piante radicate sono a loro volta dipendenti dai fini progettuali e dagli scopi dell'intervento: quando l'obiettivo è un rivestimento rapido e continuo la densità è elevata, quando l'obiettivo è invece l'edificazione di siepi o macchie arbustive si devono seguire corretti principi agronomici nella scelta dei sesti di impianto.

Analisi prezzi, capitolato speciale d'appalto

Quando il committente è un ente pubblico (Comune, Provincia, Regione, Consorzio di Bonifica o Comunità Montana) le procedure di attribuzione dell'appalto rendono obbligatori altri due elaborati allegati alla progettazione esecutiva: il capitolato speciale d'appalto e (in certi casi) l'analisi prezzi.

Il capitolato speciale d'appalto riporta le condizioni poste all'impresa dal punto di vista della corretta esecuzione dei lavori, della gestione del cantiere, del

rispetto delle normative vigenti in materia di sicurezza e diritti dei lavoratori. Per il suo rilievo contrattuale esso impegna l'impresa nei confronti della pubblica amministrazione e della Direzione Lavori, e quindi è il documento nel quale si devono inserire le descrizioni più dettagliate delle tecniche utilizzate, dei tempi e modi per la loro esecuzione, dei materiali da utilizzare.

Nel capitolato d'appalto è utile riportare anche i criteri di corretta impostazione e gestione delle fasi di cantiere, in modo da salvaguardare la vegetazione presente in sito e da eseguire i lavori con il minimo impatto ambientale.

L'analisi prezzi è invece un elaborato che viene richiesto dalla pubblica amministrazione quando si reputa necessario giustificare e fondare, sopra un'analisi dettagliata, i prezzi riportati nell'elenco prezzi unitari, a causa dell'importo dei lavori in appalto o della tipologia non standardizzata delle opere di progetto. Infatti quando le opere sono standardizzate, e questo accade in genere per molte tipologie dell'ingegneria civile e dell'edilizia, sono disponibili prezziari ufficiali o di categoria direttamente citabili a giustificativo dei prezzi utilizzati in elenco.

L'analisi prezzi delle opere di ingegneria naturalistica si costruisce quantificando, per ogni unità di misura dell'opera, il tempo di lavoro necessario ripartito per qualifica (operaio, operaio forestale qualificato, operaio forestale specializzato), il materiale utilizzato e il nolo macchine stimato in ore e frazioni. Per ottenere un calcolo rigoroso e corretto sarebbe però necessario un monitoraggio su cantieri reali nel territorio prossimo all'intervento in condizioni differenziate per difficoltà; si deve infatti considerare che i fattori che sbilanciano notevolmente il prezzo di opere di ingegneria naturalistica sono la qualificazione e l'esperienza in campo della manodopera (quando è bassa, i tempi di esecuzione aumentano a dismisura), la disponibilità di materiali vivi o morti in prossimità dei cantieri e le difficoltà di accesso e gestione del cantiere per motivi idraulici, climatici, di distanza da strade carrabili ecc.

Per costruire i prezzi in modo corretto e prossimo al vero, il progettista dovrà quindi ponderare quale tra le esperienze riportate in bibliografia o recensite da riviste specializzate sia più simile alla realtà di intervento nella quale egli opera, dovrà prendere conoscenza dei prezzi di mercato e dei prezzi riportati per le diverse tecniche nei manuali disponibili, dovrà valutare se le analisi prezzi riportate in testi disponibili

siano eseguite tenendo conto delle specificità del progetto in esecuzione, e dovrà a questo punto aggiornare o creare ex novo le analisi prezzi per le opere previste.

Piano di manutenzione

Il piano di manutenzione rientra tra gli elaborati progettuali obbligatori ai sensi della L. 109/94, come allegato del progetto esecutivo (art. 16, comma 5), mentre il regolamento attuativo DPR 554/99 ne descrive il contenuto all'art. 40.

Per la natura stessa delle tecniche di ingegneria naturalistica deve essere seguito il seguente *principio generale*: *la manutenzione deve essere tendenzialmente nulla quando sia possibile lasciare libero spazio alla evoluzione naturale della vegetazione inserita nelle opere, e deve invece essere proporzionalmente crescente in relazione alla artificialità perseguita dei soprassuoli edificati.*

Se gli esemplari arborei o arbustivi inseriti nelle opere non vengono disturbati, si avrà infatti tendenzialmente una crescita vigorosa delle specie riprodotte per talea e una crescita più ridotta nel primo periodo per le specie riprodotte da esemplari radicati. La crescita delle formazioni boschive o arbustive sarà tendenzialmente omogenea a seconda della specie e della tecnica riproduttiva, per cui si avranno macchie di esemplari coevi con fusti isodiametrici e altezze uniformi.

I getti da talee, inizialmente appressati, saranno soggetti poi ad un naturale diradamento con deperimento e morte dei rami e degli esemplari più ombreggiati, mentre le specie forestali di pregio sciafile ed a lenta crescita sul lungo periodo emergeranno e domineranno le specie pioniere.

In questo modo, se il progetto ha ben impostato il problema della evoluzione naturale futura della vegetazione (considerando i sesti di impianto, le seriazioni, le compatibilità) anche senza intervento dell'uomo si avrà una trasformazione della formazione forestale pioniera insediata in bosco maturo.

La situazione tipica nella quale si rende invece necessaria la previsione di interventi periodici di governo della vegetazione è quella dei corsi d'acqua artificializzati o rettificati a sezione ristretta obbligata, dove gli interventi idraulici con ingegneria naturalistica non possono comportare ampliamenti dell'alveo per la presenza sopra sponda di edifici o attività produttive. In questi casi si dovrà prevedere un taglio di ceduzione a cadenza pluriennale finalizzato al rin-

giovamento della parte epigea delle piante, in modo da avere sempre getti flessibili e densi di diametro ridotto.

Gli obiettivi degli interventi di manutenzione su opere di ingegneria naturalistica possono poi essere diversi, in relazione a diverse finalità progettuali, e in rapporto a questi variano anche le operazioni da prevedere e la periodicità delle operazioni medesime. Per ottenere un bosco di versante privo di esemplari sfilati o inclinati (problematici dal punto di vista statico) si dovrà provvedere per tempo a diradamenti che selezionino esemplari arborei sani e ben strutturati, mentre per avere una boscaglia ripariale bisogna fare esattamente l'opposto.

Non esiste, a parità di tecnica utilizzata, una cadenza sempre uguale negli interventi manutentivi sulla vegetazione. È compito del progettista valutare in primo luogo se una manutenzione è da prevedersi, se tale manutenzione ha l'obiettivo di favorire o di ostacolare la crescita della vegetazione, e infine quanto le operazioni di manutenzione devono essere ravvinate.

Piano di sicurezza

Ove il caso lo richieda, può essere obbligatoria la predisposizione del Piano di Sicurezza, ai sensi dell'art. 11 del D.Lgs. 494/96. L'art. 4 definisce il coordinatore per la progettazione quale redattore del Piano. La normativa istituisce anche la figura del coordinatore per l'esecuzione dei lavori.

Il decreto si applica alle attività descritte all'allegato I, che corrispondono ai lavori edili e di genio civile, tuttora regolati dal DPR 164/56, ai quali si aggiungono i lavori impiantistici che comportano anche attività edili e di genio civile.

Le opere di ingegneria naturalistica rientrano intrinsecamente dall'art. 2 comma 1 e dall'Allegato 1 del D.Lgs. 494/96 sotto le voci: opere idrauliche, marittime, di bonifica, sistemazione forestale e del suolo, scavi e consolidamento.

Il D.Lgs. 494/96 prevede obblighi a carico del committente (o del responsabile dei lavori da lui incaricato), che comprendono la designazione del coordinatore per la progettazione e del coordinatore per l'esecuzione dell'opera (rispettivamente prima della fase di progettazione esecutiva e prima dell'affidamento dei lavori).

Tale designazione è obbligatoria per cantiere di dimensioni superiori a determinate soglie.

Per quanto riguarda la definizione di queste ultime le modalità di redazione e gestione dei piani e delle attività di competenza del coordinatore per la progettazione e per l'esecuzione dei lavori, responsabile in materia di sicurezza, si faccia riferimento alla normativa citata.

Si ricorda inoltre che rimangono in vigore le norme particolari dettate dal DPR 164/56, dalle altre norme vigenti in materia di prevenzione nonché, infine, dal D.Lgs. 626/94.

Monitoraggio

A livello progettuale, un piano di monitoraggio degli interventi può entrare in gioco in due casi: ove il piano di manutenzione prescriva verifiche sistematiche, oppure nel caso di interventi pilota, la cui funzione è appunto la verifica del grado di successo degli interventi nel tempo.

Per i contenuti del monitoraggio degli interventi si veda il capitolo 12 e si faccia inoltre riferimento al «Quaderno» regionale delle opere tipo.

8. Condizioni e limiti di impiego dell'ingegneria naturalistica

8.1. Limiti di impiego delle tecniche di ingegneria naturalistica nei corsi d'acqua

Va detto innanzitutto che, malgrado i grandi vantaggi che possono offrire le tecniche d'ingegneria naturalistica, bisogna essere coscienti che esse non sono applicabili sempre e ovunque in quanto presentano limiti di applicabilità la cui esatta conoscenza è precondizione per una corretta progettazione.

I limiti di applicazione sono in particolar modo evidenti a livello territoriale nei casi di elevata antropizzazione. Per esempio, quando lungo le fasce ripariali dei corsi d'acqua sono presenti ingenti edificazioni, normalmente non c'è lo spazio per ospitare opere che comportano la riduzione della velocità della corrente idrica o della sezione idraulica; le scarpate sistemate con tecniche di ingegneria naturalistica possono risultare infatti meno ripide e, nel medio periodo, più rugose, con un ingombro da parte della vegetazione. Vi sono poi maggiori problemi all'acquisizione del suolo di proprietà privata, specie se adibito a usi pregiati.

Esistono poi i limiti intrinseci dal punto di vista tecnico: per esempio nel caso di consolidamento di corpi franosi profondi le tecniche di ingegneria naturalistica risultano insufficienti in quanto lo strato di suolo consolidato o protetto è limitato a quello colonizzabile in futuro dagli apparati radicali.

I limiti biologici sono direttamente in relazione alle condizioni di crescita dei vegetali e alla situazione territoriale in cui si intende intervenire. I fattori che riducono l'efficacia di queste tecniche sono ad esempio l'altitudine, la luce, il tipo di substrato, il regime idrico e le pendenze dei versanti. La buona conoscenza delle caratteristiche ambientali in cui si opera e dei limiti d'applicazione dell'ingegneria naturalistica sono

condizioni indispensabili alla loro corretta progettazione e applicazione sul territorio.

Di seguito verranno descritti i principali fattori che costituiscono motivo di limitazione distinguendo due categorie: fattori naturali e antropici.

Preso atto dei limiti suddetti, per comprendere la potenzialità applicativa delle tecniche di ingegneria naturalistica, la modalità di realizzazione degli interventi e la necessità di prevedere eventuali soluzioni integrate, occorre premettere agli studi progettuali alcune verifiche preliminari, non solo di natura idraulica e geotecnica, ma anche ambientali, vegetazionali, sociali ed economici. È inoltre importante concepire sin da subito l'intervento verificandone la fattibilità in funzione delle modalità di manutenzione, poiché quest'ultima può limitare o permettere di superare buona parte dei problemi sopra indicati.

8.1.1. Limitazioni per fattori naturali

Natura e pendenza del suolo

Le tecniche d'ingegneria naturalistica risultano poco efficaci nel consolidamento di corpi franosi profondi. Spesso, in effetti, lo spessore dello strato di suolo consolidato o protetto è limitato, a breve termine, dalla profondità raggiungibile con i materiali morti e a medio termine dalla profondità colonizzabile dagli apparati radicali. Recenti studi (1998, Polomski & Kuhn, «Wurzelsysteme») hanno mostrato che lo sviluppo radicale maggiore in profondità delle specie che naturalmente fanno parte della ripisilva, è quello dell'ontano nero (*Alnus glutinosa*) con m 3,80. In assoluto, per quanto conosciuto attualmente, è il pino silvestre (*Pinus sylvestris*) che riesce a sviluppare più in profon-

ità il suo apparato radicale (6,00 m). Quest'ultima specie è tuttavia sconsigliata sulle sponde dei corsi d'acqua in quanto le sue radici tendono a svilupparsi più lontano possibile dall'acqua. Nelle specie erbacee, la profondità di crescita può raggiungere i 2,40 m nell'*Arrhenatherum elatius*, i 2,73 m nella *Festuca arundinacea* e i 3,50 m nel *Phalaris arundinacea*.

Lo sviluppo vegetale e le condizioni climatiche

Le condizioni climatiche influenzano la crescita dei vegetali; è quindi necessario adottare per le opere d'ingegneria naturalistica quelle specie che crescono spontaneamente nell'area d'intervento.

In particolare il clima può costituire un fattore avverso nel caso di eccessiva aridità, di sommersione prolungata, di forte gelo. È chiaro che ciò può essere in buona parte contrastato con una adeguata scelta delle tecniche e della vegetazione inserita.

1.2. Limitazioni per fattori antropici

L'antropizzazione dell'ambiente

Nelle zone a denso sviluppo urbano, l'applicazione delle tecniche d'ingegneria naturalistica risulta sovente limitata. Il principale fattore limitante è senza dubbio la mancanza di spazio e l'impossibilità di riduzione della sezione idraulica. Spesso, negli ambienti fortemente antropizzati ma dove vi è un minimo di margine di manovra, possono essere applicate tecniche aventi lo scopo di apportare un miglioramento biologico del corso d'acqua, con l'introduzione di elementi strutturanti l'alveo e le sponde. In questo caso, l'ingegneria naturalistica non ha più lo scopo di consolidare le sponde bensì di migliorare la qualità ambientale del corso d'acqua.

La qualità delle acque

La presenza di agenti inquinanti nelle acque, condizione purtroppo assai diffusa in Provincia di Milano, può inibire e/o impedire lo sviluppo della vegetazione che si dovrebbe inserire. Si riscontrano rischi di danno o di inibizione anche totale nel caso di acque tendenzialmente anossiche o di elevate concentrazioni di agenti tossici come tensioattivi, oli, idrocarburi ecc.

Vi sono poi situazioni particolari legate a cause antropiche, quali escursioni artificiali del livello idrico come si verificano a valle di centrali idroelettriche, o drastici abbassamenti della falda o della portata del fiume a causa delle irrigazioni estive.

Quando non esistono dati sufficienti che permettano di interpretare le condizioni di sviluppo della vegetazione in funzione della qualità delle acque e, allo stesso tempo, si presentano casi critici di forte inquinamento, prima di procedere nell'applicazione sistematica degli interventi di ingegneria naturalistica, sarebbe opportuno realizzare interventi a fini esplorativi, con adeguato periodo di monitoraggio (si veda anche il capitolo 11).

L'approvvigionamento dei vegetali vivi e morti

L'utilizzo delle tecniche di ingegneria naturalistica presuppone la disponibilità di materiale vivo o morto non sempre facilmente reperibile sui mercati locali o in natura (specialmente per le talee di salici).

Tra i materiali «fuori mercato» rientrano la ramaglia viva di salicacee, la ramaglia morta di castagno di dimensioni ridotte, le talee in genere di specie dotate di vigoria vegetativa e di capacità di emissione di radicazione avventizia (salici, pioppi, tamerici, miricaria ecc.).

Alla carenza in zona di tali materiali non è sempre facile far fronte. Infatti, il costo del viaggio incide talvolta in modo sproporzionato sul costo del materiale; inoltre, uno dei principi fondamentali dell'ingegneria naturalistica è quello di utilizzare materiale vegetale di provenienza locale certificata, prossimo al sito di cantiere e comunque reperito in stazioni fitoclimaticamente uguali a quella di progetto.

Questo vale sia per le specie arbustive e arboree che per le specie erbacee. L'impiego di vegetali provenienti da regioni fitoclimatiche simili a quelle in cui si interviene, oltre che assicurare la riuscita dei lavori, mette al riparo da inquinamenti genetici dei vegetali, che talvolta possono essere nefasti per la sopravvivenza delle specie «contaminate».

Carenza di imprese e mano d'opera specializzata

La carenza di mano d'opera specializzata nella costruzione di opere d'ingegneria naturalistica è spesso un limite alla loro applicazione e, soprattutto, alla loro buona riuscita. È quindi indispensabile che il progetto venga correttamente interpretato e realizzato ad opera d'arte. Per non incappare in problemi di questo tipo è necessario che i criteri di aggiudicazione dei lavori appaltati non debbano unicamente basarsi sul fattore economico dell'offerta ma anche, e soprattutto, sul curriculum e sulla comprovata capacità delle imprese di realizzare le opere richieste.

Periodo di esecuzione dei lavori

Nella realizzazione di interventi d'ingegneria naturalistica è inoltre di fondamentale importanza il rispetto dei tempi di esecuzione. Per gli interventi in alveo esso è vincolato al regime idrologico del corso d'acqua, in particolare ai periodi in cui si riscontrano portate non elevate, tali da consentire la possibilità di organizzare il cantiere senza onerosi interventi di deviazione della corrente e tali da limitare i rischi derivanti dalle piene.

Inoltre, per garantire l'attecchimento con l'inserimento di materiali vivi, il periodo di intervento deve corrispondere a quello di riposo vegetativo. La stagione ottimale per i cantieri è quella autunnale, che però, a seconda delle località, può anche coincidere con quella invernale, ad elevata piovosità. Si può comunque pro-

grammare l'esecuzione dei lavori sino all'inizio della primavera, a seconda della zona climatica più o meno fredda. Il rispetto dei tempi ottimali per l'esecuzione dei lavori risulta spesso un fattore limitante, soprattutto perché le esigenze di natura amministrativa contrastano frequentemente con quelle di natura tecnica.

Limiti legati alle normative

Infine un fattore limitante e contraddittorio è presente sul piano legislativo, tecnico e amministrativo. Infatti le normative esistenti che vincolano l'introduzione di vegetazione presso alvei e arginature sono in contrasto con recenti leggi e atti di indirizzo che consentono l'utilizzo di tecniche di ingegneria naturalistica. A questo proposito si rimanda a quanto commentato nei paragrafi 7.1 e 7.2.

PARTE QUARTA

Linee guida per gli interventi

9. Linee guida sulle tecniche di intervento

9.1. Schede tecniche descrittive e illustrative

In questo capitolo vengono fornite linee guida e criteri generali in merito all'applicazione delle tecniche di ingegneria naturalistica nel contesto della Provincia di Milano, sia in relazione ai corsi d'acqua che ad altre situazioni di degrado ambientale (in particolare il recupero di cave).

Tali linee guida sono redatte in forma di schede tecniche riportate in Allegato A; esse sono organizzate in modo schematico per illustrare e spiegare le tecniche maggiormente utilizzabili a seconda del contesto ambientale.

Si tenga conto che esse non intendono esaurire le tipologie applicative, ma costituire basi tipologiche su cui possono essere previste varianti e integrazioni a seconda del caso specifico. Inoltre, si possono presentare situazioni diverse da quelle censite, ove potrà essere opportuno applicare tecniche differenti.

In ogni caso la rassegna delle tecniche conosciute si può reperire in appositi testi e manuali citati nella «Bibliografia ragionata».

Ogni scheda, avente come tema una sola tecnica, è suddivisa in due parti, una illustrativa e una descrittiva.

La parte illustrativa è composta da:

- un'immagine fotografica nella quale si può osservare la realizzazione finale dell'opera in un contesto territoriale diverso da quello della Provincia di Milano, ma ad esso assimilabile. In essa sono visibili alcuni particolari tecnici che compongono l'opera;
- un disegno schematico dell'intervento (sezione tipo) illustrativo delle tecniche.

Nella parte descrittiva vengono affrontati cinque temi:

- la descrizione dell'opera, il materiale necessario per la realizzazione e i campi di applicazione in relazione alle tipologie di situazioni rappresentative di cui al precedente capitolo 2;
- le modalità di preparazione del terreno;
- i periodi di realizzazione dell'opera e le modalità costruttive particolareggiate dell'opera;
- le operazioni necessarie per la manutenzione dell'opera;
- i vantaggi e gli svantaggi in relazione all'applicazione dell'opera.

Tale impostazione consente di disporre in modo sintetico sia nozioni essenziali sui materiali, sulle modalità di realizzazione e di manutenzione delle diverse tipologie, sia i relativi disegni esplicativi.

È però importante sottolineare come le indicazioni per la corretta realizzazione delle opere, i particolari costruttivi, le dimensioni e le specifiche tecniche debbano essere dettagliatamente illustrati nel progetto specifico ed in particolare nei Capitolati Speciali d'Appalto e nelle Schede Tecniche di Progetto.

9.2. Cenni sulla manutenzione degli interventi

Per manutenzione delle opere si intende il piano-programma di visite periodiche ed interventi da attuarsi una volta completata e «presa in consegna» l'opera da parte della committenza.

Uno degli obiettivi delle sistemazioni con ingegneria naturalistica è generalmente quello di evitare, nella misura del possibile, successivi interventi di manu-

tenzione: per esempio in area collinare e montana i soprassuoli di salice rappresentano stadi vegetativi di breve durata (sono specie pioniere, capaci di insediarsi su substrati sterili) che evolvono verso formazioni dominate da altre latifoglie (Schiechtel 1991).

Perciò si deve progettare l'intervento in modo da tendere alla successione naturale.

La prima distinzione di principio da fare riguarda quella fra interventi di *completamento*, interventi relativi allo *sviluppo* e quelli di *manutenzione*, che possono essere così definiti:

- *interventi di completamento* sono tutte quelle cure colturali posteriori al completamento dell'opera e antecedenti alla presa in consegna dei lavori da parte della stazione appaltante, ragion per cui sono in genere regolati e specificati nel capitolato d'appalto;
- *interventi relativi allo sviluppo* sono tutte quelle cure colturali (concimazioni, irrigazioni, lavorazioni del terreno, pacciamature, sfalci, taglio delle specie legnose e fornitura di pali tutori) ordinariamente necessarie nel periodo di almeno due anni successivi al completamento dei lavori, in genere prescritte dalla Direzione Lavori nel periodo di garanzia delle opere a verde successivo alla consegna lavori, e quindi disciplinate nel Capitolato d'appalto;
- *interventi di manutenzione* a medio o lungo termine sono invece quei lavori necessari per consolidare i manufatti o mantenere la funzionalità dei soprassuoli forestali creati con l'ingegneria naturalistica, in genere a carico della stazione appaltante in quanto preventivabili in periodo successivo al termine della garanzia delle opere a verde. Tali interventi colturali possono poi diversificarsi a seconda dei diversi obiettivi che ci si può porre nel caso delle formazioni forestali:
 - creare *associazioni durature*, intese come vivai per la produzione di talee, attraverso la ceduzione periodica;
 - creare *associazioni durature* atte a mantenere certe funzioni biotecniche, quali la protezione spondale, con tagli di sagomatura o di ceduzione per limitare l'ingombro o avere getti flessibili alla corrente;
 - creare *associazioni finali*, cioè boschi naturali che evolvono verso condizioni di maggiore stabilità, con principi di governo propri dei cedui composti (con interventi selvicolturali in genere a partire da 20-30 anni dall'impianto), che mira-

no a favorire la sostituzione sul lungo periodo delle specie pioniere con specie proprie di associazioni climatiche.

In genere, lungo le sponde fluviali si punta all'obiettivo di creare associazioni durature, e per mantenere i salici in associazioni pure si ha bisogno di interventi colturali limitati, proprio in virtù della loro attitudine pioniera. Le uniche eccezioni possono essere le seguenti:

- quando per motivi funzionali si voglia impedire l'ulteriore evoluzione del popolamento di salici, in situazioni nelle quali l'ingombro deve mantenersi sul piano arbustivo;
- quando si renda necessario un taglio sanitario a seguito di danneggiamenti creati da piene o di scosciamenti dei fusti, o di seccumi da patogeni;
- quando si voglia mantenere la formazione nella condizione di forte vitalità propria della fase arbustiva, con getti flessibili appressati alla base; in tal caso si devono tagliare i salici a intervalli di 5-10 anni, allontanando nel contempo tutte le altre specie legnose che potrebbero ombreggiare il popolamento (Schiechtel 1996).

L'approccio moderno degli interventi di manutenzione della vegetazione ripariale, sia essa erbacea, arbustiva o arborea, non considera unicamente il principio di *garantire la sicurezza idraulica* ma ne aggiunge un altro, altrettanto importante: *la garanzia di mantenere l'equilibrio ecologico del corso d'acqua e le funzioni ecologiche legate alla vegetazione ripariale*.

Per questo motivo, ogni intervento di manutenzione deve essere effettuato in considerazione delle funzioni biologiche e tecniche assicurate dalla vegetazione e non deve, in nessun caso, diminuirne le capacità.

È ugualmente importante precisare che i vegetali installati nel quadro di un progetto d'ingegneria naturalistica sono destinati a costituire strutture vegetali naturali il cui scopo, oltre a quello di consolidamento e di stabilizzazione, è quello di ricostituire ambienti di vita terrestri legati al corso d'acqua. Pertanto *le direttive di manutenzione* intraprese dagli Enti preposti a tale scopo, *dovranno perseguire innanzitutto obiettivi di funzionalità biologica e idraulica*.

Per soddisfare tali obiettivi, è assolutamente necessario assicurarsi che gli interventi di manutenzione non provochino, a lungo termine, la formazione di strutture boscate inadatte, come ad esempio monocolture di

specie esotiche invasive, caratterizzate da robinia (*Robinia pseudacacia*), ailanto (*Ailanthus altissima*), poligono del Giappone (*Fallopia japonica*) o poligono di Sachalina (*Fallopia sachalinensis*), *Prunus serotina*. Per quanto riguarda queste due ultime specie, fortemente invasive, si ricorda che esse si propagano prevalentemente per riproduzione vegetativa di steli ma soprattutto di rizomi. Un frammento di rizoma di 1,7 gr. può rigenerare una nuova pianta. Si constata inoltre che i vettori di propagazione maggiori sono in relazione alle seguenti attività antropiche:

- il taglio delle piante legato agli interventi di manutenzione sia delle rive sia delle scarpate. I resti dei materiali tagliati lasciati sulle rive o sulle scarpate sono trasportati dalle acque verso zone incontaminate. In questi luoghi, tali frammenti trovano terreno fertile per germogliare, contaminando così una nuova zona;
- il riporto di terra vegetale contaminata per la realizzazione di terrapieni, scarpate. In questo contesto sono inclusi anche i riporti di terra per la realizzazione di opere di ingegneria naturalistica. Per questo motivo, è assolutamente necessario precisare nei capitolati d'appalto, se possibile tramite certificazione, che la terra vegetale fornita deve essere assolutamente priva di ogni frammento di poligono del Giappone, di poligono di Sachalina o dei loro ibridi (*F. x bohemica*).

Considerata l'elevata aggressività della maggior parte delle specie alloctone, la presenza di frammenti nella terra fornita può compromettere, a medio o lungo termine, i lavori di rinaturazione e di consolidamento realizzati con opere di ingegneria naturalistica. Si ricorda inoltre che attualmente non sono conosciuti né metodi né prodotti capaci di eliminare definitivamente queste specie da una zona contaminata: è tuttavia possibile contenere la loro espansione effettuando, tra giugno e settembre, sfalci molto frequenti (da 1 a 2 al mese). Il materiale tagliato dovrà essere nel modo più assoluto eliminato, se possibile, bruciandolo.

Le opere in ingegneria naturalistica illustrate nelle presenti linee guida hanno lo scopo di costituire formazioni vegetali ripariali vicine a quelle esistenti in natura. La manutenzione di tali opere, e soprattutto della vegetazione sviluppata, dovrà avvenire unicamente allorquando vi siano problemi di stabilità nei primi 2-3 anni o eventuali problemi legati alla normale presenza di vegetazione ripariale.

Nella scelta delle modalità di manutenzione si dovrà tenere conto prioritariamente dei fattori ecologici e dell'uso del suolo nelle fasce riparie.

Il tipo di manutenzione delle opere di ingegneria naturalistica e della vegetazione ad esse legata deve infatti relazionarsi al tipo di ambiente in cui si inserisce il corso d'acqua. In un ambiente naturale, o vicino allo stato naturale, dove non vi sono importanti beni da proteggere, le opere di manutenzione devono essere ridotte al minimo in modo da poter lasciare al corso d'acqua ogni possibilità di espressione della sua dinamica.

Al contrario, in zone maggiormente antropizzate, le opere di manutenzione devono essere prioritariamente realizzate onde garantire il libero deflusso dell'acqua, un continuo consolidamento della sponda e la sua evoluzione verso uno stato di naturalità. Anche la presenza di attività agricole o di pascolo può avere una importante influenza, a seconda del tipo di coltivazione e dell'interazione che gli animali possono avere nei confronti della vegetazione riparia.

Nelle Schede tecniche di cui all'Allegato A sono indicati gli interventi di manutenzione necessari per ciascuna opera illustrata.

9.3. Collaudo

Le modalità amministrative che regolano il collaudo delle opere idraulico-ambientali rientrano fra le prescrizioni delle normative in materia di lavori pubblici.

Va tenuto però presente che, a differenza delle opere di ingegneria convenzionale, nel caso dell'ingegneria naturalistica l'intervento non si può considerare del tutto terminato, ovvero riuscito, a conclusione dei lavori. Questo perché occorre verificare il successo della vegetazione almeno dopo due stagioni vegetative.

Risulta quindi difficile rendere compatibili i termini obbligatori previsti per l'emissione del certificato di collaudo o di regolare esecuzione con i tempi necessari alla verifica della corretta esecuzione dell'intervento. Finché questo aspetto non sarà eventualmente risolto a livello giuridico, le amministrazioni appaltanti si potranno cautelare tramite clausole di garanzia nel contratto di appalto e, similmente alla manutenzione, con successive eventuali convenzioni per la «messa a regime dell'intervento» con la ditta esecutrice e con il direttore dei lavori, quale tecnico di supporto alle perizie.

10. Interventi realizzati all'estero: applicabilità alle tipologie di corsi d'acqua in Provincia di Milano

10.1. Schede tecniche descrittive e illustrative

Particolarmente importante è la conoscenza di esperienze e applicazioni di tecniche di ingegneria naturalistica in paesi oltre confine, in cui tale approccio risulta essere più diffuso e consolidato.

Attingendo dalle esperienze di due società che operano da molti anni nel settore, la BIOTEC Biologia applicata SA (Svizzera) e la IRIS (Italia), è stato possibile documentare opere realizzate in ambito fluviale, in zone prevalentemente pianeggianti, in contesti paragonabili a quelli riscontrati nel territorio della Provincia di Milano.

In Italia tali opere sono per lo più diffuse in territori di montagna dove peraltro già in passato venivano realizzati interventi idraulico-forestali. Il presente manuale vorrebbe contribuire alla loro diffusione anche in ambiti di pianura, non solo per la riduzione del rischio idraulico ma soprattutto come tecnica applicata alla riqualificazione di contesti fortemente compromessi dall'antropizzazione.

In Allegato B sono pertanto riportate schede in ciascuna delle quali viene rappresentato in modo sintetico un progetto realizzato all'estero, in contesti paragonabili alle tipologie presenti nel territorio provinciale esaminato, individuate nel capitolo 2. In particolare:

1. intervento di *stabilizzazione delle sponde* applicabile alla tipologia – Grandi fiumi;
2. intervento per la *protezione spondale* applicabile alla tipologia – Canali principali;
3. *progetto pilota* per la verifica dell'applicabilità di tecniche di ingegneria naturalistica, riconducibile alla tipologia – Canali principali;

4. intervento per la *difesa dall'erosione spondale* applicabile alla tipologia – Fiumi dell'area metropolitana;
5. intervento di *riqualificazione ambientale e di consolidamento delle sponde* applicabile alla tipologia – Fiumi dell'area metropolitana;
6. intervento di *riqualificazione ambientale* applicabile alla tipologia – Reticolo minore;
7. intervento per la *rinaturazione di un corso d'acqua rettificato* applicabile alla tipologia – Reticolo minore;
8. realizzazione di un *bacino per la laminazione delle piene* applicabile alla tipologia – Cave, bacini e acque ferme.

In ciascuna scheda viene descritto:

- il problema;
- il sito;
- le caratteristiche tecniche degli interventi (fonte dei finanziamenti, importo delle opere, data di realizzazione e dimensioni);
- una documentazione fotografica che illustra la situazione prima, durante e dopo l'esecuzione dei lavori;
- un estratto della planimetria di progetto delle opere descritte.

10.2. Dalla realizzazione al monitoraggio

È importante che la scelta della modalità di intervento si basi su esperienze e sui risultati ottenuti. Tuttavia le opere di ingegneria naturalistica devono essere concepite anche in relazione alla situazione specifica di un

leterminato sito. Nasce quindi l'esigenza di adeguare : «dedicare» le tecniche conosciute a situazioni applicative differenti da quelle ove esse sono state già sperimentate. Si ritiene quindi indispensabile il monitoraggio di interventi significativi al fine di verificarne limiti, funzionalità e le eventuali varianti tecniche da apportare alle tipologie sperimentate, come descritto nel capitolo successivo.

Oltre che a verificare l'adeguatezza delle tecniche, il monitoraggio degli interventi di ingegneria naturali-

stica può contribuire a fornire informazioni riguardanti la loro efficacia nel tempo, i costi e i tempi di esecuzione, nonché l'impiego di mano d'opera necessaria alla loro realizzazione.

Tali informazioni risulteranno in seguito preziose anche per effettuare analisi prezzi delle opere calate nel contesto territoriale e amministrativo specifico, per prevedere in modo attendibile i tempi di esecuzione necessari e per confrontare questi risultati con quelli relativi alle opere di ingegneria tradizionale.

11. Il monitoraggio degli interventi

I criteri contenuti nel presente capitolo nascono dall'esperienza derivante dalle attività realizzate in Toscana nel periodo 1996-2000; trattasi di un'iniziativa attuata dalla Regione Toscana in applicazione del Regolamento CEE n. 2081/93, obiettivo 5/B (Sottoprogramma Ambiente, Misura 6.4; Recupero dei corsi d'acqua degradati per la salvaguardia dei centri abitati e degli insediamenti produttivi, Azione Interventi per l'attività di ricerca), durante la quale è stato eseguito il monitoraggio di opere di ingegneria naturalistica. Sono stati realizzati progetti di ricerca per interventi sperimentali di ingegneria naturalistica su corsi d'acqua appartenenti a zone definite «omogenee», cioè che presentano caratteristiche climatiche e geo-ambientali tipiche e rappresentative.

Tali progetti sono consistiti nella progettazione e realizzazione di svariate tipologie di opere e nel successivo monitoraggio per un periodo di tempo variabile da 2 a 3 anni; attività svolte dagli enti territoriali in collaborazione con imprese forestali e tecnici del settore.

11.1. Criteri per il monitoraggio

Il primo passo verso il compimento di un'attività di monitoraggio consiste nella definizione degli obiettivi specifici del lavoro, che possono essere:

1. definire i criteri e i metodi di monitoraggio comuni a tutti i progetti in modo da raccogliere dati omogenei e confrontabili tra loro;
2. effettuare verifiche periodiche sull'andamento del monitoraggio di ogni singolo progetto e dell'insieme degli interventi;

3. raccogliere i risultati emersi dalla sperimentazione ed effettuarne la sintesi al termine del programma di ricerca;
4. fornire consulenza specialistica riguardo alle tecniche di costruzione;
5. valutare i risultati e le forme di divulgazione degli stessi.

Complessivamente il monitoraggio di un'opera di ingegneria naturalistica si compone di una serie di fasi che prevedono:

1. il monitoraggio della qualità delle opere e del raggiungimento degli obiettivi previsti (sviluppo degli apparati epigei e ipogei delle piante in tempi definiti, successo delle piantagioni e relativa densità, verifica delle deformazioni delle opere, dell'impatto ambientale ecc.);
2. il rilievo dei tempi e dei costi durante la fase di esecuzione e di cantiere;
3. il monitoraggio socio-economico (creazione di occupazione, aumento della qualificazione della manodopera locale, garanzia di continuità di lavoro) ad opera terminata sul breve termine.

Per determinare il grado di prestazione delle opere, cioè la capacità a raggiungere gli obiettivi preposti (idraulici e ambientali) occorre verificare almeno quattro fattori:

1. l'affermarsi di una formazione vegetazionale adeguata e il controllo delle specie infestanti;
2. la resistenza offerta dalle opere nei confronti delle diverse sollecitazioni;
3. la durata e l'affidabilità nel tempo delle opere;
4. il miglioramento ambientale conseguito.

n termini analitici, ciò significa determinare parametri sulla base dei dati raccolti nel monitoraggio e mediante l'applicazione di modelli matematici.

Per avere un quadro completo relativo al grado di prestazione delle opere è necessario valutare i seguenti dati:

- evoluzione della vegetazione nel tempo;
- resistenze all'azione di trascinamento, offerte dalle opere in occasione di eventi di piena, con verifica puntuale (eventuali gradi di deterioramento su tutta l'opera o localmente); confronto con i valori riportati in letteratura per altre esperienze; verifica dell'applicabilità di modelli e logiche di confronto e di correlazione fra questi ultimi casi e quello in esame);
- resistenze ai fattori di stress naturali, offerte dalla vegetazione, per le diverse specie impiegate: interramento, trasporto solido, sommersione, deficit idrico; monitoraggio globale e locale dell'entità di tali fenomeni;
- verifica quali-quantitativa del potere di consolidamento delle scarpate da parte degli apparati radicali vegetali e delle strutture collaboranti dell'opera;
- grado di qualità ambientale del tratto d'intervento in relazione alle opere inserite, ovvero definizione di un ipotetico modello di stima basato su indicatori ambientali (presenza di macroinvertebrati, specie faunistiche, formazione di ripari alla fauna, complessità vegetazionale, diversità ambientale, qualità del paesaggio).

Questi dati andranno determinati nel corso dell'intero periodo previsto di monitoraggio, per verificarne la tendenza evolutiva nel tempo.

Le tecniche di ingegneria naturalistica con materiali vegetali vivi tendono per loro natura a incrementare l'efficacia nel tempo, per tale ragione un periodo di monitoraggio di 2/4 anni può essere sufficiente per fornire informazioni soddisfacenti sull'efficacia e sulle qualità «biotecniche» degli interventi. Nell'ottica dell'economicità del monitoraggio si può ritenere sufficiente anche una valutazione protratta per i soli primi due anni; questo lasso di tempo, infatti, è solitamente sufficiente per far raggiungere all'intervento la condizione di regime dal punto di vista dell'efficacia di funzionamento, mentre la vegetazione di cui è costituito ha superato la fase di sviluppo più critica. Se l'obiettivo del monitoraggio è invece quello di effettuare una valutazione «ecologica» degli interventi, e cioè valutare la risposta dell'ecosistema alle nuove condizioni am-

bientali, lo studio deve essere condotto per periodi estremamente più lunghi (almeno 5/10 anni).

11.2. Monitoraggio della qualità degli interventi

Per valutare o stimare, direttamente o indirettamente, le suddette grandezze, si ritiene utile monitorare periodicamente i seguenti fattori:

- stato della vegetazione;
- necessità e modalità di interventi di manutenzione, specie della vegetazione;
- sviluppo apparati vegetali epigei e ipogei;
- successo degli impianti in termini di fallanze e densità della vegetazione;
- condizioni di struttura del suolo in relazione alla sistemazione;
- resistenze meccaniche delle opere;
- successo ecologico (popolamenti faunistici e specie vegetali).

Il rilevamento dovrà essere effettuato, a seconda dei casi, periodicamente o in occasione di eventi o di condizioni significative. Un primo elenco dei parametri da misurare, o da calcolare indirettamente, è il seguente:

1. *periodicamente (dopo ogni stagione vegetativa):*
 - sviluppo delle specie vegetali inserite;
 - rilievo vegetazionale: individuazione di nuove specie insediate;
 - fallanze dell'impianto vegetale;
 - accrescimento del fusto e delle branche;
 - grado di copertura e percentuale di ingombro dell'alveo;
 - presenza di specie non progettuali, di infestanti o propagoli.
2. *a seguito di eventi di piena:*
 - stima delle grandezze idrauliche di piena;
 - comportamento della vegetazione;
 - stato delle opere;
 - stato dell'alveo e sua geometria;
 - condizioni delle opere sperimentali.
3. *prima della realizzazione dell'intervento e alla fine della sperimentazione, a monte e a valle delle opere:*
 - situazione vegetazionale globale;
 - condizioni di efficienza delle opere;
 - stato ambientale globale: bio-monitoraggio tramite indicatori.

Monitoraggio dei tempi e dei costi

Agli effetti dello sviluppo applicativo dell'ingegneria naturalistica assume particolare significatività anche il monitoraggio di due fattori essenziali: i tempi e i costi di realizzazione.

Tale monitoraggio deve riguardare la fase di cantiere e consiste nella codifica di ciascuna tipologia di lavoro. Si ottiene in tal modo la verifica delle analisi prezzi e delle reali capacità operative su scala locale, ovvero delle eventuali problematiche che possono incidere sulla fattibilità o l'efficienza.

Nell'aspetto «costi» rientra anche la verifica della reperibilità delle specie vegetali (arboree, arbustive ed erbacee), che devono essere scelte in modo accurato.

Altro importante aspetto riguarda i costi delle attività di manutenzione e gestione delle opere, che si possono svolgere, per quanto possibile, limitatamente al primo periodo di funzionamento.

Monitoraggio socio-economico

Ai fini della valutazione sull'applicabilità di interventi di ingegneria naturalistica, è utile estendere il monitoraggio anche a fattori non strettamente tecnici quali, in particolare, la gestione del rapporto con l'uso del suolo nei terreni adiacenti e il rapporto con gli interessi dei fruitori. Si verifica infatti, da esperienze reali, come certe modalità di intervento possano entrare in conflitto con altri interessi sulle aree ripariali, oppure come invece possano trovare supporti coadiuvanti da parte di chi interagisce nella gestione del suolo. Quindi risulta importante verificare le modalità operative di gestione ottimale del territorio interessato da parte dei diversi soggetti coinvolti. Infine, l'accettazione di un certo criterio di governo dei corpi idrici rientra nei meccanismi culturali di crescita della sensibilità ambientale, che può essere favorita dal sostegno politico allo sviluppo di tali approcci.

Per raggiungere questi obbiettivi, il «monitoraggio socio-economico» può comprendere tre aspetti:

1. la verifica dell'atteggiamento dei proprietari dei terreni adiacenti alle opere e quello dei fruitori;

2. la realizzazione di interviste e sondaggi di opinione, presso privati, associazioni, enti, attori qualificati;
3. la verifica delle ricadute dirette e indirette in termini di creazione di reddito e di creazione di nuova occupazione con i soggetti privati coinvolti nella esecuzione delle opere e nella manutenzione delle stesse.

Gestione dei dati di monitoraggio

Va infine considerato l'aspetto più importante del monitoraggio: la gestione e l'interpretazione dei risultati in relazione agli obiettivi preposti, cioè alle prestazioni e ai risultati che si vogliono verificare. Purtroppo spesso gli ingenti sforzi dei monitoraggi vengono vanificati perché non viene previsto un metodo di interpretazione sistematico, concepito in modo da essere utile per l'implementazione su scala più vasta dei risultati verificati sperimentalmente; i dati divengono quindi inutilizzabili perché non interpretabili e non correlati alle applicazioni. Per far questo nel modo più adeguato, deve essere prevista una metodologia specifica che può ad esempio basarsi sui seguenti criteri:

- codifica di «gradi di efficacia» di ciascun intervento, confrontando il progetto con le esperienze estere documentate e relazionandolo alle problematiche presenti e ai fattori economici e operativi;
- redazione di documentazione interpretativa sintetica (schedatura) in modo da offrire uno strumento di supporto operativo standardizzabile.

Nelle tabelle di seguito riportate, vengono elencati a titolo di esempio gli indicatori che sono stati monitorati nel già menzionato progetto di ricerca della Regione Toscana, relativo alla zona omogenea Chianti - sito Borro Buca dei Ladri (affluente F. Pesa), elenco definito in sede regionale e poi opportunamente dettagliato e calibrato in funzione del progetto in questione.

Vengono inoltre descritte le attività da compiere in relazione alle caratteristiche del sito e dell'intervento.

tabella 5 – Monitoraggio della stazione

<i>Ambiti di monitoraggio o categorie</i>	<i>Indicatori</i>	<i>Modalità di campionamento</i>	<i>Elaborazioni e prodotto fornito</i>
<i>VERSANTE</i>			
clima	– temperatura – precipitazioni – umidità	raccolta dati da stazione esistente vicina, con periodicità mensile	– diagramma di Walter – pluviometro di Lang – diagramma di Péguy
umidità	classi (in percentuale): 0-15; 15-25; 25-35; 35-50; 50-75; >75	verifica sul sito	schede, cartografia
posizione		verifica sul sito	schede, cartografia
lancio idrico	flussi idrici	raccolta di documentazione esistente	– bilancio di Thortenwait – stime idrologiche
specie vegetali	arboree, arbustive, erbacee	rilevamento fitosociologico della zona, prima e dopo l'opera, con aree di saggio permanenti nell'opera e nell'intorno	scale di Braun-Blanquet
condizioni di struttura chimismo del suolo del substrato geologico relazione alla sistemazione	– suolo: pH -% SLA, C/N, percentuale di sostanza organica, cationi/anioni principali presenti, capacità di scambio cationico (CSC); – geologia: substrato - permeabilità	raccolta campioni e analisi chimico-fisiche	relazione su pedologia e geologia, analisi statistiche
<i>CORSO D'ACQUA</i>			
descrizione del bacino di riferimento	caratteristiche generali, ampiezza, inclinazione media, idrografia ecc.	analisi cartografie e informazioni esistenti	relazione, cartografia
clima	– temperatura – precipitazioni – umidità	raccolta dati da stazione esistente vicina, con periodicità mensile	– diagramma di Walter – pluviometro di Lang – diagramma di Péguy
posizione		verifica sul sito	schede, cartografia
condizioni di struttura chimismo del suolo del substrato geologico relazione alla sistemazione	– suolo: pH -% SLA, C/N, percentuale di sostanza organica, cationi/anioni principali presenti, capacità di scambio cationico (CSC); – geologia: substrato - permeabilità	raccolta campioni e analisi chimico-fisiche	analisi statistiche
portata	– minima – oscillazioni mensili – periodo di secca (se presente) – media – massima assoluta – storiche (a discrezione dei rilevatori) 100-200-500 anni	– misure idrometriche – raccolta di documentazione esistente – installazione di idrometro	– stime in base alle piogge – elaborazioni statistiche
forze in gioco	– trazione al fondo – trazione sulla sponda	analisi dei dati idrologico-idraulici	stime mediante modelli
specie presenti	arboree, arbustive, erbacee	rilevamento fitosociologico della zona, prima e dopo l'opera, con aree di saggio permanenti nell'opera e nell'intorno	scale di Braun-Blanquet

Tabella 6 – Monitoraggio della qualità delle opere

<i>Ambiti di monitoraggio o categorie</i>	<i>Indicatori</i>	<i>Modalità di campionamento</i>	<i>Elaborazioni e prodotto fornito</i>
<i>SVILUPPO DEGLI APPARATI EPIGEI ED IPOGEI IN TEMPI DEFINITI</i>			
lunghezza e densità degli apparati radicali	<ul style="list-style-type: none"> – lunghezza della radice più lunga – diametro alla base della radice più lunga – peso in sostanza secca della parte ipogea 	estrazione campioni (per le arboree una sola volta alla fine del programma, per le erbacee alla prima stagione vegetativa)	analisi statistica
accrescimento del fusto e dei polloni	<ul style="list-style-type: none"> – peso in sostanza secca della parte epigea (per le erbacee alla fine del 1° periodo vegetativo, per le altre durante il 3° periodo vegetativo) – altezza e diametro della parte epigea – rapporto tra peso in sostanza secca della parte epigea e di quella ipogea per le specie sia erbacee che arbustive ed arboree principali (da concordare) 	raccolta campioni e loro preparazione (come sopra)	analisi statistica: numero di prove in quantità tale che la loro affidabilità statistica sia compresa nel limite $\pm s$
impiego di sostanze concimanti e rizogene	grado di successo vegetativo	confronto della riuscita degli impianti in presenza o assenza di tali interventi	analisi statistica
<i>SUCCESSO DELLE PIANTAGIONI E RELATIVA DENSITÀ</i>			
	percentuale di attecchimento in relazione al numero totale di esemplari d'impianto	valutazione di tipo quantitativo al 3° anno: confronto di parcelle con diversa data d'impianto	analisi statistiche
<i>VERIFICA DEL DINAMISMO DELLA VEGETAZIONE</i>			
rapporto fra le specie invadenti e quelle usate	percentuale delle specie invadenti (non di progetto) rispetto a quelle utilizzate	osservazioni sul campo e rilievo vegetazionale e fitosociologico, alla fine del programma	analisi qualitative e quantitative
copertura vegetazionale	gradi di copertura (%) della vegetazione (generale)	osservazioni sul campo e rilievo vegetazionale e fitosociologico, alla fine del programma	analisi qualitative e quantitative
	grado di mescolanza fra graminacee, leguminose ed erbacee (percentuale - solo per gli inerbimenti)	osservazioni sul campo e rilievo vegetazionale e fitosociologico, alla fine del programma	analisi qualitative e quantitative analisi statistiche
stato generale della vegetazione	<ul style="list-style-type: none"> – stato fitosanitario – rinnovamento naturale 	verifica quadrati permanenti, alla fine del programma	<ul style="list-style-type: none"> – analisi qualitative e quantitative – struttura - descrizione
<i>VERIFICA DELLE DEFORMAZIONI DELLE OPERE</i>			
efficienza delle strutture portanti e degli impianti vegetali	verifica delle opere rispetto alla loro condizione appena ultimate	osservazioni qualitative sul campo	relazione
durata e affidabilità nel tempo dell'opera	verifica delle condizioni delle opere	<ul style="list-style-type: none"> – osservazioni qualitative sul campo – rilievi topografici di precisione 	relazione

tabella 7 – Monitoraggio degli interventi

<i>Ambiti di monitoraggio o categorie</i>	<i>Indicatori</i>	<i>Modalità di campionamento</i>	<i>Elaborazioni e prodotto fornito</i>
<i>REPERIBILITÀ DELLE SPECIE VEGETALI</i>			
individuazione delle fonti approvvigionamento del materiale vivo secondo la scala di preferenza e verificare (escluse le piante dicate)	scala di preferenza: – salvaguardia per riutilizzo del materiale vivo presente – reperimento e raccolta in luoghi adiacenti e confinanti alla zona di cantiere anche su proprietà privata (previa autorizzazione del proprietario) – se la stagione fosse avanzata o se è necessario intraprendere i lavori prima del periodo di riposo: reperimento del materiale in zone limitrofe a quote maggiori – impiego di materiale già in risveglio vegetativo, proveniente dalle zone circostanti con sostanze rizogene – reperimento del materiale in ambito provinciale o regionale – acquisto del materiale in vivaio specializzato nella produzione di materiale per l’ingegneria naturalistica previa verifica di provenienze di semi e talee parte della D.L. – scale di preferenza per altri materiali e particolarmente per il legname	analisi in fase progettuale e di esecuzione dei lavori	rapporto
individuazione delle fonti approvvigionamento del materiale vivo secondo la scala di preferenza e verificare, per le piante dicate	scala di preferenza: – acquisto del materiale in vivaio specializzato nella produzione naturalistica, con certificazione di origine – acquisto del materiale in vivaio forestale con certificazione di origine – acquisto del materiale in floro-vivai generici con certificazione di origine	analisi in fase progettuale e posteriormente sulla base della riuscita degli impianti	rapporto
<i>ANALISI DEI TEMPI DI LAVORO</i>			
	tempi necessari per l’esecuzione delle diverse fasi di realizzazione degli interventi	– definizione delle fasi di lavoro – verifica in corso d’opera e tabellazione	rapportino di lavoro per operai, con tempi operai e tempi macchine, effettivi e non, stimati o complessivi
<i>CODIFICA DI CIASCUNA TIPOLOGIA DI LAVORO</i>			
	componenti delle opere	verifica sul campo delle opere ultimate	riassunto in forma di istogramma dell’apporto di ciascuna componente alla realizzazione dell’opera
<i>NECESSITÀ DI INTERVENTI DI MANUTENZIONE</i>			
	evoluzione degli interventi e interferenze	verifica sul campo	piano di manutenzione e piano di monitoraggio successivo (relazione)

Tabella 8 – Monitoraggio socio-economico

<i>Ambiti di monitoraggio o categorie</i>	<i>Indicatori</i>	<i>Modalità di campionamento</i>	<i>Elaborazioni e prodotto fornito</i>
<i>OCCUPAZIONE CREATA</i>			
	– operai impiegati – numero ore lavorative	verifica in corso d'opera	relazione
<i>GARANZIE DI CONTINUITÀ DI LAVORO</i>			
	numero di ore necessarie in relazione alla manutenzione prevista	stime	relazione
<i>AUMENTO DELLA QUALIFICAZIONE DELLA MANODOPERA LOCALE</i>			
	difficoltà riscontrate con le maestranze, operatori macchina, operai addetti al verde	verifica in corso d'opera	relazione
<i>RAPPORTO FRA INTERVENTO E OPINIONE PUBBLICA</i>			
	grado di preferenza	interviste prima e dopo gli interventi	analisi qualitativa e rapporto

Tabella 9 – Monitoraggio dell'impatto ambientale

<i>Ambiti di monitoraggio o categorie</i>	<i>Indicatori</i>	<i>Modalità di campionamento</i>	<i>Elaborazioni e prodotto fornito</i>
<i>CREAZIONE DI UNA ASSOCIAZIONE VEGETALE DI QUALITÀ CORRISPONDENTE ALLA ZONA BIOCLIMATICA</i>			
	valutazione delle possibilità concrete di insediamento di biocenosi significative	rilievo fitosociologico della zona, prima, dopo l'opera e alla fine del programma (2 anni), con aree di saggio permanenti nell'opera e nell'intorno	– analisi quali-quantitativa – rapporto – elaborati grafici
<i>ANALISI DEGLI EFFETTI AMBIENTALI POSITIVI E NEGATIVI</i>			
	descrizione delle interferenze	– rilievo fitosociologico della zona, prima, dopo l'opera e alla fine del programma (2 anni), con aree di saggio permanenti nell'opera e nell'intorno – monitoraggio di ragni e carabidi prima dell'intervento e alla fine del programma (2 anni)	– modello di interpretazione del grado di qualità ambientale sulla base degli indicatori – analisi statistica quali-quantitativa – rapporto – elaborati grafici
<i>SUCCESSO ECOLOGICO (POPOLAMENTI FAUNISTICI)</i>			
	– rilevamento status ante – rilevamento status post – valutazione dello status post (analisi da concordare)	– rilievo fitosociologico della zona, prima, dopo l'opera e alla fine del programma (2 anni), con aree di saggio permanenti nell'opera e nell'intorno – monitoraggio di ragni e carabidi prima dell'intervento e alla fine del programma (2 anni)	– modello di interpretazione del grado di qualità ambientale sulla base degli indicatori – analisi statistica quali-quantitativa – rapporto – elaborati grafici

2. Conclusioni

La conclusione del presente lavoro pare importante evidenziare un possibile approccio metodologico per l'applicazione e diffusione delle tecniche di ingegneria naturalistica alla realtà della Provincia di Milano.

Un primo aspetto, di tipo pianificatorio, riguarda l'individuazione delle *priorità di intervento* che costituisce anche un input alla scelta delle tecniche.

Si ritiene inoltre indispensabile procedere alla *formazione* dei soggetti interessati e coinvolti nelle diverse fasi e nei diversi ruoli, dalla pianificazione alla progettazione, dalla realizzazione al monitoraggio e alla gestione/manutenzione.

La formazione, per essere efficace, non deve però limitarsi a una fase teorica, ma deve realizzarsi in gran parte sul campo. Dovrebbe pertanto essere strettamente legata alla realizzazione di «*interventi pilota*», sia perché essi possono rappresentare l'occasione per cantieri didattici, sia perché è dalla loro concezione, analisi e monitoraggio che si può efficacemente comprendere le modalità applicative adatte al territorio.

Il *monitoraggio* degli interventi (trattato nel capitolo precedente) diviene quindi un momento fondamentale per passare dagli interventi pilota (sperimentazione) alla definizione di criteri e tecniche che potranno essere quindi applicabili a regime, divenendo parte integrante non solo di metodologie tecniche, ma anche di regolamenti e normative.

Un ulteriore aspetto da valutare specificatamente, data la sua rilevanza in gran parte del reticolo provinciale, è inerente la *qualità delle acque*.

Dovranno inoltre essere affrontati specificatamente i problemi di ordine territoriale e sociale, in quanto la filosofia di applicazione dell'ingegneria naturalistica non può limitarsi ai soli problemi tecnici, non può

quindi prescindere da una visione «sostenibile» del territorio e del suo uso. Nel contesto fluviale, ci si dovrà pertanto concentrare su tutte quelle aree che in qualche modo interagiscono con i corsi d'acqua, a livello idraulico, ambientale e di «vocazione» dell'uso del suolo.

Infine, dato che la diffusione di questi nuovi approcci non presenta solo problemi di natura tecnica ma anche etica, si ritiene di grande importanza *accompagnare la formazione e la dotazione tecnica con azioni e strumenti di carattere comunicativo e sociale*.

Le presenti linee guida sull'applicazione delle tecniche di ingegneria naturalistica fluviale si configurano come elemento di supporto tecnico che potrà essere accompagnato da ulteriori approfondimenti di temi specifici, e finalizzato a inquadrare e indirizzare gli interventi idraulico-ambientali sul territorio.

12.1. Criteri per l'individuazione delle priorità di intervento

Gli obiettivi principali da perseguire nella sistemazione dei corsi d'acqua con tecniche di ingegneria naturalistica sono in sintesi due, fra loro normalmente conflittuali: la minimizzazione del rischio idraulico e la massimizzazione della qualità ambientale. A questi si possono aggiungere i vari utilizzi della risorsa idrica e del territorio per fini socio-economici.

Quindi i tre criteri per l'orientamento degli interventi sono:

- rischio idraulico;
- qualità ambientale;
- valore economico e sociale.

Mediamente, l'ordine di importanza è decrescente, ma deve essere verificato caso per caso.

È opportuno quindi individuare fattori per la stima delle priorità, cioè indicatori che permettano di confrontare quantitativamente i suddetti criteri.

Si sottolinea ancora una volta come la valutazione del verificarsi o meno di condizioni di criticità dal punto di vista del rischio idraulico e della qualità ambientale è indispensabile per la determinazione della reale necessità di intervento e di applicazione delle tecniche di ingegneria naturalistica.

Criterio del «rischio idraulico»

Il grado di rischio idraulico può dipendere dai seguenti indicatori:

- morfologia dei luoghi;
- scarsa possibilità di espansione delle piene fluviali;
- scarso o inefficace livello di forestazione del bacino;
- alto livello di impermeabilizzazione;
- abbandono delle pratiche di sistemazione dei pendii;
- tipo di uso del suolo nelle aree potenzialmente soggette ad esondazione;
- dissesti in alveo e nelle aree limitrofe;
- riduzioni della capacità di deflusso ad opera di infrastrutture varie (pile di ponti ecc.);
- presenza di rifiuti e scarichi solidi abusivi;
- presenza di ostacoli in alveo dovuti a infrastrutture degradate;
- carenza o degrado delle difese idrauliche in aree antropizzate.

La valutazione degli indicatori suddetti, integrata da un'analisi storica degli eventi di piena, permette l'individuazione delle aree soggette a maggior rischio idraulico e dissesto; la valutazione di quest'ultimo comunque dovrebbe essere condotta, nella fase pre-progettuale, sulla base di un'analisi dei caratteri idrologici dei bacini.

La valutazione qualitativa può essere effettuata mediante osservazioni o testimonianze dirette o tramite verifica degli effetti o delle superfici interessate da determinati eventi di piena; invece la valutazione quantitativa deve poter stimare, in modo statisticamente rappresentativo, i rapporti «causa-effetto», ovvero mettere in relazione gli eventi pluviometrici con le entità e la propagazione dinamica delle relative piene. Ciò si può ottenere adottando modelli matematici che utilizzano i dati di pioggia e le suddette caratteristiche del bacino.

Criterio della «qualità ambientale»

Il grado di qualità ambientale dipende soprattutto da:

- presenza di aree coperte da vegetazione climax;
- entità della regimazione dell'alveo;
- livello di diversità biologica, sia sul territorio che nel corso d'acqua (quest'ultima valutabile ad esempio attraverso indicatori biologici, quali i macroinvertebrati);
- presenza di specie pregiate (indicatori);
- livello di diversificazione fisica dell'alveo (esempio l'alternanza fra raschi e pozze);
- livello di criticità o di precarietà, che comprende sia l'entità e la diffusione dei fenomeni di degrado e di inquinamento sia le caratteristiche del comportamento del sistema nei confronti di essi. Strettamente legata al livello di criticità è la «capacità portante», cioè il livello oltre il quale il sistema non è in grado di sostenere le pressioni.

In particolare, per quanto concerne gli aspetti strettamente ecologici, ovvero quelli caratterizzanti lo stato di qualità dell'ecosistema, secondo Malcevski (1990), gli indicatori sono i seguenti:

- rarità delle singole specie o del sistema nel suo complesso;
- diversità, in particolare quella biotica (indici biotici);
- complessità dell'ecomosaico, cioè la sua strutturazione in differenti unità ambientali (strettamente legata alla geometria delle singole specie e del complesso);
- stabilità, cioè il mantenimento nel tempo di una data condizione di equilibrio;
- degrado: la condizione che si allontana dallo stato naturale ottimale;
- inquinamento: la presenza di sostanze estranee alle condizioni normali;
- sensibilità, ovvero le dimensioni della risposta a impatti di origine diversa, relativa alle singole cause d'impatto dovute alla pressione antropica, cioè al complesso delle perturbazioni dell'ambiente causate dall'azione umana (è importante considerare gli effetti sinergici);
- resilienza: la capacità di ritornare allo stato iniziale dopo aver subito una pressione esterna (i fiumi sono sensibili ma abbastanza resilienti, a differenza dei laghi);
- vulnerabilità, cioè l'esistenza di punti di debolezza che possono pregiudicare il sistema.

l'analisi della qualità ambientale permette quindi di individuare la necessità e il livello di tutela o gli interventi di miglioramento ambientale da applicare a certi corpi idrici o loro parti.

Tra gli indicatori suddetti è elencato anche l'inquinamento delle acque; ciò induce ad affrontare anche il problema del ruolo del corpo idrico, e quindi anche della sua sistemazione ambientale, nei confronti dell'autodepurazione delle acque reflue. In effetti tale argomento, pur essendo tradizionalmente distinto dalla sistemazione idraulica dei corsi d'acqua, presenta relazioni strette con essa, specialmente se indirizzata verso un miglioramento ambientale. Le stesse tecniche di ingegneria naturalistica, infatti, possono essere opportunamente finalizzate a massimizzare la loro efficacia nei confronti del fenomeno autodepurativo.

criterio «socio-economico»

Nella valutazione di tale indicatore possono entrare in gioco prevalentemente i seguenti fattori:

- presenza di proprietà private;
- usi del suolo attuali e previsti;
- modifiche e danni alle attività indotte dagli interventi;
- problemi e danni provocabili dal cantiere;
- effetti di natura psicologica (danni o benefici);
- modifiche alla fruizione (danni o benefici);
- miglioramento qualitativo della risorsa idrica;
- incremento di altre risorse (in particolare ittiche e forestali);
- opportunità economiche (ad esempio legate ad attività didattiche, escursionistiche, sportive ecc.);
- altri effetti di natura socio-economica.

Considerato il peculiare contesto della Provincia di Milano, i fattori socio-economici risultano particolarmente rilevanti. Si pensi soprattutto alle aree periferiche, ma anche a quelle interessate da parchi, ove è sempre più sentita l'esigenza di fruizione e ove si stanno sviluppando diverse attività economiche connesse al turismo. Al tempo stesso però, specie nelle aree urbane e periferiche, si verifica il conflitto fra interessi di occupazione dei terreni per usi privati e conquista di zone da adibirsi a usi pubblici.

Dopo aver quantificato, per un determinato sito, gli indicatori sopra elencati relativi al rischio idraulico, al grado di qualità ambientale e agli interessi socio-economici, può essere effettuata la scelta degli obiettivi da perseguire, la definizione delle priorità di interven-

to e, in relazione ad essi, le tecniche di intervento fra cui quelle di ingegneria naturalistica più adeguate al caso specifico.

Si tratta di applicare una procedura tale da giungere a un'ottimizzazione degli obiettivi attraverso una analisi «multicriterio».

12.2. L'attività formativa e gli interventi pilota

Nei precedenti capitoli è stato sottolineato più volte come sia necessario definire e mettere a punto le tecniche idonee da applicare sui corpi idrici della Provincia di Milano e come ciò richieda, in molti casi, l'adeguamento alle situazioni specifiche locali delle tecniche di ingegneria naturalistica applicate in altre regioni italiane (prevalentemente alpine) e all'estero.

È quindi importante acquisire la capacità, da parte degli addetti alla programmazione e gestione degli interventi, di interpretare le problematiche e gli aspetti inerenti la progettazione, la predisposizione dei relativi capitolati d'appalto e la gestione e supervisione dei lavori.

Questa fase deve essere supportata, oltre che da linee guida o da manuali tecnici, dalla formazione dei tecnici e dalla realizzazione di interventi pilota per dimostrare la validità delle tecniche proposte su un determinato territorio.

Per raggiungere un risultato soddisfacente in questa direzione, si può operare come segue:

1. realizzazione di un corso di formazione, nell'ambito del quale si tendano a individuare e realizzare cantieri didattici;
2. progettazione e realizzazione di interventi pilota di ingegneria naturalistica;
3. diffusione dei risultati dell'iniziativa intrapresa attraverso strumenti quali convegni, produzione di documentazione tecnica e divulgativa.

La fase di formazione ha lo scopo di:

- inquadrare gli interventi di difesa del suolo nell'ambito degli strumenti di pianificazione;
- introdurre alle problematiche di sistemazione idraulico-ambientale, avendo come presupposto il concetto di «uso sostenibile» delle risorse e del territorio;
- descrivere e analizzare le problematiche territoriali locali;

- illustrare i principi generali, le tecniche e le modalità di realizzazione delle opere di ingegneria naturalistica;
- sviluppare un progetto pilota attraverso la realizzazione di un cantiere didattico;
- descrivere e discutere gli aspetti della conduzione e dell'organizzazione dei lavori;
- illustrare i principi e le tecniche di gestione e di manutenzione delle opere.

In considerazione degli obiettivi appena esposti, i corsi di formazione devono essere organizzati in sessioni di carattere teorico (in aula) e pratico (visite, sopralluoghi e cantiere didattico).

Dopo l'acquisizione delle conoscenze di base e una prima esperienza pratica, può essere pianificata una successiva fase applicativa che può prevedere, ad esempio, la progettazione e la realizzazione di interventi pilota su tratti dei corsi d'acqua considerati rappresentativi del contesto territoriale.

12.3. La fase di monitoraggio

Considerato il fatto che le tecniche di ingegneria naturalistica sono per lo più diffuse in ambiti così diversi rispetto al contesto territoriale provinciale, risulta particolarmente significativa la fase di monitoraggio degli interventi pilota, al fine di verificare l'efficienza degli stessi. In particolare, a causa del degrado qualitativo delle acque superficiali, è importante verificare l'influenza dell'inquinamento sullo sviluppo delle tecniche vegetali nonché, viceversa, la potenzialità di queste sull'autodepurazione; trascurare questo aspetto potrebbe compromettere l'applicabilità di queste stesse linee guida.

Si rendono quindi necessari studi specifici e interventi pilota mirati, il cui monitoraggio possa offrire specifiche indicazioni in merito a:

- soglie di resistenza a determinati agenti inquinanti da parte delle specie vegetali utilizzabili;
- seriazione vegetale realizzabile e concorrenza con specie infestanti, sempre in condizioni di inibizioni indotte dall'inquinamento;
- dinamica dello sviluppo vegetativo in funzione delle condizioni edafiche e dell'inquinamento idrico;
- capacità ed effetto nella rimozione dell'inquinamento da parte della vegetazione, introdotta oppor-

tunamente negli alvei, lungo le fasce ripariali, in appositi bacini di permanenza a fini fitodepurativi («constructed wetland», «ecosistemi filtro»);

- effetti sulla rimozione degli odori;
- effetti a livello estetico e sociale (specie in aree urbane e periferiche), anche come risultato del parziale «mascheramento» del degrado.

Si tenga presente che allo stato attuale non esistono studi e ricerche che quantificano la limitazione degli interventi di ingegneria naturalistica rispetto alla qualità delle acque (concentrazioni limite per i principali parametri fitotossici, quali metalli pesanti, solventi ecc.). Pertanto sarebbe necessario realizzare interventi pilota in cui si possa eseguire un mirato monitoraggio proprio per colmare questa lacuna.

12.4. Aspetti culturali e comunicazione

Oltre alle azioni di formazione tecnica, come precedentemente illustrato, si rendono necessarie azioni di coinvolgimento e comunicazione rivolte ai cittadini al fine di diffondere ed affermare gli approcci oggetto della presente trattazione.

Le esperienze più interessanti realizzate perlopiù all'estero (Inghilterra, USA, Svizzera, Danimarca...) riguardano tre tipologie di operazioni:

1. realizzazione di opere idraulico-ambientali che contengano cospicui interventi anche per la fruizione degli ambienti fluviali e la didattica (piste ciclabili, percorsi attrezzati e tematici, aree di osservazione e di sosta...);
2. realizzazione di programmi didattici, in particolare nelle scuole (illustrazione dell'ambiente fluviale, dei problemi della difesa idraulica e dell'inquinamento, delle modalità di intervento, progettazione partecipata...);
3. sviluppo di una gestione «sociale e partecipata» di particolari bacini o tratti fluviali, ove i cittadini vengono coinvolti nella concezione e realizzazione degli interventi.

Ogni iniziativa di carattere divulgativo avrebbe maggiore possibilità di successo se collegata all'attuazione di interventi pilota in quanto, per affermare questi nuovi approcci culturali, vale di più l'esempio che la dottrina.

Bibliografia ragionata

<i>Argomento</i>	<i>Autori o Curatori (Eds.)</i>	<i>Anno</i>	<i>Titolo</i>	<i>Edizioni</i>	<i>Note</i>
Ingegneria naturalistica, rinaturazione-riqualificazione	AA.VV.	1991	Nature Engineering and Civil Engineering Works	Pudoc Wageningen, pp.139	Il testo affronta il problema dell'interazione tra opere di ingegneria civile e l'ambiente, delle tecniche di ingegneria naturalistica utilizzabili ed utilizzate per minimizzare tale impatto. Gli articoli riportano esperienze olandesi di tale natura e sono corredati dai risultati dei monitoraggi. Molte foto.
Ingegneria naturalistica, rinaturazione-riqualificazione	AA.VV.	1987	Progetto Ledra, conservazione e manutenzione degli ecosistemi fluviali	Comitato per la difesa del Fiume Ledra e del suo ambiente	Atti del convegno tenutosi a Buia (UD) nel 1987.
Ingegneria naturalistica, rinaturazione-riqualificazione	AA.VV.	1995	Le tecniche di rinaturazione e ingegneria naturalistica nelle sistemazioni spondali	AIPIN - Associazione Italiana per l'Ingegneria Naturalistica	Atti del Congresso Internazionale tenutosi a Chieri nel 1995.
Ingegneria naturalistica, rinaturazione-riqualificazione	AA.VV.	1991	Ricostruzione ambientale con tecniche di ingegneria naturalistica	Regione Friuli Venezia Giulia	Atti del convegno «Ricostruzione ambientale con tecniche di ingegneria naturalistica», Udine 1991.
Ingegneria naturalistica	AA.VV.	1995	Opere e tecniche di ingegneria naturalistica e recupero ambientale	Regione Liguria - Assessorato Edilizia e Difesa del Suolo	
Ingegneria naturalistica, rinaturazione-riqualificazione	A.I.P.I.N.	1992	Tecniche di rinaturazione e di ingegneria naturalistica	Acer Il Verde editoriale	Sono gli atti del congresso internazionale tenutosi a Lignano Sabbiadoro il 21/23 maggio 1992 e racchiude numerose esperienze sull'ingegneria naturalistica e la riqualificazione ambientale.
Ingegneria naturalistica, rinaturazione-riqualificazione	A.I.P.I.N.	1993	Rapporti tra studi di impatto ambientale ed ingegneria naturalistica. Implicazioni per gli adeguamenti progettuali nelle opere di interesse pubblico	A.I.P.I.N.	Sono gli atti del workshop tenutosi a Roma il 12 novembre 1993 presso l'orto botanico.
Ingegneria naturalistica, rinaturazione-riqualificazione	A.I.P.I.N. AA.VV.	1995	Sistemazioni in ambito fluviale	Acer Il Verde editoriale	È una raccolta di tecniche di ingegneria naturalistica descritte in schede e che si riferiscono ad interventi realizzati in Svizzera e oggetto di un corso tenutosi a Zurzach (Cantone Aargau) nel 1993.
Ingegneria naturalistica, rinaturazione-riqualificazione	AA.VV.	1977	Studi e ricerche sulle acque sotterranee e sull'intrusione marina in Puglia	IRSA, Roma, pp. 462	Inquadramento geologico e idrogeologico, metodologie e tecniche di studio, interpretazione dei dati, elaborazione.
Ingegneria naturalistica, rinaturazione-riqualificazione	AA.VV.	1990	Naturalizzazione dei fiumi: protezione e difesa dei corsi d'acqua	Terra, Rivista di scienze ambientali e territoriali, n. 11	Sono gli atti del Convegno organizzato a Parma nell'aprile del 1990 da WWF, LIPU, Legambiente e CAI, che contengono contributi italiani e stranieri (in particolare dell'Auen Institute del WWF) sulla riqualificazione fluviale.
Ingegneria naturalistica, rinaturazione-riqualificazione	AA.VV.	1984	Progettazione di passaggi artificiali per la risalita dei pesci nei fiumi	Regione Emilia-Romagna e provincia di Modena, Modena	

<i>Argomento</i>	<i>Autori o Curatori (Eds.)</i>	<i>Anno</i>	<i>Titolo</i>	<i>Edizioni</i>	<i>Note</i>
Ingegneria naturalistica, Rinaturazione-Riqualificazione	AA.VV.	1992	Sistemazione tecnica e biologica dei corsi d'acqua: 20 anni di esperienze	Azienda speciale per la regolazione dei corsi d'acqua e la difesa del suolo	
Ingegneria naturalistica, Rinaturazione-Riqualificazione	AA.VV.	1993	Opere di ingegneria naturalistica sulle sponde - Tecniche costruttive nel cantone di Berna (Svizzera)	Ministero dell'ambiente	
Ingegneria naturalistica, Rinaturazione-Riqualificazione	Abdul, A.S. and Gillham, R.W.	1984	Laboratory studies of the effects of the capillary fringe on streamflow generation	Water Resources Research 20, 691-698	
Ingegneria naturalistica, Rinaturazione-Riqualificazione	Anderson, M.G. and Burt, T.P.	1978	The role of topography in controlling throughflow generation	Earth Surface Processes, 3, 331-344	
Ingegneria naturalistica, Rinaturazione-Riqualificazione	Anderson, M.G. and Kneale, P.E.	1980	Topography and hillslope soil water relationships in a catchment of low relief	J. Hydrol., 47, 115-128	
Ingegneria naturalistica, Rinaturazione-Riqualificazione	Anderson, M.G. and Kneale, P.E.	1982	The influence of low-angled topography on hillslope soil water convergence and stream discharge	Journal of Hydrology, 57, 65-80	
Ingegneria naturalistica, Rinaturazione-Riqualificazione	Anderson, M.G. and Burt, T.P.	1990	Subsurface runoff	In: Anderson, M.G. and Bur, T.P. (Eds.) Process Studies in . Hillslope Hydrology, John Wiley & Sons, Chichester, pp. 539	
Ingegneria naturalistica, Rinaturazione-Riqualificazione	Antonietti, R. Lucchetti, M.	1995	Proposte di una procedura per la valutazione ecologico-ambientale di opere idrauliche	Università di Parma, Istituto di Ecologia - Cooperativa Progetto Ambiente, Parma	
Ingegneria naturalistica, Rinaturazione-Riqualificazione	Assoc. Naz. Bonifiche	1967	La protezione del suolo e la regolazione delle acque	il Mulino, Bologna, pp. 382	Atti di un convegno. Interessanti gli interventi di: Medici, Bolettieri (bosco), Supino (escavazioni ed erosione litorale), Giacomelli (piantumazioni per consolidare argini), Balsamo (bacino e riduzione trasporto solido), Francalanza (escavazioni), Matarrese (conservazione suolo e regimazione), Venturoli (difesa suolo e utilizzo acque: problema unitario), Zambon (subsidenza da estrazione di acqua e gas) e tanti altri.
Ingegneria naturalistica, Rinaturazione-Riqualificazione	Associazione Parco Naturale del Fiume Savio	1995	Come Progettare il Parco Fluviale	Macro Edizioni, pp. 315	Contiene gli atti del Convegno tenutosi a Cesena nel 1995. Gli interventi riguardano la rinaturazione, la tutela e la valorizzazione delle aree fluviali, con lo scopo di ricreare una ricca area naturale che circonda i corsi d'acqua.

<i>Argomento</i>	<i>Autori o Curatori (Eds.)</i>	<i>Anno</i>	<i>Titolo</i>	<i>Edizioni</i>	<i>Note</i>
Idraulica e idrologia, Impatto ambientale	Bacci, M., Nardini, A.	2000	Dalla valutazione di impatto ambientale alla valutazione integrata partecipativa	Edizioni Cantagalli	Il testo fornisce gli strumenti per l'applicazione dell'analisi multicriterio per la valutazione di impatto ambientale. Come esempio applicativo viene trattato il caso di studio sul Torrente Arbia (SI) ed il problema della localizzazione di una cassa di espansione.
Ingegneria naturalistica, Rinaturazione-Riquilificazione	Bache, D.H. and MacAskill, I.A.	1984	Vegetation in civil and landscape engineering	Granada Publishing Ltd, London, pp. 315	Il testo affronta l'ampio campo di applicazione della vegetazione, intesa come "mezzo ingegneristico" e cerca di valutarne il ruolo ambientale. Sono affrontati i problemi che si verificano nel campo dell'idrologia superficiale, del drenaggio, dell'erosione dei suoli, dello stoccaggio dei rifiuti, focalizzando l'attenzione sul ruolo della vegetazione in ognuno di essi. Numerosi esempi applicativi.
Ingegneria naturalistica	Bagnaresi, U., Chiusoli, A.	1976	Ricerche sull'impiego di arbusti per il consolidamento, la protezione, il miglioramento di pendici degradate	In: L'Italia Forestale e Montana, 5, pp. 196-209	
Ingegneria naturalistica, Rinaturazione-Riquilificazione	Barker, D.H.	1995	Vegetation and slopes - Stabilization protection and ecology	Thomas Telford, pp. 296	Atti della conferenza internazionale tenutasi a Oxford, nel 1994; dopo una parte teorica sugli effetti della vegetazione sulla stabilità dei suoli e sui processi erosivi, vengono descritte le tecniche di ingegneria naturalistica utilizzabili per la stabilizzazione dei pendii; i metodi ed i risultati ottenuti sono confrontati con quelli dell'ingegneria tradizionale. Molti i esempi applicativi dettagliati.
Ingegneria naturalistica, Rinaturazione-Riquilificazione	Barling, R., Moore, I. and Grayson, R.	1984	A quasi-dynamic wetness index for characterizing the spatial distribution of zones of surface saturation and soil water content	Water Resources Res., 30, 1029-1144	
Ingegneria naturalistica, Rinaturazione-Riquilificazione	Barozet, O., Gilard, O., Givone, P., Sommier, M.	1994	Le modèle de gestion hydraulique du bassin versant de la Bourbre in Crues et inondations	23 ièmes Journées de l'hydraulique, congrès de la société hydrotechnique de France, tome, 2, 727-734	
Ingegneria naturalistica, Rinaturazione-Riquilificazione	Bedinger, M.S.	1979	Hydrology of bottomland hardwood forests of the Mississippi embayment	In: Clark, J. R. and Benforado, J. (Eds.), Wetlands of bottomland hardwood forests, New York, Elsevier, pp. 161-178	
Ingegneria naturalistica, Rinaturazione-Riquilificazione	Bencala, K.E.	1993	A perspective on stream-catchment connections	J. N. Am. Benthol. Soc., 12, 44-47	
Ingegneria naturalistica	Benini, G.	1990	Sistemazioni idraulico-forestali	UTET, Torino	

<i>Argomento</i>	<i>Autori o Curatori (Eds.)</i>	<i>Anno</i>	<i>Titolo</i>	<i>Edizioni</i>	<i>Note</i>
Ingegneria naturalistica, Rinaturazione-Riqualficazione	Betti, L.	1997	Tecniche di ingegneria naturalistica e rinaturalizzazione in ambito fluviale applicate alla gestione ittica e alla pesca	Assoc. Pescatori Dilettanti Trentini, Trento, pp. 127	Atti dell'omonimo convegno. Tecniche di ingegneria naturalistica, motivazioni ecologiche e ittiche, l'esperienza svizzera, aspetti normativi regionali (Emilia Romagna), aspetti idraulici, l'influenza della vegetazione sul deflusso, l'esempio del basso Noce. Tavola rotonda.
Ingegneria naturalistica, Rinaturazione-Riqualficazione	Beven, K.	1986	Runoff production and flood frequency in catchments of order n: an alternative approach	In: Gupta, V., Rodriguez, Iturbe, I. and Wood, E. (Eds.), Scale problem in hydrology. D. Reidel, Norwell, Mass., pp. 107-132	
Ingegneria naturalistica, Rinaturazione-Riqualficazione	Beven, K.	1989	Changing ideas in hydrology; the case of physically-based models	J. of Hydrology, 105, 157-172	
Ingegneria naturalistica, Rinaturazione-Riqualficazione	Beven, K.	1993	Prophecy, Reality and Uncertainty in distributed hydrological modelling	Advances in Water Resources, 16, 41-51	
Idraulica & idrologia, Geomorfologia	Beven, K.	1978	The hydrological response of headwater and sideslope areas	Bull. Hydrol. Sciences, 23, 419-438	
Idraulica & idrologia, Modellistica idraulica	Beven, K. and Kirkby, M.J.	1979	A physically based, variable contributing area model of basin hydrology	Hydro. Sci. Bull., 24, 43-69	
Idraulica & idrologia, Geomorfologia	Beven, K. and Wood, E.F.	1983	Catchment geomorphology and the dynamics of runoff contributing areas	J. Hydrol., 65, 139-158	
Idraulica & idrologia, Modellistica idraulica	Beven, K., Calver, A. and Morris, E.	1987	Institute of Hydrology Distributed Model	Institute of Hydrology Report n° 98, Wallingford, U.K.	
Idraulica & idrologia, Modellistica idraulica	Beven, K., Lamb, R., Quinn, P., Romanowicz, R. and Freer, J.	1984	TOPMODEL	In: Singh, V.P. (Ed.), Computer models of watershed hydrology, Water resources publication, pp. 43	
Idraulica & idrologia	Beven, K.J. and Germann, P.F.	1982	Macropores and water flow in soils	Water Resources, Research, 18, 1311-1325	
Idraulica & idrologia, Gestione ambientale	Bevilacqua, P., Rossi-Doria, M.	1984	Le bonifiche in Italia dal '700 a oggi	Laterza, Bari, pp. 437	Storia delle bonifiche dal XVIII al XX secolo, dal '700 all'unificazione italiana (canale Cavour, Maremma, colmate toscane, colline, Agro romano, Paludi Pontine, Mezzogiorno, Tavoliere, rimboschimenti), dal 1860 alla Prima guerra mondiale, nel ventennio tra le due guerre e dalla ricostruzione postbellica ad oggi.

<i>Argomento</i>	<i>Autori o Curatori (Eds.)</i>	<i>Anno</i>	<i>Titolo</i>	<i>Edizioni</i>	<i>Note</i>
Idraulica & idrologia, Modellistica idraulica	Blösch, G. and Sivapalan, M.	1995	Scale Issues in Hydrological Modelling: A Review	Hydrol. Processes, 9, 251-290	
Idraulica & idrologia, Erosione & sedimentazione	Boardman, J., Burt, T.P., Slattery, M.C., Evans, R. and Shuttleworth, H.	1995	Soil erosion and flooding as a result of a summer thunderstorm in Oxfordshire and Berkshire, May 1993	Applied Geography, 16, 21-34	
Rinaturazione-Riqualficazione, Gestione ambientale, Manuali tecnici, Ingegneria naturalistica	Boon, P.J., Calow, P., Petts, G.E.	1992	River conservation and management	John Wiley & Sons, New York, pp. 470	Libro sulla difesa dei fiumi. La causa per la conservazione, classificazione dei fiumi e stima del potenziale conservazionistico, previsione degli effetti biologici della gestione fluviale, applicazioni non tradizionali dei metodi Instream Flow, disturbi a livello di bacino (copertura forestale) e risposte fluviali, interazioni vegetazione-fiume, modello rinaturazione di Petersen, esperienze di rinaturazione in vari paesi. Legislazione e partecipazione pubblica.
Idraulica & idrologia, Gestione ambientale	Botta, G.	1977	Difesa del suolo e volontà politica. Inondazioni fluviali e frane in Italia: 1946-1976	Franco Angeli, Milano, pp. 140	Le leggi per la difesa del suolo, i più gravi eventi calamitosi dal 1946 al 1976, considerazioni sugli scritti di uomini politici.
Idraulica & idrologia, Geomorfologia, Dinamiche ecologiche, Gestione ambientale, Usi del suolo	Bravard, J.P., Roux, A.L., Amoros, C. and Reygrobellet, J.L.	1992	The Rhône River: a large alluvial temperate river	In: Calow, P. and Petts, G.E. (Eds.) The Rivers Handbook: Hydrological and Ecological Principles, Blackwell, Oxford, pp. 426-447	
Idraulica & idrologia, Modellistica idraulica	Bredehoeft, J.D. and Konikow, L.F.	1993	Ground-water models: Validate or invalidate	Groundwater, 31, 178-179	
Idraulica & idrologia, Aree riparie, Ecologia vegetale	Broadfoot, W.M. and Williston, H.L.	1973	Flooding effects on Southern forests	Journal of Forestry, 71, 584-587	
Rinaturazione-Riqualficazione, Gestione ambientale, Manuali tecnici, Ingegneria naturalistica	Brookes, A.	1984	Recommendations bearing on the sinuosity of Danish stream channels	National Agency of Environmental Protection, Silkeborg (DK), pp. 130	Caratteristiche degli alvei rettificati e di quelli naturali, classificazione morfologica dei corsi d'acqua danesi, processi evolutivi fluviali, alternative tecniche ai metodi tradizionali di canalizzazione, tecniche di rinaturazione.

Argomento	Autori o Curatori (Eds.)	Anno	Titolo	Edizioni	Note
Idraulica & idrologia, Geomorfologia, Erosione & sedimentazione, Impatto ambientale, Rinaturazione-Riqualificazione, Gestione ambientale, Ingegneria naturalistica	Brookes, A.	1988	Channelized Rivers. Perspectives for Environmental Management	Chichester, John Wiley & Sons	Libro fondamentale sugli impatti della canalizzazione; ingegneria fluviale convenzionale, rettifiche risagomature, diversioni, arginature, difese spondali, cementificazione; approcci legislativi Usa e di paesi europei, IFIM e Habitat Evaluation Procedure, indici biotici; effetti fisici e geomorfologici della canalizzazione; impatto biologico su macroinvertebrati, pesci, piante, ecosistemi riapri; conseguenze idrologiche e sulla qualità delle acque; tecniche "educate" raccomandate per la realizzazione di opere fluviali e per la manutenzione degli alvei; approcci a livello di bacino; tecniche di mitigazione, miglioramento e di rinaturazione.
Rinaturazione-Riqualificazione, Gestione ambientale, Ingegneria naturalistica	Brookes, A.	1988	Recovery and Restoration of Some Engineered British River Channels	In: Boon, P., Callow, P. and Petts, G. (Eds.), River Conservation and Management, John Wiley & Sons, pp. 470	
Idraulica & idrologia, Geomorfologia, Erosione & sedimentazione, Aree riparie, Dinamiche ecologiche	Brookes, A.	1995	The Importance of High Flows for Riverine Environments	In: Harper, D.M. and Ferguson, A.J.D. (Eds.), The Ecological Basis for River Management, Chichester, John Wiley, pp. 33-49	
Rinaturazione-Riqualificazione	Brookes, A., Shields JR, F.D.	1996	River Channel Restoration - Guiding Principles for Sustainable Projects	Wiley & Sons Ltd, pp. 432	Il testo descrive la situazione attuale delle tecniche di "restoration" e rinaturazione dei fiumi, torrenti e canali e fornisce dei principi guida per i gestori dei fiumi. Sono illustrati i principi fondamentali e le esperienze condotte principalmente in Nord America e in Nord-Europa, alla base delle quali sta un approccio "multifunzionale", comprendente discipline come l'idrologia, l'idraulica, la geomorfologia, l'ecologia, l'ingegneria, l'architettura del paesaggio.
Idraulica & idrologia, Zone umide, Gestione ambientale, Inquinamento	Brown, M.J., Bondurant, J.A. and Brockway, C.E.	1981	Ponding surface drainage water for sediment and phosphorus removal	Transactions of the American Society of Agricultural Engineers, 25, 1478-1481	
Idraulica & idrologia, Erosione & sedimentazione, Dinamiche ecologiche, Zone umide	Brunet, R.C. and Gazelle, F.	1995	Alternance des phénomènes d'érosion et de rétention de la matière dans la zone inondable de l'Adour au cours d'une saison hydrologique	Acta Oecologica, 16(3), 331-349	
Idraulica & Idrologia	Burt, T.P.	1996	The hydrology of headwater catchments	In: Petts, G.E. and Calow, P. (Eds.), River Flows and Channel Forms, Blackwell, Oxford, pp. 6-31	

<i>Argomento</i>	<i>Autori o Curatori (Eds.)</i>	<i>Anno</i>	<i>Titolo</i>	<i>Edizioni</i>	<i>Note</i>
Idraulica & Idrologia, Zone umide, Gestione ambientale	Burt, T.P.	1995	The role of wetlands in runoff generation from headwater catchments	In: Hughes, J.M.R. and Heathwaite, A.L. (Eds.), Hydrology and Hydrochemistry of British Wetlands, John Wiley, Chichester, pp. 21-38	
Idraulica & Idrologia, Erosione & Sedimentazione, Suolo	Burt, T.P. and Gardiner, A.T.	1984	Runoff and sediment production in a small peat-covered catchment: some preliminary results	In Burt, T.P. and Walling, D.E. (Eds.) Catchment Experiments in Fluvial Geomorphology, Geobooks, Norwich, pp. 133-152	
Idraulica & Idrologia, Suolo, Usi del suolo	Burt, T.P. and Slattery, M.C.	1996	Time-dependent changes in soil surface condition and runoff generation	In: Anderson, M.G. and Brooks, S.M. (Eds.), Advances in Hillslope Processes, John Wiley, Chichester	
Idraulica & Idrologia, Inquinamento	Buttle, J.M.	1990	Metachlor transport in surface runoff	Journal of Environmental Quality, 19, 531-538	
Idraulica & Idrologia, Gestione ambientale	Cannata, G.	1990	I fiumi della terra e del tempo	Franco Angeli, Milano, pp. 184	L'acqua, la terra, le civiltà delle alluvioni, storia dell'Indo, il fiume dei romani, il piano del Tevere, Africa, Sahel, dighe, il sogno della pianificazione, i piani di bacino, gestione contro opere, acque inquinate, ambientalismo scientifico. Ottimo e stimolante.
Idraulica & Idrologia, Modellistica Idraulica	Cappus, P.	1969	Etude des lois de l'écoulement. Application au calcul et à la prévision des débits. Bassin expérimental d'Alrance	La Houille Blanche, Juillet-Aout 1960, n° A, pp. 493-520	
Rinaturazione, Ingegneria naturalistica	Carbonari, A., Mezzanotte, M.	1996	Tecniche naturalistiche nella sistemazione del territorio	Provincia Autonoma di Trento - Servizio Ripristino e Valorizzazione Ambientale	È un trattato nel quale sono descritte, sulla base delle esperienze della Provincia Autonoma di Trento, le modalità d'intervento riguardo i lavori di modellamento, le opere d'ingegneria idraulica, le opere integrative di sostegno e rinforzo in legname, il ripristino vegetazionale e la manutenzione degli interventi. Vi è poi una parte riguardante gli esempi applicativi.
Idraulica & Idrologia, Zone umide	Carter, V.	1986	An overview of the hydrologic concerns related to wetlands in the United States	Can. J. Bot., 64, 364-374	

<i>Argomento</i>	<i>Autori o Curatori (Eds.)</i>	<i>Anno</i>	<i>Titolo</i>	<i>Edizioni</i>	<i>Note</i>
Idraulica & idrologia, Geomorfologia	Cattaneo, A., Salmoiraghi, G. and Gazzera, S.	1995	The Rivers of Italy	In: Cushing, C.E., Cummins, K.W. and Minshall, G.W. (Eds.), River and Stream Ecosystems. Ecosystems of the world, 22 Elsevier, pp. 479-505	
Naturalistico	Centro Italiano Studi di Biologia Ambientale	1993	La gestione naturalistica dei fossi		
Idraulica & idrologia, Geomorfologia, Ingegneria naturalistica	Chang, H.H.	1988	Fluvial processes in river engineering	John Wiley & Sons, New York, pp. 432	Volume sui processi fluviali con taglio prevalentemente ingegneristico. Sistema fluviale, panoramica di morfologia, relazione forma-portata, analisi geometrica, idraulica, proprietà fisiche dei sedimenti, problemi di erosione, forme alluvionali, trasporto solido, equazioni idrauliche, regimi fluviali e risposte, progettazione di alvei stabili, analisi morfologica e dei processi, modelli matematici per alvei erodibili.
Idraulica & idrologia, Geomorfologia, Gestione ambientale	Chorley, R.J.	1969	The drainage basin as the fundamental geomorphic unit In: Chorley, R.J. (Ed.)	Water, Earth and Man, Methuen, London, pp. 37-59	
Idraulica & idrologia, Modellistica idraulica, Gestione ambientale	Committee on Ground Water Modeling Assessment	1990	Ground Water Models: Scientific and Regulatory Applications	National Research Council. National Academy Press, Washington, DC, pp. 303	
Ingegneria naturalistica	Coppin, N.J., Richard, I.G.	1990	Use of Vegetation in Civil Engineering	Butterworths, pp. 292	Il testo illustra le tecniche di utilizzo della vegetazione nell'ingegneria civile come metodi per la riduzione dell'impatto paesaggistico, per la protezione e la stabilizzazione dei suoli, la riduzione dell'erosione e dell'instabilità dei pendii. Il libro illustra i diversi effetti delle varie specie vegetali e fornisce informazioni sulla scelta, l'impianto e la gestione delle piante.
Idraulica & idrologia, Inquinamento	Correll, D.L., Goff, N.M. and Peterjohn, W.T.	1984	Ion balances between precipitation inputs and Rhode River watershed discharges	Bricker, O. (Ed.), Geological Aspects of Acid Deposition. Ann Arbor Science, Ann Arbor, MI, pp. 77-111	
Idraulica & idrologia, Geomorfologia, Gestione ambientale, Usi del suolo	Costa, J.E., Miller, A.J., Potter, K.W. and Wilcock, P.R.	1995	Natural and anthropogenic influences in fluvial geomorphology	Geophysical Monogr., 89, American Geophysical Union, Washington, DC	
Idraulica & idrologia, Inquinamento	Dagan, G.	1987	The theory of transport by groundwater	Annual Review of Fluid Mechanics, 19, 183-215	

<i>Argomento</i>	<i>Autori o Curatori (Eds.)</i>	<i>Anno</i>	<i>Titolo</i>	<i>Edizioni</i>	<i>Note</i>
rinaturazione- riqualificazione, Manuali tecnici, Ingegneria naturalistica	Danish Environmental Protection Agency	1995	Danish watercourses. Ten years with the New Watercourse Act	Ministry of Environment and Energy, Ko- benhavn (DK), pp. 208	Libro edito dal Ministero per l'Ambiente e l'Energia danese sull'esperienza di rinatura- zione dei fiumi con molti consigli pratici di tecniche che, a 10 anni dalla legge sui fiumi, ha prodotto una rivoluzione gestionale. Car- atteri geomorfologici di importanza ecolo- gica (meandri, buche, raschi), obiettivi di qualità, rivegetazione, nuovi metodi di ma- nutenzione (diserbo, sfalcio del canale di corrente, impatto dei dragaggi ecc.), dispo- sitivi per migliorare l'idoneità per le trote, passaggi per pesci, principali misure di re- cupero, restituzione della sinuosità e della naturalità, autodepurazione, obiettivi rag- giunti e futuri.
Ingegneria naturalistica	De Cecco, M.	1991	Problematiche progettuali ed applicative dell'ingegneria naturalistica nei lavori di bonifica e di sistemazione idraulico-forestale nei comprensori montani	Direzione Generale delle Foreste e dei Parchi- Regione Friuli Venezia Giulia	Atti del Convegno su «Ricostruzione am- bientale con tecniche di ingegneria naturali- stica» tenutosi a Udine nel 1991.
Idraulica & idrologia, Geomorfologia	De Vries, J.J.	1994	Dynamics of the interface between streams and in lowland groundwater systems areas, with reference to stream net evolution	J. Hydrol., 155, 39-56	
Idraulica	Dellagiacomini, F., Florineth, F., Zolin, G.	1991	Opere di sistemazione e di regolazione dei corsi d'acqua	V.I.A.	
Idraulica & idrologia, Gestione ambientale	Dell'Angelo, G.G., Vanzetti, C.	1984	La bonifica, oggi. Problemi e proposte	Edagricole, Bologna, pp. 72	Origini storiche della bonifica, stato attuale, normativa, consorzi, piani, deleghe agli enti locali, assetto del territorio, bonifica e piani urbanistici, bonifica collinare, ammodernamen- to, proposte per la difesa del suolo (commissione De Marchi) per la politica del- l'irrigazione, per un nuovo assetto della montagna e della collina e per la bonifica idraulica.
Idraulica naturalistica	Dosskey, M.G. and Di Fidio, M.	1995	I corsi d'acqua (Sistemazioni naturalistiche e difesa del territorio)	Pirola	
Idraulica naturalistica	Di Fidio, M.	1997	Capitolato speciale d'appalto per opere di costruzione del paesaggio	Pirola	
Idraulica & idrologia, Dinamiche ecologiche	Bertsch, P.M.	1994	Forest sources and pathways of organic matter transport to a blackwater stream: a hydrologic approach	Biogeochemistry, 24, 1-19	

<i>Argomento</i>	<i>Autori o Curatori (Eds.)</i>	<i>Anno</i>	<i>Titolo</i>	<i>Edizioni</i>	<i>Note</i>
Idraulica & idrologia, Impatto ambientale, Gestione ambientale	DuToit, R.F.	1984	Some environmental aspects of proposed hydroelectric schemes on the Zambezi River, Zimbabwe	Biol. Conservation, 28, 73-87	
Idraulica & idrologia, Dinamiche ecologiche, Ecologia del paesaggio	DWVK	1996	Fluss und Landschaft - Ökologische Entwicklungskonzepte	Deutscher Verband für Wasserwirtschaft und Kulturbau e.V., Bonn	
Idraulica & idrologia, Impatto ambientale, Dinamiche ecologiche, Gestione ambientale	Dynesius, M., Nilsson, C.	1994	Fragmentation and flow regulation of river systems in the northern third of the world	Science, 266, 753-761	
Idraulica & idrologia, Impatto ambientale	Dynesius, M. and Nilsson, C.	1994	Fragmentation and flow regulation of river systems in the northern third of the world	Science, 266, 753-762	
Idraulica & idrologia, Erosione & sedimentazione, Geomorfologia, Dinamiche ecologiche	Eckblad, J.W., Peterson, N.L., Ostlie, K. and Temte, A.	1977	The morphometry, benthos and sedimentation rates of a floodplain lake in Pool 9 of the upper Mississippi River	Am. Midl. Nat., 97, 433-443	
Ingegneria naturalistica	EFIB- Europäische Federation für Ingenieurbologie AIPIN- Associazione Italiana per l'Ingegneria	1999	Atti del Convegno «Efficacia e Costi degli Interventi di Ingegneria Naturalistica»	AIPIN- Associazione Italiana per l'Ingegneria Naturalistica, pp. 214	La pubblicazione contiene gli atti del Convegno di Trieste del 1999 sull'Ingegneria naturalistica. Vengono presentati i risultati di esperienze di applicazione di tecniche naturalistiche nei settori della difesa del suolo, delle sistemazioni idrauliche, della sistemazione di scarpate stradali e ferroviarie ed in genere del consolidamento e ricostituzione di habitat per interventi infrastrutturali e sul territorio; in ciascuno degli interventi riportati, vengono affrontati i temi dell'efficacia dei metodi naturalistici, dei costi, del loro significato ecologico, il tutto corredato dai risultati ottenuti con le campagne di monitoraggio.
Idraulica & idrologia, Inquinamento, Ecologia vegetale, Usi del suolo	Ehrenfeld, J.G. and Schneider, J.P	1991	Chamaecyparis thyoides wetlands and suburbanization: Effects on hydrology, water quality and plant community composition	J. Appl. Ecol., 28, 467-490	

<i>Argomento</i>	<i>Autori o Curatori (Eds.)</i>	<i>Anno</i>	<i>Titolo</i>	<i>Edizioni</i>	<i>Note</i>
rinaturazione- riqualificazione	Eiseltová, M., Biggs, J.	1995	Restoration of Stream Ecosystem - An integrated catchment approach	International Waterflow and Wetlands Research Bureau, pp.170	Manuale per la riqualificazione delle aree ri- parie e delle aree umide; l'ecosistema flu- viale è studiato dal punto di vista dei pro- cessi fisici, biologici, chimici, condizioni ne- cessarie per valutare i tipi di interventi di ri- qualificazione-rinaturazione delle aree ripa- rie. Vari esempi e molte foto.
Irradiazione & Idrologia, Modellistica Irradiazione, Inquinamento	Ewen, J.	1995	Contaminant transport component of the catchment modelling system SHETRAN	In: Trudgill, S.T. (Ed.), Solute Modelling in Catchment Systems, Wiley, Chichester, pp. 417-441	
Irradiazione & Idrologia, Geomorfologia, Erosione & Sedimentazione	Ferguson, R.I.	1981	Channel form and changes	In: Lewin, J. (Ed.), British Rivers, Allen & Unwin, London, pp. 90-125	
Irradiazione & Idrologia	Ferretti P. et al.	1988	Indagine sullo stato delle acque sotterranee nella pianura reggiana	Prov. di Reggio Emilia, pp. 52	Interessante indagine sul sistema acquifero della zona reggiana, problemi e prospettive sulle acque sotterranee, conoidi del Cro- stolo e alimentazione delle falde, l'acqua per uso acquedottistico e industriale in pro- vincia di Reggio e la razionalizzazione degli usi, la diga di Vetto come soluzione ai pro- blemi idrici, problemi e prospettive sulle ac- que superficiali. Schede di approfondimen- to tecnico su: conoidi alluvionali e la loro evoluzione, gli acquiferi, la rete regionale di controllo dell'acquifero, le precipitazioni e diagrammi pluviometrici, la subsidenza na- turale e indotta dall'estrazione di acqua sot- terranea, i fontanili (loro funzionamento e di- stribuzione), le aree di protezione dei pozzi dall'inquinamento.
Irradiazione & Idrologia, Dinamiche Ecologiche	Findlay, S.	1995	Importance of surface- subsurface exchange in stream ecosystems: the hyporheic zone	Limnol. Oceanogr., 40, 159-164	
rinaturazione- riqualificazione	Finlayson, C.M., Larsson, T.	1990	Wetland Management and Restoration	Swedish environmental protection agency, pp.182	Atti del Workshop tenutosi in Svezia nel 1990. La pubblicazione affronta il problema della riqualificazione e della rinaturazione delle aree umide; con riferimento in partico- lare ad esperienze dell'Europa del nord e centrale. Lo scopo del testo è quello di for- nire informazioni ai gestori delle aree umide.
Ingegneria naturalistica	Florineth, F.	1990	Interventi di ingegneria naturalistica in alta montagna	in Acer, 6, 95-97	
rianificazione	Forman, R.T.T., Godron, M.	1986	Landscape ecology	Wiley	Forse il più importante trattato sulla <i>land- scape ecology</i> . Contiene i fondamenti di questa disciplina che si sta imponendo an- che in Italia.
Irradiazione & Idrologia, Geomorfologia, Usi del suolo	Fortuné, M.	1988	Historical changes of a large river in an urban area: the Garonne River, Toulouse, France	Regulated Rivers, 2, 179-186	

<i>Argomento</i>	<i>Autori o Curatori (Eds.)</i>	<i>Anno</i>	<i>Titolo</i>	<i>Edizioni</i>	<i>Note</i>
Idraulica & idrologia, Geomorfologia	Franceschetti, B.	1980	I fiumi	Istituto Geografico De Agostini, Novara, pp. 119	Fiumi e torrenti, gli alvei fluviali, l'azione erosiva delle acque correnti, lo sviluppo della rete idrografica, i fiumi e il modellamento del rilievo, la tendenza evolutiva di un corso d'acqua, la vita nei fiumi. Splendide foto.
Idraulica & idrologia	Freeze, R.A. and Cherry, J.A.	1979	Groundwater	Prentice Hall. 588 p.	
Ingegneria naturalistica, Rinaturazione-Riqualficazione	Gardiner, J.L.	1990	River Projects and Conservation - A Manual for Holistic Appraisal	John Wiley & Sons, pp. 240	Il manuale illustra in modo pratico l'approccio necessario per progetti in ambito fluviale; spiega come elaborare un progetto e affronta le problematiche ad esso correlate.
Idraulica & idrologia, Gestione ambientale	Gardiner, J.L.	1990	River catchment planning for land drainage and the environment	Journal of the Institution of Water and Environmental Management, 4(5), London	
Idraulica & idrologia, Zone umide	Gehrels, J. and Mulamootil, G.	1990	Hydrologic processes in a southern Ontario wetland	Hydrobiologia, 208, 221-234	
Idraulica & idrologia, Gestione ambientale	Ghetti, P.F.	1993	Manuale per la difesa dei fiumi	Fondazione Giovanni Agnelli, Torino, pp. 293	Manuale che affronta tutti gli aspetti della gestione dei fiumi. Le disponibilità e gli usi delle acque e dei fiumi, gli interventi per la difesa dalle piene e per la protezione dall'erosione, la bonifica dei territori e le acque per l'irrigazione, lo sbarramento dei fiumi, le dighe e gli invasi, gli interventi per la navigazione fluviale, lo sfruttamento delle ghiaie e delle sabbie, le acque destinate agli usi civili e industriali, la natura dell'acqua, la circolazione delle acque, la natura del fiume, l'inquinamento, le fognature e la depurazione, la qualità dei fiumi italiani, la qualità e la quantità delle acque nel bacino del Po, il governo delle acque e dei fiumi. Ricco di interessanti schede tecniche, storiche e di documentazione.
Idraulica & idrologia, Gestione ambientale, Usi del suolo	Giampaoli, S.	1998	Tutela dei boschi e iniziative forestali dei Principi di Massa e Carrara	Deputazione di Storia Patria delle antiche provincie modenesi, Modena, pp. 74	Interessante storia della devastazione dei boschi apuani.
Idraulica & idrologia, Geomorfologia, Gestione ambientale	Girel, J.	1993	Endiguements et colmatages sardes dans la vallée de l'Isère à l'aval d'Albertville	In: Piquet, F. (Ed.), Le Fleuve et ses Métamorphoses, Paris, Didier Erudition, pp. 217-232	
Idraulica & idrologia, Impatto ambientale, Ecologia del paesaggio	Girel, J.	1994	Les aménagements du 19ème siècle dans les basses vallées de la Durance et du Var (France); impacts sur l'écologie du paysage	Etudes Vauclusiennes, 5, 37-42	

<i>Argomento</i>	<i>Autori o Curatori (Eds.)</i>	<i>Anno</i>	<i>Titolo</i>	<i>Edizioni</i>	<i>Note</i>
Irradiazione & radiazione, inquinamento, ecologia vegetale, rapporto ambientale	Girel, J.	1994	Old distribution Procedures of Both water and Matter Fluxes in Floodplains of Western Europe: Impact on Present Vegetation	Environmental Management (New-York), 18(2), 203-221	
Irradiazione & radiazione, dinamiche ecologiche	Gordon, D.N., McMahon, T.A. and Finlayson, B.L.	1994	Stream Hydrology - An Introduction for Ecologists	Wiley & Sons Ltd, Chichester, England	Il testo fornisce una panoramica sui metodi utilizzati nell'idrologia, nell'ingegneria idraulica e nella geomorfologia fluviale, con esempi delle loro implicazioni biologiche; fornisce indicazioni sui metodi di campionamento, sulle tecniche di misurazione sul campo e sui metodi statistici di analisi dei dati.
Rinaturazione-qualificazione, gestione ambientale, ecologia animale, rapporto ambientale, ingegneria naturalistica	Gore, J.A.	1985	The restoration of rivers and streams. Theories and experience	Butterworth Publishers, Boston, pp. 280	Raccolta di interventi sulla rinaturazione. Uso dei parametri dei meandri, vegetazione riparia, meccanismi di ricolonizzazione dei macroinvertebrati, dispositivi di miglioramento dell'habitat per l'ittiofauna (deflettori, briglie, massi, substrati, banchine riparie aggettanti), metodi di valutazione del successo della rinaturazione, miglioramento della qualità delle acque urbane mediante il controllo delle fonti di inquinamento diffuse.
Rinaturazione-qualificazione	Gore, J.A.	1985	The restoration of rivers and streams. Theories and experience	Butterworths Publishers, pp. 275	La pubblicazione può essere considerata una guida per professionisti (biologi, ingegneri, naturalisti...) sulla rinaturazione dei corsi d'acqua. Offre un quadro interdisciplinare delle teorie e delle tecniche utilizzate nella "restoration" dei fiumi e dei torrenti.
Irradiazione & radiazione, dinamiche ecologiche, zone umide	Gosselink, J.G. and Turner, R.E.	1978	The role of hydrology in freshwater wetland ecosystems	In: Freshwater Wetlands: Ecological Processes and Management Potential. Academic Press, New York, pp. 63-78	
Ingegneria naturalistica	Gray, D.H., Sotir, R.B.	1996	Biotechnical and Soil Bioengineering Slope Stabilization - A practical Guide for Erosion Control	John Wiley & Sons, pp. 378	È una guida, molto tecnica e dettagliata, dei metodi ambientalmente compatibili ed economicamente concorrenziali di protezione dei pendii dai processi erosivi. Le tecniche sono illustrate con numerose fotografie, grafici, disegni. Il testo contiene una parte teorica sugli effetti della vegetazione sui processi erosivi. Alto livello tecnico scientifico.
Irradiazione & radiazione, analisi tecnici	Green, F.H.W.	1979	Land drainage	In: Hollis, G.E. (Ed.), Man's Role in the hydrological Cycle of the UK, Geobooks, Norwich	
Irradiazione & radiazione, geomorfologia	Gregory, K.J. and Walling, D.E.	1973	Drainage Basin Form and Process	Edward Arnold, London	

<i>Argomento</i>	<i>Autori o Curatori (Eds.)</i>	<i>Anno</i>	<i>Titolo</i>	<i>Edizioni</i>	<i>Note</i>
Idraulica & idrologia, Inquinamento, Zone umide	Grieve, I.C., Gilvear, D.J. and Bryant, R.G.	1995	Hydrochemical and water source variations across a floodplain mire, Insh Marshes, Scotland	Hydrological Processes, 9, 99-110	
Idraulica & idrologia, Gestione ambientale, Manuali tecnici	Gruppo consiliare Verde Regione Liguria	1993	Dell'acqua e della terra	Reg. Liguria, Genova, pp. 74	Atti di un convegno sulla tutela del suolo e delle acque. I principi ambientalisti della L. 183/89, tavola rotonda, dibattito, rinaturazione, legge ligure di recepimento della 183.
Idraulica & idrologia, Aree riparie, Dinamiche ecologiche	Gurtz, M.E., Marzolf, G.R., Killingbeck, K.T., Smith, D.L. and McArthur, J.V.	1988	Hydrologic and riparian influences on the import and storage of coarse particulate organic matter in a prairie stream	Can. J. Fish. Aquat. Sci., 45, 655-665	
Idraulica & idrologia, Manuali tecnici	Hall, M.J., Hockin, D.L. and Ellis, J.B.	1993	Design of flood storage reservoirs	Construction Industry Research and Information Association (CIRIA) jointly with Butterworth-Heinemann Ltd., Oxford	
Rinaturazione-Riqualficazione	Hansen, H.O.	1996	River Restoration - Danish experience and examples	Ministry of Environment and Energy - National Environmental Research Institute, pp. 99	La pubblicazione contiene esempi di interventi di rinaturazione e riqualficazione di corsi d'acqua danesi. Le esperienze sono illustrate con tutti i dati degli interventi; sono affrontati gli aspetti economici, naturalistici ed ecologici delle opere. Sono inoltre rappresentate in fotografia.
-					
Idraulica & idrologia, Geomorfologia	Harvey, J.W. and Bencala, K.E.	1993	The effect of streambed topography on surface-subsurface water exchange in mountain catchments	Water Resour. Res., 29, 89-98	
Idraulica & idrologia	Hatton, T. and Wu, H.	1995	Scaling theory to extrapolate individual tree water use to stand water use	Hydrol. processes, 9, 527-540	
Idraulica & idrologia, Impatto ambientale	Healey, M.C.	1994	Effects of dams and dikes on fish habitat in two Canadian river deltas	In: Mitsch, W.J. (Ed.), Global Wetlands: Old World and New. Elsevier Science, Amsterdam, pp. 385-398	
Idraulica & idrologia	Henderson, F.M.	1966	Open Channel Flow	Mac Millan, New York, pp. 522	
Idraulica & idrologia, Suolo	Hendrickx, J.M.H.	1990	Determination of hydraulic soil properties	In: Anderson, M.G. and Burt, T.P. (Eds.), Process Studies in Hillslope Hydrology, John Wiley & Sons, Chichester, pp. 539	
Idraulica & idrologia	Hewlett, J.D. and Troendle, C.A.	1975	Non point and diffused water sources: a variable source area problem	In: Irrigation and drainage symposium, ASCE, Logan, August, 11-13 75, Watershed management, pp. 46	

<i>Argomento</i>	<i>Autori o Curatori (Eds.)</i>	<i>Anno</i>	<i>Titolo</i>	<i>Edizioni</i>	<i>Note</i>
Idraulica & idrologia, Ecologia vegetale, Geomorfologia	Hickin, E.J.	1984	Vegetation and river channel dynamics	The Canadian Geographer, 38(2), 111-126	
Idraulica & idrologia, Suolo	Hillel, D.	1977	Computer Simulation of Soil-Water Dynamics	International Development Research Centre, Ottawa, Canada	
Idraulica & idrologia, Geomorfologia, Ecologia vegetale, Aree riparie	Hupp, C.R.	1982	Stream-grade variations and riparian-forest ecology along the Passage Creek, Virginia	Bulletin of the Torrey Botanical Club, 109, 488-499	
Idraulica & idrologia, Geomorfologia	Johnes, P., Moss, B. and Phillips, G.	1994	Lakes - Classification and Monitoring. A strategy for the classification of lakes	NRA report 286/5/A	
Idraulica & idrologia, Zone umide, Aree riparie, Inquinamento, Gestione ambientale	Johnston C.A., Detenbeck, N.E. and Niemi, G.J.	1990	The cumulative effect of wetlands on stream water quality and quantity	Biogeochemistry, 10, 105-141	
Idraulica & idrologia, Zone umide	Kadlec, R.H., Hammer, D.E., Nam, I.-S. and Wilkes, J.O.	1981	The hydrology of overland flow in wetlands	Chem. Eng. Commun., 9, 331-344	
Idraulica & idrologia, Ecologia vegetale, Dinamiche ecologiche	Kennedy, H.E. and Krinard, J.S.	1974	1973 Mississippi River Flood's Impact on Natural Hardwood Forests and Plantations	U.S. Forest Service Research Note, pp. 50-177	
Idraulica & idrologia	Kirkby, M.J.	1978	Hillslope Hydrology	John Wiley, Chichester	
Idraulica & idrologia, Geomorfologia	Knighton, A.D.	1984	Fluvial forms and processes	London, Edward Arnold	
Idraulica & idrologia, Modellistica, Manuali tecnici	Knisel, W.D., Davis, F.M. and Leonard, R.A.	1992	GLEAMS user manual. Version 2.0. University of Georgia	Coastal Plain Experiment Station, Tifton, GA	
Idraulica & idrologia, Modellistica, Manuali tecnici, Erosione & sedimentazione, Agricoltura, Gestione ambientale	Knisel, W.G. (Ed.)	1980	CREAMS: A field-scale model for chemical, runoff and erosion from agricultural management systems	Conservation Research Report No. 26. U.S. Dept. Agric., Washington, D.C., pp. 640	

<i>Argomento</i>	<i>Autori o Curatori (Eds.)</i>	<i>Anno</i>	<i>Titolo</i>	<i>Edizioni</i>	<i>Note</i>
Idraulica	Kravina, G. e Paiero, P.	1984	L'impiego dei salici nella protezione del suolo in Friuli	Rassegna tecnica del Friuli Venezia Giulia	
Idraulica & idrologia, Impatto ambientale	Kuenzler, E.J., Mulholland, P.J., Riley, L.A. and Sniffen, R.P.	1977	Water quality in North Carolina Coastal Plain streams and effects of channelization	Water Resources Research Institute, UNC. Rpt. No. 127. Raleigh, NC, pp. 160	
Idraulica & idrologia, Zone umide, Dinamiche ecologiche	La Bough, J.W.	1986	Wetland ecosystem studies from a hydrologic perspective	Water Resources Bull., 22, 1-10	
Idraulica	Lachat, L.B.	1991	Le cours d'eau. Conservation, entretien et aménagement	Consiglio d'Europa	
Ingegneria naturalistica, Rinaturazione- Riqualificazione	Lachat, B. Ministero francese dell'ambiente	1994	Guide de protection des berges de cours d'eau en techniques végétales	Ministero francese dell'ambiente	Uno dei primi manuali tecnici europei che trattano le tecniche di consolidamento e di protezione spondale attraverso l'ingegneria naturalistica. Redatto da uno dei massimi esperti europei di questa disciplina.
Idraulica & idrologia, Manuali tecnici	Leopold, L.B.	1978	L'acqua. Introduzione all'idrologia	Zanichelli, Bologna, pp. 192	Sono trattati i seguenti temi: precipitazioni, acque superficiali e sotterranee, deflusso superficiale e riserva idrica, idrogramma, reticolo idrografico, frequenza delle piene e inondazioni, piana alluvionale e alveo, tra- sporto dei fiumi, suolo piante e acqua, ac- qua nel mondo, bilancio idrologico, acqua disponibile e sua utilizzazione, dati sull'Ita- lia (fontanili, abbassamento falde, dati idro- grafici sul Po, risorse e consumi, approvvig- ionamento, fognature e depurazione, ener- gia idroelettrica).
Idraulica & idrologia, Geomorfologia	Leopold, L.B., Wolman, M.G. and Miller, J.P.	1964	Fluvial processes in geomorphology	W.H. Freeman and Company, San Francisco	
Idraulica & idrologia, Suolo	Lesaffre, B.	1988	Fonctionnement hydrologique et hydraulique du drainage souterrain des sols temporairement engorgés	Thèse de doctorat, Univ. Paris VI, in Etudes Cemagref, série Hydraulique agricole, n° 4, pp. 334	
Rinaturazione, Ingegneria naturalistica	Lewis, G. Williams, G.	1984	Rivers and wildlife handbook: a guide to practices with further the conservation of wildlife on rivers	RSPB, RSNC	Manuale pratico sugli interventi di rinatura- zione lungo corsi d'acqua con schede tec- niche riferite ad interventi svolti in Inghilterra.
Ingegneria naturalistica, Rinaturazione- Riqualificazione	Lewis, G., Williams, G.	1984	Rivers and wildlife handbook: A guide to practices with further the conservation of wildlife on rivers	RSPB Royal Society for the Protection of Birds. RSNC Royal Society for Nature Conservation, pp. 295	Una valida guida pratica per realizzare ope- re di miglioramento ambientale in ambito fluviale.

<i>Argomento</i>	<i>Autori o Curatori (Eds.)</i>	<i>Anno</i>	<i>Titolo</i>	<i>Edizioni</i>	<i>Note</i>
Idraulica & idrologia, controllo nutrienti, agricoltura	Linn, D.M. and Doran, J.W.	1984	Effect of water-filled pore space on carbon dioxide and nitrous oxide production in tilled and non-tilled soils	SSSAJ, 48, 1267-1272	
Idraulica & idrologia, zone umide	Lloyd, J.W. and Tellam, J.H.	1995	Groundwater-fed wetlands in the UK	In: Hughes, J.M.R. and Heathwaite, A.L. (Eds.), Hydrology and Hydrochemistry of British Wetlands, John Wiley, Chichester, pp. 39-61	
Impatto ambientale	Malcevschi, S.	1991	Qualità ed impatto ambientale. Teoria e strumenti della valutazione di impatto	Etas Libri 1, 355	
dinamiche ecologiche, rinaturazione-qualificazione	Malcevschi, S., Bisogni, L.G., Gariboldi, A.	1996	Reti ecologiche ed interventi di miglioramento ambientale	Il Verde Editoriale, pp. 222	Il testo affronta il tema degli interventi di miglioramento ambientale nell'ottica di una rete ecologica coerente. È uno strumento teorico e applicativo a supporto di progettazioni, programmazioni e pianificazioni di varia natura. Contiene numerosi esempi italiani ed europei e fornisce strumenti pratici quali elenchi di specie, moduli di possibilità di unità ecosistemiche di nuova formazione, prezzi di riferimento.
Rinaturazione, ingegneria naturalistica	Marchetti, M., Pietrobelli, M.	1996	Rinaturalizzazione fluviale. Pianificazione, Progetto, Esecuzione	IAED International Association for Environmental Design	Sono gli atti del quarto seminario organizzato dalla IAED nel quale sono stati raccolti i contributi tecnici di esperienze d'interventi di rinaturazione in Italia.
Ingegneria naturalistica	Martini, F., Paiero, P.	1988	I salici d'Italia. Guida al riconoscimento e all'utilizzazione pratica	Edizioni LINT	
Rinaturazione-qualificazione, gestione ambientale, indicatori ambientali, Manuali tecnici, ingegneria naturalistica	Martino, N.	1992	Tutela e gestione degli ambienti fluviali	WWF, Roma, pp. 219	Gli ecosistemi fluviali tra consumi e sprechi, ecologia del fiume, mappaggio biologico, mappa di salute ecologica, ingegneria naturalistica, esperienze italiane, bioingegneria sui torrenti alpini, passaggi per pesci, recupero lanche, gestione zone umide, scarsità idrica estiva, conoscenza dell'ambiente fluviale, modelli matematici di inquinamento, inquinamento agricolo.
Pianificazione	Mc Harg Ian, L.	1989	Progettare con la natura	Franco Muzzio editore	Principi e applicazione di una progettazione ecologica innovativa tracciati ancora nel 1969 (è la prima edizione in inglese del testo). Sono trattati vari ambiti territoriali nei quali vengono evidenziate le modalità di uso del suolo e di insediamento nel tempo; sono evidenziati i problemi, definiti principi e criteri per una pianificazione che tenga conto delle vocazioni ambientali e delle caratteristiche ecologiche dei luoghi.
Idraulica & idrologia, Suolo, Gestione ambientale, Manuali tecnici	McDonnell, J.J.	1990	A rationale for old water discharge through macropores in a steep, humid catchment	Water Resources Research, 26, 2821-2832	

Argomento	Autori o Curatori (Eds.)	Anno	Titolo	Edizioni	Note
Idraulica & idrologia, Ecologia vegetale, Impatto ambientale	Meade, R. and Blackstock, T.H.	1988	The impact of drainage on the distribution of rich-fen plant communities in two Anglesey Basins	Wetlands, 8, 159-177	
Idraulica & idrologia, Gestione ambientale	Medici, G.	1985	L'irrigazione in Italia. Dati e commenti	Edagricole, Bologna, pp. 94	Perché irrigare, l'irrigazione nel mondo e in Italia, dati economici, costi, incrementi produttivi, canoni, problemi specifici (canali o tubazioni?) irrigazione e drenaggio, piccola irrigazione, laghi collinari, irrigazione per aziende frazionate, tendenze delle tecniche irrigue (a pioggia, a goccia), automazione impianti. Appendice sui principi di base della tecnica irrigua, irrigazione localizzata in pressione.
Rinaturazione, Ingegneria naturalistica	Meffe, G.K., Carroll, R.C.	1994	Principles of conservation biology	Sinauer press	Voluminoso trattato di biologia della conservazione nel quale sono illustrati anche principi e criteri della <i>restoration ecology</i> .
Idraulica & idrologia, Ecologia del paesaggio, Indici ambientali	Merot, P. and Bruneau, P.	1993	Sensitivity of Bocage landscapes to surface runoff: application of the Kirkby index	Hydrol. Processes, 17, 167-176	
Idraulica & idrologia, Suolo, Modellizzazione	Merot, P., Ezzahar, B., Walter, C. and Aurousseau, P.	1995	Mapping waterlogging of soils using digital terrain models	Hydrological Processes, 9, 27-34	
Rinaturazione, Ingegneria naturalistica	Middleton, B.	1999	Wetland restoration. Flood pulsing and disturbance dynamics	Wiley	Trattato sulla rinaturazione fluviale, con particolare attenzione alle dinamiche ecologiche ed idrogeologiche dei corsi d'acqua.
Ingegneria naturalistica Ministero dell'Ambiente		1977	Linee guida per capitolati speciali per interventi di ingegneria naturalistica e lavoro di opere a verde	Ministero dell'Ambiente	
idraulica	Ministero dell'ambiente	1993 1994	Capitolato speciale per opere a verde e ripristini ambientali		
Idraulica & idrologia, Dinamiche ecologiche, Zone umide, Gestione ambientale, Rinaturazione-Riqualificazione, Ingegneria naturalistica	Mitsch, W.J., Jørgensen, S.E.	1989	Ecological engineering. An introduction to ecotechnology	John Wiley & Sons, New York, pp. 472	Introduzione all'ingegneria ecologica, esempi, principi, modellizzazione, auto organizzazione, agricoltura ed ecotecnologia, casi studio, ruolo delle zone umide nel controllo dei nutrienti, restauro delle zone umide perifluviali, trattamento dei reflui, lagunaggio, cambiamenti ossido-riduttivi, restauro dei laghi, acquacoltura integrata, metodi di stima delle conseguenze ecologiche, restauro biologico.

<i>argomento</i>	<i>Autori o Curatori (Eds.)</i>	<i>Anno</i>	<i>Titolo</i>	<i>Edizioni</i>	<i>Note</i>
naturazione- qualificazione	Moller, H.S.	1995	Nature Restoration in the European Union	Ministry of Environment and Energy, The National forest and Nature Agency Denmark, pp. 129	Atti del seminario tenutosi in Danimarca nel 1995; gli interventi riportano varie esperienze condotte in stati europei: la "restoration" degli ambienti naturali viene auspicata non solo per la protezione della fauna e della flora naturali, ma anche per ulteriori importanti implicazioni quali il miglioramento della qualità delle acque, la diminuzione del rischio idraulico, l'incremento del valore ricreativo di alcune aree. Sono riportati i dati delle esperienze condotte e monitorate negli anni seguenti.
gegneria aturalistica	Morgan, R.P.C. and Rickson, R.J.	1995	Slope Stabilization and erosion control: A Bioengineering Approach	E & FN Spon, London, UK, pp. 274	Pubblicazione ad alto livello tecnico-scientifico, con analisi degli effetti della vegetazione sulla stabilità dei pendii e sui processi erosivi (idrici ed eolici); utilizzo dei geotessili, funzioni e tipologie. Analisi dettagliata e modellistica degli effetti di geotessili e della vegetazione sulle proprietà geotecniche ed idrauliche dei suoli. Corredato di schede botaniche, numeroso fotografie, disegni e grafici esplicativi.
raulica & rologia, omorfologia, odellistica raulica	Murray, B. A. and Paola, C.	1994	A cellular model of braided rivers	Nature, 371 (1 September 1994), 54-57	
raulica & rologia, one nide, estione mbientale, namiche ologiche, naturazione- qualificazione, gegneria aturalistica	Naiman, R.J., Décamps, H.	1990	The ecology and management of aquatic-terrestrial ecotones	UNESCO, Paris, pp. 316	Importanza degli ecotoni terra-acqua, biodiversità, flusso di acqua e nutrienti, modelli ecologici, processi esterni che influenzano gli ecotoni, alterazioni del bacino e ripercussioni sugli ecotoni lotici, processi interni, ecotoni lenticci, funzioni nei sistemi fluviali, zone umide, ecotoni acque superficiali-sotterranee, ruolo degli ecotoni nella gestione del paesaggio acquatico, valore socio-economico, sintesi e raccomandazioni.
naturazione- qualificazione, anuali tecnici, gegneria aturalistica	National Research Council (NRC)	1992	Restoration of Aquatic Ecosystems	National Academy Press, Washington, DC	
naturazione- qualificazione, estione mbientale, raulica & rologia, gegneria aturalistica	Newbold, C., Honnor, J., Buckley, K.	1989	Nature conservation and the management of drainage channels	Nature Conservancy Council, Peterborough (UK), pp. 108	Manuale prodotto da naturalisti e da ingegneri dell'Association of Drainage Authorities. Opportunità per la fauna selvatica, retroterra storico, bonifiche, idrologia, chimica dell'acqua e del suolo, fauna dei fossi, manutenzioni degli alvei e delle sponde per la fauna selvatica, metodi di controllo della vegetazione, gestione dei prati umidi.
raulica & rologia, one nide, rosione & edimentazione	Novitzki, R.P.	1979	Hydrologic characteristics of Wisconsin's wetlands and their influence on floods, stream flow and sediment	In: Greeson, P.E., Clark, J.R. and Clark, J.E. (Eds.), Wetland Functions and Values: The State of Our Understanding, American Water Resource Association, Minneapolis, MN	

<i>Argomento</i>	<i>Autori o Curatori (Eds.)</i>	<i>Anno</i>	<i>Titolo</i>	<i>Edizioni</i>	<i>Note</i>
Idraulica & idrologia, Zone umide	Novitzki, R.P.	1978	Hydrology of the Nevin wetland near Madison, Wisconsin	U.S. Geological Survey, Water Resources Investigation 78-48, U.S. Department of Commerce 1981 PB-284 118	
Ecologia	Odum, E.P.	1983	Basic Ecology	CBS College Publishing, 1-554	
Idraulica & idrologia, Suolo	O'Loughlin, E.	1999	Saturation regions in catchments and their relation to soil and topographic properties	J. Hydrol., 53, 229-246	
Ingegneria naturalistica	Oplatka, M.		Widerstand von Weiden gegenüber Strömungskräften Ausreissversuche an Weiden. Resistance of Willows to current induced forces, pulling tests on willows	Politecnico di Zurigo	Si tratta di un'opera del Politecnico di Zurigo relativa alla resistenza radicale dei salici sottoposti a differenti forze. Modello sperimentale.
Rinaturazione, Ingegneria naturalistica	Paiero, P.	1992	Criteri di ricostruzione della vegetazione forestale lungo i corsi d'acqua	Regione Veneto. Azienda Regionale Foreste	È un manuale sulla riqualificazione fluviale con particolare riferimento alle caratteristiche ecologiche, al ruolo e alla gestione della vegetazione arborea ripariale.
Idraulica & idrologia, Gestione ambientale, Suolo	Parkinson, R.J.	1988	Field drainage and the soil environment	Outlook on Agriculture, 17, 140-145	
Idraulica & idrologia	Pasquali, O.	1979	L'acqua	Loescher, Torino, pp. 92	Fascicolo dell'enciclopedia monografica "La Ricerca". Natura chimica e fisica dell'acqua, l'acqua sulla terra, nell'atmosfera, precipitazioni, interfaccia acqua-aria, fiumi, laghi, mare, acque sotterranee, capillari, gravitazionali, bilancio idrologico, l'acqua e la storia umana, metodi di ricerca dell'acqua, consumi agricoli, industriali e domestici, risorse, impediamo all'acqua di raggiungere il mare! Inquinamento, la carta dell'acqua.
Idraulica & idrologia, Gestione ambientale, Ecologia vegetale	Pautou, G. and Décamps, H.	1985	Ecological interactions between the alluvial forests and hydrology of the upper Rhône	Archiv. Hydrobiol., 104, 13-37	
Idraulica & idrologia, Gestione ambientale	Pautou, G., Girel, J., Pautou, M.P. and Gruffaz, R.	1995	Hydrologie, paludisme et démoistation l'exemple de la région (Rhône-Alpes)	Revue de géographie alpine (Grenoble), 83(1), 33-52	
Idraulica & idrologia, Dinamiche ecologiche, Impatto ambientale	Pearce, F.	1994	Dam truths on the Danube	New Scientist, 17 sept. 1994	Effetti positivi inaspettati del canale navigabile sul Danubio in Slovacchia.

<i>Argomento</i>	<i>Autori o Curatori (Eds.)</i>	<i>Anno</i>	<i>Titolo</i>	<i>Edizioni</i>	<i>Note</i>
ecologia	Pedrotti, F., Gafta, D.	1996	Ecologia delle foreste ripariali paludose d'Italia	Università degli Studi di Camerino - Collana L'uomo e l'Ambiente, n° 23	È un'indagine sulle differenti tipologie di fo- reste igrofile italiane. Sono descritte secon- do i metodi della fitosociologia e sono ripor- tate le descrizioni sintetiche (tratte da bi- bliografia scientifica) di un campione molto significativo di boschi umidi italiani.
foreste riparie	Pedrotti, F., Gafta, D.	1996	Ecologia delle foreste ripariali e paludose d'Italia	Camerino - Università degli Studi, pp. 154	Il testo si riferisce alle specie legnose e alle fitocenosi da esse costituite che colonizza- no l'ambiente ripariale e quello paludoso. Sono descritti gli effetti dell'impatto antropi- co (regimazione dei fiumi, bonifiche) su tali ambienti; sono riportati i risultati di una ri- cerca effettuata con lo scopo di esaminare la tipologia e l'ecologia della vegetazione ri- pariale italiana, quale base di carattere scien- tifico per il restauro e il ripristino degli ecosi- stemi fluviali, compresa la pianificazione dei parchi fluviali.
Idraulica & idrologia, foreste riparie, agricoltura	Peterjohn, W.T. and Correll, D.L.	1986	The effect of riparian forest on the volume and chemical composition of baseflow in an agricultural watershed	In: Correll, D.L. (Ed.), Watershed Research Perspectives, Smithsonian Press, Washington, DC, pp. 244-226	
Idraulica & idrologia, erosione & sedimentazione, zone umide	Phillips, J.D.	1989	Fluvial sediment storage in wetlands	Water Resources Bulletin, 25, 867-873	
Idraulica & idrologia, Manuali tecnici	Plummer, L.N., Michel, R.L., Thurman, E.M. and Glynn, P.D.	1993	Environmental tracers for age dating young ground water	In: Alley, F.M. (Ed.), Regional Ground-Water Quality, Van Nostrand Reinhold, NY. pp. 255-294	
Idraulica & idrologia, Rinaturazione- Riqualficazione	Poff, N.L., Allan, J.D., Bain, M.B., Karr, J.R. et al.	1998	The natural flow regime: a paradigm for river conservation and restoration	Bioscience, vol. 47, 769-784	
Gestione ambientale, Ingegneria Idraulica	Politecnico di Milano. Facoltà di Ingegneria	1999	Corso di aggiornamento «Metodi avanzati nella progettazione di interventi di ingegneria naturalistica per la sistemazione dei corsi d'acqua»		
Idraulica & idrologia, Gestione ambientale	Postel, S.L., Daily, G.C. and Erlich, P.R.	1996	Human appropriation of renewable fresh water	Science, 271, 785-788	

<i>Argomento</i>	<i>Autori o Curatori (Eds.)</i>	<i>Anno</i>	<i>Titolo</i>	<i>Edizioni</i>	<i>Note</i>
Idraulica & idrologia, Dinamiche ecologiche, Zone umide, Gestione ambientale, Rinaturazione-Riqualficazione, Impatto ambientale	Purseglove, J.	1989	Taming the flood	Oxford University Press, Oxford, pp. 307	Il libro tratta la difesa dei fiumi della rete inglese Channel Four. Descrive con taglio giornalistico la ricchezza dei fiumi e i costi reali della gestione ingegneristica; regole di buona pratica nella gestione fluviale.
Idraulica & idrologia, Aree riparie, Dinamiche ecologiche, Rinaturazione-Riqualficazione, Gestione ambientale, Ingegneria naturalistica	Purseglove, J.	1988	Taming the flood. A history and natural history of rivers and wetlands	Oxford, Oxford University Press	
Idraulica & idrologia, Impatto ambientale, Ecologia animale	Quinn, J.M., Williamson, R.B., Smith, R.K. and Vickers, M.V.	1992	Effects of riparian grazing and channelisation on streams in Southland, New Zealand. 2. Benthic invertebrates	New Zealand Journal of Marine and Freshwater Research, 26, 259-269	
Idraulica & idrologia, Suolo	Quinn, P. and Beven, K.	1991	Spatial and temporal predictions of soil moisture dynamics, runoff, variable source areas and evapotranspiration for Plinlimon, Mid-Wales	Hydrol. processes, 5, pp 59-79	
Ingegneria naturalistica, Rinaturazione	Regione Emilia Romagna. Regione del Veneto AA.VV.	1993	Manuale tecnico d'ingegneria naturalistica	Centro Professionale "O. Malaguti"	È uno dei primi manuali organici di ingegneria naturalistica italiani. Contiene una parte generale che tratta della gestione territoriale e del recupero ambientale, degli ambiti di intervento (fiumi e versanti), delle tecniche d'ingegneria naturalistica e di una parte speciale composta da schede tecniche sulle tipologie d'intervento. Infine vi è allegato un prezziario relativo agli interventi descritti. È stato adottato nel 1994 anche dalla Regione Lombardia.
Ingegneria naturalistica, Rinaturazione	Regione Liguria WWF - AIPN	1996	Opere e tecniche di ingegneria naturalistica e recupero ambientale	Regione Liguria	È un manuale tecnico d'ingegneria naturalistica; contiene una parte generale e numerose schede tipologiche d'intervento individuate con particolare attenzione alla situazione ligure. Vi è poi un prezziario comparativo tra il Piemonte (1993), l'Emilia Romagna e il Veneto (1993), la Valtellina (1989), il Magistrato per il Po (1993), l'Unioncamere Liguria (1996), la Liguria (1996).

<i>Argomento</i>	<i>Autori o Curatori (Eds.)</i>	<i>Anno</i>	<i>Titolo</i>	<i>Edizioni</i>	<i>Note</i>
Ingegneria naturalistica, Rinaturazione-Riqualificazione	Regione Lombardia	1994	Atti del seminario su: Ingegneria naturalistica: nuove prospettive per la difesa del territorio lombardo e la ricostruzione dell'ambiente naturale	Regione Lombardia	La pubblicazione contiene gli atti del Seminario tenutosi a Milano nel 1994; illustra le varie tecniche di ingegneria naturalistica nei vari campi di applicazione, con particolare riferimento all'ambiente alpino, a quello fluviale e montano lombardo.
Ambiente	Regione Lombardia AA.VV.	1984	Carta delle vocazioni faunistiche della Regione	B.U.R. Lombardia, n° 1 al suppl.38 del 1979/84	Si tratta della carta delle vocazioni faunistiche ed è interessante per l'inquadramento generale contenente sintetiche, ma precise relazioni riguardanti: caratteristiche climatiche, caratteristiche geologiche pedologiche ed idrogeologiche, i tipi di vegetazione principale della Lombardia.
Ingegneria naturalistica	Regione Toscana AA.VV.	2000	Principi e linee guida per l'ingegneria naturalistica Volume 1: Processi Territoriali e criteri metodologici	Edizioni Regione Toscana	Il manuale fornisce delle linee guida per gli interventi di ingegneria naturalistica affrontando le problematiche relative ai bacini montani e collinari, ai corsi d'acqua ed alle coste. Fornisce inoltre delle utili indicazioni sugli aspetti progettuali, normativi e sui principi che sono alla base di un approccio applicativo dell'ingegneria naturalistica.
Irradiazione & idrologia, Controllo nutrienti	Riddell, B. Black, D.M., Sims, R.E.H., Roygard, J., Clothier, B., Green, S. and Edwards, R.	1996	Water and nutrient use by fuelwood species: preliminary results from an intensively monitored lysimeter study	In: Proc. 9th European Bioenergy Conference, Cope	
Irradiazione & idrologia, Gestione ambientale	Robinson, M. and Beven, K.J.	1983	The effect of mole drainage on the hydrological response of a swelling clay soil	Journal of Hydrology, 64, 205-23	
Irradiazione & idrologia, Modellistica, Manuali tecnici	Robson, A.J., Whitehead, P.G. and Neal, C.	1992	Towards identifying sources of subsurface flow: a comparison of components identified by a physically based runoff model and those determined by chemical mixing techniques	Hydrol. processes, 6, 199-214	
Irradiazione & idrologia, Ecologia animale, Ecologia vegetale, Manuali tecnici, Ingegneria naturalistica	RSPB, NRA, and RSNC	1994	The New Rivers and Wildlife Handbook	The Royal Society for the Protection of Birds, Sandy, Bedfordshire	
Ingegneria naturalistica, Rinaturazione-Riqualificazione	Sauli, G., Siben, S.	1995	Tecniche di rinaturazione e di ingegneria naturalistica	Patron Editore, Bologna, pp. 547	La pubblicazione contiene gli atti del Congresso Internazionale di Lignano Sabbiadoro (UD) del 1992 sull'Ingegneria naturalistica. Viene affrontata la casistica dei principali settori d'intervento con tecniche di ingegneria naturalistica di possibile applicazione in Italia con particolare riferimento a scarpate stradali e ferroviarie, sistemazioni idrauliche, recupero di cave e discariche, consolidamento di versanti franosi.

<i>Argomento</i>	<i>Autori o Curatori (Eds.)</i>	<i>Anno</i>	<i>Titolo</i>	<i>Edizioni</i>	<i>Note</i>
Rinaturazione- Riqualificazione, Ingegneria naturalistica	Schiechtl, H.M.	1978	Entwicklung und Lebensdauer ingenieurbioologischer Verbauungen. Bioengineering for land reclamation and conservation	Garten + Landschaft, 11, 745-756	Sviluppo e durabilità delle opere di ingegneria naturalistica.
Rinaturazione- riqualificazione, Manuali tecnici, Ingegneria naturalistica	Schiechtl, H.M.	1978	Umweltfreundliche Hangsicherung	Geotechnik, 1, 10-21	Manuale di geotecnica.
Rinaturazione- Riqualificazione, Ingegneria naturalistica	Schiechtl, H.M.	1980	Bioengineering for land reclamation and conservation	Univ. Alberta Press	
Rinaturazione- Riqualificazione, Ingegneria naturalistica	Schiechtl, H.M.	1987	Entscheidungshilfen für die Böschungssicherung in Fortswegebau durch Ansaaten	Österreichische Forstzeitung, 6, 14-16	Esempi di opere di ingegneria naturalistica legati al consolidamento di scarpate stradali.
Rinaturazione- Riqualificazione, Manuali tecnici, Ingegneria naturalistica	Schiechtl, H.M.	1991	Bioingegneria forestale. Biotechnica naturalistica	Edizioni Castaldi, pp. 263	Manuale di riferimento per le tecniche di ingegneria naturalistica. Scelta delle specie secondo il punto di vista fitosociologico, ecologico, l'attitudine biotecnica, la provenienza, l'estetica; scelta dei metodi biotecnici più idonei, cura e manutenzione degli interventi, costi, descrizione dettagliata di numerosi metodi di ingegneria naturalistica e di architettura del paesaggio. Tabelle di valutazione della stazione, delle sementi in commercio, volume radicale, resistenza allo strappo, miglioramenti del terreno, dimensionamento.
Ingegneria naturalistica	Schiechtl, H.M.	1992	Ingegneria naturalistica - Manuale delle opere in terra	Edizioni Castaldi	
Rinaturazione- Riqualificazione, Ingegneria naturalistica	Schiechtl, H.M.	1992	Weiden in der Praxis. Die Weiden Mitteleuropas, ihre Verwendung und ihre Bestimmung.	Patzer Verlag. Berlin, Hannover, pp. 130	Illustrazione e chiave di determinazione dei salici d'Europa centrale.
Ingegneria idraulica	Schiechtl, H.M.	1994	Manuale delle costruzioni idrauliche	Edizioni Arca	
Naturalistico	Schiechtl, H.M.	1996	I salici nell'uso pratico	Edizioni Arca	
Rinaturazione- Riqualificazione, Ingegneria naturalistica	Schiechtl, H.M. & Stern, R.	1992	Handbuch für naturnahen Erdbau. Eine Anleitung für ingenieurbioologische Bauweisen	Oesterreichischer Agrarverlag, Wien, pp. 153	Manuale di ingegneria naturalistica.
Rinaturazione- Riqualificazione, Ingegneria naturalistica	Schiechtl, H.M. & Stern, R.	1994	Handbuch für naturnahen Wasserbau	Oesterreichischer Agrarverlag, Wien, pp. 176	Ingegneria naturalistica e costruzioni idrauliche.

Argomento	Autori o Curatori (Eds.)	Anno	Titolo	Edizioni	Note
Ingegneria naturalistica, Rinaturazione-Riquilificazione	Schlüter, U.	1971	Lebenbau. Ingenieurbiologische Bauweisen und lebende Baustoffe.	Patzer Verlag, Berlin, Hannover, pp. 98	Guida per l'impiego delle piante come elementi da costruzione.
Ingegneria naturalistica, Rinaturazione-Riquilificazione	Schlüter, U.	1986	Planze als Baustoff.	Patzer Verlag, Berlin, Hannover, pp. 328	Guida per l'impiego delle piante come elementi da costruzione.
Idraulica & idrologia, Geomorfologia	Schumm, S.A.	1977	The Fluvial System	John Wiley, New York	
Rinaturazione-Riquilificazione, Aree riparie, Ingegneria naturalistica	Sedell, J.R., Steedman, R.J., Regier, H.A. and Gregory, S.V.	1991	Restoration of human impacted land-water ecotones	In: Holland, M.M. (Ed.), Ecotones: the role of landscape boundaries in the management and restoration of changing environments, Chapman & Hall, New York	
Idraulica & idrologia	Sharpley, A.N.	1985	Depth of surface soil-runoff interaction as affected by rainfall, soil slope and management	Soil Sci. Soc. Am. J., 49, 1010-1015	
Idraulica & idrologia, Zone umide	Siegal, D.I. and Glasser, P.H.	1987	Groundwater flow in a bog-fen complex, Lost River peatland, Northern Minnesota	Journal of Ecology, 75, 743-754	
Idraulica & idrologia, Gestione ambientale, Zone umide, Rinaturazione-Riquilificazione, Ingegneria naturalistica	Simmons, S.A., Barker, A.	1989	Urban wetlands for nature conservation and stormwater control	Nature Conservancy Council, Peterborough (UK), pp. 15	Opuscolo (Urban wildlife now, n. 4) che propone i bacini di ritenzione delle acque meteoriche urbane per la difesa dalle inondazioni e il miglioramento ambientale.
Idraulica & idrologia, Manuali tecnici	Skaggs, R.W.	1991	Drainage	In: Modeling Plant and Soil Systems. Agronomy Monograph, n° 31, ASA-CSSA-SSSA, Madison, WI, pp. 205-243	
Idraulica & idrologia, Geomorfologia, Zone umide	Steven, L.E., Schmidt, J.C., Ayers, T.J. and Brown, B.T.	1995	Flow regulation, Geomorphology and Colorado River Marsh Development in the Grand Canyon, Arizona	Ecological Applications, 5(4), 1025-1039	

<i>Argomento</i>	<i>Autori o Curatori (Eds.)</i>	<i>Anno</i>	<i>Titolo</i>	<i>Edizioni</i>	<i>Note</i>
Rinaturazione e Ingegneria naturalistica	Sutherland William, J., Hill David, A.	1995	Managing habitats for conservation	Cambridge University Press	Manuale pratico sulla gestione, ricostruzione e conservazione di habitat naturali. In particolare sono descritti gli ambienti costieri, fiumi e zone umide, corpi d'acqua, gli habitat caratterizzati da canneti, prati umidi, aree urbane, boschi e siepi, agroecosistemi. Per ogni habitat sono descritti i problemi incontrabili, le possibili soluzioni e i buoni e cattivi esempi di gestione ambientale.
Idraulica & idrologia, Controllo nutrienti	Triska, F.J., Duff, J.H. and Avanzino, R.J.	1990	Influence of exchange flow between the channel and hyporheic zone on nitrate production in a small mountain stream	Can. J. Fish. Aquat. Sci., 47, 2099-2111	
Idraulica & idrologia, Controllo nutrienti	Triska, F.J., Duff, J.H. and Avanzino, R.J.	1993	Patterns of hydrological exchange and nutrient transformation in the hyporheic zone of a gravel-bottom stream: Examining terrestrial-aquatic linkages	Freshwater Biol., 29, 259-274	
Idraulica & idrologia, Controllo nutrienti	Triska, F.J., Kennedy, V.C., Avanzino, R.J., Zellweger, G.W. and Bencala, K.E.	1990	In situ retention-transport response to nitrate loading and storm discharge in a third-order stream	J. N. Am. Benthol. Soc., 9, 229-239	
Idraulica & idrologia, Controllo nutrienti, Agricoltura	Uhlen, G.	1978	Nutrient leaching and surface runoff in field lysimeters on a cultivated soil. I. Runoff measurements, water composition and nutrient balances	Scientific Reports of the Agricultural University of Norway, 57	
Idraulica & idrologia, Dinamiche ecologiche	Valett, H.M., Fisher, S.G., Grimm, N.B. and Camill, P.	1994	Vertical hydrologic exchange and ecological stability of a desert stream ecosystem	Ecology, 75, 548-560	
Idraulica & idrologia	Valett, H.M., Fisher, S.G. and Stanley, E.H.	1990	Physical and chemical characteristics of the hyporheic zone of a Sonoren desert stream	J.N. Am. Benthol. Soc., 9, 201-215	
Idraulica & idrologia, Dinamiche ecologiche	Valett, H.M., Hakenkamp, C.C. and Boulton, A.J.	1993	Perspectives on the hyporheic zone: integrating hydrology and biology: Introduction	J.N. Am. Benthol. Soc., 12, 40-43	
Idraulica & idrologia, Ecologia del paesaggio, Gestione ambientale	Van Buuren, M. and Kerkstra, K.	1993	The framework concept and the hydrological landscape structure: a new perspective in the design of multifunctional landscapes	In: Vos, C. C. and Opdam, P. (Eds.), Landscape ecology of a stressed environment, IALE St	

<i>Argomento</i>	<i>Autori o Curatori (Eds.)</i>	<i>Anno</i>	<i>Titolo</i>	<i>Edizioni</i>	<i>Note</i>
Rinaturazione- Riqualificazione, Ecologia animale, Gestione ambientale	Van Cleef, J.F.	1885	How to restore trout streams	Transactions of the American Fisheries Society, 14, 50-55	
Idraulica & idrologia, Modellistica	Van Genuchten., M.Th., Leji, F.J. and Yates, F.R.	1991	The RETC codes for quantifying the hydraulic functions of unsaturated soils	U.S. Salinity Lab., Riverside, CA	
	VERNIERS, G.	1995	Aménagement écologique des berges des cours d'eau. Techniques de stabilisation		Manuale tecnico con differenti tecniche costruttive innovative. Esempi del Belgio.
Idraulica & idrologia, Geomorfologia, Dinamiche ecologiche	Walker, K.F.	1992	The River Murray, Australia: a semiarid lowland river	In: Calow, P. and Petts, G.E. (Eds.), The Rivers Handbook: Hydrological and Ecological Principles, Blackwell, Oxford, pp. 472-492	
Idraulica & idrologia, Gestione ambientale	Walling, D.E.	1971	Streamflow from instrumental catchments in south-east Devon	In: Gregory, K.J. and Ravenhill, W.L.D. (Eds), Exeter Essays in Geography p. 55-81. University of Exeter Press, England	
Idraulica & idrologia, Modellistica	Wang, H.F. and Anderson, M.P.	1982	Introduction to groundwater modeling	W.H. Freeman and Co., San Francisco, CA, pp. 237	
Idraulica & idrologia	Ward, R.C.	1982	The fountains of the deep and the windows of Heaven: perplexity and progress in explaining the response of rivers to precipitation	University of Hull, pp. 30	
Idraulica & idrologia	White, D.S.	1993	Perspectives on defining and delineating hyporheic zones	J. N. Am. Benthol. Soc., 12, 61-69	
Idraulica & idrologia, Ecologia vegetale	White, D.S., Hendricks, S.P. and Fortner, S.L.	1992	Groundwater-surface water interactions and the distributions of aquatic macrophytes	Simons, J.J. (Eds.) Proceedings of the First International Conference on Ground Water Ecology	
Idraulica & idrologia, Erosione & sedimentazione, Modellistica	Wilson, B.N., Barfield, B.J. and Moore, I.D.	1984	A hydrology and sedimentology watershed model. Part I: Modeling techniques	In: Design manual for the SEDIMOT II hydrology and sedimentology model. Dept. of Agricultural Engineering, University of Kentucky	
Idraulica & idrologia	Wolff, J.C.	1990	Techniques de stabilisation des rivières et de leurs berges	Rencontre transfrontalière de l'environnement sur l'Entretien des rivières, Arlon, Belgique 20-21.6.1989	Manuale tecnico con differenti tecniche co- struttive innovative. Esempi del Belgio.

<i>Argomento</i>	<i>Autori o Curatori (Eds.)</i>	<i>Anno</i>	<i>Titolo</i>	<i>Edizioni</i>	<i>Note</i>
Ingegneria naturalistica, Rinaturazione	WWF Italia	1992	Tutela e gestione degli ambienti fluviali	Serie Atti e studi, n° 8 WWF	È una pubblicazione contenente le relazioni di un seminario di rinaturazione ed ingegneria naturalistica tenutosi Nell'Oasi WWF di Orbetello (Gr).
Idraulica & idrologia, Inquinamento, Gestione ambientale	Zavatti, A.	1984	Tecniche di protezione ambientale. Acque sotterranee e uso delle risorse idriche	Pitagora, Bologna, pp. 417	Elementi di idrogeologia, acquiferi e loro leggi, protezione e gestione dei campi acquiferi, chimica delle acque sotterranee, diffusione e controllo degli inquinanti, carte tematiche per la pianificazione dell'uso delle risorse idriche ed ambientali, piano degli usi civili e industriali, l'uso irriguo, bonifica idraulica, fluidi geotermici in agricoltura, usi industriali (ceramica, circuiti di raffreddamento).
Ingegneria naturalistica	Zeh, H.	1990	Definizione, contenuti e obiettivi della bioingegneria naturalistica	In Acer, n. 6	
Ingegneria naturalistica	Zeh, H.	1993	Tecniche di ingegneria naturalistica	Il Verde editoriale, pp. 110	È un piccolo manuale che descrive in modo schematico le tecniche di ingegneria naturalistica individuando in particolare i materiali e le modalità di esecuzione delle opere, i vantaggi e gli svantaggi delle singole tecniche e i campi di impiego.
Idraulica & idrologia, Aree riparie	Zhang, Z.	1995	Hedgerow effect on drainage network	Post-doctorat INRA, Science du sol, Rennes, Doc. Int. pp. 35	

<i>Argomento</i>	<i>Autori o Curatori (Eds.)</i>	<i>Anno</i>	<i>Titolo</i>	<i>Edizioni</i>	<i>Note</i>
Acque	Provincia di Milano AA.VV.	1988	Indagini idrobiologiche sui corsi d'acqua superficiali	Provincia di Milano	Si tratta di un'indagine analitica sulla qualità dei corsi d'acqua della Provincia di Milano attraverso l'utilizzo delle metodiche E.B.I. (Extended Biotic Index - Indicatori biologici). Per ogni corpo idrico è fornita una scheda con i dati generali (comuni interessati, origine, termine, usi, immissioni, lunghezza stimata), le stazioni di controllo, i risultati delle analisi biologiche e i dati dei parametri chimico-fisici.
Acque	Provincia di Milano AA.VV.	1991	Indagini idrobiologiche sui corsi d'acqua superficiali - I supplemento	Provincia di Milano	Si tratta di carte tematiche della Provincia di Milano riguardanti l'«individuazione dei percorsi» (scala 1: 10000), «mappaggio biologico» (scala 1:10000), «origine delle acque» (scala 1:10000).
Acque	Provincia di Milano AA.VV.	1991	Indagini idrobiologiche sui corsi d'acqua superficiali - Integrazioni	Provincia di Milano	Si tratta di un elenco dei corsi d'acqua organizzati per comuni e tabelle riassuntive.
	Ambiente Regione Lombardia AA.VV.	1984	Carta delle vocazioni faunistiche della Regione	B.U.R. Lombardia n°1 al suppl.38 del 1979/84	Si tratta di una carta delle vocazioni faunistiche interessante per l'inquadramento generale, contenente sintetiche ma precise relazioni riguardanti: caratteristiche climatiche, caratteristiche geologiche pedologiche ed idrogeologiche, tipi di vegetazione principali della Lombardia.
Ingegneria naturalistica, rinaturazione	WWF Lombardia Agapito Ludovici, A.	1995	«Il progetto Lambro»	Attenzione, ed. Ambiente WWF It., n° 0, 15-16	È la descrizione di un censimento realizzato dal WWF sullo stato di degrado delle aree di pertinenza del Lambro dalla sorgente alla foce. Sono stati raccolti dati sullo stato delle sponde, sulla presenza di aree d'interesse naturale, sulla presenza di aree di degrado - È disponibile presso il WWF Lombardia la documentazione fotografica.
Ingegneria naturalistica, rinaturazione	AA.VV.	1998	«Risanamento dell'area ad alto rischio di crisi ambientale Lambro Seveso Olona. Verifica di fattibilità del progetto strategico sull'area e individuazione di criteri, indirizzi e metodi per l'attuazione di progetti prioritari. Il sistema fluviale del Lambro»	IRER	È un voluminoso studio interdisciplinare riferito in particolare all'area del fiume Lambro. Vi sono numerosi contributi per la valutazione del territorio e dell'ambiente.
Ingegneria naturalistica, rinaturazione	WWF Lombardia Agapito Ludovici, A.	1997	«Salviamo i fiumi. Guida pratica per le amministrazioni comunali lombarde» WWF Lombardia	WWF Lombardia	
Ingegneria naturalistica, rinaturazione	Regione Emilia Romagna Regione del Veneto AA.VV.	1993	Manuale tecnico d'ingegneria naturalistica	Centro Professionale «O. Malaguti»	È uno dei primi manuali organici di ingegneria naturalistica italiani. Contiene una parte generale che tratta la gestione territoriale e il recupero ambientale, gli ambiti di intervento (fiumi e versanti), tecniche d'ingegneria naturalistica e una parte speciale composta da schede tecniche sulle tipologie d'intervento. Infine vi è allegato un prezzario relativo agli interventi descritti. È stato adottato nel 1994 anche dalla Regione Lombardia.

<i>Argomento</i>	<i>Autori o Curatori (Eds.)</i>	<i>Anno</i>	<i>Titolo</i>	<i>Edizioni</i>	<i>Note</i>
Ingegneria naturalistica, Rinaturazione	Regione Liguria WWF AIPN	1996	Opere e tecniche di ingegneria naturalistica e recupero ambientale	Regione Liguria	È un manuale tecnico d'ingegneria naturalistica; contiene una parte generale e numerose schede tipologiche d'intervento che individuano con particolare attenzione la situazione ligure. Vi è inoltre un prezziario comparativo tra il Piemonte (1993), l'Emilia Romagna e il Veneto (1993), la Valtellina (1989), il Magistrato per il Po (1993), l'Unioncamere Liguria (1996), la Liguria (1996).
Ingegneria naturalistica, Rinaturazione	WWF Italia	1991	Tutela e gestione degli ambienti fluviali	Serie Atti e studi, n° 8 WWF	È una pubblicazione contenente le relazioni di un seminario di rinaturazione ed ingegneria naturalistica tenutosi nell'Oasi WWF di Orbetello (Gr).
Pedologia	AA.VV.	1991	Progetto «Carta pedologica». I suoli del Parco Ticino Abbatense (SSR 7)	ERSAL - Regione Lombardia	Il lavoro fa parte del progetto dell'Ente Regionale di Sviluppo Agricolo della Lombardia «Carta pedologica» con l'obiettivo di produrre carte di semi-dettaglio e interpretazione del suolo e delle sue risorse per usi pratici. La pubblicazione ha in allegato la carta pedologica (scala 1: 25000), carta della capacità d'uso dei suoli (1:50000), carta della fertilità potenziale dei suoli (1:50000), carta del deficit idrico teorico per il mais (1: 50000), carta della capacità produttiva del mais (1:50000), realizzate dalla base della CTR al 10.000; contiene inoltre informazioni sintetiche riguardo i «caratteri dell'ambiente e del territorio» (clima, ambiente fisico, inquadramento geologico, morfologia, substrati geologici, ambiti geomorfologici, idrogeologia, idrografia, vegetazione, uso del territorio e agricoltura), la «classificazione dei suoli», le «interpretazioni pedologiche» (bilancio idrico, capacità d'uso dei suoli, fertilità dei suoli, capacità protettiva dei suoli).
Pedologia	AA.VV.	1992	Progetto «Carta pedologica». I suoli del Parco Ticino Settore settentrionale (SSR 10)	ERSAL - Regione Lombardia	Il lavoro fa parte del progetto dell'Ente Regionale di Sviluppo Agricolo della Lombardia «Carta pedologica» con l'obiettivo di produrre carte di semi-dettaglio e interpretazione del suolo e delle sue risorse per usi pratici. La pubblicazione ha in allegato la carta pedologica (scala 1: 25000), carta della capacità d'uso dei suoli (1:50000), carta della fertilità potenziale dei suoli (1:50000), carta del deficit idrico teorico per il mais (1: 50000), carta della capacità produttiva del mais (1:50000), realizzate dalla base della CTR al 10.000; contiene inoltre informazioni sintetiche riguardo i «caratteri dell'ambiente e del territorio» (clima, ambiente fisico, inquadramento geologico, morfologia, substrati geologici, ambiti geomorfologici, idrogeologia, idrografia, vegetazione, uso del territorio e agricoltura), la «classificazione dei suoli», le «interpretazioni pedologiche» (bilancio idrico, capacità d'uso dei suoli, fertilità dei suoli, capacità protettiva dei suoli).

<i>Argomento</i>	<i>Autori o Curatori (Eds.)</i>	<i>Anno</i>	<i>Titolo</i>	<i>Edizioni</i>	<i>Note</i>
pedologia	AA.VV.	1993	Progetto "Carta pedologica". I suoli del Parco Agricolo Sud Milano (SSR 15)	ERSAL Regione Lombardia	Il lavoro fa parte del progetto dell'Ente Regionale di Sviluppo Agricolo della Lombardia «Carta pedologica» con l'obiettivo di produrre carte di semi-dettaglio e interpretazione del suolo e delle sue risorse per usi pratici. La pubblicazione ha in allegato la carta pedologica (scala 1:37500), carta della capacità d'uso dei suoli (1:50000), carta delle fertilità dei suoli (1:50000); contiene inoltre informazioni sintetiche riguardo i «caratteri dell'ambiente e del territorio» (clima, ambiente fisico, inquadramento geologico, morfologia, substrati geologici, ambiti geomorfologici, idrogeologia, idrografia, vegetazione, uso del territorio e agricoltura), la «classificazione dei suoli», le «interpretazioni pedologiche» (bilancio idrico, capacità d'uso dei suoli, fertilità dei suoli, capacità protettiva dei suoli).
pedologia	AA.VV.	1996	Progetto «Carta pedologica». I suoli del Parco Ticino Settore meridionale (SSR 19)	ERSAL Regione Lombardia	Il lavoro fa parte del progetto dell'Ente Regionale di Sviluppo Agricolo della Lombardia «Carta pedologica» con l'obiettivo di produrre carte di semi-dettaglio e interpretazione del suolo e delle sue risorse per usi pratici. La pubblicazione ha in allegato la carta pedologica (scala 1: 37500), realizzata dalla base della CTR al 10.000; contiene inoltre informazioni sintetiche riguardo i «caratteri dell'ambiente e del territorio» (clima, ambiente fisico, inquadramento geologico, morfologia, substrati geologici, ambiti geomorfologici, idrogeologia, idrografia, vegetazione, uso del territorio e agricoltura), la «classificazione dei suoli», le «interpretazioni pedologiche» (bilancio idrico, capacità d'uso dei suoli, fertilità dei suoli, capacità protettiva dei suoli).
pedologia	AA.VV.	1999	Progetto «Carta pedologica». I suoli della pianura milanese settentrionale (SSR 27)	ERSAL Regione Lombardia	Il lavoro fa parte del progetto dell'Ente Regionale di Sviluppo Agricolo della Lombardia «Carta pedologica» con l'obiettivo di produrre carte di semi-dettaglio e interpretazione del suolo e delle sue risorse per usi pratici. La pubblicazione ha in allegato la carta pedologica, la carta del valore naturalistico dei suoli, la carta della capacità protettiva dei suoli per acque profonde nei confronti degli agenti inquinanti, la carta di capacità d'uso dei suoli, realizzate dalla base della CTR al 10.000; contiene, inoltre, informazioni sintetiche riguardo i «caratteri dell'ambiente e del territorio» (clima, ambiente fisico, inquadramento geologico, morfologia, substrati geologici, ambiti geomorfologici, idrogeologia, idrografia, vegetazione, uso del territorio e agricoltura), la «classificazione dei suoli», le «interpretazioni pedologiche» (bilancio idrico, capacità d'uso dei suoli, fertilità dei suoli, capacità protettiva dei suoli).
Pianificazione	Malcevski, S.,	1999	«Analisi e studi di settore per il progetto di Piano Territoriale di Coordinamento Provinciale. La rete ecologica della provincia di Milano»	Quaderni del piano per l'area metropolitana milanese, n.4, Franco Angeli	È lo studio per la costituzione di una rete ecologica sul territorio provinciale. Allegate carte tematiche.

<i>Argomento</i>	<i>Autori o Curatori (Eds.)</i>	<i>Anno</i>	<i>Titolo</i>	<i>Edizioni</i>	<i>Note</i>
Pianificazione	Dimaggio, C., Ghiringhelli, R.	1999	«Analisi e studi di settore per il progetto di Piano Territoriale di Coordinamento Provinciale. Reti ecologiche in aree urbanizzate»	Quaderni del piano per l'area metropolitana milanese, n.13, Franco Angeli	È la pubblicazione degli atti del seminario tenutosi a Milano, il 5 febbraio 1999 organizzato dalla Provincia di Milano e dall'Agenzia Nazionale per la Protezione dell'Ambiente.
Pianificazione	Regione Lombardia Servizio difesa del suolo e gestione Acque pubbliche	1998	Prevenzione del rischio idraulico ed idrogeologico	B.U.R. Lombardia n°38, ed. speciale del 24/9/98	Si tratta di un importante documento della Regione Lombardia contenente l'indicazione delle principali attività in cui si articola l'operare della Regione, i lavori di difesa del suolo (in sintesi) finanziati e realizzati dalla Regione nel decennio 87/97, la richiesta d'intervento di difesa del suolo con indicazione delle principali criticità, le caratteristiche dei bacini e sottobacini. Allegata la carta idrografica della Lombardia.
Pianificazione	Parco Ticino AA.VV.	1998	Rapporto tra pianificazione e qualità dell'ambiente fluviale: l'esperienza del Parco del Ticino. Il Ticino studi e proposte sull'assetto idrogeologico e sull'uso del territorio della valle fluviale	Parco Lombardo valle del Ticino Carrefour Lombardia Commissione Europea Dir. Gen XI Regione Lombardia	Si tratta di uno studio di carattere idrogeologico che ha particolare riguardo ai fenomeni di evoluzione del corso del Ticino in riferimento ai maggiori eventi alluvionali; inoltre valuta l'artificializzazione del corso, definisce le fasce di divagazione dell'alveo e individua una serie di proposte d'intervento per alcuni tratti del fiume.
Pianificazione	Autorità di bacino del fiume Po	1999	Piano straordinario per le aree a rischio idrogeologico molto elevato (PS 267)	Autorità di bacino del fiume Po	Perimetrazione delle aree a rischio idrogeologico molto elevato. Carte a scala 1:10000 delle aree in Provincia di Milano (S. Vittore Olona - Rho, Lainate, Torrente Bozzente - Solbiate, Aicurzio, Mezzago, Bellinzago L., Torrente Cava, Trobbia e Rio Vallone).
Pianificazione	Regione Lombardia ing. Paoletti et alii	1998	Progetto preliminare	Sistemazione del fiume Lambro a monte di Villasanta Documento del settore LL.PP/E.R. servizio O.I.D.S.	È il progetto preliminare commissionato dalla Regione per l'individuazione delle opere di riassetto idraulico dell'asta del fiume Lambro di competenza della Regione Lombardia dalle sorgenti sino al ponte di S. Giorgio in Comune di Villasanta (Mi).
Studi	Provincia di Milano AA.VV.	1995	Indagine sulla qualità delle acque nella provincia di Milano. Aggiornamento al 1993	Provincia di Milano	Si tratta dell'aggiornamento dei dati riguardante parametri chimico-fisici delle acque della campagna 1991-93 su alcuni dei principali corsi d'acqua della Provincia (Adda, Bozzente, Garbogera, Guisa, Lambro Meridionale, Lambro Settentrionale, Lura, Molgora, Nirone, Olona, Pudiga, Redefossi, Seveso, Ticino, Vettabbia, Addetta, C.S.N.O., Canale Villoresi, Idroscalo, Naviglio Grande, Naviglio Martesana, Naviglio Pavese).
Studi	Provincia di Milano AA.VV.	1999	Indagine sulla qualità delle acque nella provincia di Milano. Aggiornamento all'aprile 1999	Provincia di Milano	Si tratta della pubblicazione dei risultati delle analisi riguardanti i parametri chimico-fisici delle acque tra gli anni 1995 e 1999 su alcuni dei principali corsi d'acqua della Provincia (Adda, Bozzente, Garbogera, Guisa, Lambro Meridionale, Lambro Settentrionale, Lura, Molgora, Nirone, Olona, Pudiga, Redefossi, Seveso, Ticino, Vettabbia, Addetta, C.S.N.O., Canale Villoresi, Idroscalo, Naviglio Grande, Naviglio Martesana, Naviglio Pavese).

Allegato A

Schede per l'applicazione delle tecniche di ingegneria naturalistica

1 - Semina di specie erbacee

DESCRIZIONE	La semina di specie vegetali erbacee garantisce una protezione della superficie del suolo, impedendo così le erosioni dovute al ruscellamento superficiale dell'acqua, e consente pure una stabilità della sponda in profondità grazie allo sviluppo radicale. La semina può essere eseguita a spaglio, a spessore (mulch) e con fiorume. L'idrosemina prevede l'impiego di macchinari specifici.
MATERIALE	<ul style="list-style-type: none"> – Miscuglio di sementi adattate alla stazione. Di preferenza è consigliato utilizzare ecotipi della regione dove si prevede l'intervento. – Le sementi più impiegate appartengono a specie graminacee. – In minor misura, sono sovente mischiate con le graminacee anche specie non graminoidi (specie annuali, leguminose).
APPLICAZIONE (in relazione alle tipologie di Scheda 1)	<ul style="list-style-type: none"> – Grandi fiumi, canali principali, fiumi dell'area metropolitana, reticolo minore, cave e acque ferme. – Sovente la semina accompagna altre tecniche di stabilizzazione delle sponde. – La semina non è sufficiente per il consolidamento delle sponde troppo in pendenza e soggette a elevate forze di trascinamento.
PREPARAZIONE DEL TERRENO	<ul style="list-style-type: none"> – La semina si effettua su una superficie parzialmente o totalmente priva di vegetazione. – Il terreno che deve accogliere le sementi non deve essere troppo compattato e liscio. Nel caso, utilizzare un rastrello per rendere la superficie più rugosa: la penetrazione del seme nel suolo e la sua germinazione saranno facilitate. – Se le condizioni di stabilità del terreno lo necessitano, la semina è preceduta dall'apporto di terra vegetale. È necessario assicurarsi che tale terra sia priva di ogni frammento di specie esotiche invasive (esempio il poligono del Giappone - <i>Fallopia japonica</i>). – I terreni poveri in materia organica, principalmente costituiti da materiali inerti, possono essere inerbiti anche senza apporto di terra vegetale, con un miscuglio di sementi appropriato.
PERIODO DI REALIZZAZIONE E MESSA IN OPERA	<ul style="list-style-type: none"> – A seconda della composizione delle sementi, è possibile effettuare le semine durante tutto l'anno. – Semina a spaglio: le sementi sono sparse a mano o a macchina per le grandi superfici. – Semina a spessore: utilizzate principalmente per i terreni privi di humus. Alle sementi si aggiungono concimi e stabilizzanti/acceleranti della crescita. Dopo la semina, la superficie è ricoperta con uno strato di ca. 10 cm di «mulch» (paglia lunga), mischiata con collanti compatibili con la vegetazione (di preferenza collanti vegetali, biodegradabili). – Semina con fiorume: il risultato di uno sfalcio di una parcella ricca di piante fiorite è trasportata sulla parcella che si vuole inerbire. Per limitare le perdite, lo sfalcio deve essere di preferenza effettuato il mattino, quando l'umidità è ancora alta. Bisogna prevedere ca. 0.5-2.0 kg di fiorume per m². Una volta secca, l'erba sparsa sulla superficie deve essere lasciata sul posto per evitare l'evaporazione eccessiva e il dessiccamento dei semi. Il fieno sarà tuttavia levato quando il seme comincerà a germinare. Questo tipo di semina è consigliato per superfici ridotte e per suoli poco in pendenza. – Semina idraulica: l'acqua funge come vettore di trasporto del miscuglio composto dalla semenza, concime, mulch e collanti naturali. Il tutto viene spruzzato sul suolo mediante un'apposita pompa.
MANUTENZIONE	<ul style="list-style-type: none"> – La manutenzione delle semine deve essere ridotta al minimo. A seconda della superficie e della sua qualità operare uno o due sfalci annui (unicamente se le direttive del progetto lo esigono).

- Gli sfalci devono essere possibilmente effettuati tardivamente nella stagione (dopo la fioritura).
- Verifica dell'attecchimento e della crescita dei vegetali nelle prime due stagioni vegetative (periodo di garanzia) ed eventuale risemina delle superfici dove le sementi non hanno attecchito.

ANTAGGI

- La semina idraulica permette una colonizzazione vegetale rapida, regolare e molto densa.
- Permette la copertura vegetale di estese superfici in poco tempo.
- Assicura, dove è sufficiente, una protezione della superficie della sponda e un ingombro minimo della sezione idraulica.

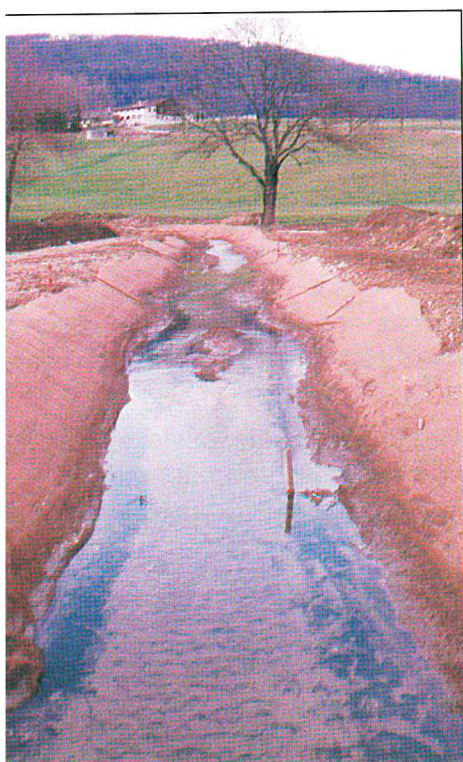
VANTAGGI

- Efficacia limitata secondo i tipi di suoli, della pendenza e della forza di trascinamento.
- In assenza di geotessili, le sementi possono essere dilavate durante i periodi di forti precipitazioni.
- Difficoltà nel reperire ecotipi vegetali locali. Pericolo quindi di inquinamenti genetici.

OSSERVAZIONI

- Per assicurare il successo della semina, è necessario conoscere perfettamente le condizioni ambientali in cui si opera (climatiche, edafiche).
- Un miscuglio «tecnico», stabilizzante, è sovente composto da un 95% di graminacee con un apparato radicale che cresce sia in profondità, sia lateralmente, da un 3% di leguminose e da un 2% di fiori vari.
- Se le sementi sono di provenienza dubbia, si consiglia di creare un miscuglio con il minimo delle specie indispensabili.
- È importante adattare il numero di specie da impiegare al grado di stabilità della sponda o del versante. Meno una sponda è soggetta a erosione o smottamenti, meno necessita di immediate protezioni. In questo caso è possibile utilizzare poche specie. La colonizzazione naturale compenserà l'assenza di una varietà specifica.

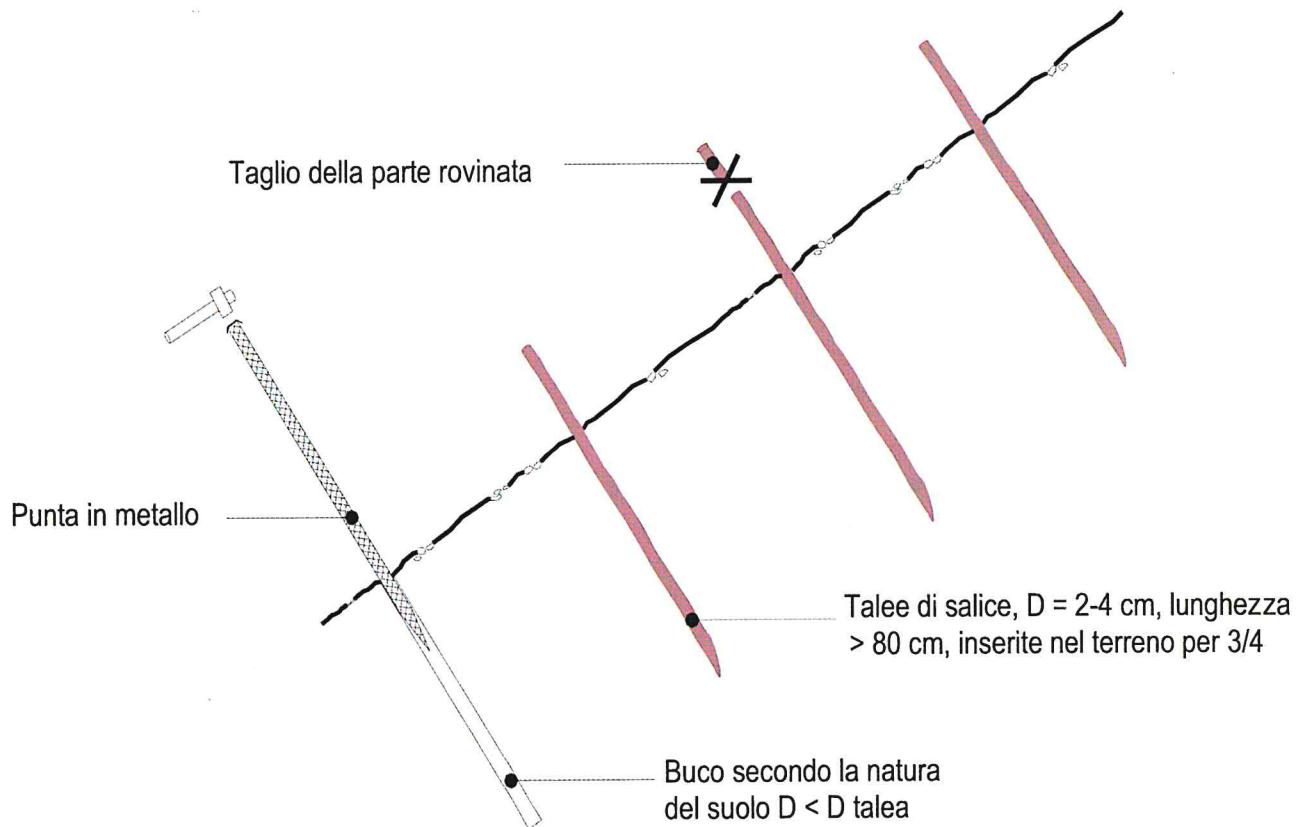
FIUME GOLATTE (CH-JU)



2 - Talee di salici

DESCRIZIONE	<ul style="list-style-type: none"> – La talea è un segmento di ramo con una forte capacità di ricaccio che si mette a dimora isolatamente o in gruppo e che, crescendo, forma un nuovo arbusto o una nuova pianta. Per quanto riguarda i salici, non tutte le specie si prestano per questo tipo di opera.
MATERIALE	<ul style="list-style-type: none"> – Rami di salici – Diametro = 2-4 cm – Lunghezza > 40-100 cm – Densità = variabile, secondo i risultati voluti
APPLICAZIONE (in relazione alle tipologie di Scheda 1)	<ul style="list-style-type: none"> – Grandi fiumi, canali principali, fiumi dell'area metropolitana, reticolo minore, cave e acque ferme. – Sponde di corsi d'acqua e versanti poco minacciati dalle forze erosive dell'acqua.
PREPARAZIONE DEL TERRENO	<ul style="list-style-type: none"> – Pulizia della sponda. – Preparazione, nel suolo, dei fori di inserimento della talea con una punta di metallo di diametro leggermente inferiore a quello della talea.
PERIODO DI REALIZZAZIONE E MESSA IN OPERA	<ul style="list-style-type: none"> – Per garantire la ripresa ottimale della talea è necessario metterla a dimora durante il periodo di riposo della vegetazione, ossia tra ottobre e marzo. – Inserire la talea nel suolo per 3/4 della lunghezza. Per una corretta ripresa della talea essa deve essere interrata con le gemme verso l'alto. – Evitare che ci siano spazi liberi tra la parete del foro e la talea, altrimenti vi è il rischio di un suo essiccamento. – Innaffiare la talee subito dopo la messa a dimora, ognuna con circa 1 litro di acqua.
VANTAGGI	<ul style="list-style-type: none"> – Opera che non necessita di grandi mezzi meccanici; i costi sono contenuti. – Buono e rapido sviluppo di nuovi arbusti e nuove piante. – Effetto di cintura verde (corridoi biologici). – Consolidamento del suolo in profondità.
SVANTAGGI	<ul style="list-style-type: none"> – Assenza di stabilizzazione del suolo prima dello sviluppo radicale delle talee. – Se posizionate in sommità di sponda, in suolo drenante, pericolo di essiccamento.
MANUTENZIONE	<ul style="list-style-type: none"> – Il tipo di manutenzione dell'opera è strettamente in relazione con l'ambiente nel quale è stata inserita (naturale, vicino allo stato naturale, antropizzato), la dimensione del corso d'acqua e il risultato finale che si vuole ottenere. – Assicurarsi che la posa delle talee segua la successione vegetale naturale, ossia: specie arbustive al piede di sponda e specie arboree nella parte superiore della sponda. – La crescita naturale dei salici arbustivi e delle piantine radicate deve essere garantita. Evitare quindi i tagli radicali. – Verifica dell'attecchimento e della crescita nelle prime due stagioni vegetative (periodo di garanzia) ed eventuali sostituzioni dei vegetali. – Eventuali tagli selettivi secondo le esigenze di crescita e di sviluppo prescritte dal progetto. – Controllo annuale, dopo il periodo di garanzia, compreso di eventuali ripristini di parti danneggiate e sostituzione, se necessario, della vegetazione non attecchita.

SEZIONE TIPO



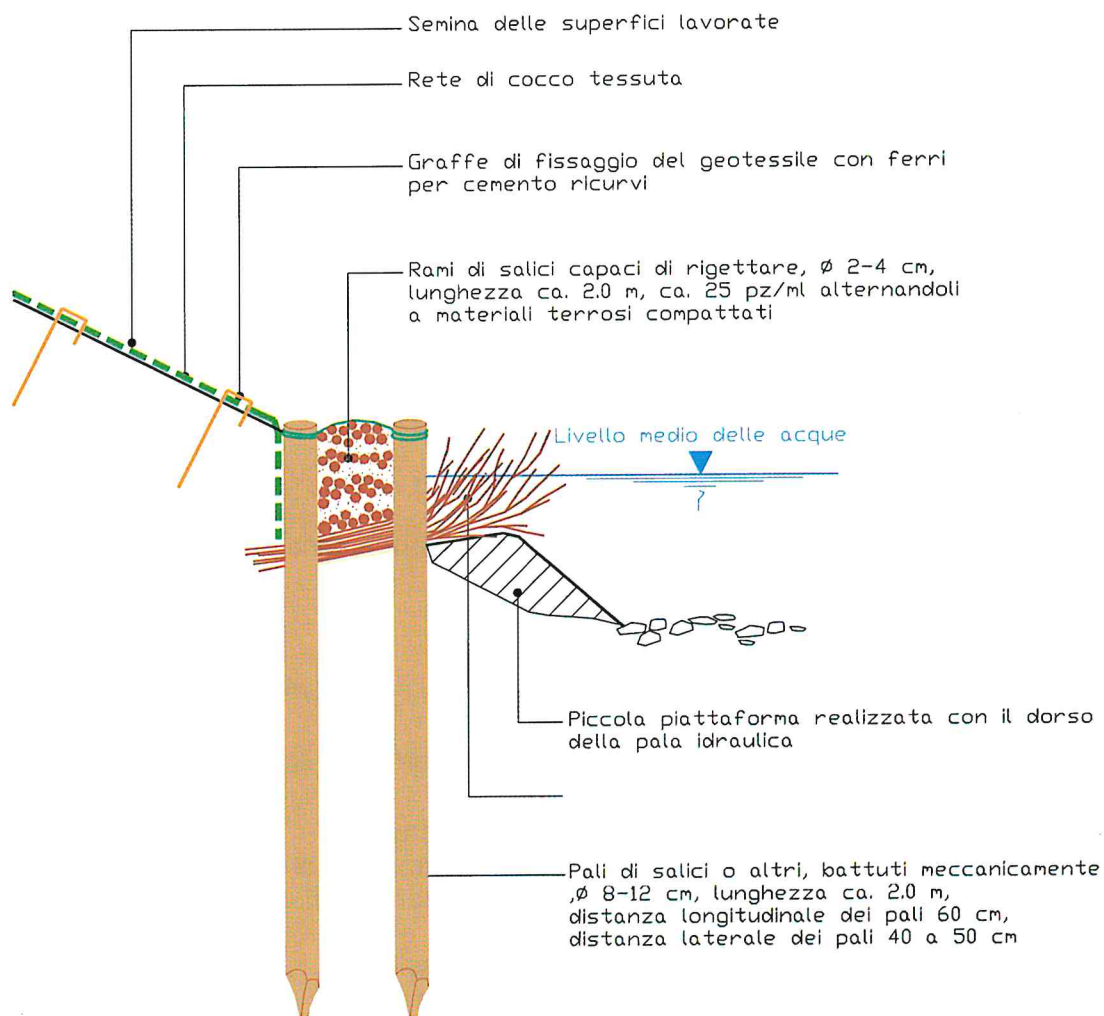
FIUME ARLY (F)



3 - Fascinata viva di salici

DESCRIZIONE	La fascinata doppia di salici è un'opera di protezione del piede della sponda. È costituita da una serie di fagotti di rami di salici posati tra due serie di pali battuti manualmente o meccanicamente.
MATERIALE	<ul style="list-style-type: none"> – Rami di salici – Diametro = 2-4 cm – Lunghezza > 200 cm – Densità = 25 pezzi / ml – Pali di salici, o altro, per fissare la copertura diffusa: diametro = 6-10 cm. Lunghezza > 100 cm. Distanza longitudinale = 60-100 cm. Filo di ferro galvanizzato (diametro 2-3 mm) – Geotessile biodegradabile in cocco per avvolgere i rami di salice – Materiali terrosi per il ricoprimento dei rami di salici
APPLICAZIONE (in relazione alle tipologie di Scheda 1)	<ul style="list-style-type: none"> – Grandi fiumi, canali principali, fiumi dell'area metropolitana, cave e acque ferme. – Sponde di corsi d'acqua soggetti a elevate forze erosive dell'acqua.
PREPARAZIONE DEL TERRENO	<ul style="list-style-type: none"> – Pulizia della sponda. – Scavo di una piccola buca, al piede della sponda, nella quale verrà inserita la fascinata.
PERIODO DI REALIZZAZIONE E MESSA IN OPERA	<ul style="list-style-type: none"> – Lavorando con materiale vegetale vivo, è preferibile realizzare l'opera durante il periodo di riposo della vegetazione cioè tra ottobre e marzo. – Battere meccanicamente due file di pali paralleli. La distanza laterale tra i due pali deve essere di 20-40 cm, mentre quella longitudinale (nel senso della corrente) di 60-100 cm. – Confezionare i fagotti di salici con i rami legati solidamente con del filo di ferro galvanizzato. Il fagotto deve essere molto denso in rami, lungo dai 200 ai 400 cm con un diametro di 20-40 cm. – Deporre i fagotti tra le due file di pali, compattandoli il più possibile. – Depositare tra i rami del materiale terroso. – Legare con del filo di ferro galvanizzato i fagotti ai pali. – Ricoprire l'opera con materiale terroso.
MANUTENZIONE	<ul style="list-style-type: none"> – Il tipo di manutenzione dell'opera è strettamente in relazione con l'ambiente nel quale è stata inserita (naturale, vicino allo stato naturale, antropizzato), la dimensione del corso d'acqua e il risultato finale che si vuole ottenere. – La crescita naturale dei salici arbustivi deve essere garantita. Evitare quindi i tagli radicali delle specie arbustive che precludono il corretto sviluppo dell'opera e, quindi, la sua funzione stabilizzante al piede. – Verifica dell'attecchimento e della crescita nelle prime due stagioni vegetative (periodo di garanzia) ed eventuali sostituzioni dei vegetali. – Eventuali tagli selettivi secondo le esigenze di crescita e di sviluppo prescritte dal progetto. Ad esempio, tagli per impedire la crescita di alberi ad alto fusto nella metà inferiore della sponda. – Controllo annuale, dopo il periodo di garanzia, compreso di eventuali ripristini di parti danneggiate e sostituzione, se necessario, della vegetazione non attecchita.
VANTAGGI	<ul style="list-style-type: none"> – Permette una solida protezione del piede della sponda. – Si adatta alle irregolarità della sponda. – Permette un consolidamento immediato del piede della sponda, ancora prima dello sviluppo dei vegetali. – Si adatta bene a quei corsi d'acqua dove il periodo di magra è assai prolungato.
SVANTAGGI	<ul style="list-style-type: none"> – Necessita di grandi quantità di rami di salici. – La sua realizzazione è più complessa rispetto alla viminata. – Non è indicata per i piccoli corsi d'acqua a causa del grande sviluppo della vegetazione e, di conseguenza, dell'ingombro dell'alveo.

SEZIONE TIPO



FIUME ARLY (F)



4 - Fascinata di elofite

DESCRIZIONE	La fascinata di elofite è un'opera di protezione del piede della sponda. È costituita da un fagotto di rizomi, piante semiacquatiche nella loro terra vegetale, fissato al suolo da un palo battuto manualmente o meccanicamente.
MATERIALE	<ul style="list-style-type: none"> – Rizomi di elofite (<i>Phragmites australis</i>, <i>Typha angustifolia</i>, <i>Carex sp.</i>, ...) → Grandezza zolle = 10.0 x 10.0 cm → Densità = 5 pezzi / ml – Ramaglia di salici o altro → Diametro = 0.5-2.0 cm → Lunghezza > 70 cm → Densità = 40 pezzi / ml – Pali di salici o altro per fissare al suolo la fascinata: diametro = 6-10 cm. Lunghezza > 100 cm. Distanza longitudinale = 60-100 cm – Geotessile biodegradabile in cocco annodato/tessuto e non tessuto per la costruzione del fagotto – Materiali sabbiosi per il riempimento del fagotto
APPLICAZIONE (in relazione alle tipologie di Scheda 1)	– Grandi fiumi, canali principali, fiumi dell'area metropolitana, reticolo minore, cave e acque ferme.
PREPARAZIONE DEL TERRENO	<ul style="list-style-type: none"> – Pulizia della sponda. – Scavo di una piccola buca, al piede della sponda, nella quale verrà inserita la fascinata.
PERIODO DI REALIZZAZIONE E MESSA IN OPERA	<ul style="list-style-type: none"> – Lavorando con materiali vegetali vivi è preferibile realizzare l'opera durante il periodo di riposo della vegetazione, ossia tra ottobre e marzo. – Realizzare una piccola piattaforma al piede di sponda. – Posare la ramaglia sulla piattaforma, perpendicolarmente al deflusso dell'acqua. – Srotolare la rete di cocco annodata o tessuta e porre al di sopra la rete non tessuta ripiegata su se stessa (doppia). – Depositare i materiali sabbiosi e terrosi sul geotessile. – Chiudere i due geotessili ripiegandoli verso la sponda. – Affrancare i geotessili tra loro; in seguito fissarli alla sponda con graffe metalliche ricurve. – Tagliare i geotessili, inserire i pali battendoli manualmente o meccanicamente. – Tagliare i geotessili a triangolo e inserire le zolle di elofite. Poi affrancare la parte tagliata con una graffa metallica. – Deposare materiali terrosi dietro la fascina per assicurare una corretta transizione con la sponda. – Tagliare in maniera netta e precisa i pali a livello della fascinata.
MANUTENZIONE	<ul style="list-style-type: none"> – Il tipo di manutenzione dell'opera è strettamente in relazione con l'ambiente nel quale è stata inserita (naturale, vicino allo stato naturale, antropizzato), la dimensione del corso d'acqua e il risultato finale che si vuole ottenere. – La crescita naturale delle piante semiacquatiche deve essere garantita. Evitare quindi i tagli radicali che precludono il corretto sviluppo dell'opera e la sua funzione stabilizzante. – Verifica dell'attecchimento e della crescita nelle prime due stagioni vegetative (periodo di garanzia) ed eventuali sostituzioni di vegetali. – Verifica del corretto posizionamento delle fascinate in relazione al livello medio dell'acqua. Eventuale modifica della quota della fascinata. – Controllo annuale, dopo il periodo di garanzia, con eventuali ripristini di parti danneggiate e sostituzione, se necessario, delle elofite non attecchite.

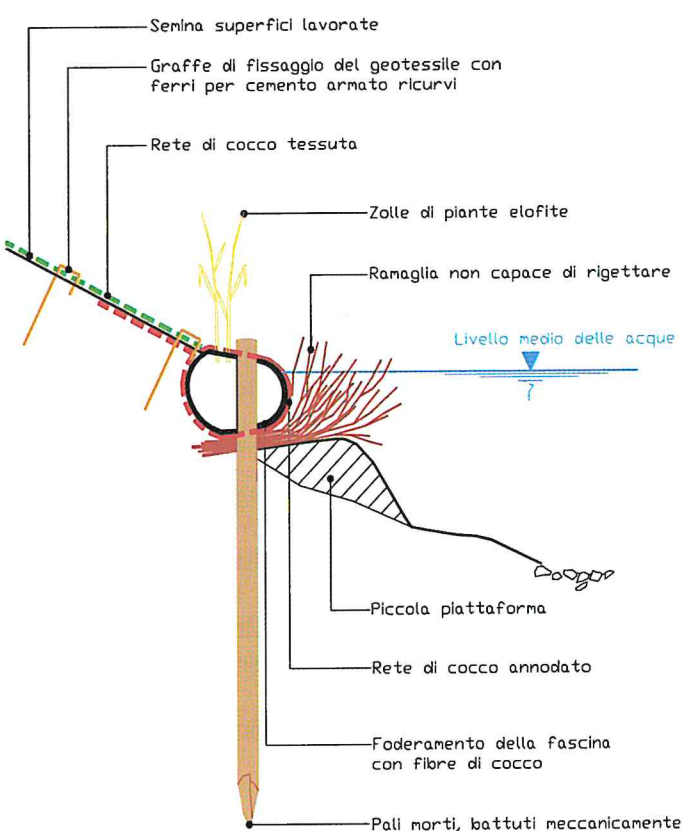
VANTAGGI

- Permette una solida protezione del piede della sponda.
- Si adatta alle irregolarità della sponda.
- Permette un consolidamento immediato del piede della sponda, ancora prima dello sviluppo dei vegetali.
- Garantisce un ingombro minimo della sezione idraulica.
- Garantisce un'elevata diversificazione dell'ambiente acquatico.
- I canneti hanno in modo particolare elevate capacità depurative dell'acqua (fitodepurazione).

SVANTAGGI

- Lo sviluppo nei corsi d'acqua più eutrofizzati può essere assai rigoglioso. Può causare un problema nei piccoli corsi d'acqua.
- Difficile reperimento dei rizomi.

SEZIONE TIPO



FIUME LYF (F)



5 - Viminata viva di salici

DESCRIZIONE	La viminata è una protezione del piede della sponda. Consiste in un intreccio di rami di salice attorno a pali battuti manualmente o meccanicamente. La viminata può raggiungere i 40-50 cm di altezza.
MATERIALE	<ul style="list-style-type: none"> – Rami di salici <ul style="list-style-type: none"> → Diametro = 2-4 cm → Lunghezza > 40-100 cm → Densità = variabile, secondo i risultati voluti – Pali di salici, o altro, per fissare la copertura diffusa <ul style="list-style-type: none"> → Diametro = 6-10 cm → Lunghezza > 100 cm → Distanza longitudinale = 80-100 cm – Se necessario, materiali terrosi da posare tra il piede della scarpata e la viminata, per ottimizzare la crescita dei salici
APPLICAZIONE (in relazione alle tipologie di Scheda 1)	<ul style="list-style-type: none"> – Canali principali, fiumi dell'area metropolitana, reticolo minore. – Sponde di corsi d'acqua di piccole-medie dimensioni, dove le forze erosive non sono troppo elevate.
PREPARAZIONE DEL TERRENO	<ul style="list-style-type: none"> – Pulizia del piede della sponda.
PERIODO DI REALIZZAZIONE E MESSA IN OPERA	<ul style="list-style-type: none"> – Lavorando con materiale vegetale vivo, è preferibile, per garantire la riuscita dell'opera, operare durante il periodo di riposo della vegetazione, ossia tra ottobre e marzo. – Battere nel suolo i pali di salice (o altro). La distanza dei pali può variare tra i 60-80 cm. – Il palo situato all'inizio della viminata deve essere battuto nella sponda stessa, in modo che non provochi un ostacolo al deflusso dell'acqua. Di conseguenza, la cima della viminata sarà ricurva ed entrerà nella sponda. – Intrecciare i rami di salice con la loro ramaglia in modo da formare una barriera di 15-50 cm d'altezza. – Inserire la base dei rami nel suolo prima di cominciare l'intreccio che si effettua da monte verso valle. – Dopo la realizzazione di ogni strato, effettuare una pressione su tutta la struttura (mettendosi in piedi o posizionando un asse di legno sulla stessa) in modo da renderla molto densa ed evitare la formazione di spazi vuoti tra i rami. – Riempire con materiali terrosi gli spazi vuoti esistenti tra la sponda e la viminata, per evitare il deessicamento dei rami. – Infine tagliare l'estremità dei pali al di sopra dell'opera.
MANUTENZIONE	<ul style="list-style-type: none"> – Il tipo di manutenzione dell'opera è strettamente in relazione con l'ambiente nel quale è stata inserita (naturale, vicino allo stato naturale, antropizzato), la dimensione del corso d'acqua e il risultato finale che si vuole ottenere. – La crescita naturale dei salici deve essere garantita. Evitare tagli radicali che precludono il corretto sviluppo dell'opera e quindi la sua funzione stabilizzante. – Verifica dell'attecchimento e della crescita nelle prime due stagioni vegetative (periodo di garanzia) ed eventuali sostituzioni dei vegetali. – Eventuali tagli selettivi secondo le esigenze di crescita e di sviluppo prescritte dal progetto. – Controllo annuale, dopo il periodo di garanzia, con eventuali ripristini di parti danneggiate e sostituzione, se necessario, della vegetazione non attecchita.

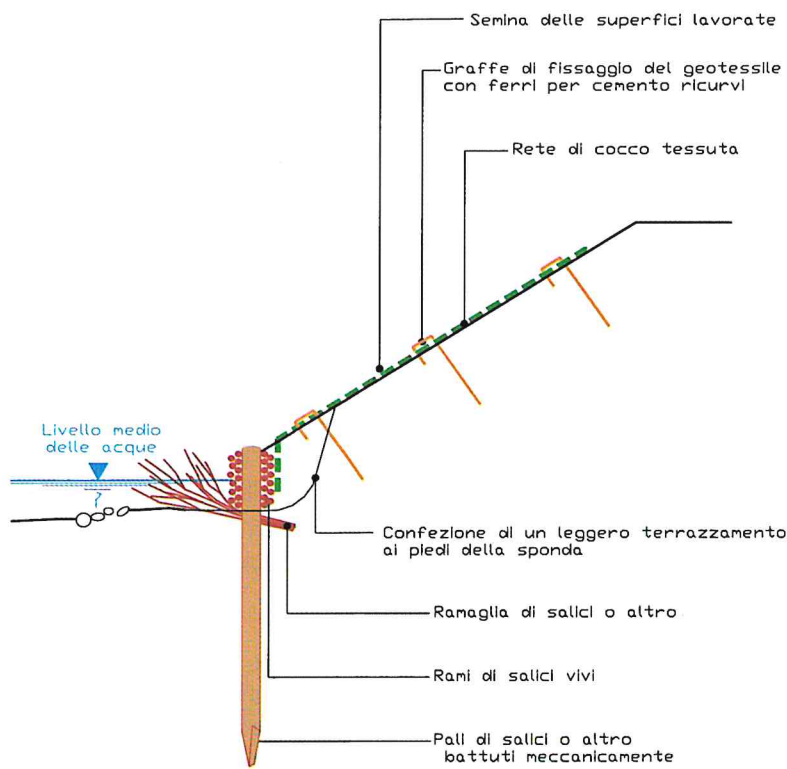


- VANTAGGI

- Non necessita l'utilizzo di grandi mezzi meccanici e quindi economicamente interessante.
 - Permette un consolidamento immediato del piede della sponda, ancora prima dello sviluppo dei vegetali.
 - Si adatta bene alle irregolarità delle sponde.
 - Di facile costruzione.
- SVANTAGGI

- Altezza di protezione relativamente bassa.
 - Necessitano sovente di tecniche vegetali e di opere accompagnatrici.
 - Sui corsi d'acqua di ridotte dimensioni, lo sviluppo dei salici può determinare un eccessivo ingombro. Risulta quindi necessario prevedere un piano di manutenzione della vegetazione.

SEZIONE TIPO



FIUME CHATELARD (CH - FR)



6 - Copertura diffusa di salici

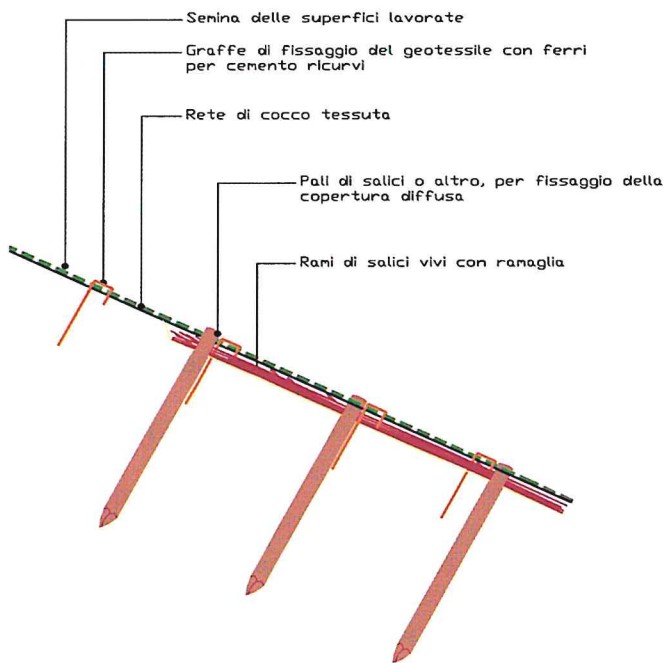
DESCRIZIONE	<p>La copertura diffusa di salici è un'opera di difesa spondale che comporta una copertura della superficie del suolo con rami capaci di ricaccio, per esempio di salici. Consente di ottenere una protezione immediata della superficie del suolo.</p> <p>Deve essere coadiuvata da un efficace consolidamento del piede di sponda tramite scogliera, palificata o fascinata, tecniche non contemplate nella presente scheda.</p>
MATERIALE	<ul style="list-style-type: none"> – Rami e ramaglia di salici <ul style="list-style-type: none"> → Diametro = 1-3 cm → Lunghezza > 200 cm → Densità = 30-40 pezzi /m – Pali di salici, o altro, per fissare la copertura diffusa <ul style="list-style-type: none"> → Diametro = 6-10 cm → Lunghezza > 100 cm → Distanza longitudinale = 80-100 cm – Materiali terrosi per il ricoprimento dei rami di salici – Filo di ferro galvanizzato (diametro 2-3 mm) – Geotessile biodegradabile in cocco compreso di graffe per il fissaggio (facoltativo)
APPLICAZIONE (in relazione alle tipologie di Scheda 1)	<ul style="list-style-type: none"> – Grandi fiumi, canali principali, fiumi dell'area metropolitana. – Sponde e versanti di corsi d'acqua soggetti ad erosione. – Sponde e versanti con elevate forze di trascinamento.
PREPARAZIONE DEL TERRENO	<ul style="list-style-type: none"> – Pulizia della sponda. – Riprofilatura della sponda in modo da ottenere una superficie regolare. – Eventuale apporto di materiali terrosi se il suolo presenta granulometrie troppo grossolane.
PERIODO DI REALIZZAZIONE E MESSA IN OPERA	<ul style="list-style-type: none"> – Lavorando con materiale vegetale vivo, è preferibile, per assicurare un'ottima ripresa vegetale, realizzare l'opera durante il periodo di riposo della vegetazione, ossia tra ottobre e marzo. – Posare i rami di salici sulla sponda perpendicolarmente al deflusso dell'acqua, in modo da ricoprire tutta la superficie del suolo. – La base dei rami deve toccare l'acqua. – Disporre sopra i rami il geotessile biodegradabile fissandolo con le graffe (facoltativo). – Battere nel suolo i pali di salice o altro, lasciandoli provvisoriamente a 20 cm dal suolo. – Legare, in modo incrociato, i pali con il filo di ferro in modo da formare un reticolato. – Battere meccanicamente i pali per fissare in modo definitivo l'opera al suolo. I rami devono essere in contatto con la terra. – Ricoprire i rami con uno strato di circa 5 cm di materiali terrosi.
MANUTENZIONE	<ul style="list-style-type: none"> – Il tipo di manutenzione dell'opera è strettamente in relazione con l'ambiente nel quale è stata inserita (naturale, vicino allo stato naturale, antropizzato), la dimensione del corso d'acqua e il risultato finale che si vuole ottenere. – La crescita naturale dei salici deve essere garantita. Evitare tagli radicali che precludono il corretto sviluppo dell'opera e quindi la sua funzione stabilizzante. – Verifica dell'attecchimento e della crescita nelle prime due stagioni vegetative (periodo di garanzia) ed eventuali sostituzioni di vegetali. – Eventuali tagli selettivi secondo le esigenze di crescita e di sviluppo prescritte dal progetto. Ad esempio, tagli per impedire la crescita di alberi ad alto fusto nella metà inferiore della sponda. – Eventuali tagli selettivi di vegetazione esotica e invasiva (esempio: <i>Fallopia japonica</i>). – Controllo annuale, dopo il periodo di garanzia, compreso di eventuali ripristini di parti danneggiate e sostituzione, se necessario, della vegetazione non attecchita.



- VANTAGGI
- Protezione superficiale del suolo immediata.
 - Consolidamento del suolo in profondità.
 - Crescita veloce.
 - Copertura densa.
 - Effetto di cintura verde (corridoi biologici).

- SVANTAGGI
- Impiego di molto materiale e di molto lavoro, quindi risulta essere un'opera assai costosa.
 - La densa copertura di salici determina una lenta colonizzazione da parte di altre specie arboree e arbustive.

SEZIONE TIPO



FIUME MEURTHE (F)



7 - Gradonata viva di salici e piantine radicate

DESCRIZIONE	La gradonata è una struttura per il sostegno di scarpate o versanti ripidi. È composta da rami di salici vivi e da piantine radicate disposti fianco a fianco in piccole trincee realizzate su più piani. La gradonata può essere eseguita in un terreno esistente oppure composta in associazione con geotessili biodegradabili e materiali terrosi.
MATERIALE	<ul style="list-style-type: none"> – Rami di salici <ul style="list-style-type: none"> → Diametro = 2-4 cm → Lunghezza > 40-100 cm → Densità = 15 pezzi/m – Piantine radicate <ul style="list-style-type: none"> → Densità = 2 pezzi/m
APPLICAZIONE (in relazione alle tipologie di Scheda 1)	<ul style="list-style-type: none"> – Grandi fiumi, cave e acque ferme. – Sponde di corsi d'acqua e versanti soggetti a erosioni significative, con pendenze elevate, e costituite da materiali poco coesivi e di bassa resistenza al taglio.
PREPARAZIONE DEL TERRENO	<p>A seconda di come si presenta la superficie si potrà prevedere:</p> <ul style="list-style-type: none"> – La realizzazione di un deposito di materiali inerti: è importante che alla base della sponda vi sia una superficie relativamente piana, senza vegetazione o blocchi di pietra, in modo da poter realizzare la piattaforma sulla quale si realizzerà il primo livello della gradonata. – L'esecuzione di uno scavo: in questo caso si deve preparare la sponda in modo da togliere ogni possibile ostacolo alla costruzione dell'opera.
PERIODO DI REALIZZAZIONE E MESSA IN OPERA	<ul style="list-style-type: none"> – Lavorando con materiali vegetali vivi è preferibile realizzare l'opera durante il periodo di riposo della vegetazione, ossia tra ottobre e marzo. – Deve essere realizzata alla base della sponda una trincea obliqua di 0.5-2.0 m di profondità e con un'inclinazione di 10° verso la riva. – Posare rami di salici arbustivi gli uni accanto agli altri in modo molto ravvicinato. La base del ramo deve sempre essere diretta verso la riva. I rami devono fuoriuscire dalla sponda al massimo per 1/3 della lunghezza e in generale non più di 30 cm. – Tra le talee di salice intercalare piantine radicate. Le estremità dovranno essere tagliate in modo che la pianta cresca direttamente in verticale. – Una volta disposti correttamente i vegetali, la prima trincea è ricoperta con il materiale di scavo della trincea superiore. È necessario compattare bene il materiale di riempimento per evitare la formazione di vuoti e in modo che i vegetali siano sempre in contatto con la terra. – Se la realizzazione prevede il deposito di materiale inerte, il riporto su di esso del primo strato di terra vegetale sarà protetto con un geotessile sintetico per evitare che essa venga dilavata dall'acqua. – Sopra questo primo strato, ben compattato, si depositano i vegetali. – Si procede quindi al riporto del secondo strato, che si compatterà con un mezzo appropriato, e alla seconda fila di vegetali. Si ripete questa procedura fino al completamento dell'opera. – Per garantire un migliore consolidamento, è consigliabile, nei settori più a rischio, rinforzare i materiali terrosi con del geotessile biodegradabile.
MANUTENZIONE	<ul style="list-style-type: none"> – Il tipo di manutenzione dell'opera è strettamente in relazione con l'ambiente nel quale è stata inserita (naturale, vicino allo stato naturale, antropizzato), la dimensione del corso d'acqua e il risultato finale che si vuole ottenere. – La crescita naturale dei salici arbustivi e delle piantine radicate deve essere garantita. Evitare quindi i tagli radicali. – Verifica dell'attecchimento e della crescita nelle prime due stagioni vegetative (periodo di garanzia) ed eventuali sostituzioni dei vegetali. – Eventuali tagli selettivi secondo le esigenze di crescita e di sviluppo prescritte dal progetto. – Controllo annuale, dopo il periodo di garanzia, compreso di eventuali ripristini di parti danneggiate e sostituzione, se necessario, della vegetazione non attecchita.

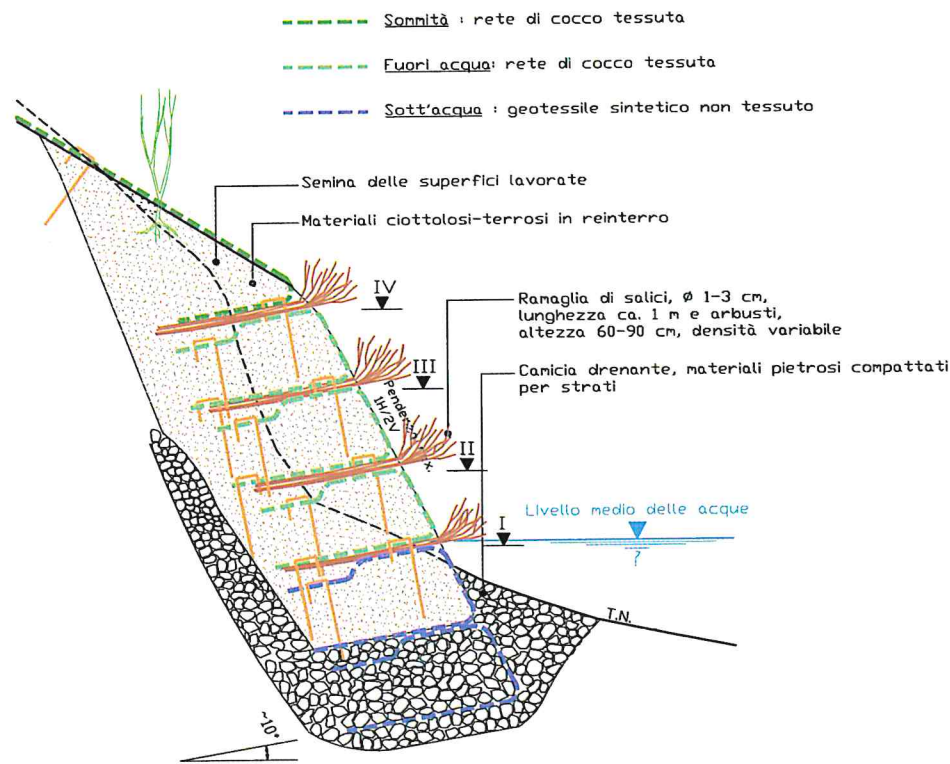
/ANTAGGI

- Le radici, sviluppandosi e penetrando profondamente nel terreno, lo stabilizzano e lo consolidano.
- Le radici hanno un effetto drenante e stabilizzante di suoli mobili.
- I rami e le talee frenano il deflusso dell'acqua diminuendo l'effetto dell'erosione superficiale.
- Integrazione di salici con altre essenze vegetali, evitando così una monocoltura.
- Opera che permette la colonizzazione spontanea di altre piante.

SVANTAGGI

- Sono necessarie grandi quantità di materiale vegetale.
- La sua realizzazione come «terra armata», ossia impiegando geotessili e materiali terrosi, necessita dell'impiego di mezzi specializzati.

SEZIONE TIPO



FIUME ERVERATTE (CH-JU)



8 - Palificata doppia viva

DESCRIZIONE	La palificata doppia viva è una struttura rigida, costituita da tondelli di legno di conifera posti parallelamente e perpendicolarmente al deflusso della corrente. Da impiegare preferibilmente solo per sponde molto ripide e fortemente erose.
MATERIALE	<ul style="list-style-type: none"> – Tondelli di legno <ul style="list-style-type: none"> → Diametro = 15-30 cm → Lunghezza tondelli perpendicolari = 1,50-2,0 m → Lunghezza tondelli paralleli (longarine) = 5,0-10,0 m – Barre d'armatura <ul style="list-style-type: none"> → Diametro = 14,0 mm → Lunghezza = 60 cm – Rami di salici e/o altre specie da ripisilva <ul style="list-style-type: none"> → Diametro = 2,0-5,0 cm → Lunghezza = 2,0-3,0 m – Blocchi di pietra per il riempimento (se non è possibile posare vegetazione radicante nella palificata)
APPLICAZIONE (in relazione alle tipologie di Scheda 1)	<ul style="list-style-type: none"> – Grandi fiumi, canali principali, fiumi dell'area metropolitana, reticolo minore. – Sponde di corsi d'acqua soggetti ad elevate forze erosive. – Tratti di fiume dove non c'è una grande disponibilità di spazio in sommità di sponda.
PREPARAZIONE DEL TERRENO	<ul style="list-style-type: none"> – Costituzione di una piattaforma regolare e livellata che non deve essere solida e non deve deformarsi. – La piattaforma deve avere un'inclinazione di ca. 10° verso la sponda.
PERIODO DI REALIZZAZIONE E MESSA IN OPERA	<ul style="list-style-type: none"> – Visto l'impiego di talee e piantine radicate è preferibile realizzare tali opere durante il periodo di riposo della vegetazione, ossia tra ottobre e marzo. – Posare le prime due longarine sulla piattaforma e disporvi in modo perpendicolare i tondelli su tutta la lunghezza necessaria. – Se necessario, riempire questo primo livello con materiale drenante (ghiaia). – Continuare a disporre, alternativamente, longarine e tondelli fino all'altezza voluta. – Dopo aver finito ogni livello, riempire la palificata con materiali terrosi, compattandoli adeguatamente. – Con barre d'acciaio, affrancare i tondelli posti perpendicolarmente sulle longarine. – Tra due livelli di longarine e tra i tondelli perpendicolari, disporre rami di salice vivi in modo molto fitto. La base dei rami dovrà stare all'interno della palificata. I rami non dovranno fuoriuscire oltre 20-30 cm dalla palificata. – Tra i rami di salice si possono inserire anche piantine radicate tagliate in modo da permettere immediatamente la crescita verticale. – Per evitare il dilavamento dei materiali terrosi, è possibile incorporare, tra due file di longarine, un geotessile biodegradabile in cocco.
MANUTENZIONE	<ul style="list-style-type: none"> – Il tipo di manutenzione dell'opera è strettamente in relazione con l'ambiente nel quale è stata inserita (naturale, vicino allo stato naturale, antropizzato), la dimensione del corso d'acqua e il risultato finale che si vuole ottenere. – La crescita naturale dei salici arbustivi e delle piantine radicate deve essere garantita. Evitare quindi i tagli radicali. – Verifica dell'attecchimento e della crescita nelle prime due stagioni vegetative (periodo di garanzia) ed eventuali sostituzioni dei vegetali. – Verifica della stabilità del tondame. – Eventuali tagli selettivi secondo le esigenze di crescita e di sviluppo prescritte dal progetto. – Controllo annuale, dopo il periodo di garanzia, compreso di eventuali ripristini di parti danneggiate e sostituzione, se necessario, della vegetazione non attecchita.

VANTAGGI

- Protezione e consolidamento immediati della sponda erosa.
- Costruzione rapida e semplice.
- Possibilità di adattare l'altezza dell'opera ad ogni situazione.
- Colonizzazione possibile da parte di altre specie vegetali, oltre a quelle inserite durante la costruzione.

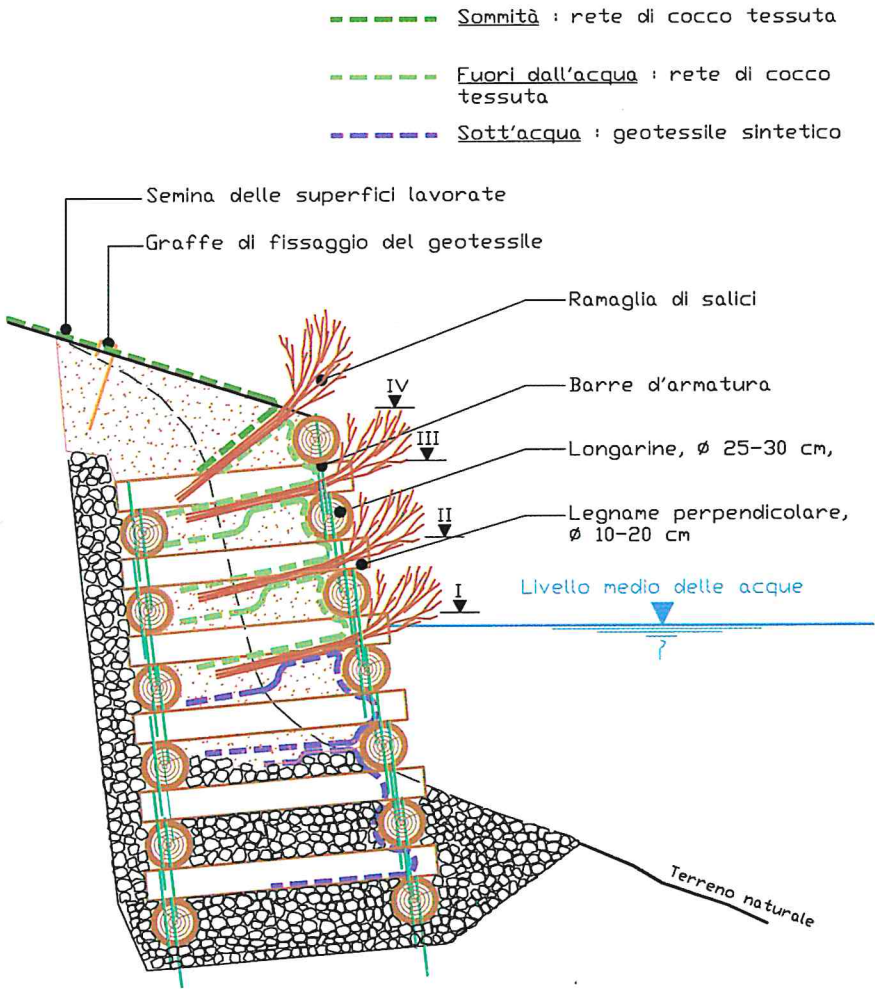
VANTAGGI

- Essendo un elemento rigido, può provocare, se mal posizionata e mal concepita, erosioni della sponda e il dilavamento dei materiali terrosi.
- Non sempre è facile costruire una stabile piattaforma di appoggio.
- Sovente è necessario costruire una o due briglie di fondo per evitare l'erosione alla base dell'opera.

FIUME GOBE' (CH - GE)



SEZIONE TIPO



Allegato B

Schede esemplificative di esperienze estere

1 - Stabilizzazione delle sponde

FIUME RODANO (F)



Situazione iniziale 16.9.1993



Durante i lavori 16.9.1994

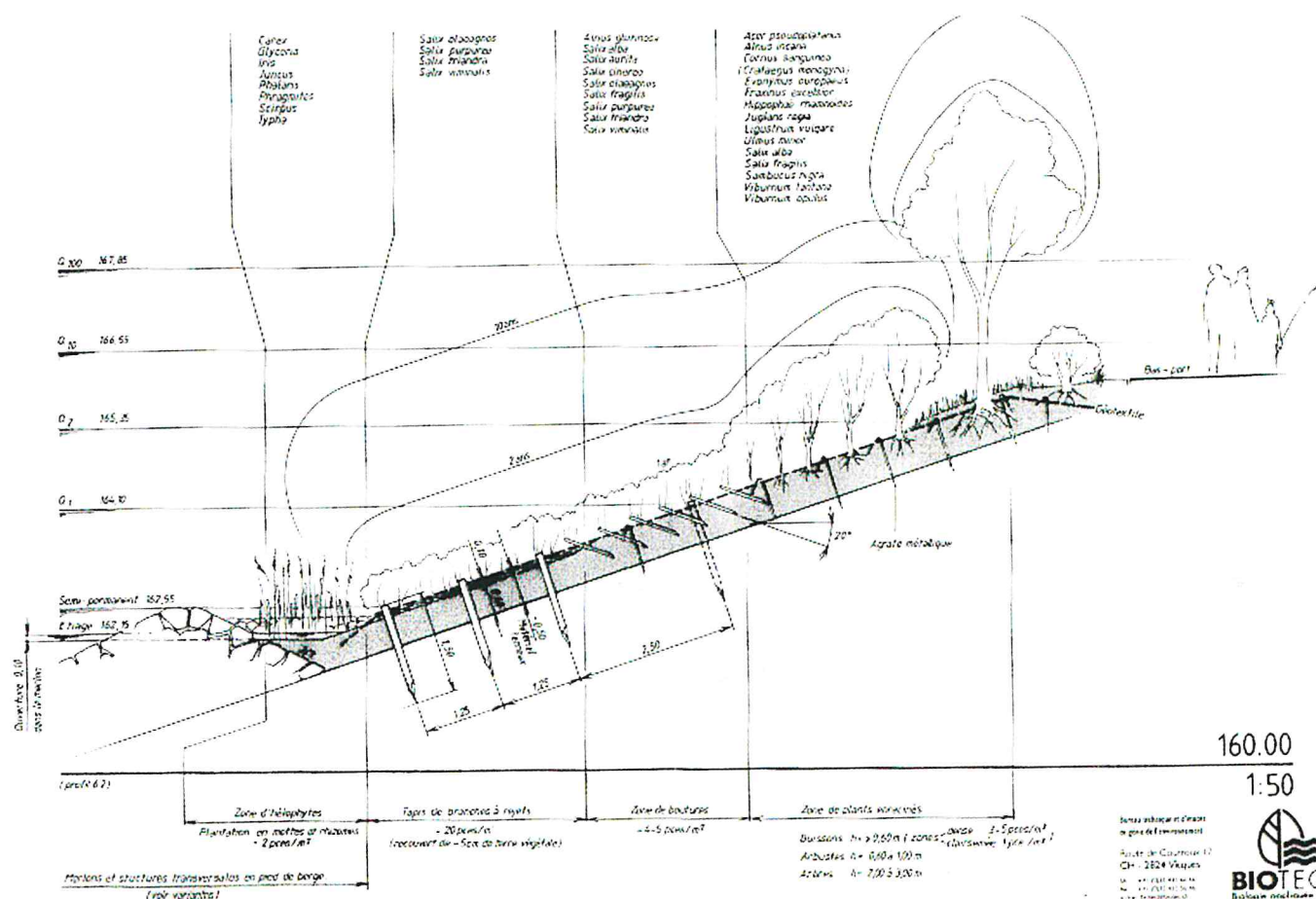


Situazione finale 11.9.1998

Intervento applicabile alla tipologia: Grandi fiumi

PROBLEMATICA	Stabilizzazione delle sponde
SITO	Fiume Rodano a Lione (F)
COMUNE	Lione (F)
COMMITTENTE	Compagnie Nationale du Rhône (C.N.R.)
INTERVENTI	<ul style="list-style-type: none"> - Preparazione dei suoli - Creazione di coperture diffuse di salici - Posa di geotessili biodegradabili in cocco - Messa a dimora di talee e di piantine radicate di specie arbustive e arboree secondo lo schema della naturale successione della vegetazione
FINANZIAMENTI	- Compagnie Nationale du Rhône (C.N.R.)
IMPORTO / DATA	- 1.200.000 FF - 1994
DIMENSIONI	- 600 m

ESTRATTO DI SEZIONE TIPO



2 - Protezione di sponda

FIUME NAVIGABILE SARTHE (F)



Situazione iniziale 11.8.1998



Situazione finale 12.4.1999

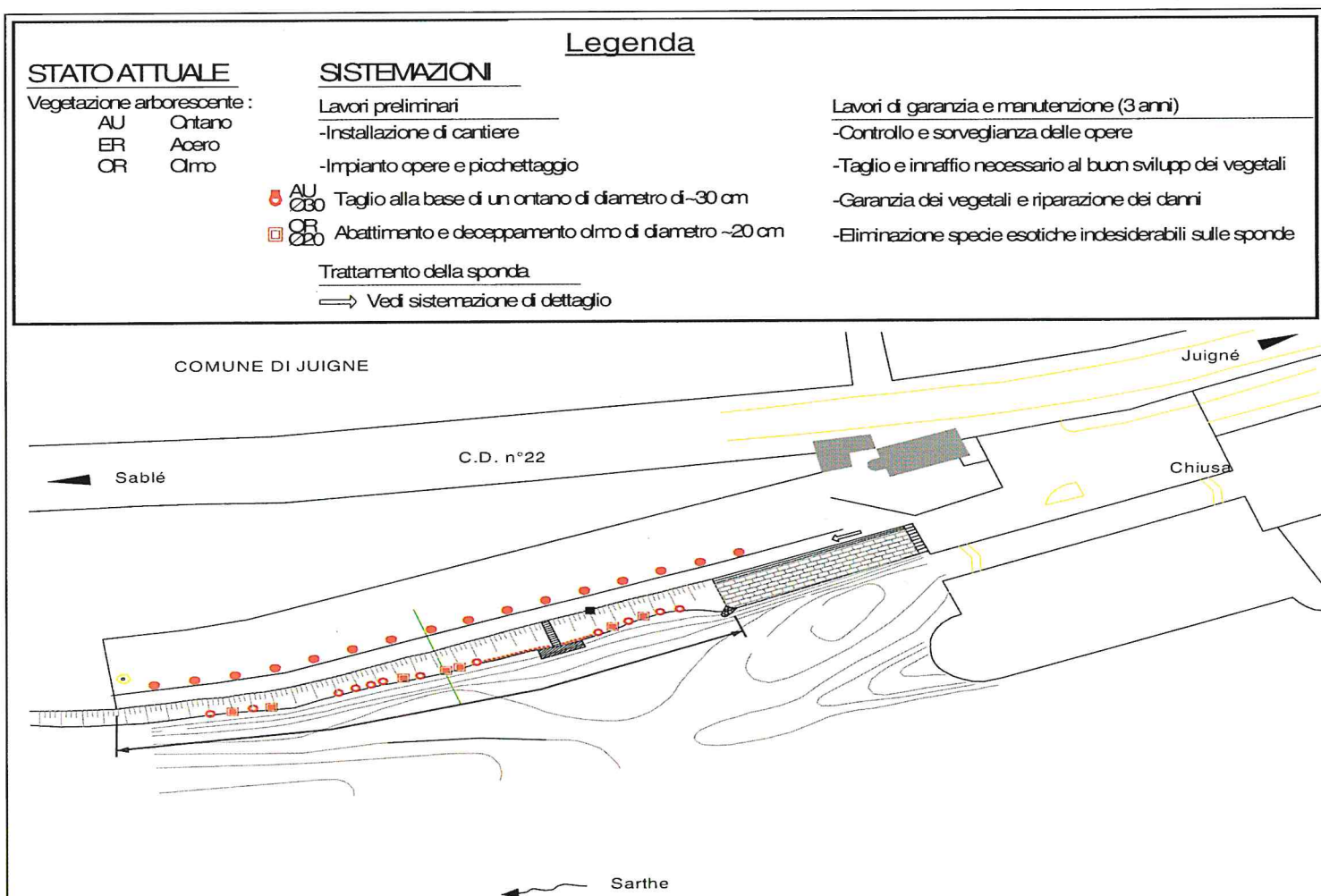


Durante i lavori 2.10.1998

Intervento applicabile alla tipologia: Canali principali

PROBLEMATICA	Protezione sponda
SITO	Settore della strada d'Australie
COMUNE	Mans (F)
COMMITTENTE	Consiglio generale Sarthe con il Sindacato intercomunale Bacino della Maine (SIBM) e il conservatorio regionale dei fiumi Loira e affluenti
INTERVENTI	<ul style="list-style-type: none"> - Demolizione del vecchio argine - Riprofilatura sponda - Creazione di palificate doppie vegetalizzate - Piantumazioni di specie arbustive autoctone e adatte al sito - Protezione della sponda con stuoie geotessili biodegradabili in cocco - Semina delle superfici lavorate
FINANZIAMENTI	- Si veda la voce Committente
IMPORTO / DATA	- 940.000 FF - 1998
DIMENSIONI	- 270 m

ESTRATTO DI PLANIMETRIA DI PROGETTO



3 - Progetto pilota

FIUME NAVIGABILE LYS (F)



Situazione fine lavori 16.4.1995



Situazione finale 10.7.1996

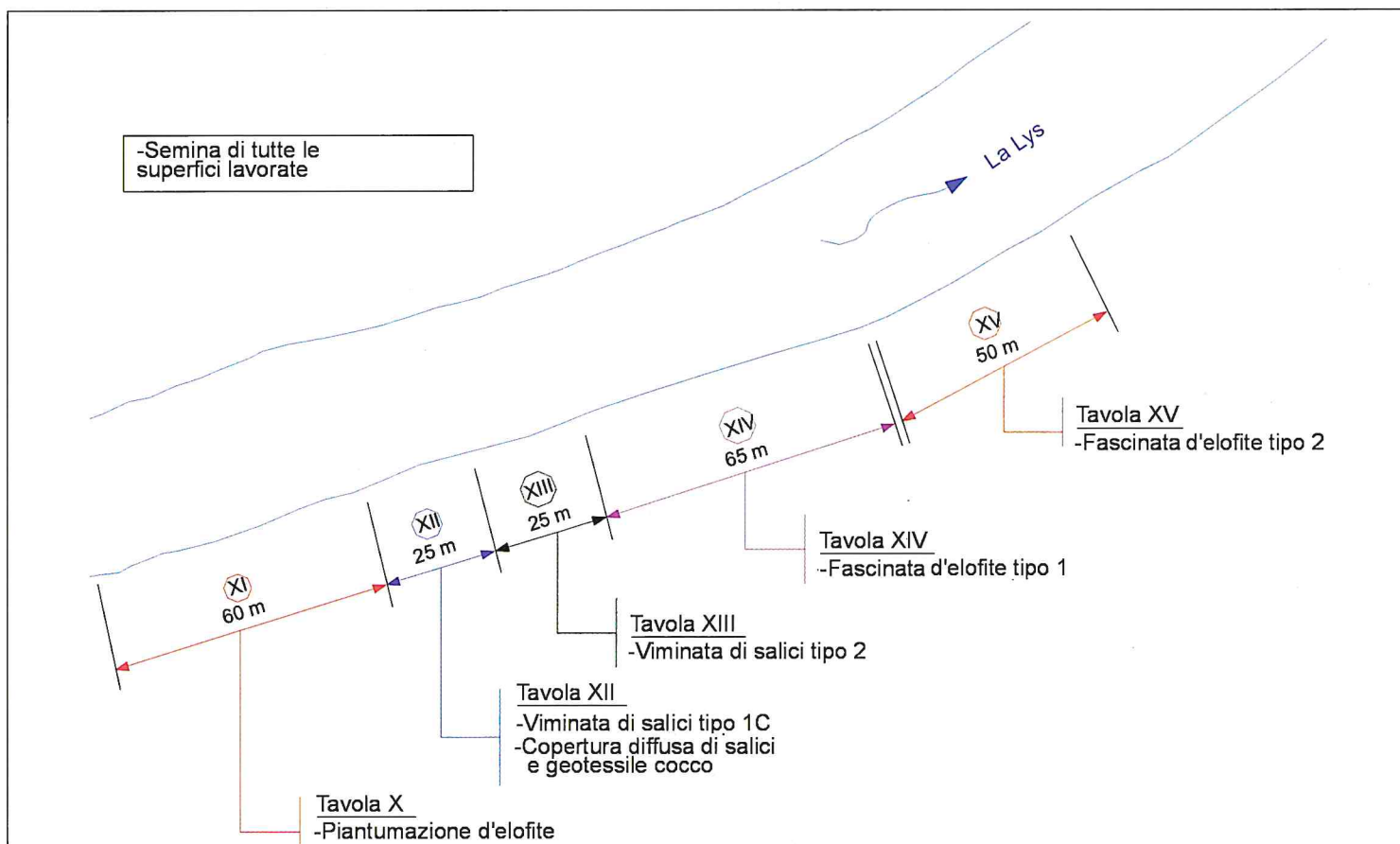


Particolare della fascinata di elofite

Intervento applicabile alla tipologia: Canali principali

PROBLEMATICA	Cantiere sperimentale - verifica utilizzo ingegneria naturalistica lungo i canali navigabili
SITO	A monte e a valle del ponte del Badou
COMUNE	Frelinghien (F)
COMMITTENTE	Ministère de l'Équipement, Voies Navigables de France (VNF)
INTERVENTI	<ul style="list-style-type: none"> - Riprofilatura della sponda - Creazione di palificate doppie vegetalizzate - 4 tipi di vimate di salici - 2 tipi di coperture diffuse - 2 tipi di fascinate di elofite - Messa a dimora di talee di salici e di arbusti adattati al sito - Semina delle superfici lavorate
FINANZIAMENTI	- Vedi Committente
IMPORTO / DATA	- 410.000 FF - 1995
DIMENSIONI	- 120 m sponda sinistra - 225 m sponda destra

ESTRATTO DI PLANIMETRIA DI PROGETTO



4 - Difesa dall'erosione spondale

FIUME ERVERATTE (JU - CH)



Situazione iniziale 1.3.1997



Durante i lavori 15.3.1997

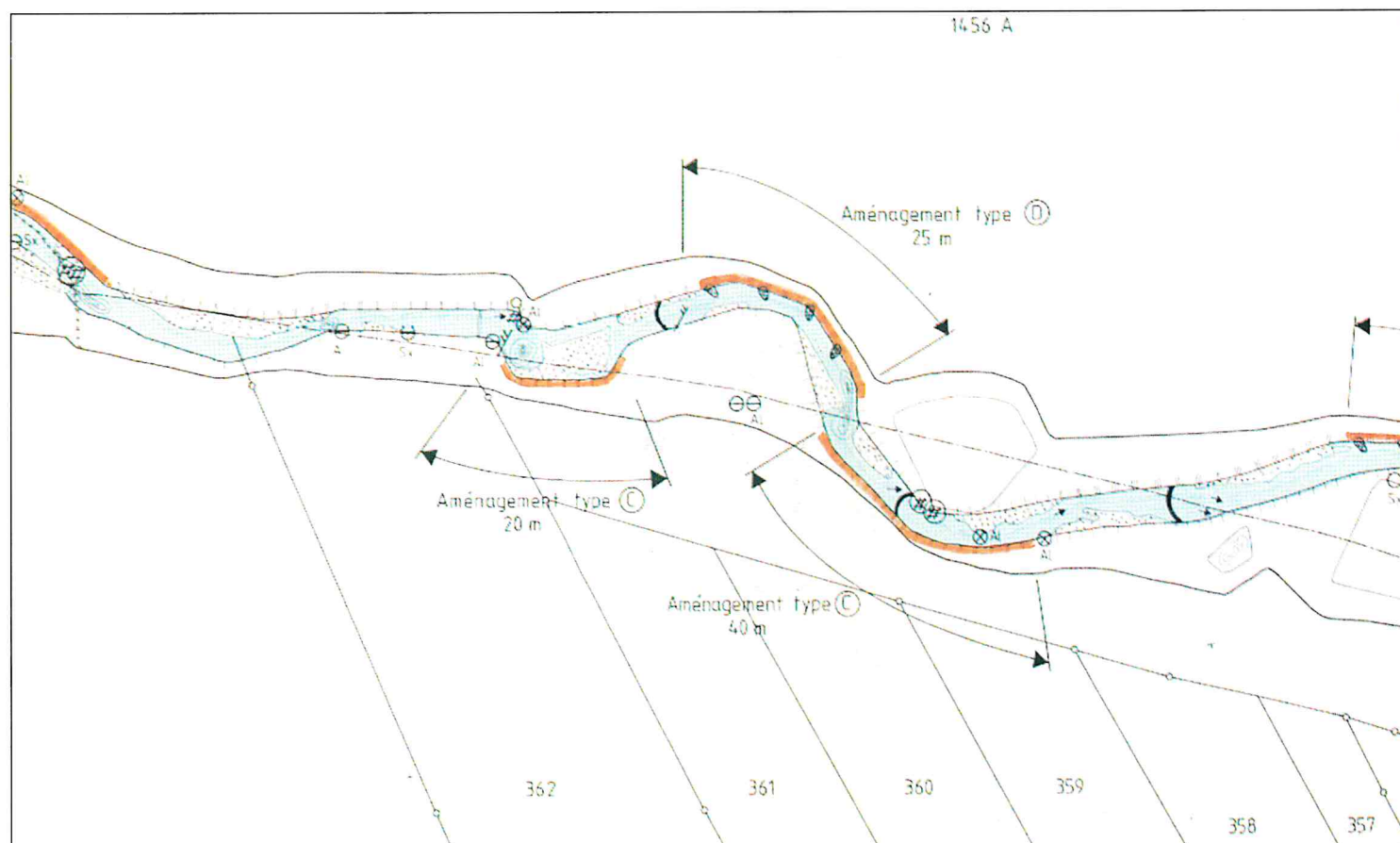


Situazione finale 11.7.1997

Intervento applicabile alla tipologia: Fiumi dell'area metropolitana

PROBLEMATICA	Difesa dall'erosione spondale in zona agricola e urbana
SITO	Lungo il corso del F. Erveratte tra i villaggi di Cornol e Miécourt (JU - CH)
COMUNE	Cornol - Miécourt
COMMITTENTE	Servizi delle strade cantonali, Cantone Giura (Svizzera)
INTERVENTI	<ul style="list-style-type: none"> - Misure di manutenzione della vegetazione esistente - Allargamento della sezione idraulica e creazione di zone alluvionali - Riprofilatura delle scarpate e posa di geotessili biodegradabili in cocco - Creazione di fascinate doppie e viminate di salici - Piantumazione di talee di salici - Creazione di gradonate vive di salici e piantine radicate - Piantumazione di essenze autoctone e adatte alla stazione - Semina delle superfici lavorate
FINANZIAMENTI	- Ufficio delle strade cantonali - Cantone Giura
IMPORTO / DATA	- 223.000 SF - 1997
DIMENSIONI	- 1500 m

ESTRATTO DI PLANIMETRIA DI PROGETTO



5 - Riqualificazione ambientale e consolidamento delle sponde

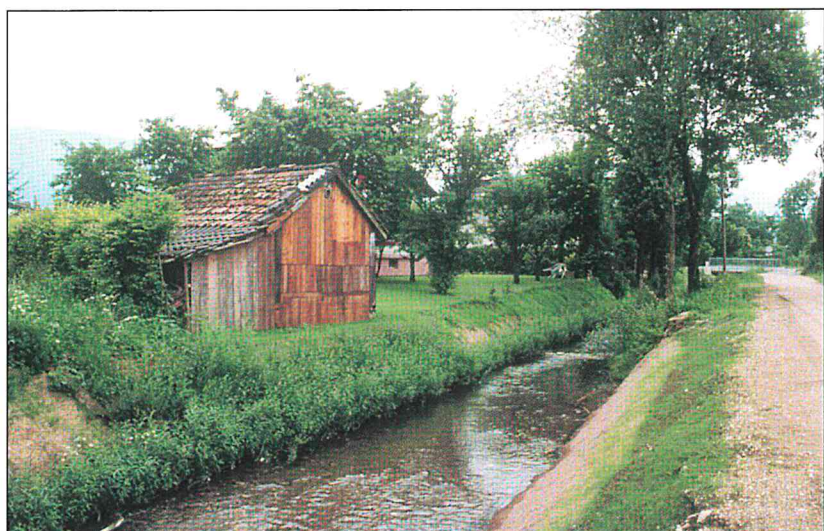
FIUME TABEILLON (JU - CH) (F)



Situazione iniziale 18.6.1997



Durante i lavori 23.4.1999



Situazione finale 15.6.1999

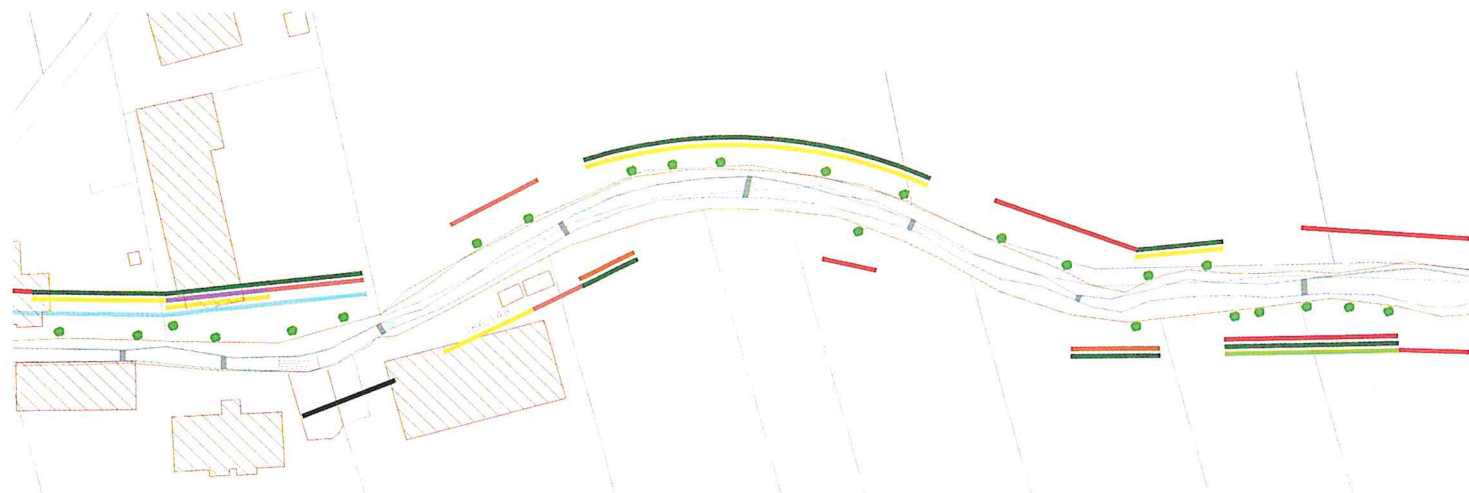
Intervento applicabile alla tipologia: Fiumi dell'area metropolitana

PROBLEMATICA	Riqualificazione ambientale e consolidamento delle sponde
SITO	A nord del centro abitato
COMUNE	Bassecourt (JU - CH)
COMMITTENTE	Comune di Bassecourt
INTERVENTI	Preparazione dei suoli e riprofilatura delle sponde Creazione di fascinate doppie di salici Creazione di coperture diffuse Creazione di gradonate vive di salici e piantine radicate Posa di geotessili biodegradabili in cocco Piantagione di talee e piantine radicate di specie arbustive e arboree adatte al sito Semina delle superfici lavorate
FINANZIAMENTI	Sovvenzioni cantonali-federali e commissione argini
IMPORTO / DATA	1.000.000 SF - 1999 / 2000
DIMENSIONI	1000 m

ESTRATTO DI PLANIMETRIA DI PROGETTO

Legenda

	Piede di sponda		Copertura diffusa
	Sommità di sponda		Geotessile biodegradabile
	Soglia con fossa di dissipazione (da costruire) (allegato 1 GC)		Fagotto di geotessile
	Soglia di fondo da costruire (allegato 2 GC)		Piantumazione di un corridoio arbustivo discontinuo
	Rampa in blocchi (allegato 3 GC)		Piantumazione alberi isolati
	Talee di salici, 4 pz/m2, larghezza 1.0 a 1.5 m		Allargamento alveo
	Viminata di salici		Posa di blocchi
	Fascinata doppia di salici		



6 - Riqualificazione ambientale

FIUME VANDELIN (JU - CH)



Situazione iniziale 12.8.1997



Situazione iniziale 12.8.1997



Durante i lavori 8.9.1997

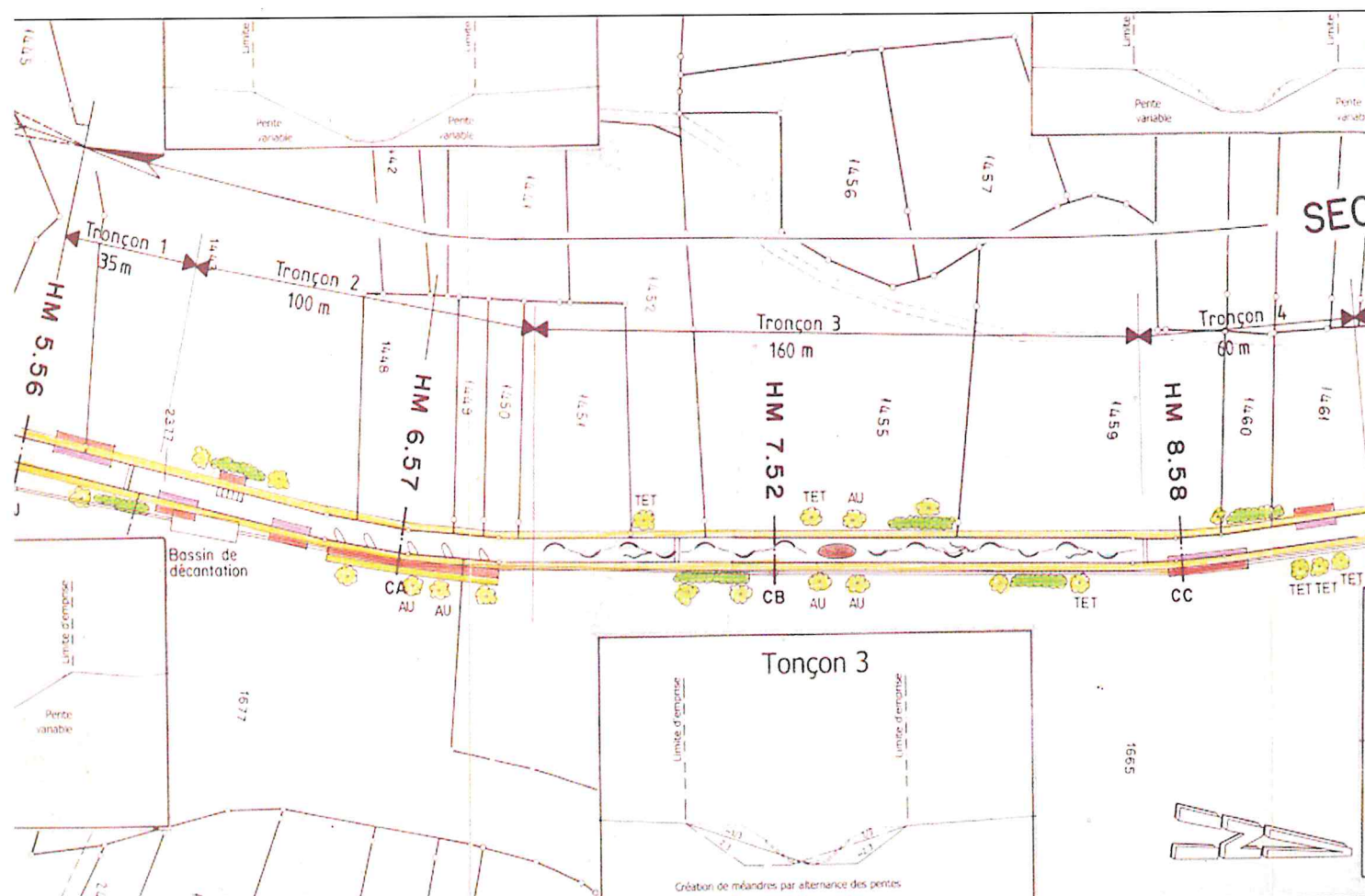


Situazione finale 1.9.1999

Intervento applicabile alla tipologia: Reticolo minore

PROBLEMATICA	Riqualficazione ambientale di un canale ad uso essenzialmente irriguo
SITO	Vendlincourt, Bonfol (JU - CH)
COMUNE	Bonfol (JU - CH)
COMMITTENTE	Sindacato della depurazione delle acque di Bonfol-Vendlincourt
INTERVENTI	<ul style="list-style-type: none"> - Demolizione dei vecchi argini in cemento armato - Costruzione di piccole briglie e rampe per creare situazioni di deflusso differenziato - Creazione di meandri e bracci secondari per variare la morfologia del corso d'acqua - Creazione di fascinate di elofite - Creazione di viminate di salici - Piantumazioni di specie arbustive autoctone e adatte al sito - Protezione sponda con stuoie geotessili biodegradabili in cocco - Semina delle superfici lavorate
FINANZIAMENTI	- Sindacato della depurazione delle acque di Bonfol-Vendlincourt
IMPORTO / DATA	- 450.000 SF - 1997 / 1999
DIMENSIONI	- 3800 m

ESTRATTO DI PLANIMETRIA



7 - Rinaturazione corso d'acqua rettificato

CORSO D'ACQUA RETTIFICATO (CH)



Situazione iniziale: Aprile 1991

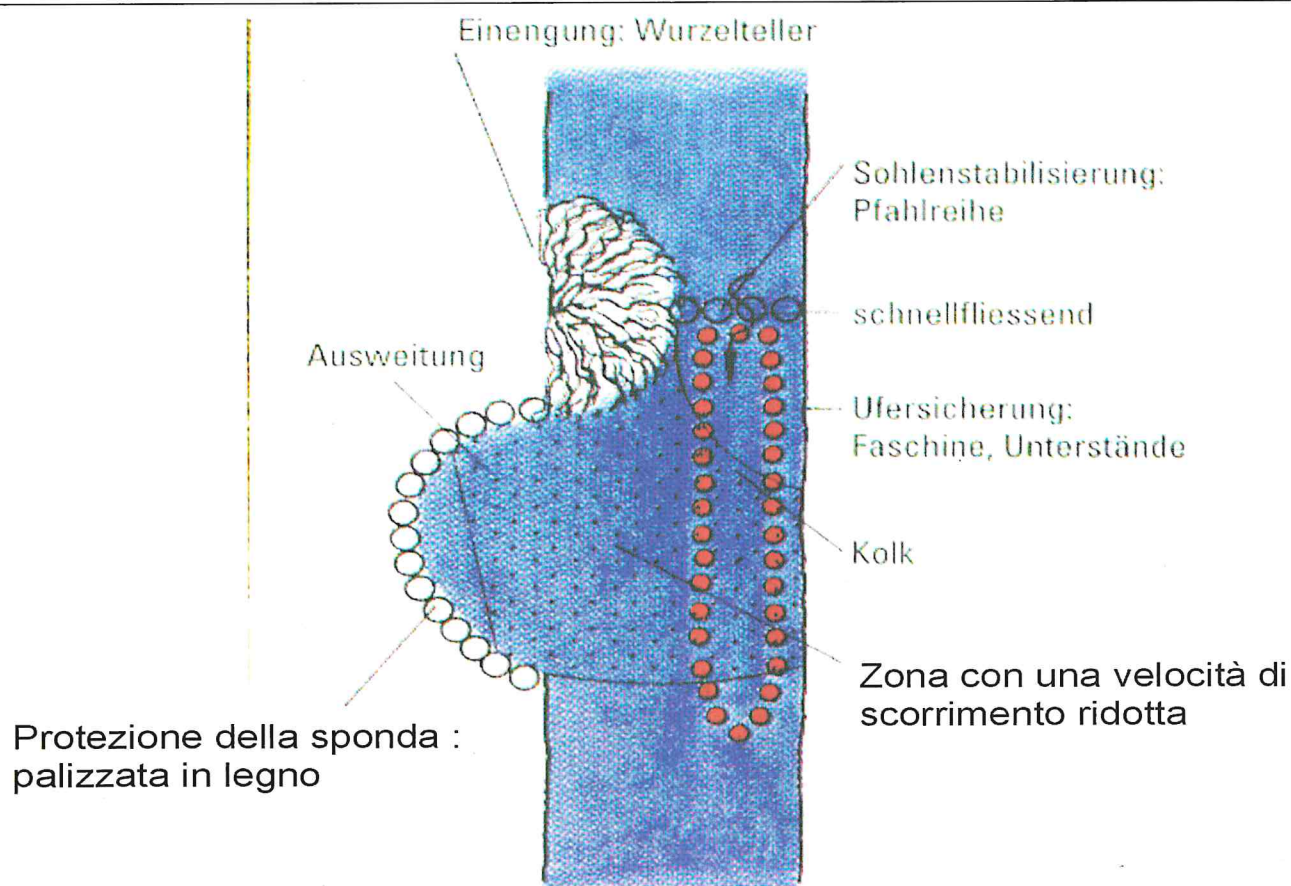


Situazione finale: Settembre 1996

Intervento applicabile alla tipologia: Reticolo minore

PROBLEMATICA	Rinaturazione corso d'acqua rettificato
SITO	Fiume Surb, Cantone di Zurigo (CH)
COMUNE	Niederweningen
COMMITTENTE	Cantone di Zurigo
INTERVENTI	<ul style="list-style-type: none"> - Demolizione del vecchio argine - Riprofilatura sponde - Creazione di nuovi meandri - Creazione di zone di fregola per le trote di ruscello (<i>Salmo trutta fario</i>) - Creazione di palificate doppie vegetalizzate - Protezione del piede delle sponde con fascinate di salici arbustivi - Piantumazioni di specie arbustive autoctone e adatte al sito - Protezione della sponda con stuoie geotessili biodegradabili in cocco - Semina delle superfici lavorate
FINANZIAMENTI	- Si veda la voce Committente
IMPORTO / DATA	- 530.000 SF - 1996
DIMENSIONI	- 550 m

PARTICOLARE DEL PROGETTO



8 - Bacino di laminazione

BACINO DI SICUREZZA A16 - COURFAIVRE (JU - CH)



Situazione iniziale 12.8.1993



Durante i lavori 23.8.1993



Durante i lavori 15.9.1993



Durante i lavori 24.9.1993



Fine lavori 19.8.1994

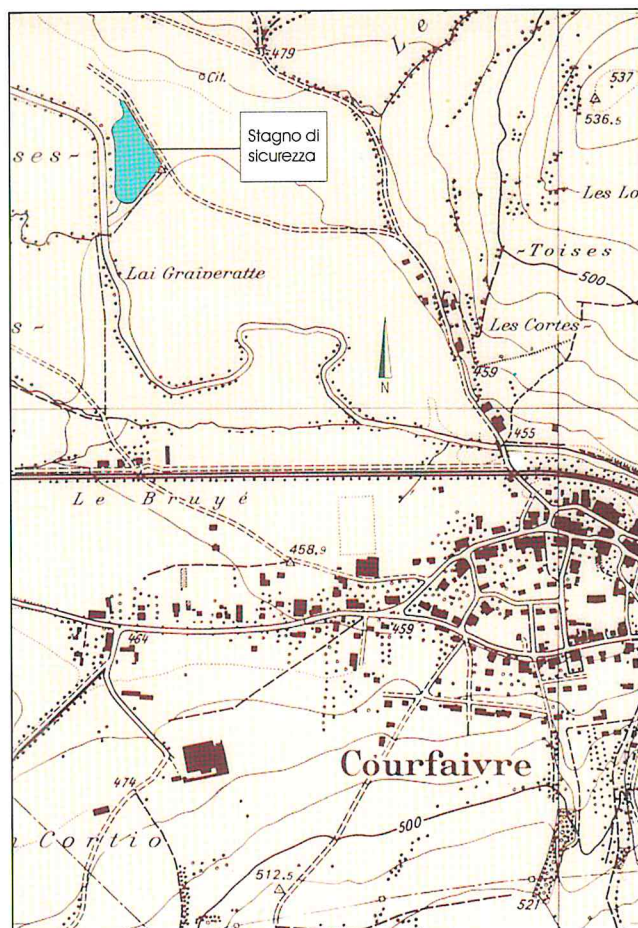


Situazione finale 1.6.1995

Intervento applicabile alla tipologia: Cave, bacini e acque ferme

PROBLEMATICA	Creazione di un bacino di sicurezza lungo l'autostrada A16. Misura di compensazione ecologica.
SITO	Courfaivre (JU - CH)
COMUNE	Courfaivre (JU - CH)
COMMITTENTE	A16 - PCH, Strada nazionale A16
INTERVENTI	<ul style="list-style-type: none"> - Scavo nuovo bacino - Impermeabilizzazione con argille e stuoie sintetiche (ci si trova in ambiente carsico) - Creazione di ambienti differenziati - Consolidamento sponde con fascinata di elofite - Consolidamento sponde con coperture diffuse - Costruzione di palificate doppie vegetalizzate - Piantumazioni di specie arbustive autoctone e adatte al sito - Protezione sponda con stuoie geotessili biodegradabili in cocco - Semina delle superfici lavorate
FINANZIAMENTI	- Autostrada A16
IMPORTO / DATA	- 910.000 SF - 1998
DIMENSIONI	- 8500 m ²

ESTRATTO DI COROGRAFIA



Collana *Quaderni del Piano per l'area metropolitana milanese*

1. Quaderno n. 1, *Prime indicazioni sul Piano Territoriale di Coordinamento, Atti del convegno «Le grandi infrastrutture per l'area milanese nel quadro italiano ed europeo»*
- Quaderno n. 2, *Primo schema generale di PTCP*, dicembre 1997 (stampato in proprio dalla Provincia di Milano)
2. Quaderno n. 3, a cura di Luca Marescotti, *Beni architettonici e ambientali: dalle indagini alla pianificazione territoriale provinciale.*
3. Quaderno n. 4, di Sergio Malcevski, *La rete ecologica della provincia di Milano*
4. Quaderno n. 5, a cura di Cesare Macchi Cassia e Ugo Ischia, *Un territorio urbano. L'interpretazione progettuale dei valori paesistici e storico culturali*
5. Quaderno n. 6, a cura di Marco Pompilio, *Primi elementi per valutare la compatibilità ambientale del Piano*
6. Quaderno n. 7, a cura di Cristina Ricci, *Eurometropoli*, atti del Convegno, Milano 21-22 gennaio 1999
7. Provincia di Milano, *Progetto di Piano Territoriale di Coordinamento*, volume I: *Relazioni e Indirizzi normativi* volume II *Allegati Cartografia*
8. Quaderno n. 8, di Giuseppe Barra, Marco Felisa, Paola Manacorda (Reseau), Fabrizio Ottolini, Enrico Prevedello (Politecnico di Milano), *Quadro infrastrutturale: mobilità, trasporti, reti*
9. Quaderno n. 9, Centro studi PIM, Dipartimento di sociologia dell'Università degli studi di Milano, *L'abitare nell'area metropolitana milanese*
10. Quaderno n. 10, IReR, Centro studi PIM, *Tendenze demografiche e servizi alla persona*
11. Quaderno n. 11, Elisabetta Angelino, Tullio Bagnati, Elsa Bazzano, Roberto Gualdi, *Quadro Ambientale: Acqua, Energia, Aria*
12. Quaderno n. 12, Dipartimento di Economia e Produzione del Politecnico di Milano, IReR, *Un quadro innovativo per l'industria*
13. Quaderno n. 13, a cura di Claudia Dimaggio e Rossana Ghiringhelli, Provincia di Milano, Agenzia Nazionale per la Protezione dell'Ambiente, *Reti ecologiche in aree urbanizzate*, atti del Seminario, Milano 5 febbraio 1999
14. Quaderno n. 14, Tito Casali, Mario Zanzani, SMP, *Finanza locale, risorse finanziarie e nuove modalità di finanziamento delle opere di pubblica utilità*
15. Quaderno n. 15, a cura della Provincia di Milano, *Relazione sullo Stato dell'Ambiente 2000*
16. Quaderno n. 16, a cura del Centro studi PIM, *I mosaici informatizzati degli strumenti urbanistici comunali e dei piani delle aree protette*
17. Quaderno n.17, a cura di Claudio Febelli, *Il paesaggio agrario*
18. Quaderno n.18, Giorgio Baldizzone, Valentina Montemurri, Manuela Panzini, *La Valutazione strategica del PTCP*
19. Quaderno n. 19, Maddalena Gioia Gibelli, *Il paesaggio delle frange urbane*
20. Quaderno n. 20, IRIS sas - Strategie per l'Ambiente, a cura di Lisa Sacchi, *Linee guida per interventi di ingegneria naturalistica lungo i corsi d'acqua*

Collana Quaderni del Piano Territoriale

La Provincia di Milano è impegnata in un processo di pianificazione attiva che necessita di strumenti di comunicazione e di ampio confronto con la società, con i comuni, con il mondo dell'economia e della cultura, per conseguire il più ampio consenso sulle scelte operate. Alla formazione del piano si accompagnano momenti di verifica, convegni e seminari su temi e problemi specifici di rilevante interesse per definire una strategia di intervento condivisa tra Provincia e Comuni, capace di confrontarsi efficacemente con le strategie degli altri attori territoriali.

La complessità dell'area metropolitana milanese è fonte continua di riflessioni e di esperienze, da verificare anche in riferimento alle altre realtà nazionali ed europee, per contribuire a costruire una conoscenza comune sui problemi del territorio e a definire attività di governo e di promozione delle grandi trasformazioni.

Questa collana si pone l'obiettivo di restituire la ricchezza e l'articolazione dei prodotti di ricerca e delle proposte in corso di elaborazione, con l'ambizione di mantenere vivo il dibattito sull'intero processo di pianificazione del territorio dell'area milanese e di rendere partecipi tutti i soggetti alle fasi di approfondimento e gestione del piano territoriale.



In considerazione degli evidenti squilibri idraulici dei corsi d'acqua nella Provincia di Milano, sono state elaborate specifiche linee guida per la realizzazione di interventi sui corsi d'acqua naturali e artificiali, indirizzate a tutti gli operatori ed Enti competenti in materia di riassetto idraulico e idrogeologico.

Lungo le fasce ripariali l'impiego di tecniche di ingegneria naturalistica, quale evoluzione delle tradizionali opere idraulico-forestali, assume carattere multifunzionale consentendo il raggiungimento delle seguenti tipologie di risultati:

- la difesa del suolo
- la rinaturazione delle sponde ai fini della costruzione di reti ecologiche
- il miglioramento della qualità delle acque
- il recupero paesistico.

L'obiettivo del Piano Territoriale di Coordinamento Provinciale è favorire il naturale evolversi dei fenomeni di dinamica fluviale e degli ecosistemi da questa sostenuti nella consapevolezza che solo in questo modo è possibile attuare la prevenzione del rischio idrogeologico. In quest'ottica risulta strategico l'impiego di tecniche di ingegneria naturalistica e le presenti linee guida rappresentano uno strumento di supporto per consentire la promozione di prime applicazioni in campo fluviale, e per avviare un percorso finalizzato a crea-

re modalità e procedure ordinarie che facciano riferimento basilare a queste tecniche e all'approccio «ecosistemico» nei piani di riassetto idraulico-ambientale.

In particolare sono contenute:

- indicazioni relative alle diverse fasi dell'esecuzione delle opere (programmazione e pianificazione, progettazione, esecuzione, collaudo, manutenzione e monitoraggio)
- schede tecniche con tipologie di intervento in funzione delle caratteristiche dei contesti in cui le opere dovranno inserirsi.

La *IRIS sas - Strategie per l'Ambiente* da oltre 10 anni si occupa di studi e progetti nei campi della pianificazione e gestione del territorio e dell'ingegneria ambientale, con particolare attenzione alle soluzioni «eco-compatibili» e alla valutazione preventiva del loro impatto ambientale.

Le aree di attività più specialistiche riguardano le sistemazioni idraulico-ambientali, la rinaturalizzazione-rivitalizzazione di corsi d'acqua, zone umide e ambiti costieri, la depurazione naturale dei reflui, le tecniche per la mitigazione paesaggistica-ambientale di opere, la gestione di aree protette, la pianificazione di bacino, il turismo sostenibile, la valutazione d'impatto ambientale con metodi multi-criterio e la gestione dei conflitti ambientali.

La sede della IRIS si trova presso San Casciano Val di Pesa, nella campagna del Chianti fiorentino.