

PARTE III
CASI STUDIO

9. Caso studio 1

STRARIFLU: una STRAtegia di RIqualificazione FLUviale a scala regionale

Estensori caso studio: *Marco Monaci, Andrea Nardini*

Autori lavoro originario: *Andrea Nardini, Marco Monaci, Bruno Boz, Ileana Schipani, Daniele Sogni, Erich Trevisiol, Simonetta Fuser, Chiara Maffei*

(studio effettuato nel 2003-2004 per conto dell'IRER –Istituto Regionale di Ricerca della Lombardia– nell'ambito della predisposizione del Piano di tutela delle Acque. I dati presentati sono rielaborati a partire dal lavoro originario consegnato ad IRER).

INQUADRAMENTO DEL CASO STUDIO

Tipologia corso d'acqua	Corsi d'acqua "significativi" (D. Lgs. 152/99), di diversa tipologia, da quelli alpini a quelli di bassa pianura
Territorio	Intera Regione Lombardia
Problematica	<ul style="list-style-type: none"> - Come integrare i Piani di Tutela delle Acque per rispondere alle indicazioni della Direttiva Quadro sulle Acque (2000/60/CE), definendo a tal fine una strategia di riqualificazione fluviale integrabile nei piani esistenti - Mancanza di coordinamento tra gli strumenti pianificatori che riguardano i fiumi (Piano di Tutela, PAI, PTCP ...) - Mancanza di una visione integrata dei corsi d'acqua
Messaggio	<ul style="list-style-type: none"> - Garantire uno stato buono della qualità dell'acqua, come richiesto dal D. Lgs. 152/99, non è in generale sufficiente per avere corsi d'acqua in buono stato ecologico in senso integrato (dal punto di vista morfologico, biologico e idrologico), come invece è desiderabile e richiesto dalla Direttiva 2000/60/CE - È possibile misurare il valore natura di un corso d'acqua, informazione essenziale –anche per svolgere una Valutazione Ambientale Strategica– perché indica inequivocabilmente la direzione preferenziale verso cui muoversi - È possibile garantire l'aggiornamento/raffinamento dotandosi di un meccanismo capace di mettere in sinergia il livello locale (Provincia, Comune, singolo cittadino) con quello centrale (Regione, Autorità di Bacino) - È possibile e utile definire una strategia di riqualificazione basata su una visione integrata dello stato dei corsi d'acqua e capace di individuare azioni volte ad aumentare il valore natura, cogliendo ogni opportunità per prendere "due piccioni con una fava", per sfruttare cioè sinergie ed evitare antagonismi (particolarmente le incoerenze degli strumenti programmatici)
Approccio	<ul style="list-style-type: none"> - approccio tecnico integrato - migliorare l'informazione/comunicazione
Componente processo decisionale	<ul style="list-style-type: none"> - razionalizzare
Linee di azione principali (chiamate in causa a livello pianificatorio)	<ul style="list-style-type: none"> - <u>Ridurre il rischio idraulico e il dissesto idrogeologico</u> <ul style="list-style-type: none"> - restituire spazio ai fiumi per esondare e divagare - recuperare l'equilibrio geomorfologico - <u>Soddisfare gli usi economico-produttivi dei corsi d'acqua</u> <ul style="list-style-type: none"> - mantenere o raggiungere una buona qualità dell'acqua in funzione degli usi - garantire una adeguata disponibilità idrica instaurando un regime idrologico soddisfacente - <u>Soddisfare ricreazione e fruizione</u> <ul style="list-style-type: none"> - vedi le linee d'azione precedenti inerenti gli usi dei corsi d'acqua, ed inoltre: - aumentare il valore natura del fiume - ripristinare, conservare, valorizzare gli elementi naturali, storico-architettonici e socio-culturali - migliorare lo stato delle comunità ittiche - <u>Migliorare l'obiettivo "natura"</u> <ul style="list-style-type: none"> - vedi le linee d'azione precedenti inerenti gli usi dei corsi d'acqua, ma finalizzate alla salute dell'ecosistema, ed inoltre: - ripristinare un assetto fisico più naturale - garantire popolamenti animali e vegetali naturali, diversificati, equilibrati ed ecosistemi ben funzionanti
Tecniche e Strumenti	<ul style="list-style-type: none"> - <u>Strumenti:</u> <ul style="list-style-type: none"> - pianificazione (uso del suolo e assetto dei corsi d'acqua) - incentivi/disincentivi economici - informazione e monitoraggio coordinato "locale/centrale" - formazione e assistenza tecnica - sistema sanzionatorio
Livello	Pianificazione

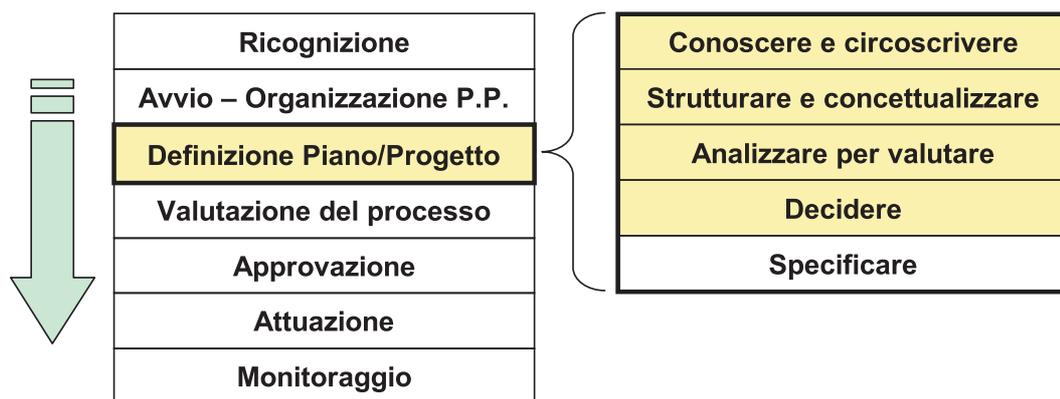


Fig. 9.1.
A sinistra: fasi del Processo Decisionale Partecipato (P.P.); a destra: passi chiave per lo sviluppo della fase “Definizione di un piano/progetto”. In giallo sono evidenziate le parti sviluppate nel presente caso studio.

9.1 In pillole

STRARIFLU, acronimo di “STRAtegia di RIqualificazione FLUviale”, è uno strumento conoscitivo e pianificatorio strategico in grado di caratterizzare in modo integrato lo stato dei corsi d’acqua, di evidenziarne le criticità ed i punti di forza, di fornire una zonizzazione e linee di intervento e di individuare sinergie e antagonismi con gli strumenti pianificatori esistenti. Si tratta di uno strumento decisamente innovativo, in linea con quanto richiesto dalla Direttiva Quadro sulle Acque (Dir. 2000/60/CE), e di notevole potenzialità a supporto/integrazione del Piano di Tutela delle Acque (D. Lgs. 152/99) e, più in generale, di quelli di bacino (L. 183/89).

Le sue elaborazioni sono entrate a far parte del Piano di Tutela della Regione Lombardia e costituiscono un’attività “ponte” che proietta lo stesso Piano in direzione del futuro recepimento della Direttiva Quadro sulle Acque; in sostanza, forniscono in anticipo una visione integrata e di lungo termine per la gestione dei corsi d’acqua e del territorio annesso.

La regione Lombardia, considerato che il D. Lgs. 152/99 non è sufficiente per garantire un buono stato ecologico dei corsi d’acqua in senso integrato (obiettivo espressamente indicato dalla Direttiva 2000/60/CE), ha deciso di inserire una strategia di riqualificazione fluviale nell’ambito del suo Piano di Tutela delle Acque: il decreto, infatti, pur avendo finalmente imposto di agire sia sui carichi inquinanti, considerando il loro effetto globale sul corpo idrico ricevente, sia sul regime idrologico (imponendo il rispetto del deflusso minimo vitale-DMV), non tiene in alcun conto altri aspetti essenziali, per esempio l’assetto geomorfologico e vegetazionale.

In STRARIFLU è contenuto il primo esempio italiano di applicazione della caratterizzazione integrata dei corsi d’acqua descritta nel *Par. 7.7* (si tratta in realtà di un’applicazione precorritrice, che ne differisce per alcuni aspetti).

9.1.1 Contenuti di STRARIFLU

L’obiettivo della STRAtegia di RIqualificazione FLUviale elaborata è:

- evitare un ulteriore peggioramento dello stato ambientale attuale dei corsi d’acqua;
- attivare azioni che, invece, contribuiscano a migliorarlo, compatibilmente con i vincoli imposti dal tessuto antropico.

Migliorare lo stato dei corsi d'acqua, inteso in senso integrato (coerentemente a quanto previsto anche dalla Direttiva 2000/60/CE), anzi aumentarne il valore, è quanto viene denominato in STRARIFLU come *obiettivo natura*.

Concretamente, la strategia si traduce nei seguenti prodotti:

- una mappa (di *caratterizzazione integrata*) che, per ogni corso d'acqua considerato, visualizza lo *stato di salute complessiva di ogni fiume* (es. Fig. 9.8) e, più in generale, il suo “*valore natura*”, più una serie di mappe che descrivono lo *stato dei singoli attributi* indagati (es. *vegetazione*, Fig. 9.7);
- una mappa con una *zonizzazione* di ogni corso d'acqua in: i) tratti in buono/ottimo stato, da preservare/conservare; ii) tratti in situazione molto critica su cui è prioritario intervenire per superarla (anche se, eventualmente, senza puntare a uno “stato buono”); iii) tratti che, se pure globalmente non pesantemente degradati, presentano problematiche e che quindi dovrebbero essere oggetto di interventi di riqualificazione ambientale (Fig. 9.9);
- una mappa simile che mette in evidenza gli eventuali *antagonismi* con altri strumenti di pianificazione (*rischi di involuzione*) (Fig. 9.10);
- una lista di *linee di azione prioritarie* (strutturali e non) associate ad ogni tratto, corredata da una indicazione di tipo strategico specifica per ogni fiume che ne delinea in particolare la *vision*, cioè l'immagine obiettivo che, per quel particolare tratto, si ritiene ragionevole raggiungere⁽¹⁾;
- uno spettro di strumenti attuativi tradotti in *idee normative* specifiche da integrare, ove possibile, in altri piani già esistenti (non sintetizzato in questo caso studio)⁽²⁾.

9.1.2 Alcune riflessioni preliminari

Prima di inoltrarsi nella metodologia è utile rilevare alcuni aspetti di carattere generale, senza i quali si rischia di interpretare in modo non fedele le intenzioni e i concetti sviluppati ed applicati.

Un primo aspetto, concettualmente prioritario e operativamente importante, è come *aggiornare e raffinare* l'informazione utilizzata per definire la strategia visto che, operando a scala regionale, è inevitabile limitarsi ad un'approssimazione che conterrà sempre inesattezze o incompletezze e sarà affetta da obsolescenza progressiva dell'informazione.

L'idea è che siano gli Enti locali il motore di tale meccanismo di aggiornamento, attraverso il dialogo costante con il livello regionale. Essi possono essere incentivati in vario modo: da un lato istituendo “premi”, dall'altro attraverso un programma di assistenza tecnica messo a disposizione dalla Regione stessa, coadiuvato anche da strumenti informatici via web capaci di sostenere un'interazione tra livello locale e centrale. E, infine, attraverso la “spada di Damocle” creata proprio dalle stesse indicazioni generate dalla strategia, che potrebbero richiedere “sacrifici”, ad esempio in termini di spazi edificabili. Se l'Ente locale dimostra, tramite un approfondimento conoscitivo, che l'informazione utilizzata ad oggi nella

¹ Si veda, negli *Aggiornamenti on-line* sul sito www.cirf.org, la “Relazione Applicativa STRARIFLU”.

² Si veda, negli *Aggiornamenti on-line* sul sito www.cirf.org, l'Appendice “STRARIFLU-Idee normative”

strategia è inadeguata (obsoleta, inesatta, incompleta ...) o se mostra convincenti argomenti a sostegno di una scelta diversa tra i vari obiettivi in gioco (natura, sicurezza, costi, ecc.), allora potrà cercare un compromesso accettabile con l'Ente sovraordinato. Se l'Ente locale, al contrario, non si mostra attivo, dovrà assumere per buone le prescrizioni correnti già stabilite "centralmente" e potrà essere soggetto, se inadempiente, a un sistema sanzionatorio significativo. I "1000 occhi sul territorio" di volontari e associazioni contribuiranno alla vivacità del sistema di controllo.

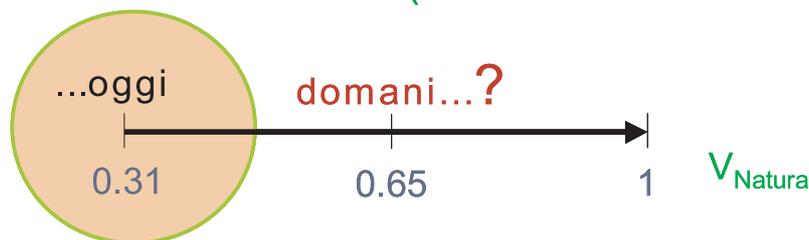
Altro tema di rilievo riguarda le modalità con cui incoraggiare i vari soggetti coinvolti ad *attuare le azioni di riqualificazione* individuate. Anche in questo caso, si sono proposte diverse idee basate su incentivi/disincentivi, come per esempio l'offerta di un supporto finanziario-tecnico-procedurale a quegli Enti locali che si impegnino ad adottare nei loro piani le indicazioni della strategia.

Infine, un ulteriore aspetto rilevante è l'attivazione di *processi partecipati* a scala di bacino: solo attraverso di essi è pensabile riuscire a ridiscutere con esito positivo le spinose questioni che la riqualificazione fluviale chiama in causa, come la riallocazione della risorsa idrica o la riconquista di spazio da parte del corso d'acqua.

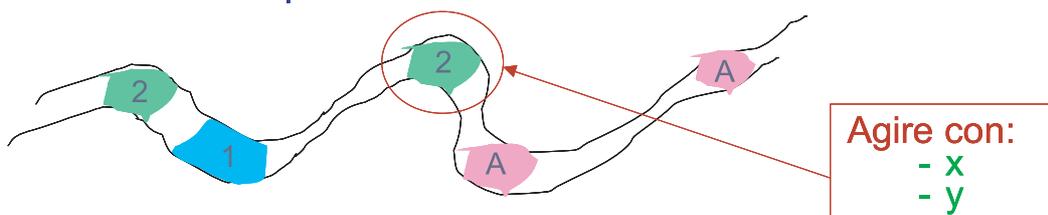
9.2 Contenuti essenziali e passi chiave

I contenuti essenziali della metodologia sono illustrati nella figura 9.2: *caratterizzazione* integrata e misura del *valore natura*, specificazione di dove agire (*zonizzazione*) –e con quali azioni prioritarie– per incrementare il *valore natura* dei diversi tratti (*priorizzazione*), fornendo indicazioni specifiche per ogni corso d'acqua (per ogni suo tratto, agendo però di volta in volta a livello davvero locale, o di corridoio fluviale, o di bacino) basate su un'immagine obiettivo del fiume (*vision*) che dice "come si immagina nel futuro quel corso d'acqua riqualificato" e, infine, idee normative per attuare la strategia.

- Misurare il "valore natura " (caratterizzazione integrata)



- Zonizzazione/priorizzazione



- Idee normative

Fig. 9.2. STRARIFLU in sintesi schematica: misura il "valore natura" oggi (su una scala ad hoc il cui minimo è 0 e il massimo 1) e dice dove agire e cosa fare per incrementarlo. Per i tratti "2" ad esempio –aventi problemi di *salute*– STRARIFLU suggerisce le azioni più opportune di riqualificazione (x, y); evidenzia inoltre i tratti "A" dove sussiste antagonismo tra gli strumenti di pianificazione/programmazione (in particolare il Piano di Assetto Idrogeologico) e la riqualificazione.

9.2 Contenuti essenziali e passi chiave

I passi chiave in cui si articola la metodologia, descritti nel seguito, sono presentati nella figura 9.3.

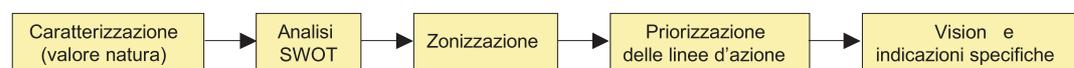


Fig. 9.3.
Passi chiave della metodologia STRARIFLU (nota: l'analisi SWOT è mirata ad individuare i punti di forza e di debolezza, nonché le opportunità e le minacce).

9.2.1 Caratterizzazione integrata dei corsi d'acqua (valore natura)

La caratterizzazione integrata di un corso d'acqua intende fornire un'immagine del suo stato ambientale complessivo.

Elemento centrale per effettuare la caratterizzazione dei corsi d'acqua è la creazione di un sistema descrittivo-conoscitivo che comprenda tutti gli aspetti chiave del sistema fluviale, integrando quindi la classica caratterizzazione basata esclusivamente sulla qualità dell'acqua, tipica dei Piani di Tutela, con ulteriori aspetti di tipo morfologico, biologico e idrologico, in accordo con la Direttiva Quadro sulle Acque (Dir. 2000/60/CE).

Il sistema qui messo a punto:

- rileva le caratteristiche principali dei corsi d'acqua;
- ne fornisce una sintesi;
- esprime un giudizio sintetico sul loro stato (per tratti e nel complesso).

Tale giudizio è una misura del “*valore natura*” del corso d'acqua (Fig. 9.2), intendendo con questo termine l'importanza che gli assegniamo quanto più si trova “in buona salute” (cioè è dotato di integrità ecologica), quanto più esibisce aspetti peculiari dal punto di vista biologico e morfologico (caratteristica qui denominata *rilevanza naturalistica*) e quanto meno è alterato da interventi antropici (caratteristica qui denominata *naturalità morfologica*).

Essere in grado di misurare il *valore natura* è fondamentale perché l'obiettivo della strategia di riqualificazione (*obiettivo natura*) è proprio aumentare tale valore e il poterlo misurare permette di esplicitare il margine di miglioramento ottenibile su ogni corso d'acqua (o suo tratto), attraverso azioni opportune, e di ordinare tratti diversi o corsi d'acqua differenti in senso preferenziale. Permette inoltre di effettuare un confronto chiaro con altri obiettivi in gioco (per es. spendere il meno possibile o ottenere un buon livello di sicurezza idraulica, ecc.), condizione *sine qua non* per una Valutazione Ambientale Strategica (VAS).

Misurare l'obiettivo natura

Per misurare il *valore natura* i passi percorsi sono i seguenti:

- scelta di *attributi* rilevanti per descrivere lo stato del sistema fluviale, sintetizzati in un *Albero dei valori* (Fig. 9.4);
- definizione di uno o più *indicatori* per ogni attributo, sufficientemente raffinati da essere significativi e utili per scelte di tipo pianificatorio, ma abbastanza grossolani per non cadere nel tentativo di discernere aspetti su cui, alla scala di lavoro, non sappiamo esprimere un giudizio chiaro (si veda per esempio l'indicatore *fascia morfoattiva* nel box a fine caso studio);

- definizione di uno *stato di riferimento/originario*³⁾ per ogni indicatore e per ogni tipologia fluviale (dal torrente montano al fiume di pianura), che individua il valore migliore che ogni indicatore può assumere per quella tipologia e al quale la riqualificazione dovrebbe tendere (si veda *Caratterizzazione e valutazione: lo stato di riferimento*, nel Par. 7.7.2);
- *misura degli indicatori* di scostamento tra *stato attuale* e *stato di riferimento/originario* (valore indicatore = 1 significa coincidenza tra stato attuale e di riferimento/originario; valori inferiori segnalano un allontanamento dallo stato di riferimento/originario che, nel caso peggiore, conduce al valore 0);
- discretizzazione del corso d'acqua (sia nello stato attuale che in quello di riferimento/originario) in *tronchi* omogenei per un dato indicatore e successiva discretizzazione in *tratti* omogenei per tutti gli indicatori (ottenuti dall'intersezione di tutti i tronchi);
- costruzione e applicazione di un sistema di *aggregazione* e sintesi degli indicatori e degli indici (Fig. 9.6)⁴⁾ teso a garantire la proprietà di coerenza interna e capace di fornire indici di aggregazione dei diversi indicatori coinvolti (es. in Fig. 9.7 – indice *vegetazione*), sia a livello complessivo (indice *natura*) che settoriale (indici di *salute*, *naturalità morfologica* e *rilevanza naturalistica*) (es. Fig. 9.8):
 - per ogni tratto di corso d'acqua (si veda la mappa nelle figure citate);
 - per ogni corso d'acqua (aggregazione spaziale di indicatori/indici: si veda l'istogramma nelle figure citate).

L'albero dei valori adottato in STRARIFLU è lievemente diverso da quello di FLEA, sviluppato successivamente (solo a livello di schema concettuale) e presentato nel Par. 7.7. In estrema sintesi le differenze sono:

- presenta un ulteriore ramo, quello della *naturalità morfologica*, nel quale confluiscono alcuni dei sottoattributi della *qualità idromorfologica* di FLEA;
- utilizza molti dei sotto-attributi di FLEA (non tutti), aggregati in modo leggermente diverso.

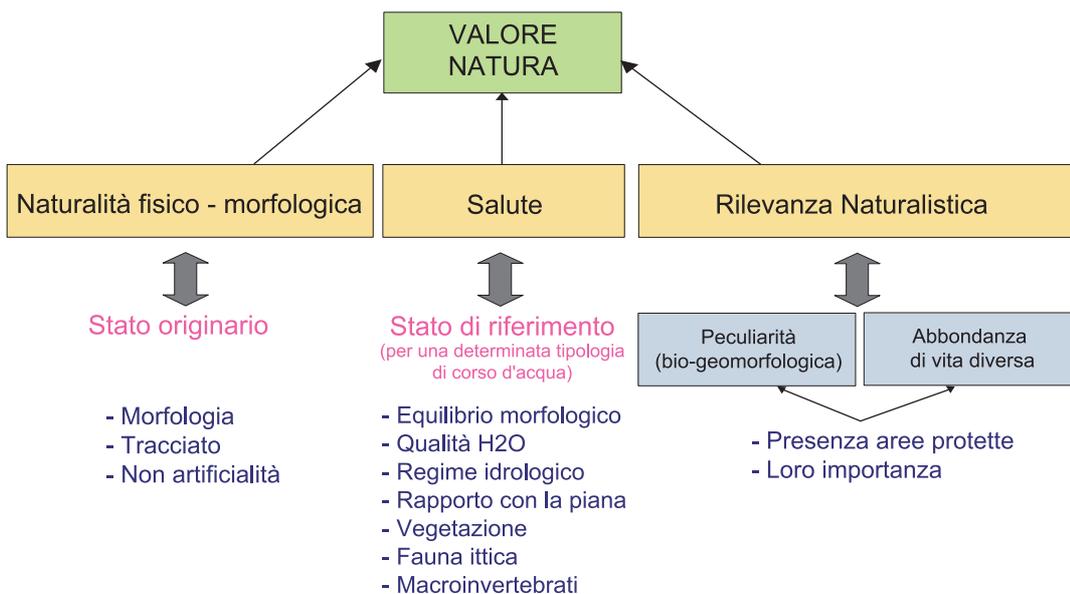


Fig. 9.4. L'Albero dei valori di STRARIFLU: i tre attributi principali adottati per caratterizzare il valore natura e (al livello inferiore) i sotto-attributi che li descrivono.

³ Come chiarito in seguito, STRARIFLU introduce anche uno *stato originario* per poter definire la *naturalità morfologica*.

⁴ Si veda il Par. 7.8.1.

Aggregazione e giudizi di importanza relativa (pesi)

Per aggregare gli indicatori in indici è necessario esprimere giudizi di importanza relativa dei diversi attributi e sotto-attributi, tradotti poi in pesi. Questi giudizi riflettono il sistema di preferenze soggettive di chi effettua “l’operazione aggregazione”: in linea di principio potrebbe essere lo stesso “pubblico”, la gente che, alla fine, godrà di un fiume di maggior valore.

Tuttavia, sono evidenti le difficoltà di coinvolgere direttamente il pubblico: ciò richiederebbe un ingente lavoro di informazione, comunicazione e maturazione culturale. In questo caso dobbiamo perciò accettare, almeno per ora, di limitarci al giudizio di un gruppo multidisciplinare di esperti.

Nell’applicazione di STRARIFLU ai corsi d’acqua lombardi, i giudizi sono stati espressi dai membri del gruppo di lavoro stesso che ha sviluppato il metodo e possono ritenersi un’utile base di partenza. Come già notato nel *Par. 7.7*, per irrobustire l’attribuzione dei giudizi, sarebbe interessante attivare un processo di consultazione molto più esteso.

Il processo di aggregazione è schematicamente illustrato nella figura 9.5. In questa, ogni singola tabella mostra quali sono gli indicatori che –aggregati tra loro– formano l’indice (es. l’indice *morfologia* viene calcolato a partire dagli indicatori *tipo morfologico*, *quota alveo*, *larghezza alveo*); mostra inoltre come gli indici associati ai sotto-attributi vengono poi aggregati tra loro a formare gli indici relativi ai tre attributi principali (*naturalità morfologica*, *salute*, *rilevanza naturalistica*) e come questi vadano a comporre l’indice complessivo *natura*.

Le tabelle riportano anche i giudizi di importanza relativa attribuiti ad ogni indicatore (seconda colonna) e il conseguente peso che ne deriva (in terza colonna).

Per determinare i pesi del livello più alto, quello dei tre attributi fondamentali *naturalità morfologica*, *salute* e *rilevanza naturalistica*, sono stati assegnati ad essi punteggi p da 1 a 10 e, quindi, si sono ricavati i pesi relativi come rapporto $p_i / (\text{somma dei } p_j)$. Per i livelli inferiori si è proceduto in modo del tutto analogo⁵.

Il processo di aggregazione dei tratti omogenei di corso d’acqua è mostrato nella figura 9.6.

Scala di lavoro

La caratterizzazione di cui sopra è stata effettuata ad una scala di lavoro *regionale*, cioè le informazioni ottenute sono utili a livello pianificatorio, ma non raggiungono il grado di dettaglio necessario al livello *progettuale-locale*. Il criterio adottato è ottenere il massimo dell’informazione utile per lo scopo prefissato con il minimo sforzo economico-temporale possibile.

In questo modo la Regione ottiene un duplice risultato: la conoscenza dei fiumi di sua competenza in modo relativamente veloce e con una spesa contenuta e la possibilità di mirare indagini più approfondite dove la caratterizzazione regionale lo richieda.

La caratterizzazione integrata effettuata per la Regione Lombardia è stata applicata ai seguenti corsi d’acqua (*corpi idrici significativi* secondo il Piano di

⁵ È uno dei più semplici metodi di assegnazione di giudizi di importanza relativa; naturalmente, è valido nell’ipotesi che il massimo rapporto di importanza tra due attributi sia appunto non maggiore a 10.

9. Caso studio 1: STRARIFLU: una STRAtegia di RIQualificazione FLUviale a scala regionale

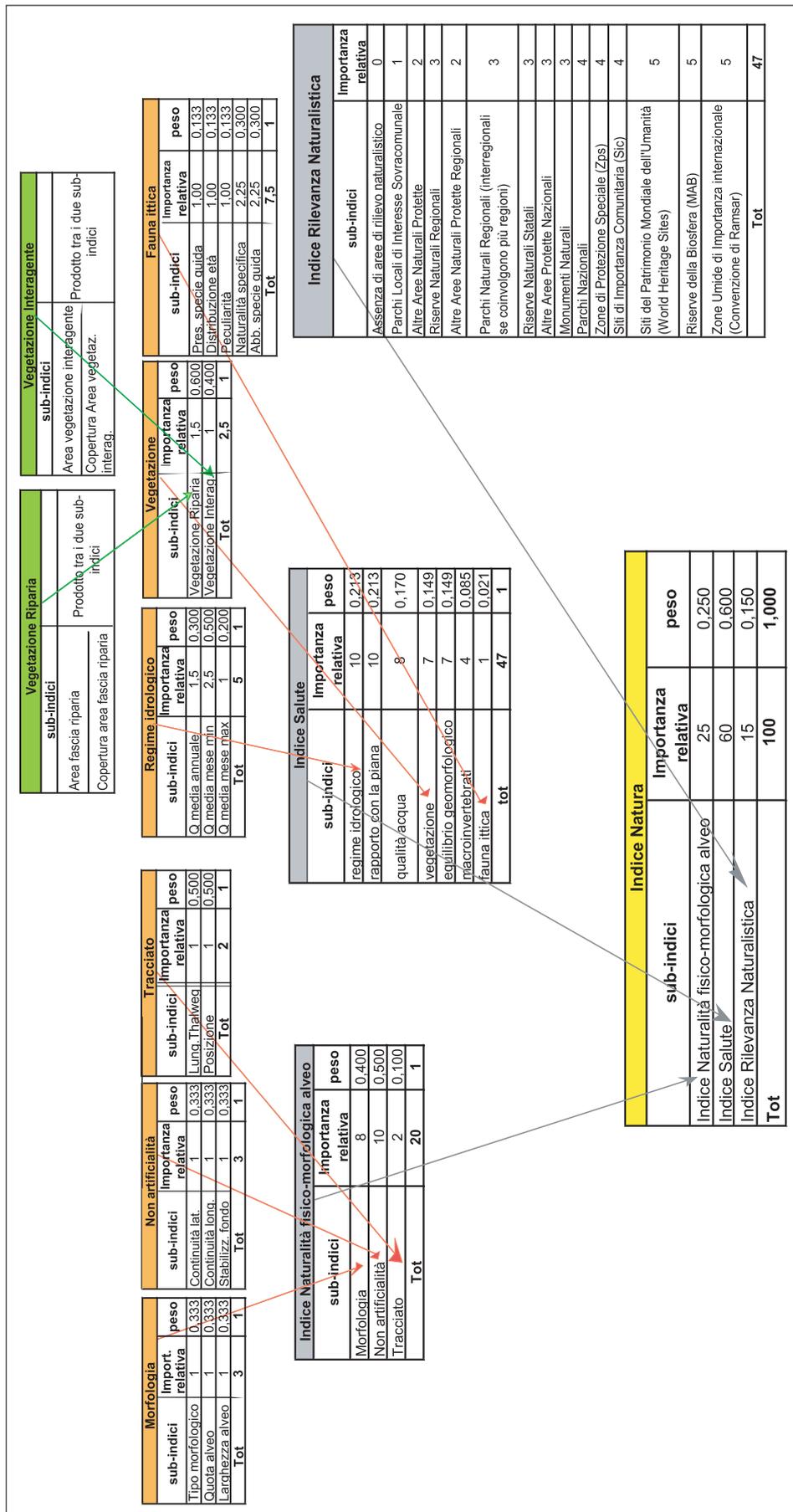
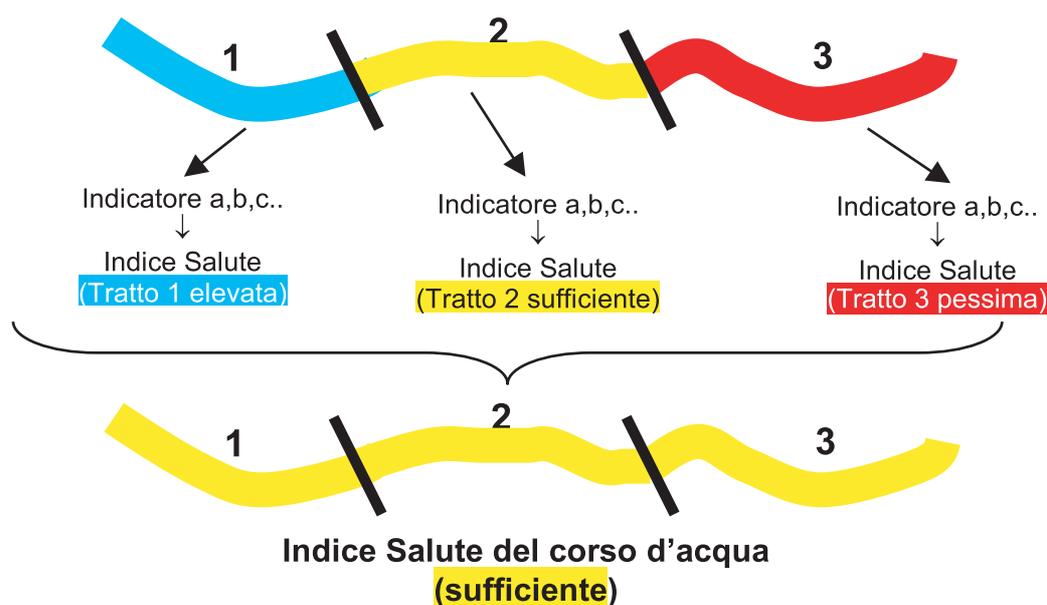


Fig. 9.5. Aggregazione di indicatori ed indici: rappresentazione visuale del processo. In basso il risultato finale: l'indice *natura* (aggregazione degli indici *naturalità morfologica, salute, rilevanza naturalistica*). L'indice di *naturalità morfologica* a sua volta è aggregazione (in alto a sinistra) dei sub-indici: *morfologia, non artificialità e tracciato*; e questi sono aggregazione degli indicatori corrispondenti. E così via. Si può notare che mentre ai tre indicatori di *morfologia* è stata assegnata uguale importanza relativa (0,333), il sub-indice *morfologia* assume un peso notevolmente superiore (0,400) a quello di Tracciato (0,100). Si noti, inoltre, che la somma dei pesi dei sub-indici che contribuiscono a ciascun indice è sempre = 1. Note: l'indice *rilevanza naturalistica* è costruito in modo differente rispetto agli altri: se ne riportano qui solo gli indicatori utilizzati e i giudizi di importanza relativa, rimandando alla *Relazione applicativa STRARIFLU* (scaricabile dal sito CIRF) per ulteriori approfondimenti. L'“Area morfoattiva” corrisponde a quella denominata “Fascia di mobilità fluviale” in FLEA (Par. 7.7.3).

9.2 Contenuti essenziali e passi chiave

Fig. 9.6.
Aggregazione di indicatori ed indici dei singoli tratti fluviali in un indice medio ponderato per l'intera asta fluviale.



Tutela): Ticino, Olona-Lambro Meridionale, Lambro, Adda sopra-lacuale, Adda sub-lacuale, Brembo, Serio, Oglio Nord, Oglio Sud, Mella, Chiese, Mincio, Staffora.

I risultati sono stati sintetizzati in apposite mappe e istogrammi, come ad esempio per gli indici *vegetazione* e *salute* (Fig. 9.7 e 9.8), utilizzando la suddivisione in classi della tabella 9.1.

604

Tab. 9.1.
Indici e sub-indici:
suddivisione in
classi di valore,
con i
corrispondenti
giudizi e colori per
la rappresentazione
cartografica.

Valore Indice	Giudizio
0-0,2	Pessimo
0,2-0,4	Scadente
0,4-0,6	Sufficiente
0,6-0,8	Buono
0,8-1	Ottimo

9.2.2 Analisi SWOT: problemi/valenze e rischi/opportunità

La caratterizzazione misura “come sta” un corso d’acqua e il suo *valore natura*. Il passo successivo è analizzare tali risultanze per individuare i punti di debolezza e di forza, anche in relazione con il contesto socio-economico e ambientale in cui il fiume si trova. Si utilizza per questo la cosiddetta Analisi SWOT (*Strengths/Weaknesses, Opportunities/Threats*), che evidenzia i *problemi* e le *valenze* attuali del corso d’acqua e le sue possibili direzioni di evoluzione futura dovute a fattori esterni (contesto), mettendo in luce le *opportunità* che possono essere colte per migliorarne lo stato, ma anche i *rischi* di involuzione da evitare. In altre parole, i rischi e le opportunità potranno trasformarsi in problemi e valenze futuri.

Sui tipi di *problemi* che possono interessare il fiume esiste probabilmente una buona consapevolezza: la carenza di *salute* per uno o più attributi, la sua eventual-

9. Caso studio 1: STRARIFLU: una STRAtegia di RIqualificazione FLUviale a scala regionale

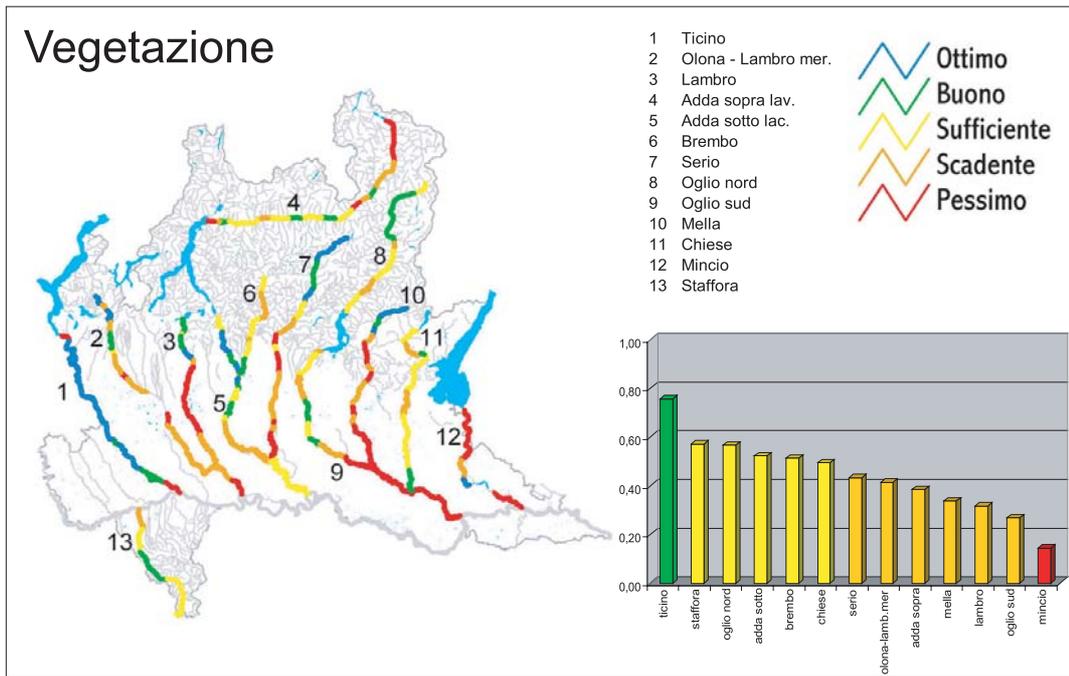


Fig. 9.7. Indice *vegetazione*, per ogni tratto (a sinistra) e aggregato per ogni corso d'acqua (in basso a destra). Prevalgono i tratti con *vegetazione* fortemente compromessa ("pessima", "scadente", "sufficiente"); altri, pochi, sono di qualità "buona" o "ottima". Anche dall'indice di *vegetazione* complessivo (cioè aggregato spazialmente sui tratti di ogni intero corso d'acqua) emerge una situazione di forte degrado (metà dei corpi idrici appartiene alla classe "scadente"; quasi altrettanti alla classe "sufficiente"; uno alla classe "pessima" ed uno solo a quella "buona", mentre non esistono corsi d'acqua con *vegetazione* "ottima").

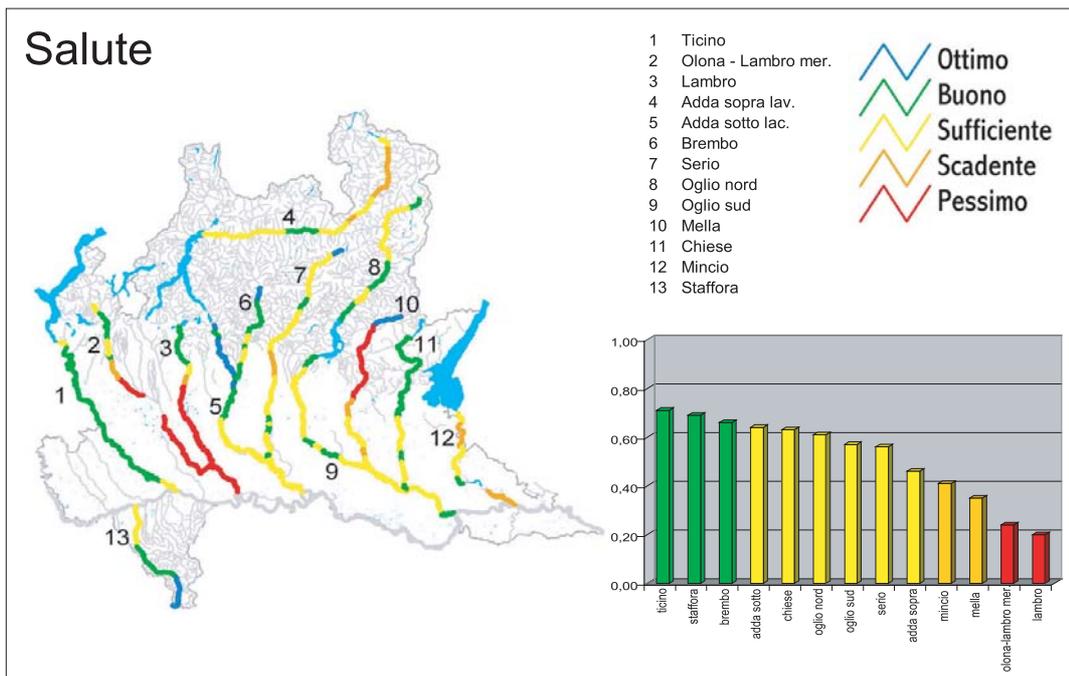


Fig. 9.8. Indice *salute* per ogni tratto (a sinistra) e, in sintesi, per ogni corso d'acqua (in basso a destra). Prevalgono i tratti con *salute* non eccelsa ("sufficiente"), con alcune situazioni di fortissima compromissione ("pessima": fiumi Lambro e Olona-Lambro Meridionale) ed altre di qualità "buona" o "ottima". Anche per lo stato di *salute* complessivo di ogni corso d'acqua prevale una situazione di degrado (metà dei corpi idrici appartiene alla classe "sufficiente" e 4 alle classi "scadente" o "pessima") con alcune punte di "buono" mentre non esistono corsi d'acqua per i quali la *salute* sia globalmente "ottima".

mente bassa *naturalità morfologica*, ma anche la domanda/carenza di spazio edificabile, aree a rischio idraulico, carenza di acqua, ecc.

I *rischi* meritano invece una parola in più: essi non vanno, infatti, confusi con quelli a cui è soggetto il contesto (es. rischio idraulico), ma sono quelli "visti dal fiume", cioè l'eventualità che il *valore natura* venga in futuro (ulteriormente) peggiorato a causa di scelte collaterali di pianificazione territoriale o gestione delle risorse. L'idea è cercare di individuare i tratti di fiume dove sussiste un valore ambientale (fiume in buono stato) sui quali incombono rischi di degrado, ad esempio da opere di difesa idraulica o di sfruttamento.

L'indagine verte pertanto sull'analisi degli strumenti pianificatorio-programmati-

ci esistenti, mirando ad individuare gli antagonismi potenziali tra essi e la strategia di riqualificazione.

L'esame delle *valenze/opportunità* è l'aspetto duale del precedente. Per quanto riguarda le *valenze*, si cerca di mettere in luce ove esistano condizioni di elevata qualità attuale da proteggere e/o potenziale da recuperare o creare in vista della conservazione, fruizione-ricreazione (cioè i tratti caratterizzati da un'alta *rilevanza naturalistica* che assumerebbero quindi un alto *valore natura* se venissero migliorate *salute e/o naturalità morfologica*).

Opportunità sono date da situazioni con condizioni sia di tipo territoriale che pianificatorio favorevoli alla riqualificazione o che, viceversa, possono beneficiare della riqualificazione: per esempio dove esistono aree potenzialmente recuperabili per permettere l'esondazione diffusa (soprattutto se a monte di aree a rischio) o per creare fasce tampone o zone umide di fitodepurazione (soprattutto in presenza di rilevanti carichi diffusi agricoli), o aree di ricreazione e valorizzazione estetico-paesaggistica, oppure dove progetti e piani prevedono incentivi o creano le condizioni per riqualificare, ecc. L'individuazione delle opportunità fornisce quindi una prima indicazione di massima su dove sia più conveniente intervenire per effettuare alcune azioni di riqualificazione, ottenendo vantaggi plurimi.

Operativamente, nel progetto STRARIFLU si è proceduto come segue:

- *problemi*: sono stati individuati ispezionando i valori degli indici *salute e naturalità morfologica*, individuando, per ogni tratto di ogni corso d'acqua, le carenze per ogni sotto-attributo e quantificandole in senso relativo;
- *rischi*: sono state esaminate sostanzialmente solo le azioni previste dal PAI⁶, il più significativo strumento pianificatorio disponibile a un sufficiente grado di definizione al momento di elaborazione di STRARIFLU. Nel caso specifico, infatti, il PAI prevede, per molti tratti di tutti i corsi d'acqua lombardi considerati, una serie di interventi finalizzati alla riduzione del rischio idraulico. Buona parte di questi riguarda la realizzazione *ex novo* di arginature, di difese spondali, di stabilizzazioni del fondo, o il completamento, integrazione o rinnovo di opere analoghe già esistenti. La realizzazione di tale complesso di interventi può, di fatto, comportare la riduzione del *valore natura* e quindi è un rischio tanto maggiore quanto maggiore è il *valore natura* di partenza e l'entità dell'intervento antagonista previsto;
- *valenze*: sono state individuate come le situazioni dove il *valore natura* è elevato soprattutto in concomitanza di un alto valore di *fruizione attuale* (misurato da un apposito indice di supporto);
- *opportunità*: si sono specificati alcuni *criteri tecnici*, per esempio, “*individuare i tratti dove la vegetazione riparia è scarsa e contemporaneamente insistono significativi carichi diffusi di nutrienti*”, dove quindi ripristinare la vegetazione è al contempo necessario, per migliorare la *salute* del corso d'acqua, ma anche utile per abbattere i carichi inquinanti. Tali criteri sono stati formalizzati in appositi *indici di priorizzazione* che identificano automaticamente i tratti per i quali ogni dato criterio risulta prioritario (*Par. 9.2.4*). Gli indici di priorizzazione sono suddivisi in due gruppi, quattro denominati P (da *Prudenti* – P₁, P₂, P₃ e P₄), ai quali sono associate linee d'azione, appunto, prudenti e quattro denominati A (da *Arditi* – Aa, Ab, Ac, Ad), per i quali le linee d'azione presuppongono cambiamenti fisici sostanziali, arditì (per brevi stralci si vedano le tabelle 9.5

⁶ “Linee Generali di Assetto Idraulico e Idrogeologico” del Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico (AUTORITÀ BACINO FIUME PO, 2001).

9. Caso studio 1: STRARIFLU: una STRAtegia di RIqualificazione FLUviale a scala regionale

e 9.6) . Il sistema composto da tali indici di supporto, lungi dal pretendere di costituire una regola di ottimizzazione, svolge egregiamente la funzione di gestire molta informazione, estraendo dai molteplici “strati informativi” (layer GIS) quanto utile per decidere, garantendo sistematicità, coerenza e operatività (si veda il box *Approfondimento sugli indici di prioritizzazione* al termine del caso studio).

9.2.3 Zonizzazione

La caratterizzazione integrata effettuata permette di classificare i diversi tratti di un corso d’acqua al fine di assegnare ad essi mete specifiche di riqualificazione (target).

In STRARIFLU i tratti sono perciò stati riclassificati in tre classi (Fig. 9.9):

- OK (in ottimo stato, da preservare/conservare);
- KO (con qualche attributo in condizioni critiche, situazione a cui rimediare prioritariamente);
- R_{POT} (Riqualificabili POTenzialmente, ovvero con qualche “problema” di *salute*, non critico, che però è opportuno rimediare, appunto riqualificando).

Si tratta di un risultato da tradurre in uno strumento di valenza normativa (come è avvenuto per il Piano di Tutela della Regione Lombardia).

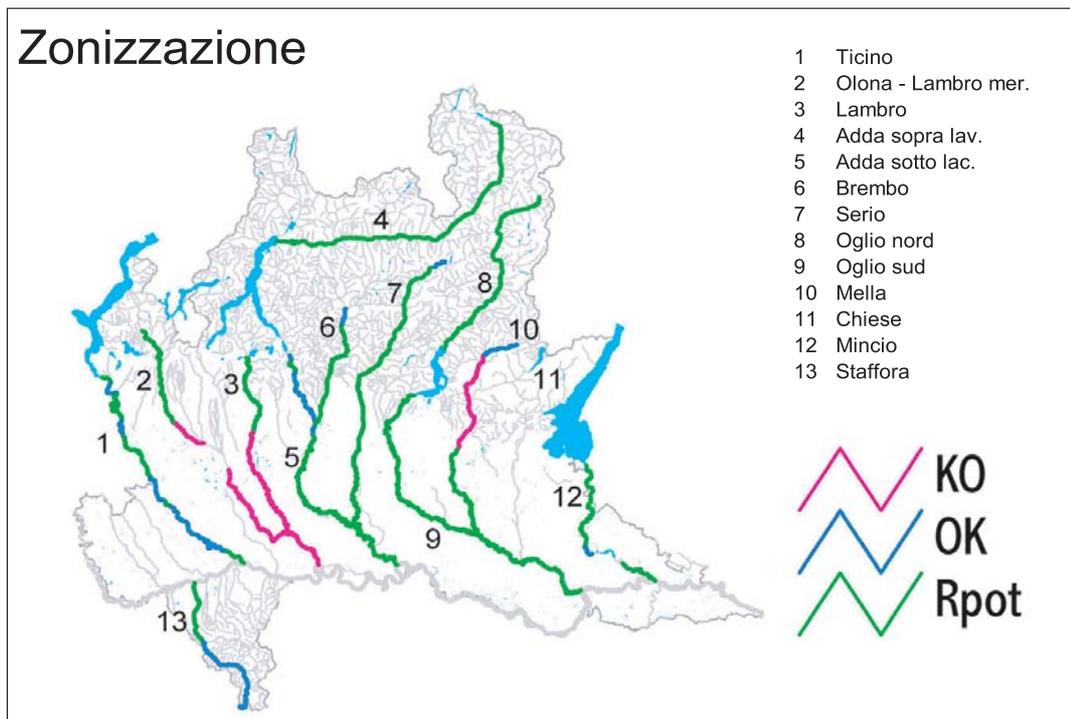


Fig. 9.9.

Zonizzazione: la maggior parte dei tratti analizzati rientra nella classe R_{POT} (verde), cioè potenzialmente riqualificabili a causa di problemi di *salute*, mentre solo alcuni sono da preservare-conservare (tratti OK, in blu) perché di alto valore qualitativo e altri, i più problematici (KO, in fucsia), sono fortemente in crisi.

I criteri di identificazione delle tre classi sono riassunti nella tabella 9.2. Si tratta in pratica di applicare, in base alle risultanze dell’analisi SWOT, un sistema di “filtri” sugli indicatori e/o indici di caratterizzazione integrata; per esempio, per individuare i tratti KO si individuano quelli in cui uno degli indicatori (in particolare la qualità dell’acqua) risulta sotto una soglia prefissata.

9.2 Contenuti essenziali e passi chiave

Tab. 9.2.
Criteri di
zonizzazione, in
sintesi.

Codice	Politica associata	Criteri identificativi
OK	<ul style="list-style-type: none"> - <u>preservare</u>, cioè non intervenire e lasciare a libera evoluzione - <u>conservare</u>, cioè gestire affinché non si trasformi (anche in modo naturale) la situazione rilevata 	<ul style="list-style-type: none"> - tratti in ottimo stato, cioè dove è alto il <i>valore natura</i> o la <i>salute</i> - tratti dove la valenza fruitiva attuale o potenziale (misurata da un apposito indice di supporto) è alta, e la <i>salute</i> buona
KO	<u>rimediare</u> (crisi)	<p>tratti dove la <i>salute</i> o la <i>naturalità morfologica</i> ha raggiunto livelli inaccettabili (cioè uno dei seguenti indicatori è sotto una soglia critica), soprattutto dove accompagnato da un valore dell'indice di valenza fruitiva alto (sopra una data soglia):</p> <ul style="list-style-type: none"> - <i>naturalità morfologica</i> (ad es. per restringimento o incisione); - <i>salute</i>, ad es. da qualità dell'acqua, o regime idrico (in particolare se c'è un deficit rispetto al DMV), o rapporto con la piana o instabilità geomorfologica⁽¹⁾;
R _{POT} (1,2,..)	<u>riqualificare</u> in senso proprio, cioè mettendo in atto le Linee di azione (localmente, a monte/valle, o nel bacino)	tutti gli altri tratti dove la <i>salute</i> o la <i>naturalità</i> sono scarse (i tratti che rientrano nella classe A degli antagonismi vengono considerati a parte ⁽²⁾).

(1) Questo criterio è applicabile, vista l'informazione da noi utilizzata, solo a scala di caso studio. L'attributo di fatto utilizzato a scala regionale è stato la sola *qualità dell'acqua*.

(2) Si vedano il seguito del testo e la figura 9.10.

Nota 1: la definizione delle soglie applicate sugli indicatori e sugli indici e dei giudizi di compatibilità con gli strumenti di pianificazione-programmazione spetta a rigore al pianificatore (la Regione) ed è solo stata anticipata dal gruppo di lavoro.

Nota 2: il fatto che un tratto meriti priorità di intervento non implica necessariamente che si debba intervenire fisicamente su di esso (a scala locale); spesso è invece necessario intervenire "a monte" (sull'intero corridoio fluviale o addirittura sul bacino). Infatti il criterio guida deve sempre essere rimuovere le cause piuttosto che curare gli effetti. Questa informazione "spaziale" è riportata nel quadro di sintesi degli interventi proposti (si veda la Tab. 9.4)

Le risultanze dell'analisi SWOT in merito ai rischi potenziali di involuzione, connessi alla realizzazione di molti degli interventi previsti nel PAI, hanno portato alla realizzazione di una seconda zonizzazione, dove si segnalano le "zone di Attenzione" (A), nelle quali è opportuno rivedere la pianificazione esistente e verificarne la coerenza con l'obiettivo strategico di riqualificazione fluviale, possibilmente approfondendo le analisi a scala di caso studio (si veda il box *Approfondimento degli indici di prioritizzazione*).

Con A1, A2, A3 si indicano tre soglie di attenzione decrescenti per i tratti R_{POT}, mentre con AA1, AA2, AA3 –in figura 9.10 riuniti in un unico colore rosso– si indicano tre soglie di attenzione decrescenti per i tratti OK. Quindi i tratti AA1 sono quelli dove è più importante/urgente rivedere la pianificazione.

9.2.4 "Priorizzazione" delle linee d'azione

L'obiettivo generale della strategia di riqualificazione fluviale dichiarato all'inizio

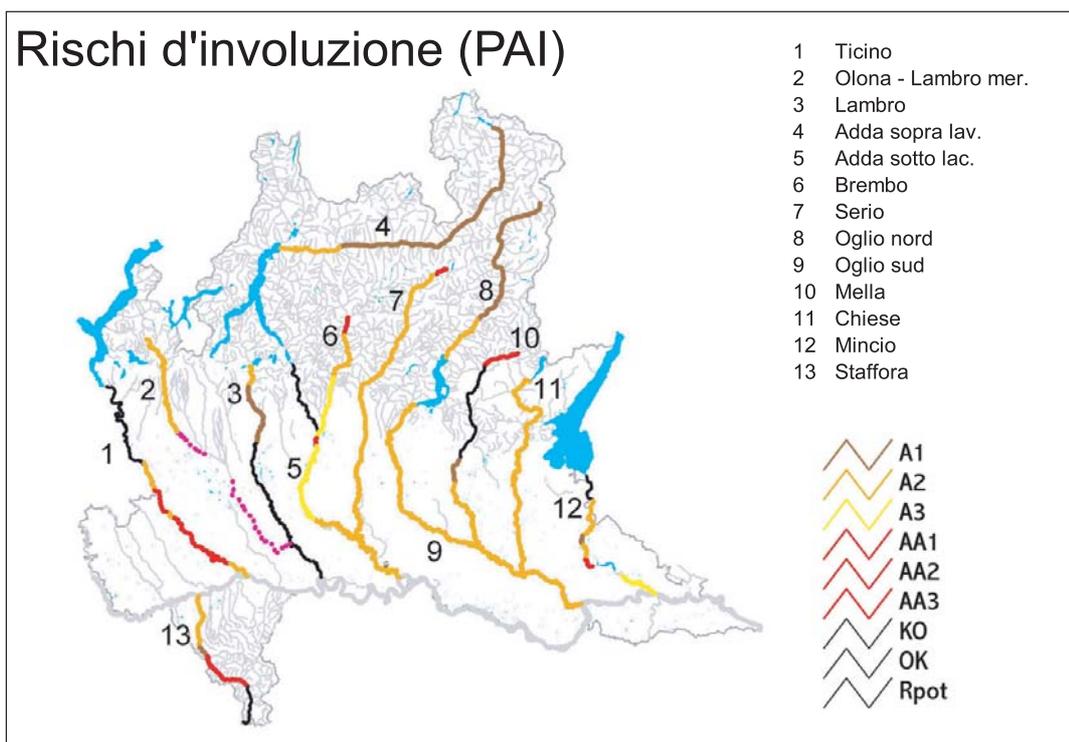


Fig. 9.10. Zonizzazione legata ai possibili antagonismi con la pianificazione esistente (PAI). A: possibili antagonismi in tratti R_{POT} (a riqualificazione potenziale); AA: idem in tratti OK. Lungo quasi tutti i corsi d'acqua esistono rischi di involuzione in conseguenza della pianificazione. Si noti comunque che il fatto che un intero tratto sia classificato come "a rischio" non significa che effettivamente sarà interessato per la sua interezza da interventi artificializzanti, ma che al suo interno esistono aree dove la pianificazione prevede interventi antitetici alla riqualificazione fluviale. Saranno poi indagini più approfondite a scala locale a permettere di chiarire meglio i particolari. La figura mostra comunque chiaramente come sia necessaria una più stretta relazione tra pianificazioni di bacino diverse.

(portare allo stato "buono" in senso integrato tutti i tratti che oggi non lo sono ed evitare di peggiorare lo stato attuale) chiama in causa i seguenti criteri:

- rimediare ai *deficit* messi in luce dall'indice *salute* (i "gap salute");
- mantenere e per quanto possibile migliorare la *rilevanza naturalistica*, dove è alta;
- riconquistare un'alta *naturalità morfologica* (dove l'indice corrispondente segnala carenze), sostanzialmente eliminando gli elementi di artificialità (generalmente opere) e recuperando la morfologia originaria (la vera rinaturazione).

Questi criteri vanno sempre tenuti presenti per tutti i corsi d'acqua per individuare le linee di azione.

Il criterio relativo al recupero della *salute* è stato però ritenuto più importante e sviluppato con maggior dettaglio. Il motivo è che esso è più articolato, rispetto al mantenimento di una buona *rilevanza naturalistica*, ed è stato ritenuto più importante rispetto al recupero della *naturalità morfologica* in sé, soprattutto in quei casi in cui il corso d'acqua può ritrovare una buona *salute* in un contesto modificato e più antropizzato (*naturalità morfologica* scarsa).

In linea di massima quindi, pur essendo l'idea guida "massimizzare il *valore natura*", in STRARIFLU sono state fornite indicazioni soprattutto per migliorare la sua componente *salute*, mettendo in campo azioni (locali, a scala di tratto o di bacino) capaci di migliorare nei tratti problematici quegli attributi che la caratterizzazione indica come carenti (R_{POT}) o addirittura critici (KO) e conservando/preservando invece i tratti con forte valenza ambientale (OK).

Ma naturalmente, oltre a questa indicazione di tendenza, è molto utile specificare meglio *dove e a cosa dare priorità*: si possono pertanto utilizzare le risultanze della SWOT per definire una *priorizzazione*, che indica i tratti su cui è prioritario intervenire e le relative tipologie di azione (Par. 9.2.4).

Si possono quindi derivare due tipi di indicazioni:

- cosa occorre fare per ritrovare uno stato di buona salute (e per rimediare a situazioni di crisi o preservare/conservare tratti in buono o ottimo stato);
- cosa conviene fare per sfruttare sinergie (applicando le indicazioni ottenute dalla SWOT-priorizzazione).

Tab. 9.3.

Esempio di ordinamento di prioritizzazione di 7 tratti fluviali secondo i criteri tecnici indicati nella prima colonna (per semplicità, nella tabella sono riportati solo i criteri P1 e P2, omettendo quelli P3, P4, Aa, Ab, Ac, Ad). Il criterio P1 suggerisce che, per recuperare salute attraverso il miglioramento della copertura della vegetazione riparia, “conviene” intervenire prioritariamente nel tratto 4 (priorità 1) perché fornisce anche altri vantaggi collaterali (ad es., è un tratto in una zona agricola con carichi inquinanti diffusi, che sarebbero intercettati e rimossi dalla vegetazione riparia). Convenienze progressivamente decrescenti si avrebbero intervenendo sui tratti 6 (priorità 2), 3, ecc. Il criterio P2, invece, suggerisce che, per aumentare la Salute attraverso il recupero del rapporto con la piana, “conviene” intervenire prioritariamente sul tratto 6 e, con convenienze decrescenti, sui tratti 3, 1, 2, ecc.

Per dare attuazione al primo criterio (“cosa occorre fare”), è immediato utilizzare l’informazione già prodotta in fase di SWOT: si tratta di ordinare, per ogni tratto, i “*gap salute*” relativi ai singoli attributi (per capire quali di questi causano i maggiori problemi si veda l’esempio di tabella 9.4) e quindi attuare proprio quelle azioni capaci di rimediare a tale deficit (si veda la tabella 9.5 per un esempio).

Le linee d’azione proposte in STRARIFLU, di cui la tabella 9.5 costituisce un breve stralcio, fanno capo a quattro obiettivi: conservazione della natura, sicurezza idraulica, usi economico-produttivi e fruizione.

Per quanto concerne l’obiettivo natura, come anticipato, le linee proposte indicano come rimediare ai *gap salute* di ogni singolo attributo che compone tale indice (esempio, in tabella 9.5: recupero dell’*equilibrio morfologico* e della *vegetazione riparia*); le linee relative all’obiettivo *sicurezza idraulica* comprendono invece “evitare ed eliminare la presenza di beni a rischio”, “restituire spazio ai fiumi per esondare e divagare”, “recuperare l’equilibrio geomorfologico” (come per l’obiettivo natura ma questa volta finalizzato alla sicurezza idraulica), “aumentare la capacità di laminazione e infiltrazione diffusa nel bacino”, “realizzare interventi strutturali di protezione e regimazione” e “convivere con il rischio”, linee a loro volta ulteriormente specificate da azioni a scala locale, di corridoio fluviale, di bacino.

Gli *usi economico-produttivi* sono invece perseguibili attraverso linee che prevedono “mantenere o raggiungere una buona qualità dell’acqua” e “garantire una adeguata disponibilità idrica instaurando un regime idrico soddisfacente” (come per l’obiettivo natura ma questa volta finalizzato all’obiettivo *usi*) e, infine, “gestire in modo sostenibile il servizio idrico integrato”.

La *fruizione* è invece obiettivo perseguibile tramite “ripristinare, conservare, valorizzare gli elementi naturali, storico-architettonici e socio-culturali” oltre che intervenendo sulla naturalità dell’assetto fisico, sulla qualità dell’acqua, sul regime idrologico e sulla fauna ittica come per gli obiettivi *natura* e *usi*.

Si rimanda comunque al *Par. 6.4* in cui si trovano sostanzialmente le stesse linee, riviste e integrate.

Anche per dare atto al secondo criterio (“cosa conviene fare”), si ricorre all’informazione già prodotta in fase di SWOT nell’analisi delle *opportunità* (*Par. 9.2.2*): infatti, i criteri di prioritizzazione suggeriscono dove intervenire per “cogliere due piccioni con una fava”, cioè dove è più conveniente riqualificare perché si possono raggiungere altri risultati complementari o cogliere opportunità.

Si è quindi ricavata, per ogni corso d’acqua, una graduatoria dei tratti relativamen-

Criterio di prioritizzazione	Tratto 1	Tratto 2	Tratto 3	Tratto 4	Tratto 5	Tratto 6	Tratto 7
P1 (Recuperare Salute da Copertura vegetazione riparia con effetto Fascia Tampone Boscata)	5	7	3	1	6	2	4
P2 (Recuperare Salute da Rapporto con la piana con effetto wetland fuori alveo)	3	4	2	7	5	1	6

te ad ogni *criterio tecnico* (di *priorizzazione*) preso in esame: il primo tratto in classifica è quello dove risulta più conveniente applicare quel criterio e così via; un esempio per due criteri, P1 e P2, è riportato nella tabella 9.3, mentre per uno stralcio delle linee d'azione associate ad ogni criterio si veda la tabella 9.6.

Tratto n.	Zona	Ambito	"gap salute"	Ordinamento attributi secondo il gap salute	Attributi e indicatori interessati	Linee d'azione	Priorizzazione
13	R _{POT}	Parco	25,4%	1	Equilibrio morfologico	1 - a 3 - a,c 9 - a,b,c 13 - a,b,c,d,e,f	
			11,4%	4	Qualità Acqua	5,6	P ₁ = 2 P ₂ = 5
			19,9%	3	Regime idrico	6	P ₄ = 5
			11,3%	5	Rapporto con la piana	3,4,10	Ac = 1 Ad = 5
			20,7%	2	Vegetazione	3 - a,b,c 4 - a,b,d	P ₃ = 4
			0,0%	6	Fauna Ittica	5,7	
			11,4%	4	Macroinvertebrati	5,8	

9.2.5 Vision e indicazioni specifiche

A valle della conoscenza, è necessario interpretare l'informazione ottenuta e tradurla in termini di indicazioni decisionali specifiche, utili per stabilire se e dove conviene intervenire e con quali azioni di riqualificazione.

A titolo d'esempio, nel caso del Fiume Brembo (che nel tronco considerato risulta comunque in "buona" salute) si è rilevato come la ricostituzione della *vegetazione* (lungo gran parte dell'asta fluviale) e il miglioramento delle condizioni della *fauna ittica* e del *regime idrologico* (rispettivamente per la parte di monte e quella di valle del corso d'acqua), siano elementi preponderanti di un'azione finalizzata alla sua riqualificazione e, come tali, vanno a caratterizzare in maniera predominante la *vision* di questo fiume (Fig. 9.11).

È questa visione di sintesi del Brembo riqualificato che deve guidare, corroborata dalla caratterizzazione integrata, dall'analisi SWOT e dalla conseguente priorizzazione, l'applicazione più appropriata delle linee d'azione già individuate.

Tab. 9.4. Analisi del "gap salute" relativamente –come esempio– al "tratto 13" di un corso d'acqua lombardo, in un ambito classificato come "Parco", afflitto da innumerevoli problemi di *salute* e identificato dalla zonizzazione come potenzialmente riqualificabile (R_{POT}). Le componenti ambientali che più contribuiscono al "gap salute" sono l'*equilibrio morfologico* (la cui compromissione è responsabile della perdita di circa il 25% della *salute*), la *vegetazione* (circa il 20%) e, a seguire, gli altri (secondo l'ordine di importanza indicato nella colonna "ordinamento"). "Cosa occorre fare" per recuperare la *salute* del tratto è precisato dalle "Linee di azione" codificate nella relativa colonna (quelle evidenziate in rosso sono riportate per esteso nella tabella 9.5). "Cosa conviene fare" per sfruttare sinergie è segnalato, invece, nella colonna "Indici di priorizzazione", che riporta i codici delle azioni prioritarie associate ad ognuno di tali indici ("Prudenti" da P1 a P4; "Ardite" da Aa a Ad) per migliorare il relativo attributo. Le azioni più convenienti (quelle con priorità = 1 o 2) sono, nel caso specifico, P1 (con priorità 2) e Ac (priorità 1), descritte nella tabella 9.6.

9.2 Contenuti essenziali e passi chiave

Tab. 9.5.
Stralcio delle linee di azione relative a “cosa occorre fare” per rimediare ai “*gap salute*” evidenziati nella tabella 9.4 (linee d’azione 1a e 4a,b,d, in caratteri rossi). Si noti come le azioni proposte per risolvere il problema di un tratto possono essere realizzate sia a livello “locale”, che a scala di “corridoio fluviale” o di intero “bacino”.

obiettivi	azioni				
	Cod	linee di azione	Cod	tipi di azione	Luogo di applicazione
CONSERVAZIONE della NATURA	1	Ripristinare una morfologia d'alveo più naturale (ove non sia cambiato radicalmente il contesto). Recuperare l'equilibrio geomorfologico	a	Ripristinare i processi che sottendono all'equilibrio dinamico, "progettando" la morfologia considerando lo "stato originario" (tipo morfologico, larghezza d'alveo e di piana attiva, quota altimetrica, tracciato planimetrico, meandri), ma puntando soprattutto a ricostituire condizioni di equilibrio dinamico; gestire i sedimenti e l'erosione spondale; ricostituire la vegetazione per consolidare le sponde; o invece non proteggerle, ma riacquisire terreni dedicati a serbatoio erosivo; sbancare in zone fuori alveo e ripascere l'alveo; rimobilizzare sedimenti bloccati dagli sbarramenti, ...	corridoio fluviale
			b	Riforestazione; o, viceversa, selezione di zone di versante con funzione di serbatoio di alimentazione di sedimenti; rimobilizzazione di sedimenti bloccati da briglie e altri sbarramenti nel bacino	bacino
			c	Intervenire nelle aree agricole: pratiche agricole, scelte colturali, gestione suolo,..	bacino
			d	Evitare l'eliminazione di "sovralluvionamenti" se non veramente accertati; inserire "protezioni latenti" (come pennelli interrati) al confine della fascia morfoattiva; eliminare protezioni non strettamente indispensabili; rivitalizzare o realizzare meandri, raschi, pozze ... (se sicuramente compatibili con la dinamica evolutiva e soprattutto se già presenti almeno in forma relittuale)	locale
	4	Ottenere un'adeguata vegetazione riparia	a	Incentivi per la rinaturalizzazione riparia e la conversione dell'agricoltura	bacino
			b	Creazione di vegetazione riparia e sua gestione	locale
			c	Ripristinare condizioni idrologiche adatte (inondazione periodica, alimentazione da falda locale, ecc.)	locale
			d	Interventi di controllo delle specie invasive	locale

9. Caso studio 1: STRARIFLU: una STRAtegia di RIqualificazione FLUViale a scala regionale

Priorizzazione		Azioni				
Cod	Criteri di priorizzazione delle azioni	Cod	linee di azione	Cod	Tipi di azione	Scala di applicazione
P1	Recuperare salute da copertura vegetazione nella fascia riparia, con effetto fascia tampone	4	Ottenere un'adeguata vegetazione riparia	a	Strumenti di incentivazione per la rinaturalizzazione riparia	locale
				b	Creazione di vegetazione riparia e gestione	locale
Ac	Recuperare salute da rapporto piana fascia di divagazione (eliminando difese spondali, delocalizzando insediamenti ...)	3	Migliorare il rapporto con la piana	a	Eliminare protezioni, evitare di proteggere zone a basso valore intrinseco	locale
				b	Far fronte al rischio idraulico con le corrispondenti linee di azione (vedi Obiettivo Sicurezza)	bacino
				c	Incentivi economico-finanziari e amministrativo-gestionali per il recupero di aree esondabili	bacino

Tab. 9.6. Stralcio delle azioni prioritarie che “conviene fare” (P1 e Ac) per rimediare ai *gap salute* evidenziati nella tabella 9.4.

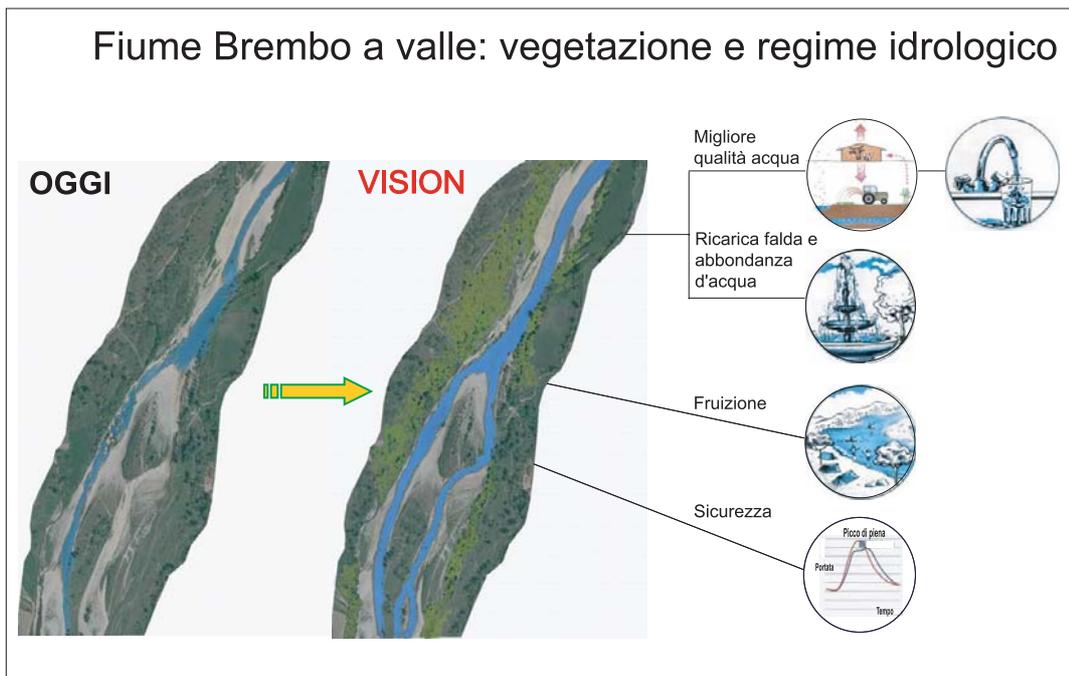


Fig. 9.11. Vision del tratto di valle del Brembo, relativa agli attributi “Vegetazione” e “Regime idrologico”: la vision immagina il fiume con più acqua, in quantità sufficiente sia a garantire la salute dell’ecosistema che gli usi produttivo-economici e di buona qualità (anche ai fini di una maggior fruizione); dotato di una fascia vegetata (un po’ più consistente dell’attuale) sufficiente a garantire il corretto funzionamento dell’ecosistema e di un rapporto con la piana sufficiente anche a migliorare i problemi di rischio idraulico. (Illustrazione: I. Schipani)

Caratterizzazione integrata – Esempio di indice: **Fascia di mobilità funzionale (o morfoattiva)⁷⁾**

(Marco Monaci)

Fascia di mobilità funzionale

È la porzione di territorio che –nella scala di tempo gestionale– può essere interessata dall'evoluzione geomorfologica (in particolare dai processi di erosione/sedimentazione e dalle divagazioni dell'alveo) anche se il fiume è in equilibrio dinamico (si veda la voce omonima nel *Par. 7.4.3*).

Indice Fascia di mobilità funzionale

Si calcola con l'Equazione 1, eseguendo il rapporto (r_g) tra l'area della *fascia di mobilità funzionale* nello stato attuale e quella relativa allo *stato di riferimento*: il valore assunto dall'indice varia per costruzione tra 0 ed 1 e fornisce un'indicazione *oggettiva* delle modifiche subite dall'attributo indagato: in uno stato coincidente con quello di riferimento questo indice vale 1, mentre in quello attuale è una frazione; $r_g = 0$ significa che non esiste più un'area dove possano avvenire i processi geomorfologici, $r_g = 0,5$ significa che è stato perso il 50% della *fascia*; $r_g = 1$ significa che la *fascia di mobilità funzionale* è quella che c'era o equivalente (o superiore), e così via.

Nel caso, teorico, in cui l'area nello stato attuale sia superiore a quella dello stato di riferimento, l'indice viene posto uguale a 1 (con il *min*), stabilendo che ciò sia comunque “buono”.

$$r_g = \min[1, A_g(t)/A_g(0)] \text{ se } A_g(0) > 0, \text{ 1 altrimenti} \quad [\text{Equaz. 1}]$$

dove: A_g = Fascia di mobilità funzionale, (t) indica “stato attuale” e (0) “stato di riferimento”.

Delimitazione della fascia di mobilità funzionale

La *fascia di mobilità funzionale* per lo stato di riferimento (denotata con $A_g(0)$) è stata tracciata come la fascia in cui ha divagato il fiume durante l'ultimo secolo (*fascia di divagazione storica*), utilizzando per le analisi carte storiche e foto aeree.

Ci si è limitati a tale tipo di analisi essendo STRARIFLU uno strumento pianificatorio a scala regionale che non può scendere nel dettaglio delle indagini di campagna.

Per la fascia ($A_g(t)$) relativa allo stato attuale, la medesima fascia è stata modificata (ridotta) considerando le difese spondali, le arginature, le aree urbanizzate e le principali infrastrutture presenti che concorrono a confinare o bloccare il fiume (ferrovia, autostrada, ecc.).

⁷ Nel progetto originale STRARIFLU si è introdotto il termine *Fascia morfoattiva*, ma esso è sinonimo di *Fascia di Mobilità Funzionale* (di cui al *Par. 7.4.3*) e di *Fascia di Mobilità Fluviale*, termine usato nel resto del manuale per la sua immediatezza evocativa.

Approfondimento sugli indici di prioritizzazione

(Marco Monaci)

Gli indici di prioritizzazione utilizzati in STRARIFLU sono riportati nella tabella 9.7, ordinati in base alla loro “arditezza”. In particolare, una classe di *Prudenti* (P) comprende quelli che vanno d'accordo con il PAI⁽⁸⁾, cioè suggeriscono azioni perfettamente compatibili con esso (in sostanza, si opera all'interno delle Fasce Fluviali definite nel PAI stesso). La classe degli *Arditi* (A) contempla, invece, interventi che richiedono una revisione del PAI (es. spostare arginature). Si rimanda alla *Relazione Applicativa STRARIFLU* per gli approfondimenti matematici.

TIPO	N	CRITERI – OPPORTUNITA' DI AZIONE
P	1	recuperare salute da copertura vegetazione nella fascia riparia con effetto fascia tampone
P	2	realizzare wetlands fuori alveo per abbattere carichi inquinanti
P	3	recuperare salute da: copertura vegetazionale in fascia riparia e vegeto-interagente, artificialità e qualità dell'acqua, a scopo fruizione e salvaguardia patrimonio
P	4	recuperare salute da qualità dell'acqua e regime idrico a scopo fruizione legata a balneazione
A	a	recuperare salute da equilibrio geomorfologico riqualificando
A	b	recuperare salute da artificialità dove esistono difese spondali “non giustificate”
A	c	recuperare salute da rapporto piana – fascia di mobilità funzionale (eliminando difese spondali, delocalizzando insediamenti, ecc.)
A	d	recuperare salute da rapporto piana - area di inondazione (analogo al precedente)

Tab. 9.7. Definizioni concettuali degli indici di prioritizzazione di STRARIFLU, classificati in P (Prudenti) e A (Arditi). All'interno di ogni classe, i primi sono quelli più fattibili, gli ultimi, i più difficili.

A titolo d'esempio, si presenta qui l'indice di prioritizzazione denominato P₁, fornendo sia la definizione concettuale che la relativa formalizzazione matematica.

Indice P₁ “*Recupero della componente di Salute relativa alla copertura vegetazionale riparia per l'abbattimento dei carichi inquinanti diffusi (nutrienti)*”

Tale indice segnala quei tratti dove è maggiormente disponibile un'area per la sostituzione di una fascia riparia sufficiente ad abbattere un rilevante carico inquinante presente e dove maggiore è il recupero di salute fluviale ottenibile:

$$p = \min [1, (A_R/A_N)^+] N (\Delta s_{vr})$$

dove: A_R = area della fascia riparia attuale (totale sulle due sponde); A_N = area necessaria per abbattere al 70% il carico presente utilizzando le Fasce Tampone Boscate; N = carico di nutrienti (azoto), medio annuo, insistente sul tratto (totale sulle due sponde); Δs_{vr} = complemento all'unità dovuto alla componente salute da copertura vegetazione riparia (totale sulle due sponde); con la notazione $(x/y)^+$ utilizzata nell'equazione si intende un operatore che, dati due numeri x e y , fornisce il valore in parentesi (cioè il loro rapporto x/y), quando $y > 0$, 0 altrimenti.

⁸ Piano stralcio di Assetto Idrogeologico (PAI) dell'Autorità di Bacino del Po.

10. Caso studio 2

Varare un nuovo Vara

Estensori caso studio: *Marco Monaci, Andrea Nardini*

Collaboratore: *Giuliano Trentini*

Autori lavoro originario: IRIS s.a.s.:

*Maurizio Bacci, Giuliano Trentini, Andrea Nardini,
Federico Uzzani, Leonardo Moretti, Anna Polazzo;*

Università di Firenze:

Massimo Rinaldi, Cristina Simoncini, Andrea Biagiotti;

Iridra: *Fabio Masi;*

Temì: *Alessandro Bardi;*

Studio Hydra: *Gaia Di Rosa, Sabina Arioni*

INQUADRAMENTO DEL CASO STUDIO

Tipologia corso d'acqua	Corso d'acqua con morfologia a canale singolo nella parte medio - alta del bacino e wandering in quella terminale, con sedimenti grossolani, dinamica morfologica molto attiva, portata centennale prossima a 3.000 m ³ /s.
Territorio	<i>Regione</i> : Liguria, al confine con la Toscana <i>Caratteristiche</i> : il bacino imbrifero del Fiume Vara (Fig. 10.2), il principale affluente del Fiume Magra, si estende su una superficie di circa 600 km ² e si presenta come un'area collinare e montana ancora in gran parte ben conservata sotto il profilo ambientale. Il Vara e i suoi affluenti, soprattutto nella parte più interna del bacino, mostrano un'ottima qualità ambientale, con indici biotici molto elevati e flora e fauna abbondanti e diversificate. Oggetto dello studio è il tratto terminale dell'asta fluviale (circa 6 km) subito a monte della confluenza con il Magra, caratterizzato da un ampio fondovalle decisamente antropizzato; in questo tratto è comunque presente un ambiente fluviale di pregio e con spiccate caratteristiche di naturalità, ma limitato a una stretta striscia di territorio, mentre subito al di fuori di essa sono presenti aree agricole in maggioranza degradate e abbandonate, centri abitati, aree produttive e l'autostrada Genova-Livorno. Sono pertanto molti i fattori di disturbo che impattano negativamente sull'ecosistema e ne impediscono la piena funzionalità ecologica.
Problematica	<ul style="list-style-type: none"> - Rischio idraulico, dissesto idrogeologico - Pianificazione di bacino (Piano di Assetto Idrogeologico-PAI) in presenza di conflittualità legate all'uso del suolo e a perdita di terreni per erosione - Ruolo delle dinamiche morfologiche, erosioni spondali, incisione e restringimento dell'alveo - Definizione della fascia di mobilità funzionale e ricreazione della piana inondabile
Messaggio	<ul style="list-style-type: none"> - Conoscere le dinamiche morfologiche del corso d'acqua permette di comprendere (e sostenere di fronte all'opinione pubblica e agli amministratori locali) che il modo migliore di affrontare il rischio idraulico e da dissesto geomorfologico non è l'irrigidimento e il confinamento del fiume, ma la separazione –chiara e scientificamente basata– degli spazi antropici da quelli propri del fiume: la fascia di mobilità funzionale. - In essa il fiume deve poter esprimere liberamente le sue dinamiche morfologiche così da raggiungere il proprio equilibrio dinamico. Per evitare che esca da tale fascia, però, occorre anche una costante azione gestionale unita ad un'adeguata regolamentazione di uso del suolo. - La definizione della fascia di mobilità funzionale può migliorare sensibilmente la pianificazione operata dalle Autorità di bacino (PAI)
Approccio	Approccio tecnico integrato
Linee di azione	<ul style="list-style-type: none"> - <u>Contro il rischio idraulico e il dissesto idrogeologico</u>: <ul style="list-style-type: none"> - evitare ed eliminare la presenza di beni a rischio (per ridurre il danno potenziale) - restituire spazio ai fiumi per esondare e divagare - recuperare l'equilibrio geomorfologico - realizzare interventi strutturali di protezione e regimazione (per ridurre i danni) - <u>Per l'obiettivo "natura" (integrità ecologica)</u>: <ul style="list-style-type: none"> - ripristinare un assetto fisico più naturale
Tecniche e Strumenti	<ul style="list-style-type: none"> - <u>Tecniche</u> <ul style="list-style-type: none"> - Assetto strutturale del corso d'acqua - Morfologia: stabilità delle sponde e del letto, connessione del corso d'acqua alla piana alluvionale, zone umide - <u>Strumenti</u> <ul style="list-style-type: none"> - Vincoli e regolamentazione dell'uso del suolo
Livello	Analisi conoscitiva (aspetti morfologici), studio di fattibilità e conseguente progettazione preliminare

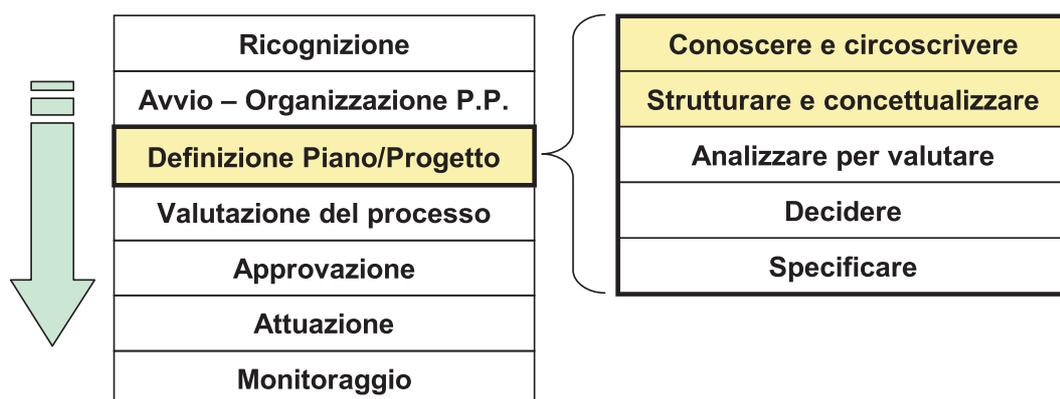


Fig. 10.1. A sinistra le FASI del Processo Decisionale Partecipato (PP) e a destra i PASSI CHIAVE per lo sviluppo della fase "Definizione di un piano/progetto". In giallo sono evidenziate le parti sviluppate nel presente caso studio.

10.1 In Pillole

La problematica del rischio da esondazione/dissesto è affrontata in questo *caso studio* enfatizzando un aspetto che meriterebbe di essere maggiormente approfondito nell'ambito dei PAI italiani: ovvero il fatto che i fiumi sono sistemi dinamici in perenne evoluzione geomorfologica e che necessitano a tal fine di una porzione di territorio in genere superiore a quanto ora "concesso".

Il caso studio mostra i passaggi chiave per determinare in modo scientifico tale spazio, denominato *fascia di mobilità funzionale*, entro il quale il fiume viene lasciato libero di manifestare le proprie dinamiche geomorfologiche, di erodere le sponde facendole arretrare a discapito dei terreni retrostanti, di divagare e di modellare liberamente la sua larghezza in modo da acquisire una nuova configurazione di equilibrio dinamico (si veda il *Par. 7.4.3*).

Considerare tali aspetti geomorfologici si dimostra spesso vincente nella soluzione dei problemi idraulici e di dissesto, rispetto all'uso indiscriminato delle classiche opere idrauliche che tendono a impedire le dinamiche fluviali.

Il caso studio si ispira al "Progetto Vara" sviluppato a seguito di un bando dell'Autorità di Bacino del Fiume Magra (nel seguito AdB) per la "progettazione preliminare con studio di fattibilità ambientale degli interventi di messa in sicurezza idraulica e recupero conservativo di ambienti fluviali e alluvionali ...".

Nell'ambito di tale progetto, l'AdB ha anche intrapreso un processo partecipato⁽¹⁾ per condividere le informazioni, recepire osservazioni e discutere apertamente anche le possibili soluzioni (aspetto, però, non presentato in questo caso studio). Nella proposta di PAI esistente al momento di redazione del progetto Vara, si tendeva, in linea di principio, alla salvaguardia delle dinamiche fluviali e alla totale destinazione delle aree demaniali a questa funzione ma, per quanto non si contemplassero interventi di piano a contrasto delle dinamiche morfologiche, non si impediva che, di fatto, questi potessero essere realizzati da altri Enti (come peraltro avvenuto durante la redazione del progetto) e non si affrontava esplicitamente il problema di come gestire l'interazione tra queste dinamiche e l'ambiente antropico.

¹ Si veda www.adbmagra.it – sezione "Progetto Vara – Varare un nuovo Vara".

Nel caso studio si presentano alcune delle opzioni d'intervento sviluppate per la creazione e la gestione della fascia, includendo alcune idee normative per l'integrazione del concetto di *fascia di mobilità funzionale* nelle Norme dei PAI.

La definizione delle *alternative progettuali*, la loro valutazione e la scelta finale non sono qui presentate, ma sono reperibili nella relazione finale del progetto².

La positività delle soluzioni sviluppate nell'ambito del progetto ha indotto l'AdB ad estendere all'intero bacino uno studio geomorfologico basato sui medesimi principi, che dovrà supportare la stesura definitiva del PAI.

Si noti che la problematica è simile a quella del fiume Sangro (*Cap. 11*); quest'ultimo, tuttavia –nel tratto considerato– è pesantemente artificializzato, mentre il Vara lo è molto meno. Il caso studio Sangro si concentra inoltre sulla fase di caratterizzazione ambientale associata al *valore natura*, fornendo una panoramica dei tipi di intervento proponibili; il caso studio Vara, invece, si concentra sulla definizione della *fascia di mobilità funzionale*. Essi sono quindi complementari.

10.2 Conoscere e circoscrivere: le ragioni del progetto

Come la maggior parte dei corsi d'acqua italiani, il Vara (Fig. 10.2) ha subito numerosi interventi di regimazione idraulica (inalveamento mediante pennelli nella piana, per limitare le divagazioni dell'alveo) e di estrazione degli inerti che, nel corso degli ultimi decenni, ne hanno pesantemente alterato l'assetto geomorfologico, inducendo consistenti fenomeni di incisione e restringimento dell'alveo. D'altra parte, si rileva ora una tendenza dell'alveo fluviale a riallargarsi, a discapito del territorio circostante e degli usi ad esso legati, per raggiungere un nuovo equilibrio dinamico, con una piana alluvionale, però, posta ad una quota più bassa della precedente, divenuta ormai un terrazzo fluviale.

Lungo il corso del Vara sussistono diverse aree urbanizzate a rischio idraulico derivante non solo dalle alluvioni, ma anche dai problemi di tipo geomorfologico citati.

Dal punto di vista ambientale, esistono vari fattori di disturbo, tra cui: scarichi civili trattati in modo insufficiente, difese spondali e arginature che hanno determinato una riduzione di habitat prioritari, il disturbo alla fauna creato dal traffico autostradale ed, infine, la diffusione di specie esotiche invasive, a scapito delle specie prioritarie. Ciononostante, l'estesa formazione boschiva riparia –caratterizzata dalla presenza di ontanete allagate– e l'importanza del sito per la fauna migratrice, hanno giustificato l'inclusione dell'intero tratto di studio nel SIC "Parco della Magra-Vara" (IT1343502).

Il *Piano di interventi* previsto dal progetto di PAI per la riduzione del rischio idraulico consiste sostanzialmente nella definizione di una fascia fluviale "di rispetto" (*fascia di riassetto fluviale*) e nella realizzazione di casse di espansione e di alcuni tratti di arginature a difesa di diversi abitati.

Nell'ambito del progetto preliminare di interventi per la "*messa in sicurezza idraulica e recupero conservativo di ambienti fluviali sul fiume Vara*", l'AdB ha

² Si veda "Progetto Vara" negli *Aggiornamenti on-line* sul sito www.cirf.org.

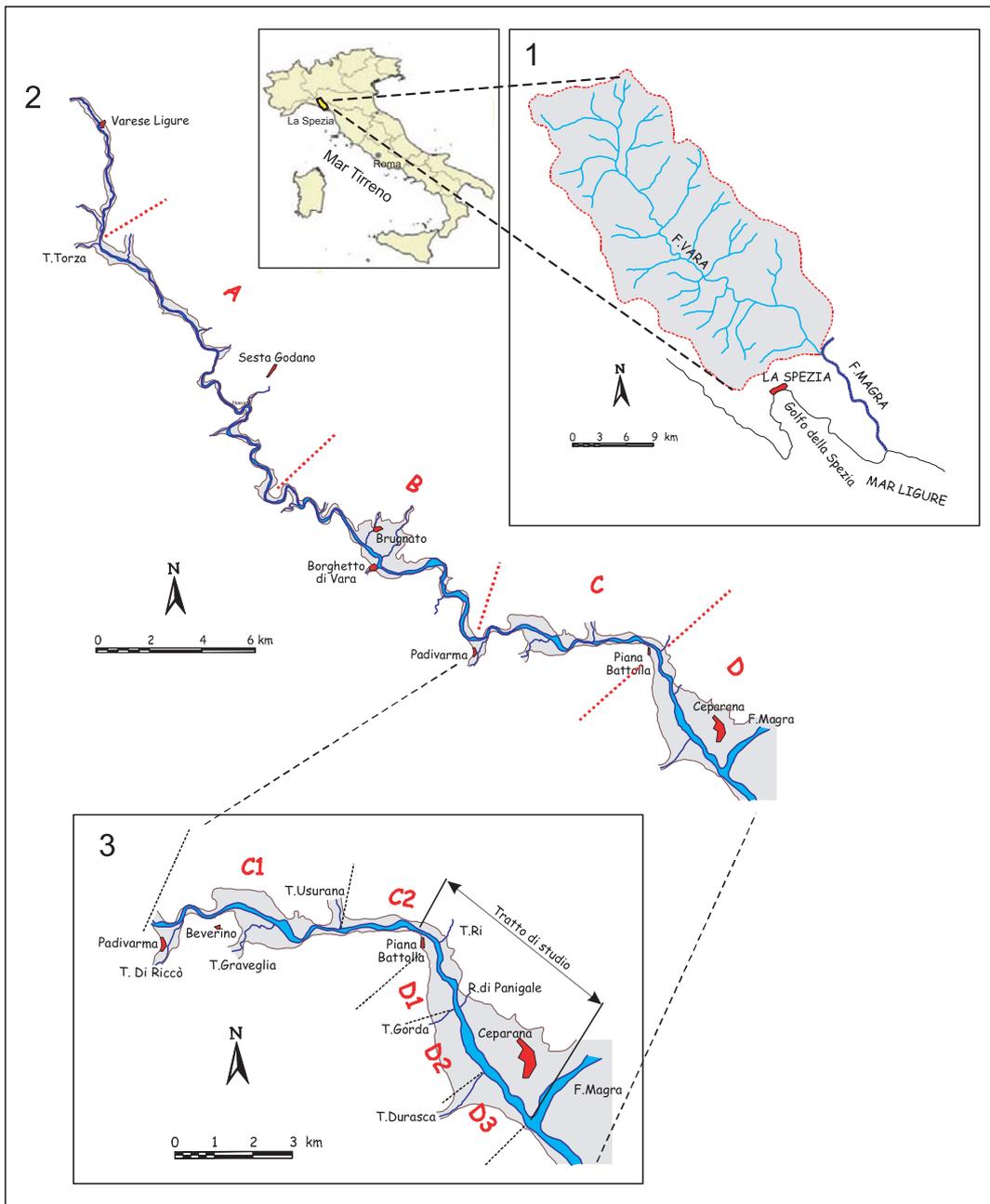


Fig. 10.2. Inquadramento territoriale dell'area di studio e suddivisione del Vara in tratti e sottotratti relativamente omogenei per caratteristiche geomorfologiche. 1) Bacino idrografico. 2) Suddivisione del Vara dalla confluenza del T. Torza alla confluenza nel Fiume Magra (A, B, C, D: tratti principali). 3) Suddivisione dei due tratti C e D in sottotratti (C1, C2, D1, D2 e D3) ed indicazione del tratto di studio (Piana Battolla – confluenza Magra: 6 Km).
(Fonte: IRIS sas, www.irisambiente.it)

però deciso di esplorare la fattibilità di un approccio integrato alle problematiche dell'ecosistema fluviale e del rischio (idraulico e geomorfologico), ferma restando la progettazione delle strutture arginali previste dal PAI (a meno che le nuove soluzioni proposte ne dimostrassero l'inutilità).

L'approccio del gruppo di studio non ha portato semplicemente alla progettazione di interventi, ma alla definizione di un nuovo assetto e criterio di gestione dell'asta fluviale, con proposte concrete ed operative di integrazioni al PAI utili ad affrontare le problematiche connesse con le dinamiche morfologiche dell'alveo, che erano rimaste sostanzialmente senza risposta.

L'approccio e i risultati scaturiti possono quindi essere di notevole interesse per innumerevoli casi simili e per tutte le AdB italiane.

10.2.1 L'approccio geomorfologico: rispettare le dinamiche morfologiche del corso d'acqua

Il concetto di “fascia di mobilità funzionale” (FM)

Va ricordato che i PAI delle AdB italiane, pur proponendosi in linea di principio anche l'obiettivo dell'equilibrio dinamico dell'alveo e della sua evoluzione naturale, di fatto concentrano l'attenzione, la normativa e gli interventi sul rischio alluvionale³. Per quest'ultimo, usualmente, i PAI definiscono una fascia fluviale interna (“Fascia A”), che include la zona capace di contenere la maggior parte del flusso della piena di riferimento (di norma quella con tempo di ritorno T_r 200 anni), una “Fascia B” esterna comprendente la corrispondente zona inondata (che non contribuisce sensibilmente al deflusso) ed una ulteriore zona esterna interessata da inondazioni in eventi “catastrofici” (“Fascia C”).

La Fascia A (o equivalente) viene determinata sostanzialmente sulla base di un criterio idraulico, prescindendo quindi dalla necessità di assicurare l'evoluzione geomorfologica (si veda il box *Zonizzazione da pericolosità idraulica* nel Par. 7.4.2).

Questa osservazione vale anche per il caso dell'AdB Magra il cui PAI, sebbene abbia introdotto una *fascia di riassetto fluviale (FR)* che non comprende solo le aree inondabili⁴, non prevede misure espressamente finalizzate ad assicurare la libera evoluzione dell'alveo.

L'approccio applicato nel progetto Vara punta invece proprio a individuare uno spazio (tipicamente ben più ampio della Fascia A o equivalenti e strutturalmente diverso dalla Fascia B), denominato *fascia di mobilità funzionale (FM)*, entro il quale lasciare il fiume libero di manifestare tutte le proprie dinamiche morfologiche, in particolare di erodere le sponde facendole arretrare a discapito dei terreni adiacenti in modo da raggiungere una nuova configurazione di equilibrio dinamico. Si tratta di permettere al fiume di ricrearsi una nuova “piana inondabile attiva”, dato che quella originaria (ovvero l'intero fondovalle), a causa dell'incisione subita, è diventata un terrazzo idraulicamente ed ecologicamente poco connesso al fiume.

L'individuazione di questa fascia, definendo una separazione chiara degli spazi propri del fiume da quelli antropici, richiede scelte consapevoli, trasparenti e il coinvolgimento del pubblico per determinare il grado di compromesso da adottare in fase pianificatoria rispetto ai criteri puramente geomorfologici.

Da ultimo va osservato che la definizione della *fascia di mobilità funzionale* non esaurisce il problema: infatti, per far sì che il fiume rimanga nell'ambito dei nuovi confini assegnati, occorrerà prevedere anche un'adeguata regolamentazione di uso del suolo, nonché il monitoraggio e –dove e quando si riveleranno necessarie– opere a difesa del “confine”.

³ Ad es., nella definizione della “Fascia A” del PAI dell'AdB Po ci si propone di assicurare “... il deflusso della piena di riferimento, il mantenimento e/o il recupero delle condizioni di equilibrio dinamico dell'alveo, e quindi favorire, ovunque possibile, l'evoluzione naturale del fiume ...”, ma poi si aggiunge “... in rapporto alle esigenze di stabilità delle difese e delle fondazioni delle opere d'arte, nonché a quelle di mantenimento in quota dei livelli idrici di magra ...”. È evidente che la priorità assegnata alla stabilità delle difese non garantisce la possibilità dell'evoluzione naturale dell'alveo.

⁴ Oltre ad aree inondabili per tempi di ritorno di 200 anni, la *fascia di riassetto fluviale (FR)* dell'AdB Magra comprende alcune aree ritenute di pertinenza fluviale, o di elevato pregio naturalistico, o di interesse per la ricarica della falda, ecc.

Fascia di mobilità funzionale: è meglio?

L'individuazione di una *fascia di mobilità* rappresenta un modo nuovo di gestire i problemi di erosione del fiume: si asseconda la dinamica morfologica naturale del fiume, restituendogli una fascia di pertinenza già sua in passato. Non si tratta di un atteggiamento di rinuncia e di impotenza di fronte alla forza della natura (“non siamo in grado di difendere i terreni, quindi lasciamo fare alla natura il suo corso”) ma, al contrario, di una scelta consapevole, nella convinzione che tale tipo di gestione sia benefico per le stesse attività umane sotto molti punti di vista. D'altra parte, difendere i territori “strappati” al corso d'acqua (l'approccio “classico”) comporta alti costi economici e ambientali, sicuramente sempre meno sostenibili nel lungo periodo e spesso addirittura di dubbia convenienza economica (considerato che i benefici dell'appropriazione del suolo, a volte elevati, sono spesso marginali: si vedano i box *Vale la spesa proteggere questa zona?* e *Opere idrauliche: più spese, più danni* nel Par. 2.5.2).

Se si ragiona inoltre in funzione di altri obiettivi, quali *usi produttivi*, *fruizione e natura*, si può osservare come la *fascia di mobilità* presenti altri vantaggi: in particolare, favorisce la ricarica naturale delle falde (inondazioni più frequenti della piana accrescono la frequenza dell'infiltrazione) e mantiene attivo e sempre rinnovato l'ecosistema fluviale (un mosaico di habitat e di formazioni vegetali a diversi stadi della successione, continuamente distrutti e ricreati proprio dalle dinamiche morfologiche e idrologiche).

Tuttavia, non è così immediato né scontato convincersi che definire e adottare il concetto di FM sia una buona o addirittura migliore strategia per far fronte al problema rischio di esondazione/dissesto.

Per questo, nell'ambito del processo partecipato, si è dapprima condotto un tentativo di comunicare i concetti chiave in una fase di *analisi di fattibilità preliminare delle opzioni*. In tale processo sono state considerate in modo scevro da preconcetti diverse opzioni di intervento, alcune delle quali suggerite con forza anche dai soggetti locali all'interno del processo partecipato; da una loro disamina (riassunta nel Par. 10.3.4) si è poi individuata la strategia da adottare.

10.2.2 Definire operativamente la “fascia di mobilità funzionale”

La fascia di mobilità funzionale può essere determinata sia per la situazione ideale di fiume naturale (più precisamente per il suo *stato di riferimento*, si veda il Par. 7.7.2), sia per la situazione attuale e per quella “progettuale” che si pianifica di ottenere nel futuro.

La FM si individua⁵ attraverso un'analisi geomorfologica e urbanistico-territoriale approfondita, ma non eccessivamente complessa: si determina, in una prima *fase geomorfologica*, l'involuppo della fasce in cui il fiume ha divagato durante le ultime centinaia di anni (*fascia di divagazione storica*) e delle zone di probabile riattivazione futura per erosione laterale nel medio periodo (prossimi 40–50 anni) (*fascia di erosione probabile a medio termine*); si “tagliano” poi, in una seconda *fase urbanistico-territoriale*, le zone vincolate dal tessuto antropico esistente (insediamenti, infrastrutture) o previsto (zone di espansione PRG, ecc.).

⁵ Concetti adattati e integrati da quanto proposto originariamente da MALAVOI *et al.*, 1998.

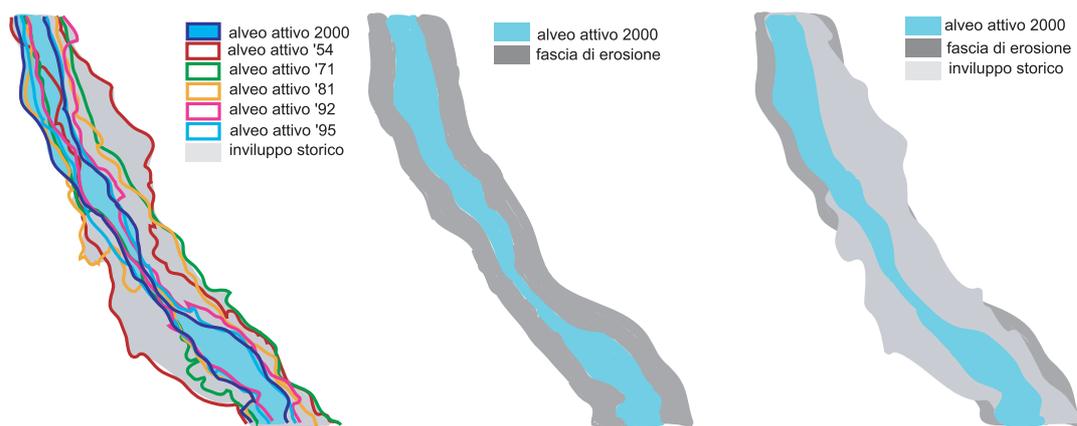
Va notato che, mentre la prima fase è basata su analisi ed operazioni piuttosto oggettive di tipo geomorfologico, la seconda coinvolge elementi soggettivi perché richiede di scegliere un compromesso tra “natura e sviluppo economico-urbanistico” e, immancabilmente, darà luogo ad alternative tra le quali non è possibile scegliere a priori (occorre cioè arrivare alla fase di valutazione e negoziazione attraverso un percorso partecipato più o meno allargato). Per un approfondimento di questa idea e dei suoi sviluppi concettuali ed operativi, si veda il progetto GESSO realizzato dal CIRF con il Comune di Cuneo e limitrofi (si veda la documentazione sul sito www.cirf.org, nella sezione Progetti - Studio propedeutico...).

Le fasi percorse durante lo studio sul Vara per definire la *fascia di mobilità funzionale* sono:

1. Fase geomorfologica (Fig. 10.3):

- a) Definizione della *fascia di divagazione storica*: è stata individuata e delimitata, sulla base di cartografia storica e fotografie aeree delle zone interessate dalla dinamica fluviale nel corso degli ultimi 50 anni, attraverso l’inviluppo più esterno dei tracciati del fiume a partire da quello del 1954 fino a quello attuale⁶;
- b) Definizione della *fascia di erosione probabile a medio termine* (50 anni): si è stimato il tasso medio di erosione laterale del corso d’acqua e, in base ad esso, è stata individuata una fascia al contorno dell’alveo attuale nella quale è più probabile che si verifichino processi di erosione nei prossimi 50 anni. Per quanto possa trattarsi di un approccio semplificato al problema (non ha la pretesa di essere una previsione della posizione dell’alveo tra 50 anni), l’individuazione di questa fascia è indispensabile per alvei caratterizzati da elevate variazioni planimetriche;

Fig. 10.3. Delimitazione della fascia di mobilità funzionale del tratto di Fiume Vara in studio. A sinistra: delimitazione delle zone interessate dalla dinamica fluviale nel corso degli ultimi 50 anni. Al centro: zona d’erosione probabile a medio termine (prossimi 50 anni). A destra: Fascia di mobilità funzionale, ricavata come inviluppo esterno delle due fasce precedenti. (Fonte: Univ. Firenze, M. Rinaldi)



⁶ Se si fosse considerato un intervallo di 200 anni, come nella versione originaria di MALAVOI *et al.* (1998), si sarebbe ottenuta una fascia di divagazione pressoché coincidente con l’intera pianura alluvionale del Vara: le carte degli Stati Sardi di inizi 1800 mostrano, infatti, un fiume che occupa gran parte della pianura.

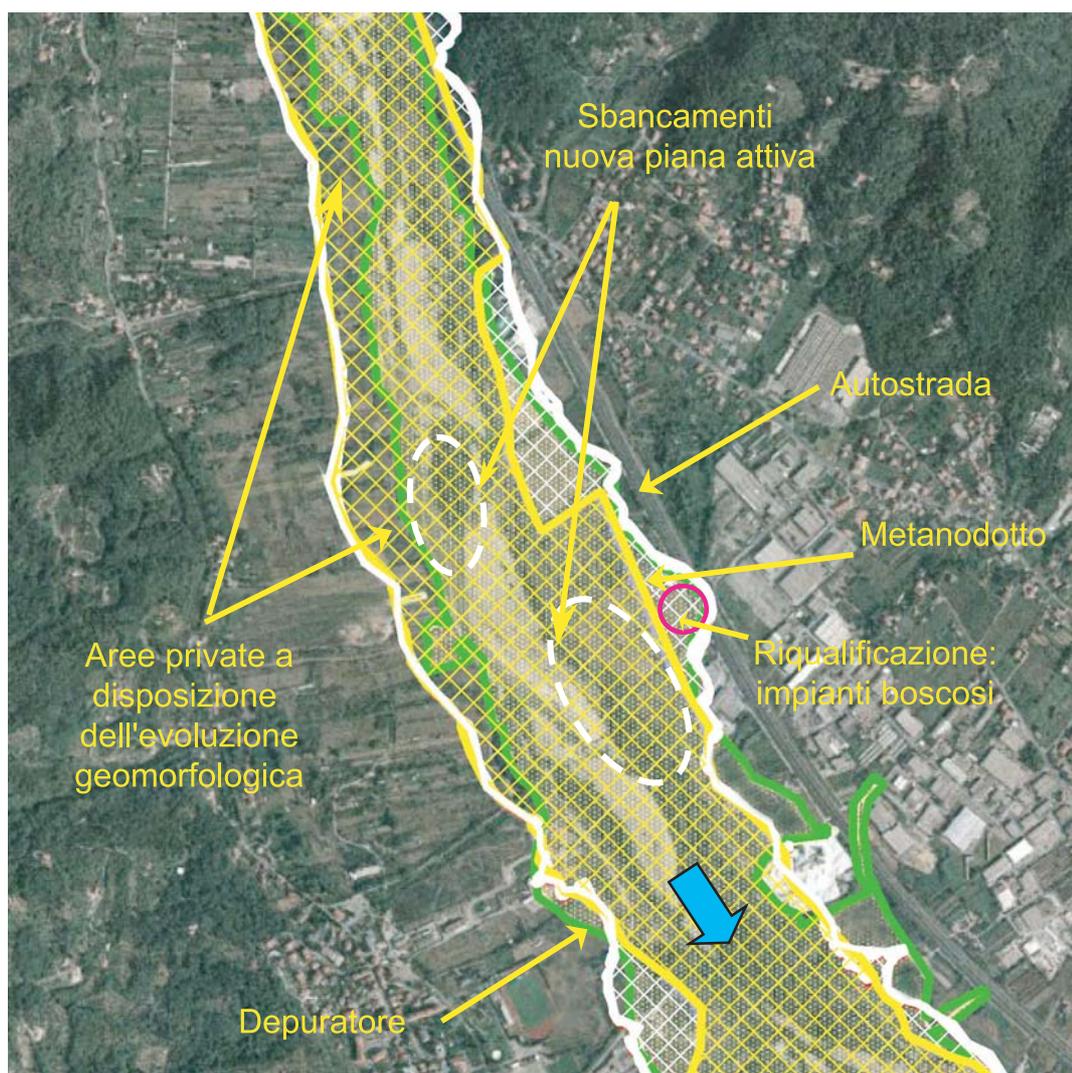


Fig. 10.4.
 Linea bianca: confini della “Fascia di mobilità funzionale” derivante dalla fase di studio geomorfologico; linea gialla: confini della “Fascia di mobilità funzionale” di progetto, dopo la fase di mediazione con gli Enti (coincide con la linea bianca ove non vi siano state variazioni durante la fase di mediazione); linea verde: confine delle aree demaniali (si noti che la fascia di mobilità funzionale comprende anche aree non demaniali); la freccia azzurra indica la direzione della corrente. Gli ovali tratteggiati indicano aree in cui realizzare lembi di piana alluvionale, mediante sbancamenti e rivegetazione, per accelerare il riequilibrio morfologico.
 (Fonte: IRIS sas, www.irisambiente.it)

2. Fase urbanistico-territoriale (Fig. 10.4): si sono considerati i vari aspetti/elementi urbanistici e territoriali (giudicati a priori inamovibili) che condizionano attualmente in modo significativo la dinamica fluviale (in particolare le principali opere idrauliche e le principali infrastrutture, come l’autostrada Genova-Livorno nel tratto di monte e il metanodotto in quello di valle).

Tenuto conto dei vincoli urbanistico-territoriali sono state sviluppate diverse alternative progettuali: la figura 10.4 illustra l’alternativa scelta, scaturita al termine del processo partecipato di concertazione con gli Enti e i soggetti locali.

L’arditezza introdotta dal progetto è ben evidente in destra idraulica (sulla sinistra della figura 10.4), dove la *fascia di mobilità funzionale di progetto* comprende anche terreni privati che il fiume potrà erodere divagando e modificando l’assetto del suo corso: si è cioè deciso di restituire al fiume parte del suo spazio originale. Un altro aspetto “ardito” –insito nella stessa individuazione della fascia– consiste nella scelta di rinunciare a difendere le opere già presenti al suo interno (comprese le difese spondali vecchie e quelle appena realizzate).

10.3 Strutturare e concettualizzare

10.3.1 Vision

Ecco come è stato immaginato nel futuro il Vara riqualificato:

“Un fiume cui viene restituita una fascia del territorio che già gli apparteneva, all’interno della quale può svolgere i suoi processi idrologici, geomorfologici, biologici, ecc., inondando senza costrizioni, erodendo e depositando, fino a ritrovare un equilibrio dinamico che lo veda sempre mutevole, ma capace di conservare la propria struttura così da dissipare parte della sua energia -rendendolo meno distruttivo- e di disperdere parte del volume di piena, riducendo il rischio di esondazioni al di fuori della fascia e nei territori più a valle. Un fiume che, grazie a questi processi, si arricchisce di una diversità di ambienti capaci di sostenere una molteplicità di organismi vegetali e animali; un fiume che diventa elemento caratterizzante del paesaggio e del vivere locale, di cui la gente può godere come isola di naturalità, spazio per svago e relax, possibilità di balneazione, pesca.”

10.3.2 Obiettivi

Come in parte già anticipato, il progetto si è posto i seguenti obiettivi:

- Minimo rischio: il rischio contemplato nel progetto è costituito da tre componenti: il *rischio di esondazione*, cui sono esposti gli insediamenti agricoli, produttivi e abitativi esterni alla fascia di riassetto, il *rischio di inondazione*, per le aree interne alla fascia di riassetto, e il *rischio di dissesto*, ovvero di perdita di terreno per erosione, cui sono esposti gli insediamenti interni alla fascia di mobilità. L’obiettivo principale è stato minimizzare il *rischio di esondazione* (nella valutazione complessiva, tuttavia, sono state tenute in considerazione anche le altre componenti del rischio –inondazione e dissesto– non solo nel tronco oggetto del progetto, ma anche più a valle);
- Massimo valore natura e fruizione: comprende la qualità ambientale del corridoio fluviale, degli ecosistemi presenti, dell’acqua, del paesaggio e gli elementi che rendono fruibile la zona (accessi, sentieri...);
- Minimo disturbo degli usi in atto e previsti: considera l’interferenza con gli insediamenti esistenti o pianificati, con particolare riferimento a quelle porzioni di territorio (e relativi insediamenti) che gli Enti locali vorrebbero messe in sicurezza (escludendole dalla fascia di riassetto del PAI) e ai terreni che potrebbero subire una più stretta regolamentazione se inclusi nella fascia di mobilità;
- Minimo costo: comprende i costi di investimento e quelli di gestione. Tra i costi di investimento rientrano la realizzazione di opere e l’acquisizione di terreni (espropri, servitù o altro); tra i costi di gestione, la manutenzione delle opere esistenti e le spese di indennizzo o risarcimento eventualmente previste per danni agli insediamenti presenti.

Nel seguito si approfondiscono le opzioni di intervento relative ai primi due obiettivi: *minimo rischio* e *massimo valore natura*.

10.3.3 Linee di azione

In base alla definizione di rischio (si veda il box *Tempo di ritorno e rischio* nel Par. 2.1) e alla disamina delle opzioni possibili, effettuata nel Par. 10.3.4, nel progetto Vara (che, si ricorda, può agire solo nel tronco indicato nella figura 10.2) sono state proposte le seguenti *Linee di azione* (per una rassegna più generale delle linee di azione si veda il Par. 6.4).

- Linee d'azione contro il rischio idraulico e il dissesto idrogeologico

- *Restituire spazio al fiume per esondare e divagare; recuperare l'equilibrio geomorfologico; realizzare interventi strutturali di protezione e regimazione (per ridurre i danni)*

Ridurre la *pericolosità*, cioè la probabilità di accadimento dei fenomeni indesiderati (nel caso in esame: esondazione/inondazione ed erosione), incidendo sui meccanismi che li determinano: quindi proteggere la zona propriamente a rischio con arginature (quanto più possibile inserite ambientalmente e paesaggisticamente) e favorire un deflusso senza ostacoli; inoltre, permettere al fiume di riacquisire il suo equilibrio dinamico ridandogli uno spazio sufficiente dove esplicitare le sue dinamiche erosive/sedimentarie (definizione e adozione della *fascia di mobilità funzionale*).

- *Evitare ed eliminare la presenza di beni a rischio (per ridurre il danno potenziale)*

Ridurre o almeno non incrementare il valore dei beni esposti, agendo, nel nostro caso, attraverso la definizione dei limiti territoriali di entrambe le fasce (FR e FM) e introducendo una corrispondente e opportuna regolamentazione dell'uso del suolo.

- Linee d'azione per l'obiettivo "natura" (integrità ecologica) e per soddisfare ricreazione e fruizione

- *Ripristinare un assetto fisico più naturale*
- *Miglioramento della qualità delle acque per l'ecosistema fluviale e la ricreazione.*

10.3.4 Opzioni di intervento

Opzioni nelle linee di azione contro il rischio idraulico e il dissesto geomorfologico

Si è deciso di ridurre il rischio di esondazione nell'area di progetto attraverso la realizzazione delle arginature già previste dal PAI, ampliando eventualmente la sezione dell'alveo. Gli argini che delimitano quindi la fascia di riassetto FR (entro la quale si intende confinare l'inondazione) saranno di fatto molto distanti dall'alveo (Fig. 10.5).

Per risolvere il problema di dissesto morfologico (in particolare l'erosione spondale) è invece stata proposta l'adozione della *fascia di mobilità funzionale*.

Fig. 10.5.

Gli argini per delimitare la fascia di riassetto (FR) e proteggere gli abitati nei confronti del rischio di inondazione sono previsti lungo la linea punteggiata, a notevole distanza dall'alveo.

(Foto: M. Bacci, www.irisambiente.it)



A tal fine sono state esaminate diverse opzioni di intervento:

- **Non-strutturali**

- Definizione della linea di confine della fascia di mobilità: *definire la sua larghezza, indipendentemente dal modo con cui la si creerà.*
- Uso del suolo: *stabilire “cosa ci si può fare o non fare”. Usi compatibili con la funzionalità idraulica e geomorfologica, misure giuridico–amministrative, obiettivi di tutela e gestione ambientale. Trattandosi di terreni che saranno, nel breve periodo, soggetti ad erosione, si prevede una più stretta regolamentazione.*
- Sistemi di gestione/acquisizione terreni: *risarcimenti, indennizzi, affitti, espropri; comprendono tutte le azioni previste per compensare i danni da inondazione o da mancato ricavo per il non utilizzo dei terreni o utilizzo vincolato a specifiche definite ad hoc (nuovo impianto colturale, tipo di pratiche agricole, ecc.), o per destinare nuovi spazi al fiume.*
- Sanzioni amministrative: *nel caso di rioccupazione di spazi di pertinenza fluviale.*

- **Strutturali**

- Sbancamenti (più o meno estesi): *per ricreare il rapporto con la piana o invitare il fiume a farlo da sé in futuro.*
- Opere di difesa: *difese spondali, deflettori di corrente, pennelli e arginature per confinare il fiume nella sua FM.*

Opzioni nella linea di azione: “Ripristinare un assetto fisico più naturale”: creazione di ambienti a valenza naturale e ricreativa

Si è ritenuto che l'intervento principale in favore di questa linea di azione fosse ancora sostanzialmente la definizione della *fascia di mobilità funzionale*, poiché la dinamica stessa del fiume è il miglior agente morfogenetico di naturalità, capace di creare spontaneamente i tipici ambienti ripari e golenali.

Altri interventi ipotizzabili, se applicati da soli, non sarebbero in grado di condurre l'ecosistema fluviale verso un grado di naturalità paragonabile ed avrebbero quindi un carattere complementare. Essi potranno essere adottati a livelli progettuali successivi.

Opzioni nella linea di azione: Miglioramento della qualità delle acque per l'ecosistema fluviale e la ricreazione

Un altro fattore di disturbo è la qualità dell'acqua che, seppur accettabile, non rispetta i requisiti per la balneazione. Per raggiungere quest'ultimo obiettivo, la Comunità Montana Bassa e Media Val di Vara ha predisposto un piano articolato di interventi sulle reti fognarie e i depuratori. In sinergia con tale piano, questo progetto ha ipotizzato la realizzazione di ecosistemi filtro in cui recapitare le acque di prima pioggia provenienti dai collettori delle acque bianche e dalla piattaforma autostradale, nonché uno stadio di affinamento con fitodepurazione dello scarico del depuratore.

L'adozione di sistemi di depurazione naturale in quest'area, auspicabile per migliorare la qualità delle acque che si immettono nel Vara, comporterebbe costi contenuti e produrrebbe un valore aggiunto (creazione di aree ad alta valenza paesaggistica ed ambientale).

10.3.5 Opzioni amministrativo-normative: relazione con il Piano di bacino

Era ovviamente necessario integrare la normativa relativa alla FM all'interno delle stesse norme del PAI⁽⁷⁾ e, in particolare, assicurare che l'effettiva destinazione alle dinamiche fluviali delle aree individuate dalla FM non fosse, nel tempo, pregiudicata da altre attività o interventi.

Il progetto di PAI dell'Autorità di Bacino del Magra, infatti, pur non prevedendo difese spondali, non ne vietava espressamente la realizzazione.

Il progetto ha quindi proposto di introdurre nelle Norme PAI la definizione di *fascia di mobilità funzionale* e di integrarne la normativa con nuovi vincoli (oltre a quelli già esistenti all'interno della FR), così da assicurarne nel tempo la destinazione:

1. **Definizione:** *“Fascia di mobilità funzionale”⁽⁸⁾ – È individuata come involuppo delle aree occupate dall'alveo dal 1954 ad oggi e di quelle potenzialmente interessabili da fenomeni erosivi nei 50 anni successivi alla perimetrazione di detta Fascia, la cui estensione viene quantificata applicando il tasso medio di erosione laterale nel tratto. Sono esclusi quegli elementi antropici che condizionano attualmente in modo significativo la dinamica fluviale per i quali non sia pensabile nemmeno a medio o lungo termine una delocalizzazione. Questa Fascia è sempre interna, o al massimo coincidente, con la Fascia di riassetto fluviale;*

⁷ Le Norme di progetto del PAI dell'AdB Magra (art. 5) definiscono una *fascia di riassetto fluviale* (FR) che “comprende l'alveo attuale e le aree esterne ad esso necessarie per l'adeguamento del corso d'acqua all'assetto definitivo previsto dal presente Piano e per la sua riqualificazione ambientale (corridoio ecologico), ovvero le aree necessarie al ripristino dell'idonea sezione idraulica, tutte le forme riattivabili durante gli stati di piena, le aree destinate alla realizzazione delle opere di sistemazione idraulica, nonché alcune aree limitrofe al corso d'acqua ritenute di pertinenza fluviale e/o di elevato pregio naturalistico-ambientale e/o aree degradate e/o di interesse per la ricarica della falda di pianura”.

⁸ La definizione è quella adottata dall'AdB Magra *ai fini normativi*, com'è evidente dal fatto che dalla FM delimitata con criteri geomorfologici vengono scorporate le aree con elementi antropici non delocalizzabili.

2. Norma: imporre la delocalizzazione delle strutture esistenti, a decorrenza immediata o a medio termine, concedendo la possibilità di attuare, al massimo, interventi di manutenzione ordinaria sulle strutture esistenti, di modo che alla fine del loro ciclo di vita vengano demolite;
3. Norma: vietare la realizzazione di opere di difesa spondale, salvo per difendere quelle strutture esistenti alle quali sia concessa la delocalizzazione a medio termine, fino al momento della loro demolizione;
4. Norma: vietare la collocazione di qualsiasi manufatto inamovibile e l'allacciamento a qualsivoglia rete tecnologica (acqua, luce, gas).

10.3.6 Accettabilità del concetto di fascia di mobilità funzionale

Come anticipato nel *Par. 10.2.1*, non è così immediato né scontato convincersi che l'adozione della FM sia una strategia migliore di altre per far fronte al rischio di esondazione/dissesto.

Per questo, nell'ambito del processo partecipato "Varare un nuovo Vara", sono state prese in considerazione diverse opzioni di intervento (comprese quelle suggerite con forza dai soggetti locali all'interno del processo partecipato).

Di seguito si esaminano schematicamente tali opzioni progettuali, organizzate in funzione di diversi obiettivi specifici *considerati uno per volta*⁹.

Si ricorda che il rischio contemplato in questo progetto è costituito dalla composizione del *rischio idraulico* (allagamento) per:

- "esondazione", cui sono esposti gli insediamenti agricoli, produttivi e abitativi esterni alla fascia di riassetto,
- "inondazione", per le aree interne a tale fascia

e dal *rischio di dissesto*, o più precisamente di perdita di terreno per erosione, cui sono esposte le aree interne alla fascia di mobilità fluviale.

Considerando quindi ognuno di questi tre sotto obiettivi, vediamo "cosa appare sensato fare":

- Per ridurre il rischio da esondazione nella zona oggetto di studio da parte del progetto (Fig. 10.2):
 - a. ridurre la pericolosità contenendo l'acqua all'interno della FR con opere strutturali: *realizzare arginature*;
 - b. ridurre la pericolosità contenendo l'acqua all'interno della FR abbassando i livelli idrici (1): *aumentare i volumi di laminazione a monte*;
 - c. ridurre la pericolosità contenendo l'acqua all'interno della FR abbassando i livelli idrici (2): *diminuire la resistenza al flusso (aumentare la velocità di deflusso) –ripulendo l'alveo dalla vegetazione e dai sedimenti e mantenendo un canale profondo di deflusso attraverso un rimodellamento della sezione– e realizzare una FM più ampia possibile (che comporta, quanto meno in prospettiva, un ampliamento della sezione di deflusso)*;

⁹ Avvertenza: in questa fase –al solo scopo di una rassegna preliminare– sono state esaminate le possibili opzioni finalizzate ad un singolo obiettivo per volta, prescindendo cioè dagli altri obiettivi (e, magari, a scapito di essi). Per tale motivo, l'utilizzo dei singoli gruppi di opzioni, avulso dal contesto, può essere totalmente fuorviante! L'analisi delle opzioni, infatti, ha senso solo se finalizzata ad affrontare l'intero complesso dei problemi in gioco.

- d. ridurre i beni a rischio, evitando che vengano realizzati nuovi insediamenti esposti al rischio: *vincolare l'uso del suolo con la definizione di una FR più ampia possibile.*

Si noti che azioni quali arginature, ripulitura alveo e rimodellamento della sezione sono classiche misure idrauliche contrarie alla filosofia della riqualificazione, ma effettivamente a volte efficaci (localmente), per la riduzione del rischio di esondazione (che viene però “scaricato” a valle!).

- Per ridurre il rischio dovuto ad allagamenti nelle aree a valle del zona oggetto di studio (in questo caso non è possibile distinguere tra rischio di esondazione e di inondazione):
Ridurre la pericolosità ritardando e riducendo il fenomeno di piena (distribuendo lo stesso volume di piena su un tempo più lungo, riducendo così il picco di piena): *aumentare i volumi di laminazione per mezzo di una FR più ampia possibile e aumentare la resistenza al flusso, permettendo o incrementando la presenza di vegetazione in alveo, isole fluviali, barre, ecc.*
- Per ridurre il rischio di dissesto nelle aree a valle della zona oggetto di studio:
 - a. ridurre l'energia della corrente favorendone la dissipazione: *definire una FM più ampia possibile, dove il fiume possa divagare, erodere e sedimentare;*
 - b. recuperare l'equilibrio geomorfologico (bilancio dei sedimenti): *non ripulire dalla vegetazione, non rimodellare.*

L'esame critico degli effetti di queste opzioni ha condotto alla conclusione che una politica idraulica classica (ripulitura e rimodellamento dell'alveo) avrebbe avuto localmente un effetto immediato positivo rispetto alla riduzione del rischio di esondazione, peggiorando però le condizioni a valle rispetto allo stesso rischio. Inoltre sarebbe stata nettamente contraria a ristabilire un equilibrio geomorfologico, precludendo perciò a ripetuti interventi di ripulitura e rimodellamento e innescando una spirale continua di manutenzione, dissesti e costi (non solo nel tratto in oggetto, ma anche a monte e a valle).

In definitiva, dal punto di vista dell'*obiettivo sicurezza idraulica*, che nel progetto in esame è certamente prioritario, si vuole ottenere un fiume che non esondi e rimanga il più possibile stabile dove esistono insediamenti; ma affinché ciò si realizzi, bisogna allo stesso tempo che il corso d'acqua:

1. esondi il più possibile e ovunque possibile per laminare le portate di picco;
2. dissipi energia attraverso i naturali processi di erosione e sedimentazione, guadagnando l'equilibrio geomorfologico.

La *fascia di mobilità* come sopra definita va proprio nella direzione di migliorare entrambi questi aspetti, dal momento che:

- contribuisce alla laminazione delle piene;
- favorisce l'equilibrio geomorfologico.

10.3.7 Alcuni dettagli sulle opzioni di intervento strutturali

Le *linee di azione* possono essere attuate adottando, ad esempio, le seguenti *tecniche*.

Contenimento delle dinamiche fluviali: pennelli interrati

Concedere al fiume una *fascia di mobilità funzionale* entro la quale possa erodere e divagare liberamente implica la necessità che i confini della fascia siano difesi, qualora l'erosione spondale dovesse raggiungerli.

Tale fine potrà essere ottenuto mediante un *sistema di pennelli interrati* posti a cavallo del confine della fascia, trasversalmente ad essa. I pennelli entreranno così in funzione solo quando saranno raggiunti dall'arretramento della sponda e, comportandosi come un deflettore, devieranno la corrente evitandone l'impatto diretto sulla sponda e fermandone l'arretramento.

Per economia, l'insieme dei pennelli non sarà realizzato in un'unica soluzione, ma sarà dilazionato nel tempo (solo dove e quando l'alveo attivo si avvicinerà al limite della FM).

Sbancamenti

In alcuni tratti sono stati previsti *sbancamenti* spondali (ribassando fino al livello ad alveo pieno: si veda il *Par: 7.4.1*) in modo da creare fin da subito porzioni di piana inondabile sulle quali far sviluppare le tipiche formazioni boschive (Fig. 10.4). Per assicurarne la durata, questi interventi sono previsti in aree (demaniale) dove la sponda non è attualmente in arretramento. Al di fuori di questi specifici interventi, però, si è previsto di lasciare che il fiume si conquisti, erodendole, le aree interne alla FM secondo le dinamiche e le velocità che gli sono proprie.

Minimizzazione della manutenzione degli interventi

Il progetto è stato concepito anche mirando, ove possibile, ad interventi capaci di automantenersi, minimizzando così operazioni complesse e costose di manutenzione.

In generale, comunque, la FM è un'area che deve essere gestita, a diversi livelli di intensità secondo le necessità: si può quindi passare dalla semplice gestione dei pennelli interrati, a quella della vegetazione (es. impianti vegetali in tratti in erosione prossimi al confine della FM, per rallentarla) sino, nei casi estremi, a quella dell'alveo stesso (qualora ragioni contingenti dovessero richiederlo).

10.3.8 Alternative progettuali

Le opzioni di intervento possono essere combinate tra loro in vario modo, a costituire le *alternative progettuali*. Un criterio guida di valutazione è il lasso di tempo che si è disposti ad aspettare affinché il fiume conquisti spontaneamente le aree che ricadono nella FM.

Ma anche altri obiettivi entrano in gioco, per esempio i costi. La definizione di

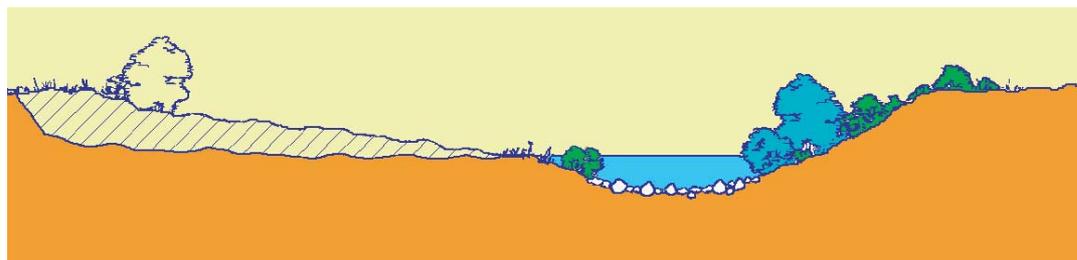


Fig. 10.6. Concetto di progettazione di un alveo a due stadi (*two stage channel design*), mediante scavo di terreni spondali (area in tratteggio) e lasciando il più possibile indisturbato l'alveo attuale. La quota della nuova piana inondabile così realizzata va progettata al livello dell'alveo a piene ripe; l'alveo di primo stadio (quello attuale, a quota inferiore) è destinato a contenere la portata dominante, mentre il (nuovo) alveo di secondo stadio va dimensionato per la portata di piena scelta dal progetto.

una FM più stretta, ad esempio, da una parte aumenta i costi di investimento (richiedendo un maggior numero di opere di difesa spondale), dall'altra potrebbe ridurli (qualora si prevedesse l'acquisizione onerosa dei terreni privati compresi nella fascia).

Sono state perciò individuate alcune possibilità alternative base (oltre *all'alternativa zero*, qui non citata ma comunque considerata) presentate sinteticamente (in ordine crescente di livello d'intervento) e senza pretesa di esaustività rispetto al lavoro originario; ad esse vanno poi associate le altre opzioni di intervento in particolare quelle relative all'obiettivo "natura" (per es. creazione di zone umide, ecc.):

1. ALT - Nessun intervento: lasciare che il fiume riacquisti in maniera naturale la sua configurazione morfologica, ma evitando di bloccarne l'evoluzione naturale, grazie alla normativa introdotta al *Par. 10.3.5*;
2. ALT - Favorire l'evoluzione naturale: accelerare il processo naturale di riappropriazione da parte del fiume della *fascia di mobilità funzionale*, attraverso la rimozione di alcune strutture trasversali (pennelli) e longitudinali (difese di sponda) esistenti ed eventuale aggiunta di strutture (deflettori costituiti da cumuli legnosi ancorati) per indirizzare l'erosione nei punti desiderati;
3. ALT - Realizzare a tratti la configurazione morfologica attesa: oltre alle misure precedenti:
 - a. creare o ampliare porzioni di piana inondabile, attraverso sbancamento (applicazione del concetto di *alveo a due stadi* – Fig. 10.6);
 - b. riattivazione di rami abbandonati all'interno della *fascia di mobilità funzionale*.

10.3.9 Modello causa-effetto

Per capire e, poi, valutare gli effetti di ogni azione e, quindi, arrivare a misurare gli obiettivi prefissati, si è costruito un *modello concettuale causa-effetto* (uno

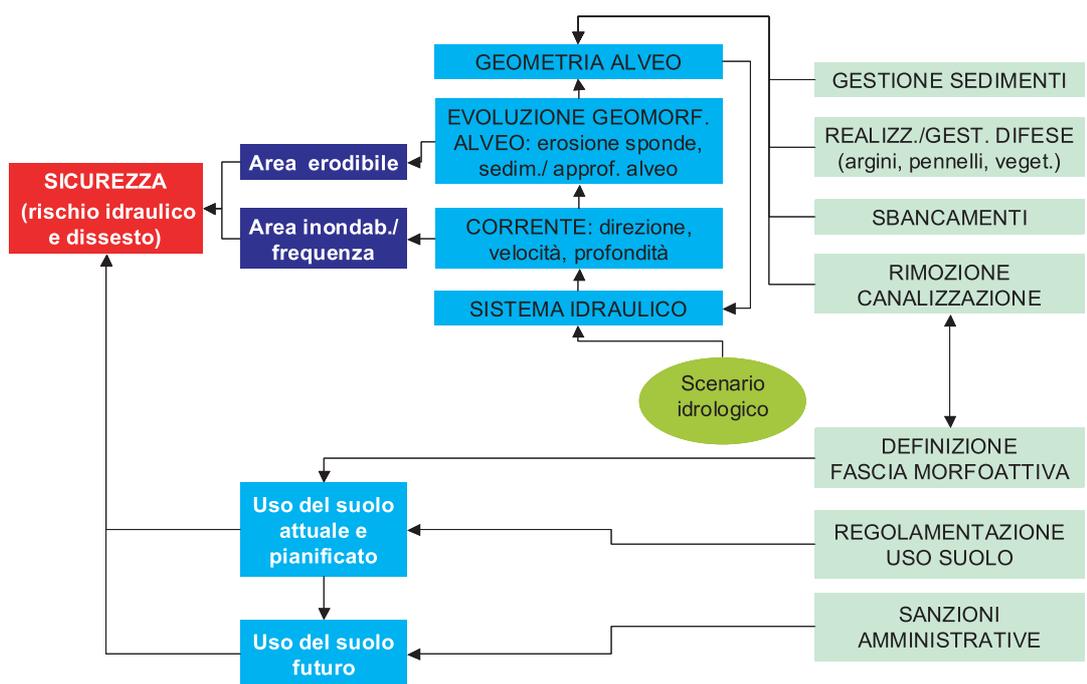
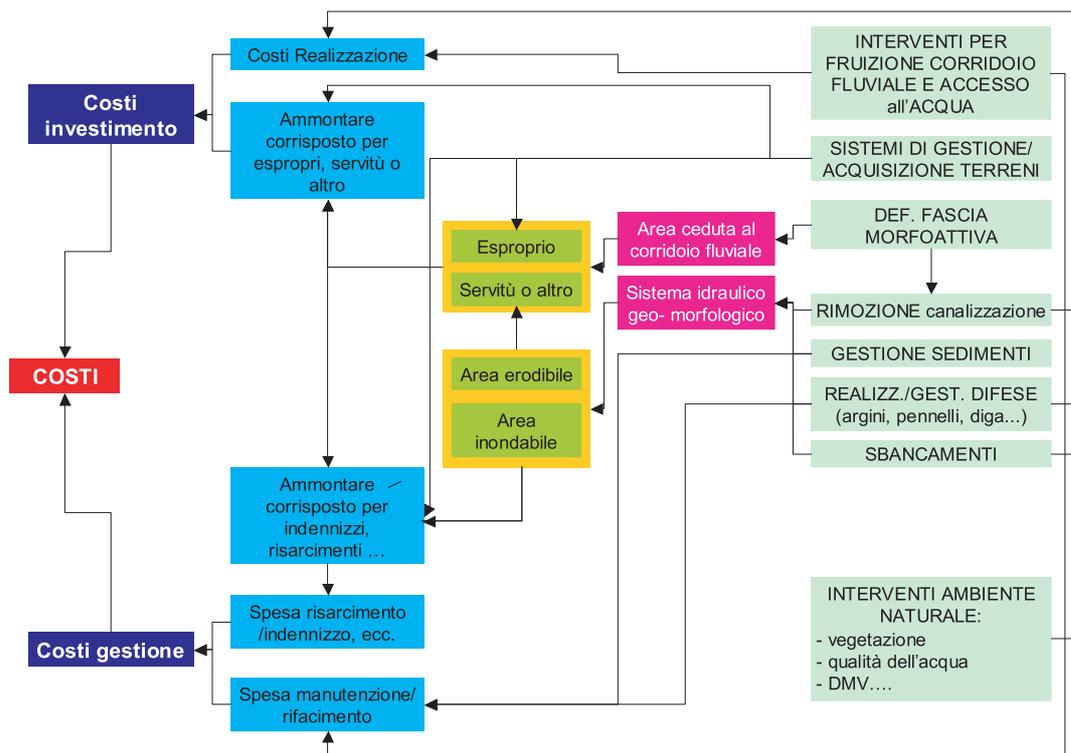


Fig. 10.7. Modello causa-effetto relativo all'Obiettivo *Minimo rischio (sicurezza)*: relazioni che legano le azioni possibili (riquadri a destra) alle componenti del sistema socio-economico-ambientale (riquadri azzurri con scritte nere), ai fattori causali e/o attributi/indicatori che determinano e/o descrivono (misurano) il grado di raggiungimento degli obiettivi (riquadri azzurri e blu con scritte in bianco); nell'ovale lo "scenario", cioè i fattori esterni non controllabili che però influiscono sul sistema. La freccia a doppio senso che lega "Rimozione canalizzazione" e "Definizione Fascia di Mobilità" indica che deve esistere una coerenza tra la seconda e le opere presenti nell'alternativa considerata: se c'è una arginatura, la fascia di mobilità deve terminare lì. (Fonte: IRIS sas, www.irisambiente.it)

Fig. 10.8. Modello causa-effetto relativo all'Obiettivo Minimi Costi: relazioni che legano le azioni possibili (blocchi a destra), le componenti del sistema socio-economico-ambientale (sistema idraulico-geomorfologico e il territorio), i fattori causali (blocchi con contorno arancione) e sotto-attributi dell'albero dei valori (blocchi con sfondo azzurro) che specificano/determinano quelli principali (sfondo blu) che descrivono (misurano) il grado di raggiungimento dell'obiettivo. (Fonte: IRIS sas, www.irisambiente.it)



schema di ragionamento rappresentato graficamente) che lega le azioni agli obiettivi (effetti desiderati) e agli impatti negativi (indesiderati).

Il modello consiste in un insieme di grafi, uno per ogni obiettivo indagato; si discutono qui a titolo di esempio solo quelli relativi all'obiettivo *minimo rischio* (Fig. 10.7) e *minimi costi* (Fig. 10.8).

Innanzitutto (come spiegato nel *Par. 7.6.2*) è stato definito l'albero dei valori per l'obiettivo considerato, scegliendo e organizzando logicamente gli attributi ritenuti significativi; per ognuno di essi è stato introdotto un apposito *indicatore* (o più), da misurare.

Per esempio, l'obiettivo *Sicurezza idraulica* presenta un albero dei valori molto semplice (parte a sinistra nella Fig. 10.7) con soli quattro attributi principali; due relativi alla pericolosità (*Area potenzialmente erodibile* e *Area inondabile* e *relativa frequenza*) e due relativi al danno potenziale (*Uso del suolo attuale* e *Uso futuro*).

Successivamente, si sono identificate le azioni rilevanti (che cioè possono avere un effetto sensibile) su tali attributi (bocchetti incolonnati sulla destra della Fig. 10.7). Infine, si sono identificati i fattori causali più significativi e le relative relazioni di causa-effetto tra tutti gli elementi in gioco (il vero “modello concettuale causa-effetto”).

A cosa servono questi modelli in generale? Essi sono la guida strutturata per arrivare a produrre l'informazione chiave richiesta per la valutazione *Multicriterio* (*Par. 6.2.6 Valutazione*) delle alternative progettuali (non presentata nel presente caso studio). In sostanza, con l'ausilio di questi schemi si verifica in modo sistematico, ma a livello di ragionamento, “cosa potrebbe succedere se un dato insieme di azioni (alternativa x) venisse implementato”. Alcune di queste conseguenze possono poi essere previste quantitativamente (con modelli matematici o altro supporto, come nel caso della stima delle aree di inondazione o la stima dei costi di realizzazione di opere) o qualitativamente (tipicamente tramite giudizio di esperti, come nel caso di effetti sulla fauna).

Per completare il percorso progettuale del caso studio, occorrerebbe esporre la valutazione delle alternative e la predizione degli effetti (su criteri di valutazione capaci di misurare gli obiettivi e gli impatti indesiderati) –utilizzando il modello concettuale come guida e implementandolo (in parte con modelli matematici in parte col giudizio di esperti)– e, attraverso una fase negoziale, scegliere l’alternativa che meglio raggiunge gli obiettivi prefissati. Queste fasi, svolte nel progetto, non sono illustrate nel presente caso studio.

11. Caso studio 3

Imparare la riqualificazione ... dal fiume Sangro

Estensori caso studio: *Andrea Nardini, Ileana Schipani, Marco Monaci*
Autori lavoro originario: *Ileana Schipani, Andrea Nardini*

INQUADRAMENTO DEL CASO STUDIO

Tipologia corso d'acqua	Corso d'acqua a carattere torrentizio nella parte alta del bacino, con morfologia a canale singolo, sinuoso, in quella media e terminale; sedimenti grossolani, dinamica morfologica molto attiva, portata media 30 m ³ /s.
Territorio	<i>Regione:</i> Abruzzo, alcune porzioni del bacino ricadono in Molise. <i>Caratteristiche:</i> Il bacino imbrifero del Fiume Sangro, uno dei principali fiumi d'Abruzzo, si estende su una superficie di circa 1.500 km ² , con un'altitudine media di 970 m s.l.m (area prevalentemente collinare e montana). Il Sangro e il suo principale affluente, l'Aventino, possono essere inclusi tra i corsi d'acqua meglio conservati dell'Appennino sotto il profilo ambientale, anche se proprio un tratto del Sangro ha subito una pesante cementificazione all'inizio degli anni '80, tale da renderlo un caso emblematico a livello nazionale. È su tale tratto che si concentra l'interesse di questo caso studio, caratterizzato dalla necessità di conciliare l'opportunità di recupero di un fiume straordinariamente vitale, ma attualmente "malato", e l'esigenza di mitigare un rischio idraulico in continuo aumento a causa di un'urbanizzazione crescente e a ridosso del corso d'acqua.
Problematica	<ul style="list-style-type: none"> • Rischio idraulico, dissesto idrogeologico • Ruolo delle dinamiche morfologiche • Degrado/semplificazione ecosistema fluviale-terrestre e biodiversità • Inquinamento dell'acqua (da agricoltura; da centri abitati) • Perdita di opportunità ricreativo-turistiche
Messaggio	<ul style="list-style-type: none"> • È "rischioso" eseguire sui fiumi interventi di forte artificializzazione per combattere rischio idraulico e dissesto geomorfologico: i normali processi evolutivi connessi agli eventi di piena, infatti, possono danneggiare le opere idrauliche fino a impedirne la funzionalità, aumentando così il pericolo rispetto alla situazione di partenza • È meglio conoscere e accettare le naturali dinamiche morfologiche del corso d'acqua e affrontare rischio idraulico e dissesto evitando l'irrigidimento e il confinamento del fiume, lasciandogli, per quanto possibile, una <i>fascia di mobilità fluviale</i>. Altrimenti il corso d'acqua potrebbe decidere di riprendersela comunque. • La definizione dell'assetto di un fiume può –e deve– risolvere al contempo i problemi legati a rischio e dissesto e portare a un netto miglioramento dell'ecosistema fluviale • Un fiume può essere il miglior progettista della sua riqualificazione ambientale e possiede, se ben "guidato" dall'intervento antropico, la capacità di auto-riqualificarsi
Approccio	Approccio tecnico integrato
Linee di azione	<ul style="list-style-type: none"> • <u>Contro il rischio idraulico e da dissesto idrogeologico</u> <ul style="list-style-type: none"> • Evitare ed eliminare la presenza di beni a rischio • Restituire spazio ai fiumi per esondare e divagare • Recuperare l'equilibrio geomorfologico • Aumentare la capacità di laminazione e l'infiltrazione diffusa nel bacino • Realizzare interventi strutturali di protezione e regimazione • <u>Per soddisfare ricreazione e fruizione</u> <ul style="list-style-type: none"> • Aumentare il valore natura del fiume • Instaurare un regime idrologico soddisfacente • Mantenere o raggiungere una buona qualità dell'acqua • Ottenere una popolazione ittica consistente • <u>Per l'obiettivo "natura" (integrità ecologica)</u> <ul style="list-style-type: none"> • Ripristinare un assetto fisico più naturale • Instaurare un regime idrologico soddisfacente • Conseguire una buona qualità dell'acqua per gli ecosistemi • Garantire popolamenti animali e vegetali naturali, diversificati, equilibrati ed ecosistemi ben funzionanti
Tecniche e Strumenti	<ul style="list-style-type: none"> • <u>Interventi sull'assetto fisico del corso d'acqua</u> <ul style="list-style-type: none"> • smantellamento di muri spondali e arginali in calcestruzzo • movimenti di terra finalizzati a ottenere la morfologia desiderata • ripristino delle aree di laminazione delle piene • ampliamento dell'alveo mediante sbancamenti laterali • ripascimento del letto • <u>Interventi a protezione degli insediamenti a rischio</u> <ul style="list-style-type: none"> • difese arginali (argini "invisibili") a ridosso degli edifici in zone a rischio • <u>Interventi per gestire la fascia di mobilità fluviale</u> <ul style="list-style-type: none"> • impianto di vegetazione (autoctona) dove non si vuole che eroda • pennelli interrati al limite della fascia (quando necessari) • gestione dei sedimenti in alveo • monitoraggio
Livello	Analisi conoscitiva, studio di fattibilità

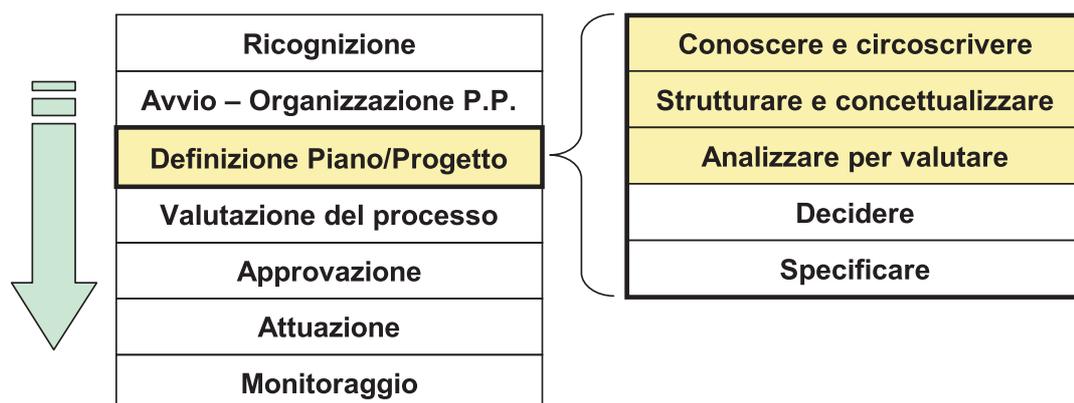


Fig. 11.1. A sinistra, FASI del Processo Decisionale Partecipato (P.P.) e, a destra, PASSI CHIAVE per lo sviluppo della fase “Definizione di un piano/progetto”. In giallo sono evidenziate le parti sviluppate nel presente caso studio.

11.1 In pillole

“Meno rischio idraulico o più ambiente”? Il caso Sangro presenta uno studio propeudeutico ad un vero progetto di riqualificazione.

Esso mostra come l’adozione di un approccio multiobiettivo renda possibile sciogliere il dilemma “sicurezza o ambiente?” definendo un nuovo assetto del fiume capace al contempo di ridurre il rischio idraulico (e il dissesto geomorfologico) e migliorare l’ecosistema fluviale.

Dopo la caratterizzazione integrata dello stato ambientale del fiume, utilizzando la metodologia STRARIFLU⁽¹⁾ (anche se solo a livello qualitativo), vengono definite alcune alternative di progetto mirate ai molteplici obiettivi individuati.

Tra queste, l’alternativa “natura” punta a ricostituire l’ambiente fluviale precedente alla canalizzazione anni ’80, non prevedendo però un intervento massiccio “una tantum”, bensì un attento sfruttamento delle naturali dinamiche dell’ecosistema fluviale per avviare il processo di riqualificazione.

11.2 Motivazioni e messaggio del Caso Studio

Il caso studio è ispirato allo *Studio di fattibilità per la rinaturalizzazione del tratto canalizzato del fiume Sangro* (Fig. 11.2) commissionato nel 2003 dai Comuni di Castel di Sangro e Scontrone (AQ) a un gruppo di progettisti con l’assistenza del CIRF, su iniziativa e finanziamento dalla Regione Abruzzo.

Esso mostra in modo illuminante come sia ... “rischioso” eseguire sui fiumi interventi di forte artificializzazione (tipicamente finalizzati a combattere rischio idraulico e dissesto geomorfologico): il fiume stesso li può smantellare durante eventi di piena, accrescendo il rischio rispetto alla situazione di partenza.

Il caso Sangro permette anche di apprezzare l’incredibile capacità di auto-riqualificazione dei fiumi, in questo caso addirittura in occasione di un solo evento di forte piena (tempo di ritorno stimato attorno ai 200 anni): il Sangro ha parzialmente smantellato le opere di canalizzazione e cementificazione costruite negli anni ’80 nel tratto (circa 6 Km) tra Villa Scontrone e Castel di Sangro (AQ) (Fig. 11.3),

¹ Si veda il Caso studio 1 – STRARIFLU, nel Cap. 9.

11.2 Motivazioni e messaggio del Caso Studio

Fig. 11.2.
Localizzazione geografica dell'area di studio, situata in Abruzzo, nella fascia di protezione esterna del Parco Nazionale d'Abruzzo, Lazio e Molise. Il tratto di interesse è ubicato nella porzione sud-occidentale del bacino del Fiume Sangro (area contrassegnata dal cerchio in rosso), ad una quota media di 820 m s.l.m.

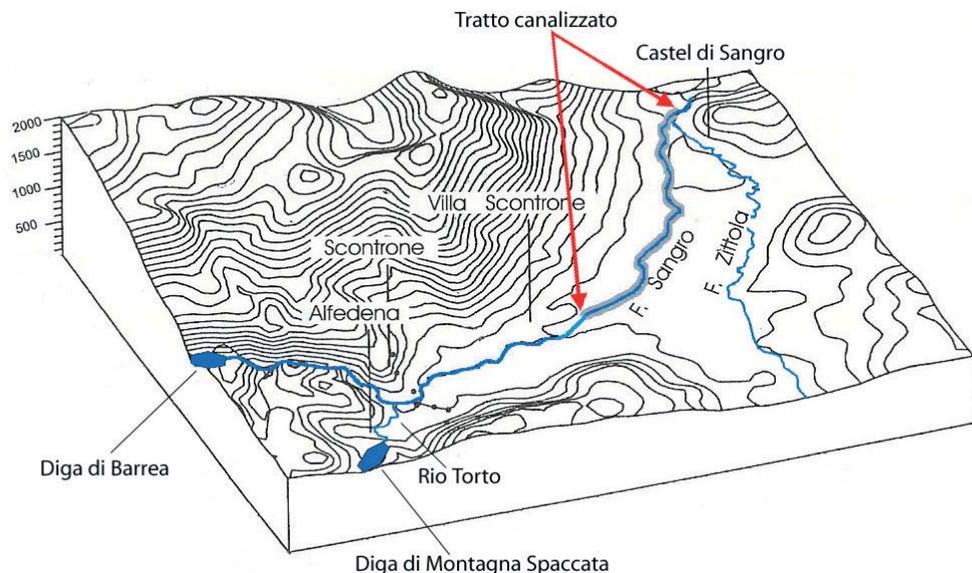


ricostituendo una diversità ambientale in certi punti davvero sorprendente. Insomma, il Sangro mostra anche come un fiume possa essere il miglior progettista della sua riqualificazione ambientale.

Ciò suggerisce “umiltà” anche nella riqualificazione: è possibile fornire al fiume solo gli *input* per avviare il processo di riconquista spontanea dell’assetto più idoneo (sotto una guida, più o meno stringente, a livello progettuale e gestionale). Sebbene il fiume abbia in parte riconquistato spontaneamente una sua dinamica più naturale, alcuni problemi rimangono e le amministrazioni preposte alla pianificazione e gestione del territorio dell’Alto Sangro si trovano oggi davanti ad una sfida: da un lato la consapevolezza del grande valore ambientale del Sangro (seppur “malato”) e del suo ruolo centrale (se riqualificato) come risorsa in grado di trainare uno sviluppo di qualità dell’intera zona, dall’altro una spinta alla crescita degli insediamenti e delle infrastrutture che, già oggi, ha portato ad un incremento del rischio idraulico.

Lo studio nasce appunto per cercare una risposta progettuale consapevole di queste esigenze contrastanti: insomma è un vero progetto di riqualificazione che, in questo caso studio, è sommariamente sviluppato quasi a livello di pre-fattibilità. Il caso studio mostra interventi strutturali sull’assetto del corso d’acqua che, forse più di altri presentati in questo volume, richiamano l’idea di riqualificazione fluviale (restituire spazio al fiume, modificare la morfologia dell’alveo e della piana inondabile, smantellare opere, ecc.).

Fig. 11.3.
Schema della pianura alluvionale in cui scorre il tratto canalizzato del Sangro, oggetto di studio, e i suoi affluenti Rio Torto e Zittola; a monte della pianura sono indicati i due sbarramenti di Barrea (sul Sangro) e di Montagna Spaccata (sul Torrente Rio Torto). (Disegno: I. Schipani)



Il caso studio è di particolare interesse perché è esemplificativo di una problematica che si presenta spessissimo in Italia: come ridurre il rischio idraulico?

- Realizzando opere fortemente artificializzanti e mettendo in secondo piano tutto il resto (ambiente, fruizione, ecc.)?
- Percorrendo una strada intermedia, affiancando alle classiche opere idrauliche interventi di *mitigazione* o *compensazione*, accettando però un sensibile degrado dell'ecosistema fluviale?
- O affrontando il problema in modo ben diverso, uscendo dall'*impasse* "rischio o ambiente"? Lo studio ha accettato questa sfida.

Come sempre, però, gli obiettivi in gioco sono molteplici e conflittuali e sono quindi possibili numerose alternative di intervento, da quella più idraulica a quella più ambientale. Solo con il loro confronto esplicito e dando pari dignità ai diversi obiettivi si è stimolati a identificare soluzioni anche innovative, che in una logica mono-obiettivo (es. idraulico) non potrebbero emergere.

In questo caso studio ci si concentra sulla caratterizzazione ambientale e sulla definizione dell'alternativa di intervento che tiene maggiormente conto degli aspetti ecologici, qui denominata: "*alternativa natura*".

Complementare a questo è il *Caso studio Vara (Cap. 10)*, dove si approfondisce, invece, il tema della definizione della fascia di mobilità fluviale.

Naturalmente, anche questo progetto, nella fase di passaggio dallo studio di prefattibilità ad una vera progettazione, dovrà essere inserito in un processo partecipato (si veda il *Par. 6.2*), aspetto però qui non trattato.

11.3 Il Sangro e la storia del progetto

11.3.1 Breve cronistoria

Fino all'inizio degli anni '50 il fiume Sangro si presenta ancora in condizioni sostanzialmente naturali. Nel 1954 viene costruita la diga di Barrea, che ne modifica le condizioni idrologiche e geomorfologiche. In particolare, come tipico effetto della diga, si verificano, a valle di essa, un aumento dei processi erosivi e un restringimento dell'alveo.

Tale effetto sembra in gran parte essersi esaurito all'inizio degli anni '80, periodo in cui parte del corso d'acqua subisce una pesante artificializzazione: infatti tra il 1981 e il 1984 il fiume Sangro, per un tratto di circa 6 Km, tra Villa Scontrone e Castel di Sangro, viene canalizzato e cementificato al fine (pare) di migliorare la sicurezza idraulica del territorio circostante. L'alveo viene trasformato da pluricursale a monocursale e totalmente banalizzato, il letto viene abbassato e incassato all'interno del canale in cemento, costringendo le acque entro muri spondali per velocizzare il passaggio delle piene, impedendo la divagazione dell'alveo, l'esondazione nella piana alluvionale ed ogni tipo di rapporto funzionale con essa (Fig. 11.4). Viene realizzato un alveo di piena e, al suo interno, un alveo di magra centrale, entrambi delimitati da muri in cemento, privi di vegetazione e di qualsiasi diversità morfologica.

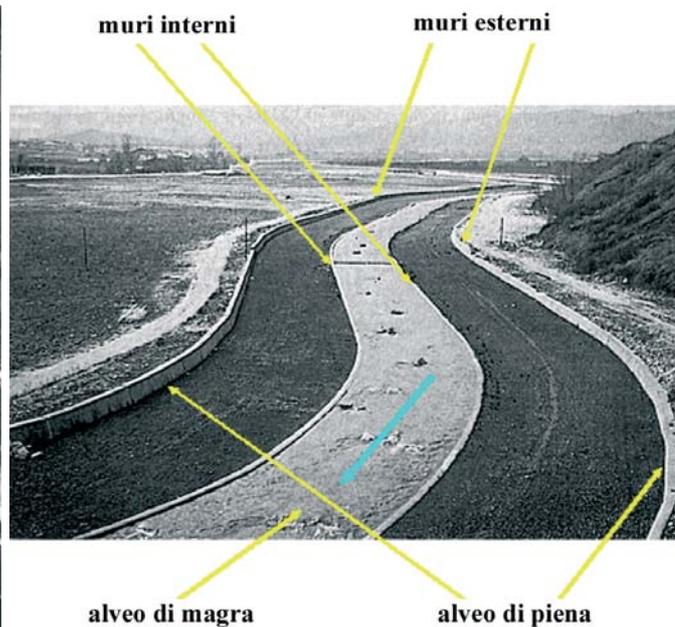
Infine, si "completa l'opera" rimuovendo totalmente il bosco ripario esistente nella piana e spianando i terreni alluvionali.

In sostanza, l'ecosistema fluviale del tratto in oggetto viene completamente distrutto, trasformando il Sangro in un semplice vettore d'acqua con estrema

11.3 Il Sangro e la storia del progetto

Fig. 11.4. Fiume Sangro. A sinistra: il fiume prima e dopo la "cura" (1984). A monte del ponte di Villa Scontrone il fiume mantiene ancora i suoi caratteri naturali mentre a valle è evidente la completa distruzione dell'ecosistema fluviale causata dalla canalizzazione. A destra: particolare dell'alveo canalizzato e cementificato. Per le evidenti somiglianze, il tratto canalizzato ha ricevuto l'appellativo di "acquastrada". La freccia indica la direzione della corrente.

(Foto: Alessandro Lanci/PANDA PHOTO).



povertà di forme di vita e impedendone l'evoluzione geomorfologica. Va anche ricordato che l'operazione sarebbe proseguita anche a monte del ponte di Villa Scontrone se non ci fosse stata una vivace e determinata azione di protesta della popolazione locale, che letteralmente bloccò le ruspe! Grazie!

11.3.2 Fiume "maestro di se stesso"

Nel 1991 un evento di piena (Fig. 11.5) sconvolge buona parte dell'assetto artificiale realizzato in precedenza: i muri di contenimento interni vengono scalzati (Fig. 11.6), molte briglie subiscono ingenti danni, l'acqua si crea nuove vie divagando tra l'alveo di magra e quello di piena.

Fig. 11.5. Evento di piena sul Sangro, 20-21 novembre 1991: le acque riempiono l'intero alveo di piena e in più punti fuoriescono da esso (a destra). (Foto: Elmo Di Vito).



Rivitalizzare ... gratis!

Si creano così le condizioni perché il fiume inizi ad evolvere verso un nuovo assetto naturale: nel corso di circa 10 anni riacquista spazio, sinuosità e si "rivitalizza" spontaneamente in funzione della nuova dinamica, seppur all'interno dei muri spondali principali. Con la riattivazione dei processi di sedimentazione e di erosione si ricostituisce un sistema caratterizzato dalla presenza di alvei secondari.



Fig. 11.6.
Le opere di canalizzazione subiscono ingenti danni in seguito alla piena, in particolare vengono scalzate vaste porzioni delle difese spondali interne e distrutte numerose opere di fondo. (Foto: I. Schipani)

ri, buche, raschi, barre di sedimentazione colonizzate da fitte macchie boscate, con una discreta varietà vegetazionale (Fig. 11.7).

La diversificazione granulometrica (dai massi alle spiagge sabbiose) e morfologica è seguita dall'insediamento di varie comunità biologiche: ai classici arbusti ripari pionieri si accompagna e sostituisce nel tempo la vegetazione nitrofila dei prati umidi e quella igrofila di ambienti con acque calme, secondo il grado di sommersione e la velocità di corrente che si instaura localmente; a sua volta, tali fitocenosi (prato umido, canneto, arbusteto, macchia boscata) offrono nuovi habitat per la fauna: ricompaiono alcuni anfibi e rettili e numerosi gruppi di macroinvertebrati⁽²⁾, mentre migliora l'idoneità ambientale per l'ittiofauna (disponibilità di ripari e di cibo) (Fig. 11.8).



Fig. 11.7.
Rinaturalizzazione spontanea del Sangro dopo l'evento di piena: vegetazione riparia, barre e isole fluviali sviluppatasi spontaneamente entro i muri di contenimento. (Foto: I. Schipani)



Fig. 11.8.
La nuova dinamica fluviale porta a una diversificazione morfologica dell'alveo: ai tratti di acqua corrente si affiancano zone di acque calme e profonde con sedimenti fini, favorendo lo sviluppo e la diversificazione di flora e di fauna. In alcuni tratti si insediano fasce riparie di canneto. (Foto: I. Schipani)

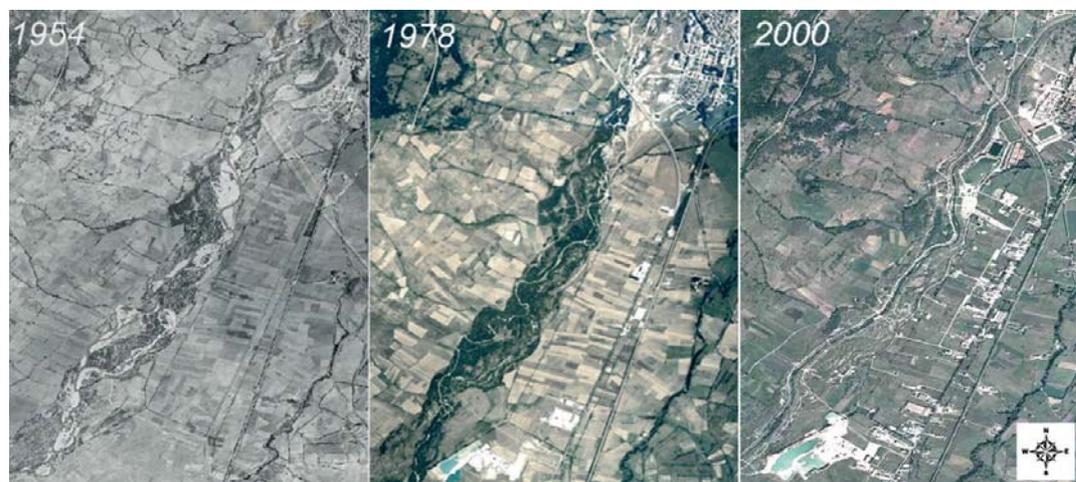
² SCHIPANI, 2003.

11.3.3 Sintesi delle trasformazioni subite (analisi di Naturalità morfologica)

Nonostante questa incredibile vitalità espressa dal fiume, molti sono i problemi che permangono (si veda il *Par. 11.4.1*). Prima di esaminarli ed affrontarli, si ricapitolano con un'analisi di naturalità morfologica le trasformazioni subite nel tempo, confrontando le foto aeree di tre momenti significativi: il "prima" (1954), corrispondente alla situazione senza diga, che denominiamo "stato originario"; il "periodo intermedio" o più precisamente il "dopo la diga ma immediatamente prima della canalizzazione" (1978), in cui l'effetto della diga sembra essersi esaurito ("stato di riferimento"); e il "dopo" (2000), ovvero lo "stato attuale". Questa analisi è svolta considerando alcuni degli attributi chiave introdotti nel *Caso studio STRARIFLU (Cap. 9)* per descrivere lo stato di un fiume.

Tipologia (morfotipo)

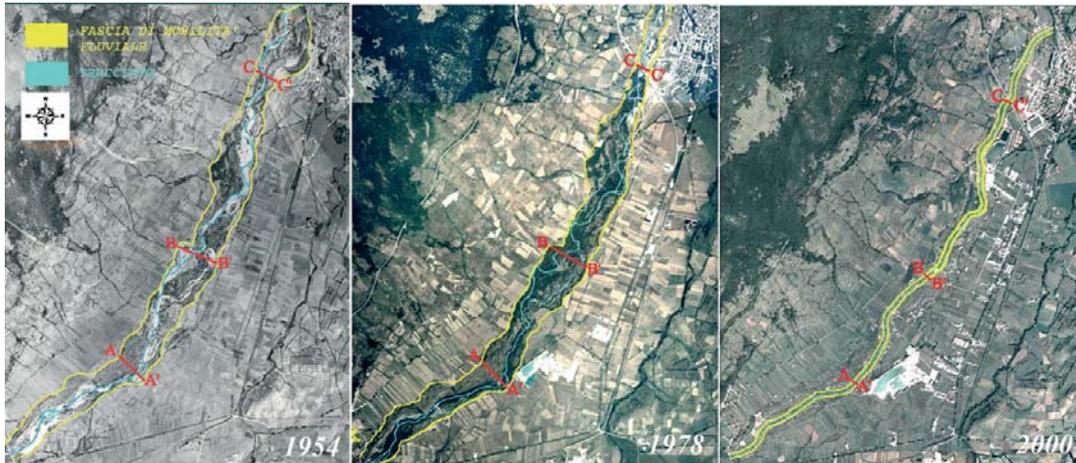
Come mostrato nella Fig. 11.9, nel 1954 l'alveo del Sangro ha una conformazione a canali intrecciati (*braided*), stabilizzata dalla vegetazione riparia; proprio in quell'anno viene realizzata la diga di Barrea che comporterà in seguito una diminuzione degli apporti solidi e un'alterazione del regime idrologico, con conseguente restringimento dell'alveo, scomparsa di diversi canali attivi (o attivabili con le piene) e aumento dei processi erosivi. Nel 1978 gran parte dell'effetto post-diga sopra descritto sembra essersi ormai manifestato ed esaurito e l'alveo sembra aver ritrovato un nuovo equilibrio dinamico, conservando una spiccata sinuosità (*wandering*). Ma è con la canalizzazione dei primi anni '80 che avviene il cambiamento più radicale fino a giungere, allo stato attuale, ad un morfotipo a canale singolo e ristretto, con tracciato rettificato e accorciato e con innesco di erosione verticale (incisione).



Fascia di mobilità fluviale

L'ampiezza di tale fascia, intesa come l'inviluppo della aree occupate dall'alveo nella storia recente e di quelle prevedibili nel prossimo futuro (si veda il *Par. 7.4.3*), nello stato originario si estende, mediamente, per centinaia di metri; anche nel 1978 la fascia rimane ampia, nonostante un lieve restringimento attribuibile all'effetto della diga a monte (ridotti apporti solidi); nello stato attuale essa, delimitata dal canale in cemento, ha un'ampiezza di soli 40 m, corrispondente alla distanza tra i muri spondali esterni (Tab. 11.1 e Fig. 11.10)!

TRANSETTI	Stato originario (1954)	Stato di riferimento (1978)	Stato attuale (2000)
A-A'	380 m	380 m	40 m
B-B'	410 m	390 m	40 m
C-C'	200 m	110 m	40 m



Tab. 11.1. Confronto della larghezza della fascia di mobilità fluviale lungo i transetti A-A', B-B' e C-C' della figura 11.10 tra stato originario, di riferimento (Par. 11.4.2) e attuale.

Fig. 11.10. La fascia di mobilità fluviale subisce un primo, lieve, restringimento a seguito della costruzione della diga ed un secondo, drammatico, a seguito della canalizzazione. Anche per il tracciato la variazione più drammatica è quella conseguente alla canalizzazione. (Fonte: 1954 IGM; 1978 e 2000 Immagine TerraItaly™ - © 2005 Compagnia Generale Ripresaere S.p.A. Parma - www.terraitaly.it)

Tracciato

Il tracciato nel 2000 mantiene a grandi linee il percorso originario, ma perde la conformazione a canali intrecciati e la sinuosità, oltre a subire in vari punti variazioni di posizione (variazioni planimetriche) (Fig. 11.10).

Lunghezza

La lunghezza totale dell'alveo bagnato tra il ponte di Villa Scontrone e il Ponte della Maddalena (rispettivamente inizio e fine della canalizzazione) subisce un forte decremento passando dai circa 8.900 m dell'alveo *braided* (somma dei canali attivi in regime ordinario) ai circa 8.000 m dell'alveo *wandering*, fino ai circa 6.000 m del canale artificiale.

Profilo altimetrico

Prima della costruzione delle dighe, il Sangro apportava ingenti quantità di sedimenti, determinando frequenti sedimentazioni in varie zone dell'alveo e della piana³. Il suo profilo di fondo doveva quindi presumibilmente trovarsi a quote più elevate dell'attuale. Non si è riusciti purtroppo a reperire sezioni quotate per provarlo, ma solo indizi; infatti, per la costruzione delle opere idrauliche il letto fu ribassato e incassato nel canale in cemento⁴.

In definitiva, la canalizzazione ha giocato un ruolo fondamentale nel profondo

³ CAPELLI *et al.*, 1997.

⁴ Oltre alle trasformazioni morfologiche dell'alveo, si dovrebbe ricostruire il suo "passato idrologico" in particolare la sequenza di piene straordinarie ($T_R \geq 100$ anni) con le corrispondenti aree inondate, danni provocati e interventi successivi di protezione messi in atto, nonché il comportamento dei serbatoi idrici regolati durante gli eventi (spesso accusati di aver giocato un ruolo peggiorativo); come anche sarebbe illuminante riassumere la storia delle estrazioni di inerti in alveo. Nel presente studio queste elaborazioni non sono però state possibili per indisponibilità di dati.

allontanamento del Sangro dal suo stato originario: le modifiche indotte dalle dighe hanno comportato un restringimento dell'alveo (seppur lieve) e la sua incisione, mentre la cementificazione dell'alveo, accompagnata dal suo abbassamento, hanno interrotto il rapporto tra il fiume e la sua pianura alluvionale.

11.4 Metodologia per progettare la riqualificazione del tratto canalizzato

Rispetto ai *passi chiave* introdotti nel *Par. 6.2.5* per razionalizzare la costruzione di un piano/progetto, nel presente caso studio si trattano solo quelli indicati nella tabella 11.2.

Tab. 11.2.
La metodologia adottata: confronto con i passi chiave di una "progettazione razionale".

"Passi chiave" del processo razionale	Passi sviluppati nel Caso studio Sangro
Conoscere e circoscrivere	<ul style="list-style-type: none"> • Identificazione dei problemi e caratterizzazione ambientale
Strutturare e concettualizzare	<ul style="list-style-type: none"> • Obiettivi del progetto • Linee d'azione e opzioni d'intervento • Alternative progettuali
Analizzare per valutare	<ul style="list-style-type: none"> • Cenni alla valutazione delle alternative (e necessaria previsione degli effetti)
Decidere	
Specificare	<ul style="list-style-type: none"> • Indicazioni per il monitoraggio

11.4.1 Identificazione dei problemi

Il passo *Identificazione dei problemi e caratterizzazione ambientale* comprende:

- identificare i cambiamenti subiti dal fiume nel tempo (si veda il *Par. 11.3.3*);
- rilevare i principali problemi e le loro cause (si veda nel seguito di questo paragrafo);
- caratterizzare in dettaglio lo stato attuale del Sangro e, a tal fine, definire lo *stato di riferimento* (si veda il *Par. 11.4.2*).

Nel territorio interessato dal tratto canalizzato, oltre all'alterazione della morfologia già descritta, sussistono altri problemi: l'assetto ambientale, il rischio idraulico e la fruizione. Eccone una breve disamina.

Assetto ambientale

Prima la diga, poi la canalizzazione e, infine, la sua parziale distruzione spontanea, hanno portato il Sangro in una situazione di forte instabilità geomorfologica; l'alveo è ora a tratti fortemente inciso (Fig. 11.11), il rapporto con la piana inondabile è precluso dai muri perimetrali esterni e l'alveo è tuttora artificializzato.

In sintesi:

- incisione dell'alveo;
- mancanza di rapporto con la piana inondabile adiacente;
- assetto artificializzato (e suo sconvolgimento: sottoescavazione, rotture, ecc.);
- alterazione del regime idrico e degli scambi falda/fiume;
- cattiva qualità dell'acqua, soprattutto nei periodi di magra;

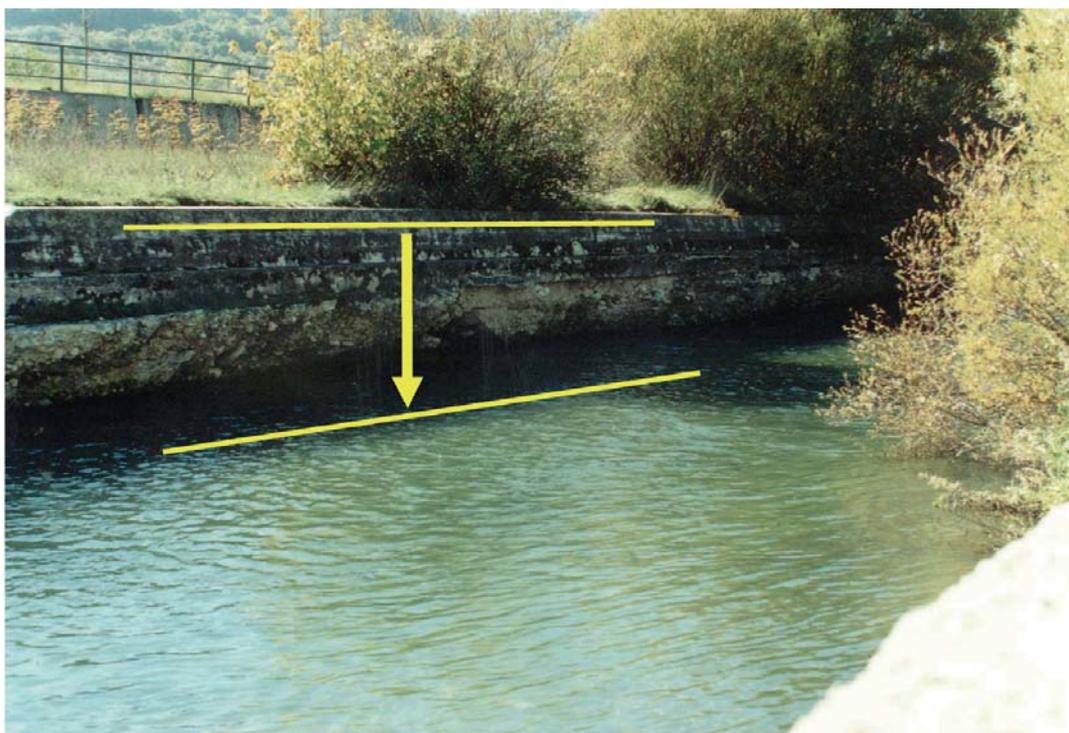


Fig. 11.11. Incisione dell'alveo di magra (circa 2 m), indicata dalla freccia. (Foto: I. Schipani).

- carenza di vegetazione riparia;
- scarsa idoneità ambientale per l'ittiofauna.

Rischio idraulico

La canalizzazione ha indotto un illusorio senso di sicurezza idraulica che ha portato negli anni successivi a prevedere, e spesso a realizzare, edifici in aree inondabili (Fig. 11.12).

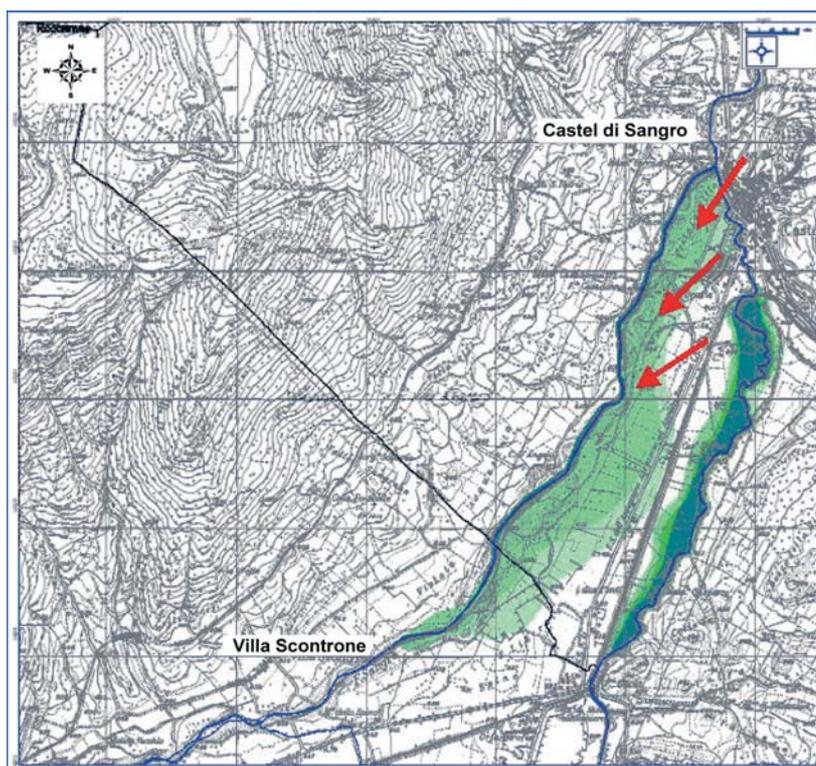


Fig. 11.12. Carta della pericolosità idraulica del tratto tra Villa Scontrone e Castel di Sangro. Le frecce rosse indicano le zone di espansione urbanistica di Castel di Sangro, in aree inondabili per T_R di 100 e 200 anni (verde chiaro). In azzurro scuro le zone inondabili del fiume Zittola affluente del Sangro. Va rilevato, però, che la carta è stata ottenuta con un modello di larga massima e potrebbe perciò subire modifiche anche significative a seguito di un'analisi più accurata. (Fonte: Regione Abruzzo - Piano Regionale Stralcio Difesa Alluvioni)

La piena del 1991 sorprese per le elevatissime portate liquide e solide che transitarono nel Sangro e richiamò l'attenzione di tutti sul permanere di una condizione di rischio, addirittura superiore a quello precedente; la situazione si è oggi ulteriormente aggravata con la destabilizzazione delle opere idrauliche.

In sintesi, gli aspetti problematici derivano da:

- edificazione attuale e prevista in aree inondabili (aumento del danno potenziale);
- perdita di capacità di laminazione (rapporto con la piana inondabile) a monte delle zone ora urbanizzate a causa della costrizione dell'alveo tra muri spondali e dell'abbassamento dell'alveo⁽⁵⁾.

Fruizione

Dal punto di vista estetico, nonostante l'avvio della rinaturalizzazione spontanea, la situazione è ancora degradata, a causa delle opere in cemento ancora presenti e dello spianamento e devegetazione della piana. Le opportunità ricreative sono limitate dalla scarsa quantità e qualità dell'acqua: ciò è particolarmente vero per la pesca (portata estiva insufficiente per l'ittiofauna) e per il turismo (qualità dell'acqua inidonea alla balneazione).

Interpretazione del funzionamento geomorfologico del sistema (assetto fisico)

Qualsiasi intervento su un fiume ha un esito incerto; per evitare che gli sforzi progettuali siano vanificati è molto importante comprendere il funzionamento del sistema, particolarmente dal punto di vista geomorfologico.

È perciò decisivo capire gli effetti e le dimensioni spazio-temporali di due elementi principali: le dighe di monte (Barrea e Montagna Spaccata) e la canalizzazione (Fig. 11.3).

Le indagini preliminari svolte portano alla seguente interpretazione:

- le due dighe, come è tipico, hanno ridotto l'apporto solido del fiume all'ingresso nella piana alluvionale;
- ne è derivata una modifica della morfologia del Sangro, caratterizzato ora da minor pluricursalità (perdita dell'alveo "a canali intrecciati"), restringimento dell'alveo attivo e aumento dei processi erosivi (incisione);
- le due dighe non sembrano però aver avuto un effetto decisivo a scala di bacino; di gran lunga maggiori sono invece gli effetti della canalizzazione (incisione, restringimento, scalzamento, sedimentazione), di cui si è raccolta evidenza sperimentale, per ora, solo nel tratto canalizzato.

A supporto di questa considerazione sta il sospetto che buona parte del materiale solido trasportato in eventi di piena provenga dalla stupenda gola "la Foce" posta subito a valle della diga di Barrea: le sue ripide pareti mostrano abbondante materiale potenzialmente movimentabile; anche il Rio Torto, per quanto più modesto, potrebbe giocare un ruolo importante nell'apporto dei sedimenti prelevati nel suo sottobacino a valle della diga di Montagna Spaccata; infine, la stessa piana allu-

⁵ Va osservato che, da un'ispezione geomorfologica, le esondazioni sembrano essersi verificate in buona parte in sponda sinistra, in zone diverse da quelle della carta della pericolosità della Regione.

vionale del Sangro, in assenza di difese spondali, costituisce un importantissimo serbatoio di materiale movimentabile ed erodibile⁶.

Alla luce di queste prime risultanze, appare sensato un intervento di riqualificazione a scala di tratto (quello canalizzato), senza cioè necessariamente considerare la scala di bacino; pare infatti possibile recuperare l'equilibrio geomorfologico sostanzialmente ripristinando il rapporto del fiume con la sua piana adiacente.

11.4.2 Caratterizzazione ambientale integrata del fiume Sangro

Per caratterizzare l'assetto ambientale del fiume è stata utilizzata, con adattamenti, la metodologia descritta nel *Caso studio STRARIFLU* (Cap. 9).

Albero dei valori

Lo stato del fiume è descritto con una serie di *attributi*, organizzati gerarchicamente in un *albero dei valori*, che valutano gli aspetti strutturali e funzionali rilevanti per stabilire la *salute* del fiume (cioè quanto tale stato è prossimo, per quella tipologia di corso d'acqua, a uno *stato di riferimento* caratterizzato da *integrità ecologica*). Un altro gruppo di attributi (*rilevanza naturalistica*) rileva le eventuali peculiarità bio-geomorfologiche.

Stato di riferimento

Lo *stato di riferimento* dovrebbe essere a rigore una situazione simile a quella precedente la realizzazione delle dighe (e della canalizzazione e di ogni altra alterazione antropica). Un progetto di riqualificazione dovrebbe tendere a riportare il fiume in tale stato. Tuttavia, nel presente progetto non è stata contemplata l'opzione di smantellamento delle dighe ed è stato introdotto un diverso stato di riferimento, dotato almeno dei caratteri essenziali di "buona salute" e raggiungibile con le azioni proponibili nel progetto (si tratta di un compromesso a priori). Dovrebbe quindi essere lo stato che il fiume raggiungerebbe da sè, a parità di condizioni al contorno (in particolare la presenza delle due dighe), in un tempo sufficiente a ristabilire una condizione di *equilibrio dinamico*, in cui il fiume mantiene nel tempo la propria fisionomia (pur modificando continuamente la morfologia) e un trasporto solido congruente con il regime idrologico (si veda il *Par. 7.4.1*).

Ma come definire quale morfologia (tipo morfologico, profilo altimetrico, ecc.) assumerebbe il Sangro in tale nuovo stato? L'unica affermazione solida che si può avanzare è la presenza di *equilibrio dinamico*.

Nel nostro caso, però, abbiamo un elemento aggiuntivo: la documentazione di foto aeree della situazione presente nel 1978 (Fig. 11.9). Ad essa pare ragionevole riferirsi perché è immediatamente precedente alla canalizzazione, ed evidenze sperimentali sembrano indicare che a quel tempo l'effetto post-diga (principalmente erosione) si fosse in gran parte esaurito e il Sangro fosse in procinto di rag-

⁶ Si tratta naturalmente di ipotesi da chiarire attraverso indagini sulla tipologia dei sedimenti riscontrati nell'alveo e nel bacino nelle varie zone candidate (in particolare a monte e a valle delle dighe di Barrea e Montagna Spaccata e in località Foce).

giungere un nuovo equilibrio dinamico⁷; si tratta insomma di uno stato che ha più o meno assorbito il primo impatto (diga)⁸, e non ha ancora subito il secondo (canalizzazione).

È stata perciò adottata la situazione del 1978 come *stato di riferimento*, cioè come modello a cui aspirare e rispetto al quale definire la *salute* del tratto di Sangro in questione.

Stato originario

Sarebbe però un errore dimenticarsi del passato: il fiume infatti ha subito notevoli alterazioni nel corso degli anni, ed oggi ... non è più quello di prima! Lo scostamento tra stato attuale e “quel che c’era prima” (*stato originario* corrispondente, come si è detto, alla situazione del 1954) in termini soprattutto di attributi morfologici e di presenza di opere artificializzanti è stato valutato con l’analisi di *naturalità morfologica*, già descritta sommariamente nel *Par. 11.3.3*.

... il resto del fiume

La metodologia STRARIFLU permette di caratterizzare il valore natura di un corso d’acqua, solo se applicata ... a tutto il corso d’acqua.

Il progetto in questione riguarda invece solo il tratto canalizzato; è perciò raccomandabile introdurre qualche informazione sulla relazione intercorrente tra il nostro tratto e il resto del fiume, in particolare la porzione a valle. L’aspetto centrale riguarda il trasporto solido: infatti, se il nostro tratto è in *equilibrio dinamico* – condizione che, si ricordi, prevede un significativo trasporto solido – è ragionevole assumere che possa esserlo anche a valle (salvo ovviamente ulteriori alterazioni: è cioè condizione necessaria, ma non sufficiente). Viceversa, se il nostro tratto è *instabile* o al contrario è artificialmente *stabile* (per es. perché cementificato), è molto probabile che vi siano riflessi a valle tali da impedire l’*equilibrio dinamico*.

Per tener conto di questo fatto si è deciso di assegnare all’attributo “equilibrio dinamico” una maggiore importanza relativa.

Gli attributi dell’albero dei valori

La tabella 11.3 riporta gli attributi adottati per rilevare la *naturalità morfologica* (rispetto allo *stato originario*, 1954), la *salute* (rispetto allo *stato di riferimento*, 1978) e la *rilevanza naturalistica*.

Si segnalano alcune differenze rispetto alla metodologia STRARIFLU citata:

- nella *salute* si includono, oltre all’equilibrio geomorfologico, anche aspetti morfologici dell’alveo perché riteniamo, in questo caso, di poterli ragionevolmente definire anche per lo *stato di riferimento* (assetto del 1978);

⁷ Si ricordi l’osservazione già avanzata in merito alla presunta presenza di significative fonti di apporti solidi che sembrano alimentare il tratto in questione anche in presenza della diga di Barrea.

⁸ A rigore, non è possibile affermare che nel 1978 il fiume avesse davvero raggiunto uno stato di equilibrio dinamico; ma non disponendo di ulteriore documentazione ed essendo impraticabile la via delle estrapolazioni teoriche, dal punto di vista pratico pare ragionevole assumere che sia così. Del resto è un comportamento tipicamente esibito da moltissimi altri fiumi (SURIAN e RINALDI, 2003).

11. Caso studio 3 - Imparare la riqualificazione ... dal fiume Sangro

- questi aspetti sono articolati con maggior dettaglio, rispetto alla “morfologia di base”, trattandosi di una caratterizzazione effettuata a livello progettuale e non pianificatorio regionale;
- la *rilevanza naturalistica* deve a rigore essere rilevata sulla base delle peculiarità effettivamente presenti alla scala locale adottata (contrariamente alla scala regionale adottata in STRARIFLU).

NATURALITÀ FISICO-MORFOLOGICA (rispetto allo stato originario -1954)	
Attributo	Sotto-attributi
Morfologia di base	• Tipo morfologico
	• Quota (profilo altimetrico alveo)
	• Larghezza (e lunghezza) dell'alveo attivo
	• Sinuosità
	• Ramificazione
SALUTE (rispetto allo stato di riferimento -1978)	
Attributo	Sotto-attributi
Morfologia di dettaglio: conformazione alveo e piana inondabile	• Lunghezza alveo bagnato
	• Quota (profilo altimetrico alveo)
	• Frequenza buche/raschi
	• Presenza di isole fluviali e isolotti permanenti, meandri, tratti a canali intrecciati e/o a sezione variabile
	• Conformazione area inondabile (lanche, barre di sedimentazione, depositi di detriti, aree in erosione, zone umide, zone di risorgiva, aree depresse, forme fluviali relitte, paleoalvei)
Equilibrio geomorfologico	• Equilibrio geomorfologico
Rapporto con la piana	• Area inondabile per TR 2, 30, 200 anni
	• Fascia di mobilità fluviale
Regime idrologico	• Qmedia mese min
	• Qmedia annuale
	• Varianza intra-annuale
	• TR portate di piena caratteristiche (100, 200, 400 anni)
Qualità dell'acqua	• Condizioni termiche
	• Condizioni di ossigenazione
	• Salinità
	• Stato di acidificazione
	• Presenza di nutrienti
	• Domanda biochimica di ossigeno (BOD)
Vegetazione	• Copertura fascia riparia
	• Copertura area interagente
	• Grado di autoctonia
Fauna ittica	• Abbondanza popolazione
	• Composizione popolazione
Macroinvertebrati	• Diversità di taxa
RILEVANZA NATURALISTICA	
Attributo	Sotto-attributi
Rilevanza naturalistica	• Presenza di emergenze bio-geomorfologiche

Tab. 11.3. Attributi da utilizzare nella caratterizzazione integrata; idealmente, essi vanno rilevati sia nello stato attuale che in quello di riferimento, ma in pratica non sempre è possibile, per indisponibilità di dati.

Valutazione qualitativa degli attributi⁽⁹⁾

La valutazione qualitativa degli attributi elencati nella tabella 11.3 è riportata nella tabella 11.4.

Tab. 11.4. Valutazione qualitativa degli attributi (giudizio). Il segno “visto” (√) indica la disponibilità di informazioni utili ad assegnare un giudizio ai sotto-attributi e il trattino la presenza di lacune informative. La scala di giudizio per Naturalità e Salute si compone di sei categorie: pessima, cattiva, alterata, discreta, buona, ottima.

NATURALITÀ FISICO-MORFOLOGICA (rispetto allo stato originario -1954)					
Attributo	Sottoattributi	Stato originario (1954)	Stato attuale (2000)	Informazione	Giudizio qualitativo
Morfologia di base	Tipo morfologico	braided	monocursale rettificato	√	Giudizio sintetico: pessima
	Quota (profilo allometrico)	presumibilmente superiore all'attuale	alveo scavato e incassato nel canale	(a)	Perdita complessiva di naturalità morfologica: trasformazione radicale del morfopo; restringimento alveo attivo e presumibile abbassamento della quota d'alveo; perdita di sinuosità e ramificazioni.
	Larghezza alveo attivo	anche centinaia di metri	40 m	√	
	Sinuosità, Ramificazione	molto sinuoso, con ramificazioni	poco o nulla sinuoso; nessuna ramificazione	√	
	Artificialità	assente	muri spondali (interni ed esterni) che interrompono la continuità laterale; numerose briglie	√	
SALUTE (rispetto allo stato di riferimento -1978)					
Attributo	Sottoattributi	Stato di riferimento (1978)	Stato attuale (2000)	Informazione	Giudizio qualitativo
Morfologia di dettaglio: conformazione alveo e area inondabile	Lunghezza alveo bagnato	8000 m ca	6000 m ca	√	Giudizio sintetico: cattiva Perdita e alterazione della conformazione dell'alveo e dell'area inondabile: il percorso fluviale si accorcia in funzione della rettifica. Scomparsa di tipiche morfologie fluviali. Perdita dell'area inondabile naturale, sostituita da golene artificiali contenute nel canale. Perdita del rapporto con la pianura, inibita dalla presenza del canale. Fig. 11.13 Fig. 11.14
	Quota (profilo allometrico alveo)	presumibilmente superiore all'attuale	alveo scavato e incassato nel canale	(a)	
	Frequenza pool/riffle	ben distinti, ricorrenti	solo alcune pozze e corti raschi, frutto della rinaturalizzazione spontanea	√	
	Presenza di isole fluviali permanenti, meandri, tratti a canali intrecciati e/o a sezione variabile	barre di accrescimento e isole stabili vegetate all'interno dell'alveo, tratti con ramificazione dei canali	alcune barre e sdoppiamento dei canali in presenza di grosso accumulo di detriti di piena	√	
	Conformazione area inondabile	barre di sedimentazione, aree in erosione, canali riattivabili, aree depresse, forme fluviali: relitte e paleoalvei	terreno di riporto pianeggiante, asportato dall'erosione laterale	√	
Equilibrio geomorfologico	Equilibrio geomorfologico	equilibrio dinamico	instabile	√	Giudizio sintetico: alterata Da equilibrio dinamico si passa a una fase di incisione, restringimento e dissesto
Rapporto con la piana	Area inondabile per $T_{R,2}$, 30, 200	all'interno della fascia di mobilità fluviale	non determinato ^(b)	-	Giudizio sintetico: pessima Riduzione notevole dello spazio entro il quale il fiume può muoversi Fig. 11.15
	Fascia di mobilità fluviale	da decine a centinaia di metri	40 m	√	

⁹ La maggior parte dei dati è stata estratta da SCHIPANI (2003).

11. Caso studio 3 - Imparare la riqualificazione ... dal fiume Sangro

SALUTE (rispetto allo stato di riferimento -1978)					
Attributo	Sottoattributi	Stato di riferimento (1978)	Stato attuale (2000)	Informazione	Giudizio qualitativo
Regime idrologico	Q _{media} mese min	manca di informazione	manca di informazione	-	
	Q _{media} annuale	manca di informazione	manca di informazione	-	
	Varianza intra-annuale	manca di informazione	manca di informazione	-	
	T _R portate di piena caratteristiche (100, 200, 400)	manca di informazione	manca di informazione	-	
Qualità dell'acqua	Condizioni termiche	4-15 °C	I dati rilevati, insuff. per un confronto, sembrano indicare un lieve aumento della temperatura	✓	Giudizio sintetico: presumibilmente cattiva La qualità chimico-fisica peggiora (apporto di inquinanti e diminuzione delle portate di magra); ma mancano dati sufficienti per esprimere un giudizio compiuto. Da dati ispettivi e di altro tipo appare comunque una qualità scadente, particolarmente durante le magre estive (periodo turistico).
	Condizioni di ossigenazione	6-10 mg/L	I dati rilevati, insufficienti per un confronto, sembrano indicare condizioni sostanzialmente invariate	✓	
	Salinità	230-360 µS		✓	
	Stato di acidificazione (pH)	6,5-7,5		✓	
Vegetazione	Nutrienti e inquinanti (N, P, BOD, carica batterica)	dati insufficienti a definire lo stato di riferimento	manca di informazione	-	Giudizio sintetico: alterata Diminuisce l'estensione e la copertura della vegetazione; compaiono formazioni vegetali di derivazione antropica. Fig. 11.16
	Copertura fascia riparia	fascia larga almeno 1 volta l'alveo bagnato (dx e sx per <i>wandering</i>)	sporadici arbusti di vegetazione riparia lungo il canale, non strutturati in fascia	✓	
	Copertura area fluviale interigente	estensione pari alla fascia di mobilità fluviale con 70-80% di copertura dell'area	non esiste più area interigente: nella piana (ormai terrazzo) permangono formazioni vegetali di ambiente fluviale con copertura scarsa.	✓	
	Autoclonia	superfici vegetate naturali (aree boscate, aree umide, arbusteti e/o cespuglieti; formazioni erbacee)	superfici vegetate (formazioni arbustive ed erbacee) di derivazione antropica	✓	
Fauna ittica	Composizione popolazione	specie guida <i>Salmo trutta</i> (trota fario)	specie guida <i>Salmo trutta</i> (trota fario)	✓	Giudizio sintetico: alterata Da informazioni di pescatori, la fauna ittica appare abbastanza in salute, ma poco o nulla si sa su effetti della gestione delle Associazioni di pesca sportiva; sono comunque segnalate specie esotiche
	Abbondanza popolazione	trota fario abbondante, con più del 5% di giovani; assenza di specie esotiche	Informazioni insufficienti	-	
Macroinvertebrati	Diversità di taxa (generi e famiglie)	comunità macrobentonica composta da ca. 30 taxa	rinvolti mediamente 15-18 taxa	✓	Giudizio sintetico sullo stato: discreta Impoverimento delle comunità macrobentoniche, riconducibile all'alterazione e banalizzazione dell'habitat fluviale

- (a) Pur non essendo stato possibile reperire dati, si suppone che la quota alveo nello stato originario fosse superiore all'attuale; è documentato, infatti, che l'alveo è stato appositamente scavato per incassarlo entro il canale in cemento.
- (b) C'è divergenza nelle informazioni esistenti: i) per l'evento di piena del 1991, CAPELLI *et al.* (1997) stima una portata intorno 750 m³/s a P. Maddalena che include il fiume Zittola; nel tratto di interesse essa poteva presumibilmente attestarsi attorno ai valori della Q Tr 200 (cioè 450 mc/s) (secondo le stime dell'Università dell'Aquila, ottenute ricostruendo l'idrologia del tratto di interesse per lo studio di fattibilità finalizzato alla sua rinaturalizzazione); questa Q è stata quasi completamente contenuta nell'alveo con piccole esondazioni (ma grande dissesto); ii) la carta della pericolosità idraulica della Regione Abruzzo segnala invece vaste aree inondate già per Q Tr 100 (si veda la Fig. 11.12): quindi una conclusione discordante con la precedente!

Rilevanza naturalistica

Il tratto di studio non presenta peculiarità bio-geomorfologiche, presenti invece nel tratto più a monte, incassato in una gola dall'uscita del Lago di Barrea fino alla pianura alluvionale (Fig. 11.3) e denominato "La Foce". Tutta l'area, compreso il Sangro canalizzato, ricade nella fascia di protezione esterna (pre-parco) del Parco Nazionale d'Abruzzo, Lazio e Molise. Essendo rimasto invariato, è irrilevante considerare l'attributo.

Fig. 11.13.

Profilo altimetrico: per lo stato attuale esistono rilievi (curva nera); per lo stato di riferimento (1978, in rosso) si possono supporre quote superiori (stima qualitativa: l'alveo è stato scavato prima della canalizzazione). (Fonte G. Capelli)

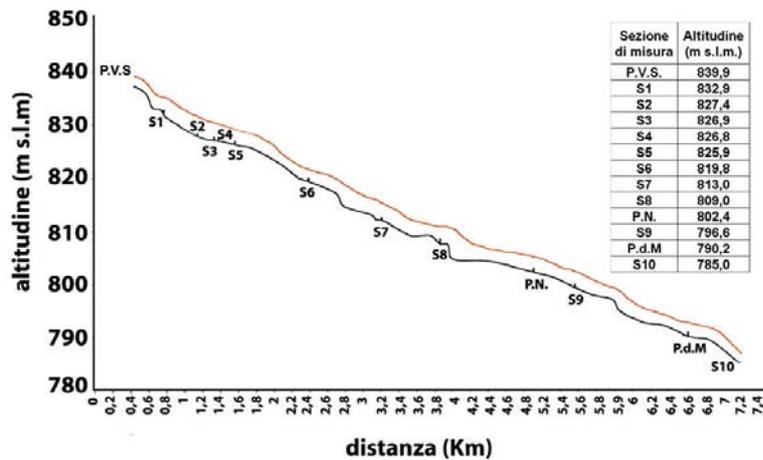
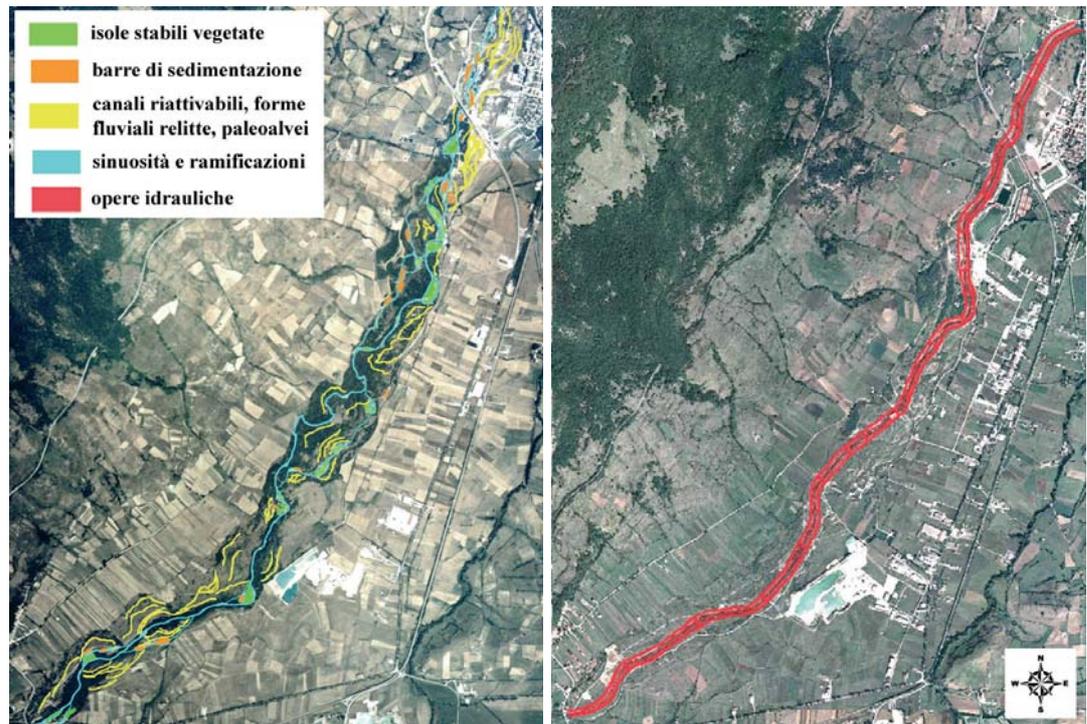


Fig. 11.14.

Morfologia di dettaglio: confronto tra stato di riferimento (1978, a sinistra) e stato attuale (2000, a destra). Nel primo sono evidenti la sinuosità e ramificazione del corso d'acqua, le isole stabili vegetate, le barre di sedimentazione, i canali riattivabili, le forme fluviali relitte e i paleoalvei. Nello stato attuale tali elementi sono in gran parte scomparsi a seguito della canalizzazione.



(Foto di base: Immagine Terraitaly™ - © 2005 Compagnia Generale Ripreseeree S.p.A. Parma - www.terraitaly.it)

11.4.3 Individuazione e misura degli obiettivi

Individuazione degli obiettivi

A fronte dei problemi elencati il gruppo di lavoro CIRF ha individuato i seguenti obiettivi progettuali:

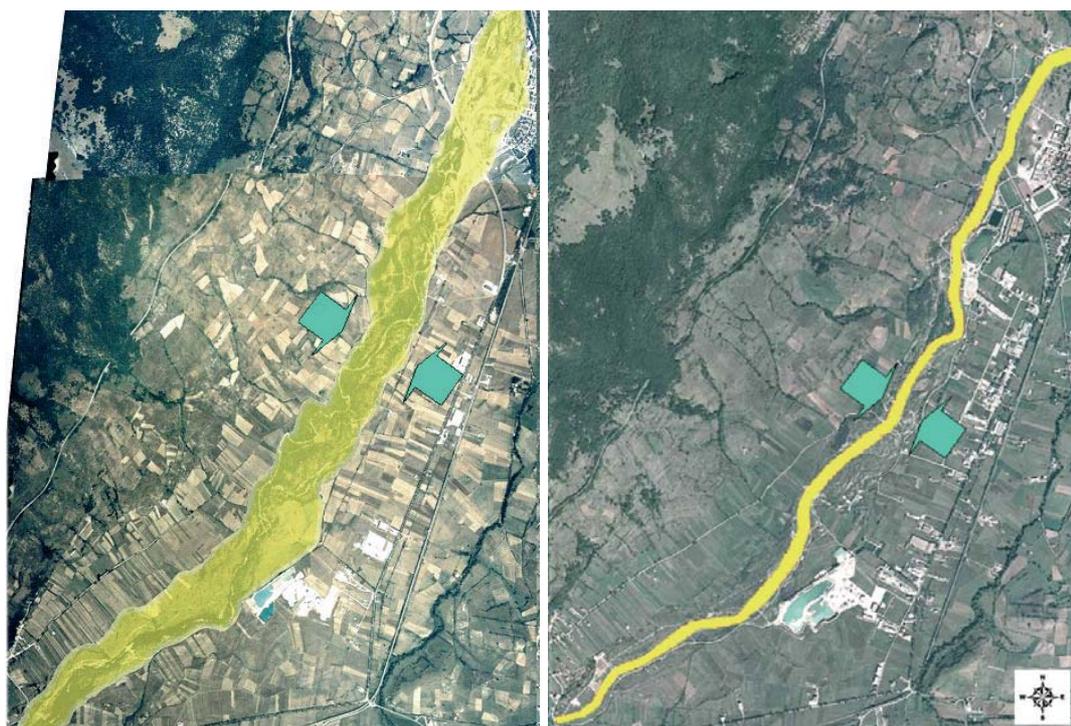


Fig. 11.15. Rapporto con la piana: fascia di mobilità fluviale o fascia morfoattiva (FM). Nello stato di riferimento (a sinistra) la FM (in giallo) si estende da decine fino a centinaia di metri; nello stato attuale (a destra) si riduce a 40 m, contenuta nei muri spondali esterni.
(Foto di base: Immagine TerraItaly™ - © 2005 Compagnia Generale Ripreseeree S.p.A. Parma - www.terraitaly.it)

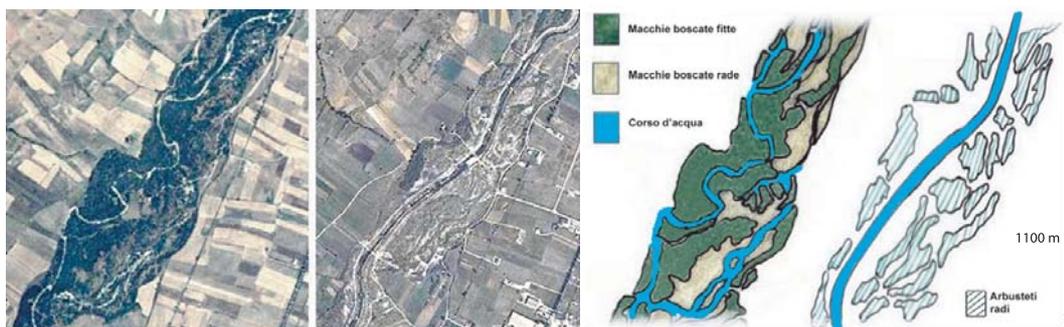


Fig. 11.16. Vegetazione: confronto tra stato di riferimento (foto a sinistra) e stato attuale (foto a destra) delle superfici coperte da vegetazione e, negli schemi a destra, relativa struttura (aree boscate rade e fitte/arbusteti), in un tratto lungo 1.100 m. La superficie vegetata si riduce notevolmente (dai 42 ha del 1978 ai 16,5 ha del 2000) e cambia la struttura (dal bosco ripario all'arbusteto). La lunghezza del percorso fluviale è quasi dimezzata (2950 m nel 1978, 1300 m nel 2000).
(Fonte: SCHIPANI, 2003; foto: Immagine TerraItaly™ - © 2005 Compagnia Generale Ripreseeree S.p.A. Parma - www.terraitaly.it)

- *Natura*: aumentare il *valore natura*, accrescendo l'integrità ecologica dal punto di vista strutturale e funzionale (*riqualificazione*) e la vicinanza allo stato originario (vera *rinaturazione*, rimuovendo le opere artificiali in alveo);
- *Rischio idraulico*: evitare o ridurre le inondazioni di zone con insediamenti o infrastrutture ed evitare la presenza stessa di beni (o almeno il loro incremento), per ridurre i danni; limitare i danni da erosione e dissesto;
- *Fruizione*: soddisfare al meglio le esigenze espresse o potenziali di classi tipiche di fruitori (pesca-sportivi, turisti balneari, popolazione locale);
- *Costi*: spendere il "meno possibile" nei necessari interventi di pianificazione, realizzazione e gestione;
- *Compatibilità sociale*: interferire il meno possibile con le attività socio-economiche attuali o pianificate (sviluppo urbanistico).

Si noti che, d'accordo con l'approccio multicriterio (*Cap. 6*), ogni obiettivo riflette il grado di soddisfazione dei portatori d'interesse ad esso associati ed è almeno in parte in conflitto con altri. L'importanza relativa dei vari obiettivi dovrebbe perciò emergere in modo concertato durante un processo decisionale partecipato (*Par. 6.2*).

Misura del raggiungimento degli obiettivi

La partecipazione consapevole degli attori sociali richiede di “misurare il grado di raggiungimento degli obiettivi” nelle diverse alternative di soluzione prospettate (compresa l’alternativa 0). Occorre perciò introdurre appositi *indici di valutazione* (Par. 7.8).

In questo caso studio l’enfasi è stata però posta sulla progettazione, mentre per la valutazione è stata solo impostata una traccia, di seguito esposta.

Si ricorda che la misura di un obiettivo si ottiene attraverso i seguenti passi:

- definizione di un indicatore per ogni attributo presente nell’albero dei valori di quell’obiettivo;
- misura di tali indicatori (in corrispondenza di ogni alternativa considerata);
- loro aggregazione attraverso apposite funzioni di valore (che richiedono l’esplicitazione di giudizi di valore soggettivi dei rappresentanti del gruppo di interesse coinvolto);
- loro rappresentazione intuitiva in formato numerico e/o grafico.

Obiettivo natura

Per la misura dell’obiettivo *natura* (o meglio del *valore natura*) si possono utilizzare indicatori analoghi a quelli del *Caso studio STRARIFLU (Cap. 9)*, più alcuni nuovi per l’attributo *morfologia di dettaglio*. Si ricorda che tali indicatori devono misurare la vicinanza dello stato del fiume (attuale o futuro) allo *stato di riferimento* adottato.

L’esplicitazione di giudizi di valore soggettivo è in questo caso effettuata da esperti e/o gruppi di interesse (es. associazioni ambientaliste).

Obiettivo rischio idraulico

Un possibile modo di quantificare questo obiettivo è utilizzare un indice che esprima⁽¹⁰⁾ *il danno economico atteso provocato dalle inondazioni (anzi il valore atteso della funzione di (dis)Utilità del danno stesso*: si veda KEENEY, 1992).

Una versione più semplice è un indice che misuri (per ogni tipo di uso del suolo: per es. urbanizzato insediativo, ricreativo, rurale, ecc.): *l’area equivalente che ci si può attendere essere inondata ogni T anni* (per es. ogni 200 anni)⁽¹¹⁾.

Oppure un indice che aggrega i seguenti sub-indici:

- *massimo T_r (tempo di ritorno) sotto il quale ci si attende che l’area bersaglio non venga inondata* (cioè “è in sicurezza”);
- *rischio*, ovvero valore atteso del danno totale D (si veda il box *Tempo di ritorno e rischio* nel Par. 2.1).

¹⁰ Si veda il box *Criteri di valutazione di livello II* nel Par. 6.2.6.

¹¹ Si tratta di un *equivalente certo* e richiede anch’esso la definizione di una *funzione di utilità*.

Ed eventualmente, sostituire a quest'ultimo uno più semplice (che non necessita della valutazione economica): l'*area inondata attesa* definita (sempre per ogni tipologia di uso del suolo) come:

$$E[A] = \sum_{i=0}^{N-1} A_{i+1} \cdot \Delta p_i$$

dove:

$$\Delta p_i = \frac{1}{Tr_i} - \frac{1}{Tr_{i+1}} = \text{probabilità di avere eventi che interessino l'incremento}$$

di area $A_{i+1} - A_i$

N : numero di aree A_i in cui si è partizionata la zona di interesse

($\frac{1}{Tr}$ = probabilità di superamento dell'evento considerato)

Obiettivo fruizione

L'obiettivo *fruizione* può essere definito con l'albero dei valori della tabella 11.5.

Attributo principale	Sotto-attributi (da misurare con appositi indicatori)
Pesca	abbondanza di pesci, portata media in periodi di magra, presenza di zone pescabili (habitat, rifugi), accessibilità
Balneabilità	parametri di legge essenziali per la balneazione (coliformi, ossigeno disciolto, ecc.)
Accessibilità all'acqua	presenza di strutture che facilitano l'accesso all'acqua (sentieri, rampe, "spiagge"...)
Fruibilità del corridoio fluviale	presenza di percorsi (pedonali, ciclabili, da equitazione...), siti per osservazioni naturalistiche, alternanza di "chiarì" e "bosco" idonei per una ricca percezione estetica, ecc.

Tab. 11.5.
Albero dei valori dell'obiettivo *fruizione*.

Obiettivo costi

Gli attributi con cui caratterizzare tale obiettivo possono essere riassunti come segue:

- *Costi di investimento*
 - interventi riqualificazione fluviale e sicurezza
 - (eventuali) espropri
 - altro
- *Costi di gestione*
 - manutenzione e ripristino opere
 - gestione vegetazione e risorse fruibili: sentieristica, pesca ... (possibilmente delegata ad enti o associazioni locali)
 - compensazioni/risarcimenti (se previsti) agli agricoltori in occasione di eventuali inondazioni

11.4 Metodologia per progettare la riqualificazione del tratto canalizzato

- (eventuale) compensazione all'ENEL per l'energia persa⁽¹²⁾ o per l'incremento del costo causato da una diversa gestione del serbatoio (per il sostegno delle magre, la riduzione delle oscillazioni giornaliere, il controllo delle piene, l'eventuale generazione di onde di piena controllate finalizzate al ripascimento dei sedimenti e allo stimolo dell'evoluzione morfologica).

Obiettivo compatibilità sociale

Gli attributi con cui caratterizzare tale obiettivo sono:

- sviluppo urbanistico dei Comuni: differenza (e localizzazione) tra le aree di urbanizzazione previste nei loro PRG e quelle contemplate nell'alternativa di intervento (generalmente minori);
- collettività: incremento del costo di produzione di energia elettrica per soddisfare la domanda nazionale, causato da una diversa gestione del serbatoio.

11.4.4 Linee di azione e opzioni di intervento

Si entra ora nella fase *creativa*, quella in cui, alla luce di problemi e obiettivi, opportunità, valenze e rischi, si identificano gli interventi proponibili.

È necessario innanzitutto individuare le *linee d'azione generali* che si intendono seguire e le *opzioni d'intervento* che le concretizzano (Tab. 11.6): da queste si estraggono quelle combinazioni che definiscono, ognuna, una *alternativa progettuale*.

11.4.5 Le alternative progettuali

Le opzioni d'intervento descritte possono essere variamente aggregate generando innumerevoli alternative progettuali, tra cui individuare quella "migliore" nei riguardi degli obiettivi messi in campo.

L'ambizione, lecita, di giungere a definire una "soluzione" progettuale univoca si scontra però con due ostacoli:

- si è in presenza di un problema multiobiettivo e quindi immancabilmente la soluzione migliore per un obiettivo non lo è per gli altri: esiste cioè conflitto tra scopi e portatori d'interesse (ecosistema incluso) che li sostengono. Per esempio, la soluzione migliore dal punto di vista *natura* (riappropriarsi di tutti gli spazi precedentemente di pertinenza fluviale) si scontra con gli usi del suolo attuali e previsti (obiettivo *compatibilità sociale*);
- si vuole intraprendere un processo partecipativo con coinvolgimento dei diversi portatori di interesse. Immancabilmente, ognuno sosterrà l'alternativa progettuale a lui più favorevole; è quindi giusto individuare una possibile "soluzione" progettuale univoca, mostrando però quali sarebbero le conseguenze di quelle

¹² L'attuale normativa (L.36/94 e DLgs 152/99) dice esplicitamente che non sono previste compensazioni da parte della Pubblica Amministrazione per il rilascio del DMV; tuttavia, se con l'approccio negoziale proposto nel *Par. 3.3.5* si concordassero con l'ENEL ulteriori "sacrifici" idroelettrici, rispetto al semplice rispetto del DMV, potrebbero essere prese in considerazione anche compensazioni).

11. Caso studio 3 - Imparare la riqualificazione ... dal fiume Sangro

NON strutturale			
Linee d'azione	n	Opzioni d'intervento	
Modificare la destinazione d'uso dei suoli, il regime proprietario e finanziario	1a	Definizione della fascia di mobilità fluviale e di quella di inondazione Associata regolamentazione dell'uso del suolo (es. interdizione nuova urbanizzazione)	UT
	1b		
	2	Sistemi di gestione/acquisizione terreni: risarcimenti/indennizzi/affitti/espropri	
	3	Sanzioni amministrative	
Gestione vegetazione	4	Rimozione o impianto di vegetazione riparia per indirizzare la dinamica fluviale	R
Protezione civile	5	Attivare piani di emergenza ed esercitazioni della popolazione	
	6	Realizzare e gestire sistemi di pompaggio delle aree allagate	
Gestione del serbatoio a monte	7	Generare onde di piena controllate per rimodellare l'alveo Laminare le onde di piena invasando Sostenere le magre estive Rilascio di sedimenti accumulati nell'invaso	
	8		
	9		
	10		
STRUTTURALE			
Linee d'azione	n	Opzioni d'intervento	
Modificare l'assetto geomorfologico	1	Rimozione delle opere idrauliche esistenti ^(a) Per la canalizzazione il ventaglio di possibilità spazia tra due estremi: dal mantenimento integrale del canale al suo totale smantellamento, con varie opzioni intermedie (es. smantellamento del 20%, 40%, 60%, 80%)	UT
	2	Rimodellamenti morfologici con movimenti di terra (vale il discorso di cui sopra)	
	3	Ricalibratura dell'alveo	
	4	Sbancamenti localizzati per avviare un processo naturale di rimodellamento	
	5	Creazione di aree di laminazione delle piene	
	6	Riattivazione di canali fluviali	
Modificare il funzionamento idraulico	7	Realizzazione di casse di espansione IN LINEA	
	8	Realizzazione di casse di espansione IN DERIVAZIONE ed associate opere di alimentazione e scarico	
	9	Eliminazione di strozzature (ponti)	
Migliorare l'assetto ecologico	10	Interventi per favorire la formazione di habitat	
	11	Interventi di ingegneria naturalistica	
	12	Post-trattamento dei depuratori	
	13	Creazione di zone umide	
Ridurre i danni potenziali (beni a rischio e loro vulnerabilità)	14	Difese arginali a ridosso degli edifici in zone a rischio di inondazione	
	15	Ridurre la vulnerabilità di nuovi edifici rendendoli capaci di sopportare temporanei allagamenti (es. edifici sopraelevati, infissi a tenuta stagna)	
	16	Delocalizzazione edifici e infrastrutture a rischio	
Favorire la fruizione	17	Interventi per favorire la pesca	
	18	Interventi per favorire la balneazione	
	19	Interventi per favorire l'accessibilità all'acqua	
	20	Interventi per favorire la fruizione del corridoio fluviale: sentieri, percorsi, siti per osservazioni naturalistiche	

(a) A rigore questa voce contempla anche l'ipotesi di smantellamento della diga, ma è un'opzione poco realistica; si è perciò preferito considerare il ruolo che essa (se ben gestita) può svolgere nel controllo delle piene e nel sostegno delle magre (oltre che nella produzione idroelettrica).

proposte dagli altri attori (e corrispondenti obiettivi) appunto grazie a una valutazione multicriterio.

Per questo l'idea è identificare almeno alcune alternative "di base", che dovranno poi essere valutate (valutazione multicriterio) e tra le quali, in una successiva fase di progetto, il decisore pubblico dovrà scegliere confrontandosi con i portatori di interesse.

Sono state considerate tre alternative "base":

- *alternativa zero*: non intervenire, lasciando il sistema alla sua evoluzione spon-

Tab. 11.6.
Linee d'azione e opzioni di intervento (strutturali e non). Le opzioni di intervento sono distinte in due ulteriori categorie: da realizzare *una tantum* (UT) o da ripetere nel tempo (R).

tanea. Il suo significato è più che altro di termine di paragone per capire e misurare i miglioramenti o peggioramenti riscontrabili con le altre alternative (tutti, infatti, si dichiarano insoddisfatti dell'attuale situazione);

- *alternativa rischio*: è l'alternativa finalizzata a massimizzare l'obiettivo di riduzione del rischio idraulico, secondo l'approccio proposto dal gruppo di progettisti di impostazione idraulica (si veda il *Par: 11.2*);
- *alternativa natura*: è finalizzata a massimizzare il *valore natura* del fiume, attraverso la rinaturalizzazione (alveo e terreni alluvionali adiacenti). Essa permette di ottenere anche benefici dal punto di vista del rischio idraulico e del dissesto geomorfologico, ma concettualmente è progettata unicamente pensando all'obiettivo natura. In pratica, però, per darle una valenza concreta, essa deve comunque includere un certo compromesso con l'obiettivo rischio prevedendo una qualche protezione della zona a rischio di Castel di Sangro (arginatura a sua difesa, anche se resa compatibile con l'ambiente) e una qualche rinuncia di territorio precedentemente del fiume e oggi vincolato da infrastrutture (es. rete stradale) e/o destinato a qualche uso e/o di proprietà non più del demanio (e quindi di non impossibile, ma sicuramente più difficile acquisizione).

A queste vanno poi affiancate le *alternative intermedie* rispetto a tutti gli obiettivi, in cui considerare un grado di compromesso tra tutti gli scopi prefissi (per es. il livello di intervento finalizzato alla fruizione; il tipo di gestione della fauna ittica ...).

Particolarmente significativa è in tal senso la:

- *alternativa natura-compatibilizzata*: coincide con l'alternativa natura, ma include lo sbancamento di alcune aree esondabili per aumentare la capacità di laminazione (riducendo il rischio idraulico) e innescare il rialzo del fondo dell'alveo (migliorando il rapporto con la piana e favorendo le esondazioni localmente)⁽¹³⁾.

Infine, si aprono ulteriori sotto-alternative in funzione della gradualità o meno di intervento: realizzare l'assetto desiderato "tutto e subito" attraverso ingenti movimenti di terra o dare solo un *input* lasciando poi fare al fiume, magari coadiuvandolo attraverso una gestione opportuna dei serbatoi di Barrea e Montagna Spaccata (onde di piena controllate).

Si ritiene che gli interventi principali debbano agire sull'assetto fisico del fiume dando "la spinta" affinché esso possa trovare spontaneamente il suo equilibrio dinamico, in particolare permettendo di nuovo la connessione tra fiume e piana inondabile; attraverso tale processo ci si attende che le comunità biotiche (vegetazione, fauna ittica, ecc.) possano colonizzare spontaneamente i nuovi ambienti ed evolversi, diventando, soprattutto per ciò che concerne le comunità vegetali riparie, parte funzionale ed attiva nella geometria dell'alveo e delle golene.

Nella figura 11.17 si riporta, a titolo d'esempio, come potrebbe evolvere spontaneamente la nuova piana alluvionale una volta fornita la spinta alla rinaturalizzazione.

¹³ L'idea è incentivare l'inondazione di zone non urbanizzate (di basso valore economico), per ridurla in quelle antropizzate.

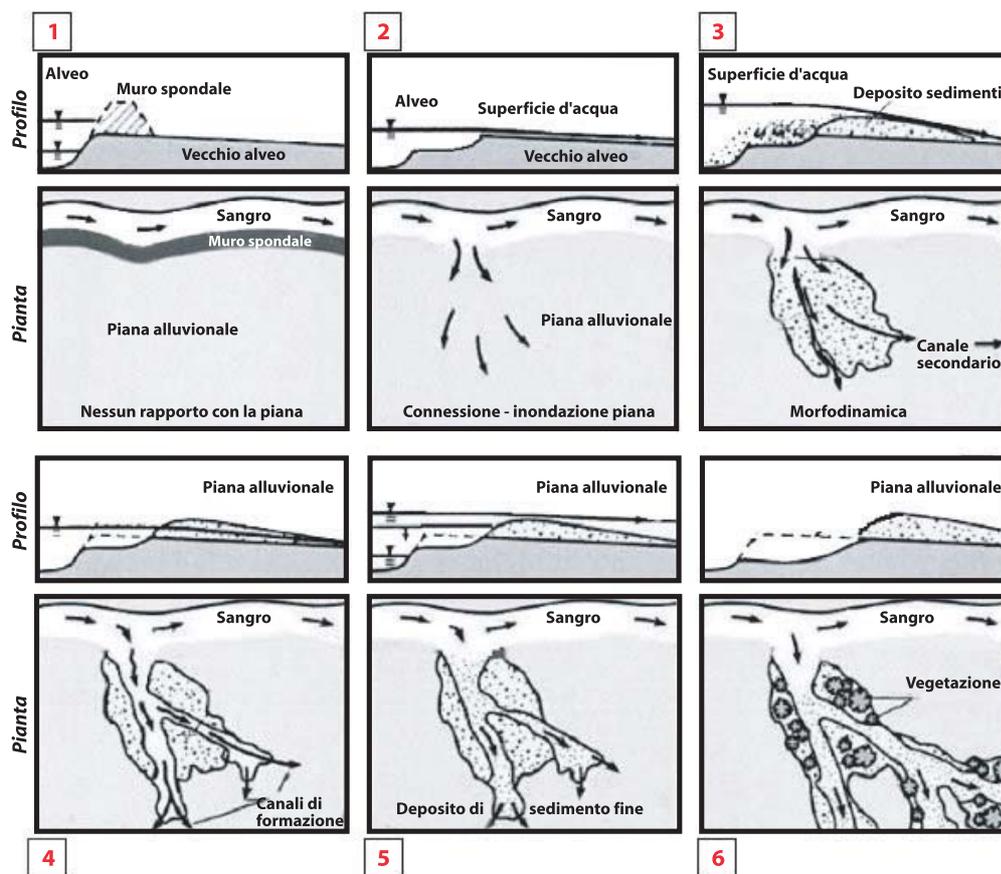


Fig. 11.17. Meccanismi di evoluzione spontanea verso la *vision* (situazione desiderata): sviluppo della topografia della piana ad opera di ripetute esondazioni. Inizialmente (1) le portate sono confinate all'interno degli argini e il rapporto con la piana alluvionale è inibito; la rimozione dell'argine (2) permette di nuovo la connessione con le aree di pertinenza fluviale e la piana torna ad essere interessata da periodici allagamenti; l'arrivo di una piena (3) comporta, oltre all'utilizzo della piana come area di laminazione della portata e di diminuzione dell'energia, anche il deposito di sedimenti sulla piana stessa; il fiume inizia poi la sua normale e giornaliera azione di erosione dei sedimenti depositati nella piana e si crea nuovi percorsi all'interno di essa (4); le successive piene (5) mobilitano i sedimenti depositati in precedenza, oltre ai nuovi in arrivo, e generano una migrazione delle forme e la deposizione di sedimenti fini; i nuovi canali della piana nel tempo si stabilizzano (6) grazie alla rinaturalizzazione spontanea e alla formazione di boschi ripari. (© Elsevier 2002, riprodotta da FLORSHEIM e MOUNT, 2002, con l'autorizzazione della Elsevier; ritoccata da I. Schipani)

Di seguito si descrive molto sinteticamente quella che inizialmente era stata immaginata come alternativa rischio, mentre ci si sofferma maggiormente sull'alternativa natura (compresa la sua versione "compatibilizzata"). Non si illustrano tutte le opzioni, ma solo quelle più significative ai fini di questo caso studio; per arrivare a una vera valutazione occorrerebbe però farlo.

Alternativa rischio⁽¹⁴⁾

Questa alternativa è finalizzata a massimizzare l'obiettivo di riduzione del rischio idraulico; più precisamente, nelle intenzioni dei progettisti, essa intende "mettere in sicurezza" l'abitato di Castel di Sangro, cioè evitare che esso venga inondato in occasione di piene con tempo di ritorno inferiore o uguale a 200 anni (nel seguito si denota con Q_{TR200} la portata di piena corrispondente a tale evento, stimata in $450 \text{ m}^3/\text{s}$ all'altezza del tratto canalizzato).

Essa intende inoltre ottenere un assetto del fiume *stabile* che cioè ... "duri nel tempo".

¹⁴ Va notato che il gruppo di lavoro del progetto rinaturalizzazione era interdisciplinare; l'intesa in un gruppo simile non è mai facile, anche se molto proficua; conseguentemente le visioni reciproche hanno subito modifiche in corso d'opera. Inizialmente il gruppo progettisti aveva avanzato una proposta piuttosto "classica" (ancora in corso d'elaborazione) che qui illustriamo secondo una nostra interpretazione finalizzata a rendere chiaro il percorso seguito.

L'alternativa inizialmente proposta dal gruppo progettisti (Fig. 11.18) prevedeva la realizzazione di:

- un alveo in terra e pietrame largo circa 100 m (più del doppio dell'attuale canalizzato, ma decisamente inferiore alla fascia di inondazione naturale) per tutto il tratto attualmente canalizzato, dimensionato sulla portata di piena Q_{TR200} ;
- una cassa d'espansione in parallelo con un volume dell'ordine di alcuni milioni di m^3 e relativi dispositivi per "garantirne" il funzionamento⁽¹⁵⁾ (es. soglia sfiorante e arginature alte fino a circa 6 m nel versante più vallivo);
- arginature per contenere il fiume da esondazioni laterali presso l'abitato di Castel di Sangro.

Il gruppo progettisti poneva anche enfasi sulla verifica che tale alveo di piena risultasse *geomorfologicamente stabile*, cioè fosse capace di portare quella piena senza indurre fenomeni erosivi (quindi con velocità sufficientemente basse), né sedimentazione degli eventuali solidi trasportati (quindi con velocità sufficientemente alte).

Naturalmente, per permettere il flusso idrico come previsto, tale alveo doveva essere mantenuto privo di vegetazione ed ostacoli.

Va notato che questa soluzione, e prima ancora la sua motivazione, cioè la ricerca di un assetto "stabile", è certamente comprensibile e anche condivisibile a prima vista se si pensa al fiume come ad un elemento di disturbo del territorio antropizzato, perciò da "immobilizzare". Ma è anche evidente che si tratta di un assetto totalmente conflittuale con quello caratterizzato da equilibrio dinamico nel quale l'alveo mantiene la propria struttura, ma si sposta, erode e sedimenta ... e così non induce erosione né destabilizzazione di eventuali infrastrutture, dissipa energia distruttiva durante le piene, sostiene una significativa diversità animale e vegetale, ecc.

Tale proposta di progetto prevedeva anche "*l'inserimento di alcune strutture naturaliformi, all'interno degli argini, quali isole fluviali, recupero di paleoalvei, ecc.*" per ottemperare, nelle intenzioni dei progettisti, alle esigenze dell'obiettivo natura. Si tratta di interventi pensati tutti all'interno dell'alveo di piena.

Alternativa natura

Come ricordato, nella sua versione "pura" è finalizzata a massimizzare il *valore natura*. Nella sua versione "compatibilizzata", tesa ad ottenere benefici dal punto di vista del rischio idraulico, essa prevede ulteriori interventi, volti sostanzialmente ad aumentare la capacità di laminazione nelle aree di esondazione naturale.

Ci si limita qui a fornire:

- l'elaborazione di una *vision* del fiume Sangro (Fig. da 11.19 a 11.24);
- la definizione della *tipologia di interventi* previsti (con loro possibile ubicazione orientativa);
- l'illustrazione di alcuni *interventi tipo*.

¹⁵ Si veda il box *Le casse di espansione: una manna?* nel Par. 2.3, per una discussione su questo aspetto.

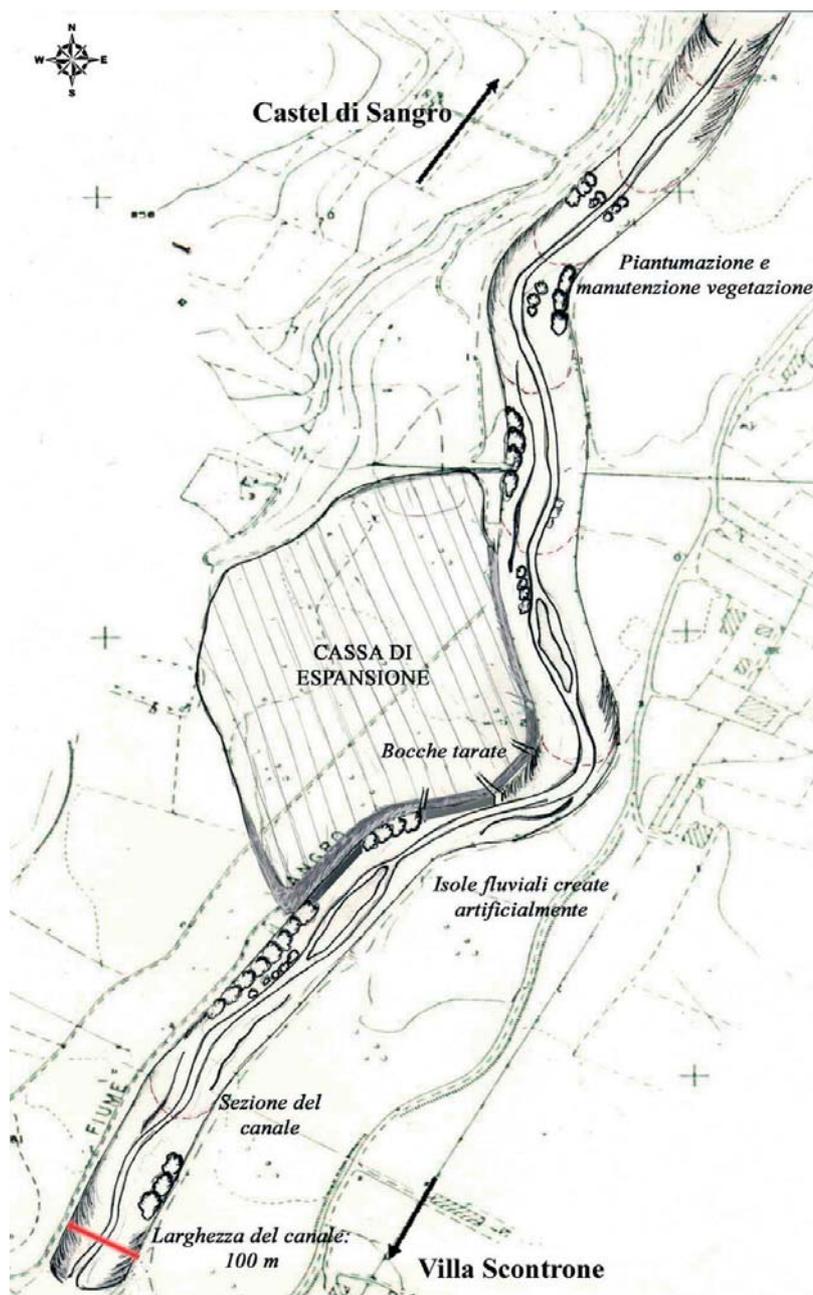


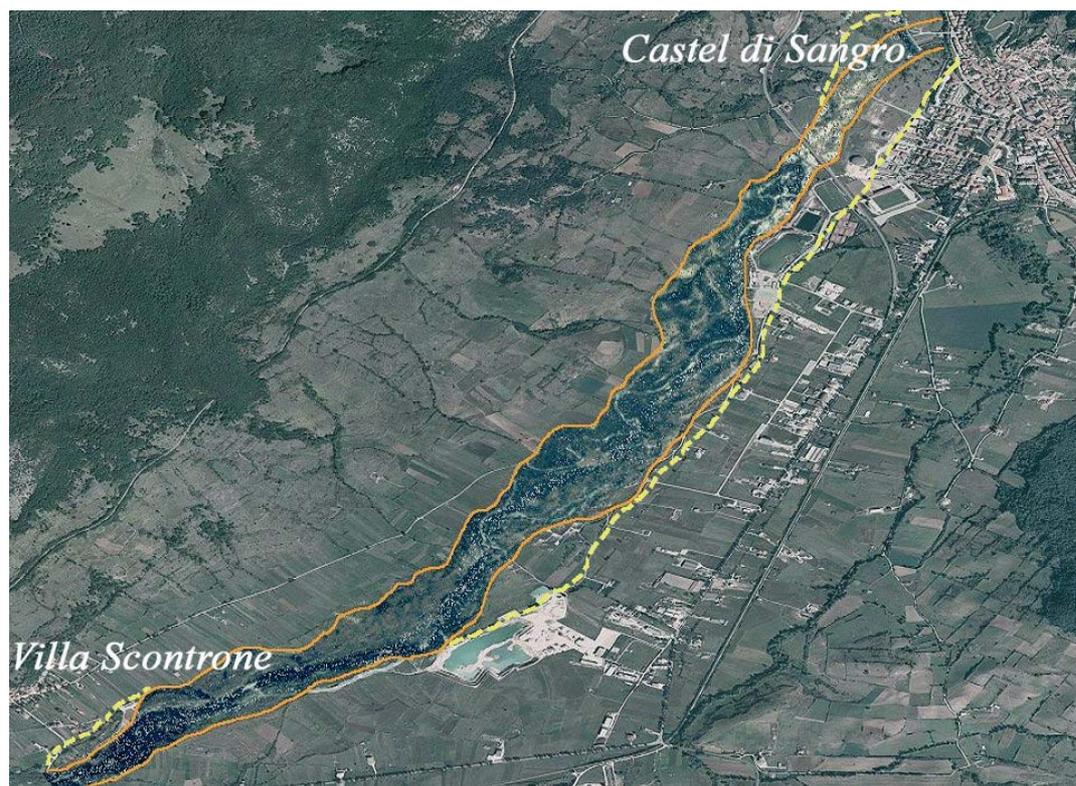
Fig. 11.18. Soluzione di stampo ingegneristico tradizionale finalizzata a massimizzare l'obiettivo di riduzione del rischio idraulico: canale allargato, ma ben definito e progettato per essere stabile (fisso), cassa di espansione del volume di alcuni milioni di m³, forme fluviali quali isole e paleoalvei create artificialmente, piantumazione e manutenzione della vegetazione in modo che essa non ostacoli il flusso idrico. (Illustrazione: I. Schipani, in CIRF 2004)

Vision

La *vision* indica come si immagina il fiume una volta riqualificato e intende fornire quindi un messaggio chiaro ed esplicito della direzione verso cui tendono gli interventi ipotizzati.

Un fiume privo di opere idrauliche e di difesa, libero di muoversi entro uno spazio ampio –la fascia di mobilità fluviale– dove potrà divagare, erodere e sedimentare secondo le sue naturali tendenze evolutive, e dove rimarrà confinato grazie ad interventi “blandi”, il meno impattanti possibili, sui confini dell’area. Quindi un fiume che può evolvere dal punto di vista geomorfologico ed ecologico, ma gestito per rimanere entro uno spazio pre-assegnato (superiore all’attuale) e per soddisfare le esigenze fruttive.

Fig. 11.19.
 Vision “dall’alto”
 per il tratto di
 interesse: un fiume
 privo di opere
 idrauliche, libero di
 muoversi dentro
 uno spazio
 definito: la fascia
 di mobilità fluviale
 desiderata (nella
 foto delimitata
 dalle linee
 arancione), mentre
 il territorio esterno
 ad essa è protetto
 per mezzo di
 interventi “blandi”.
 Le linee gialle
 tratteggiate
 delimitano invece
 la fascia di
 mobilità fluviale
 dello stato di
 riferimento (quella
 mostrata nella Fig.
 11.15). Gli spazi
 compresi tra le
 linee gialle e quelle
 arancioni sono
 zone a cui si
 rinuncia, in questa
 vision, perché oggi
 già urbanizzate o
 destinate ad altro
 uso (si accetta così
 un compromesso
 tra i vari obiettivi
 in gioco e in
 particolare tra
 compatibilità
 sociale –incarnante
 lo “sviluppo”– e
 l’obiettivo natura).
 (Foto di base:
 Immagine
 Terraitaly™ - ©
 2005 Compagnia
 Generale
 Ripresaere S.p.A.
 Parma -
 www.terraitaly.it)



La figura 11.20 fornisce una rappresentazione grafica della vision: le opere artificiali a ridosso dell'alveo non sono più presenti e il fiume recupera il rapporto sia con la piana inondabile che con i bracci abbandonati; il suo alveo non è geometrico, ma il naturale prodotto dell'azione della portata dominante, ed è libero di muoversi all'interno della fascia di mobilità fluviale, dove la vegetazione è, al contempo, frutto e fattore causale di quest'opera di trasformazione e di espressione della dinamica dell'ecosistema; gli insediamenti non sono però lasciati in balia del fiume, ma sono protetti da una arginatura, paesaggisticamente integrata nel territorio, che però isola l'insediamento dal fiume e non questo dal resto del mondo.

Nella vision del Sangro è attribuita molta importanza alla fruibilità, in particolare all'accessibilità, alla balneabilità e alla pesca sportiva (Fig. 11.24).

Tipologia dei principali interventi strutturali previsti

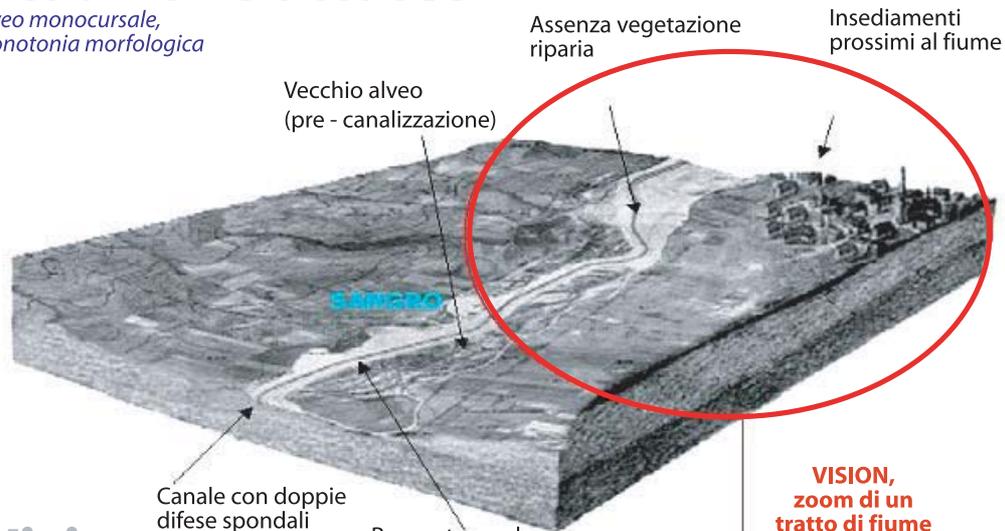
Va premesso che stiamo pensando a interventi totalmente “privi di cemento” e che, anzi, prioritariamente prevedono l'eliminazione di quello attualmente presente. Essi consistono principalmente in movimenti di terra, ma anche in “azioni non strutturali” (si vedano le opzioni di intervento).

Si prevede inoltre di effettuare alcuni interventi, sempre “blandi”, per mantenere il fiume dentro la sua fascia di mobilità fluviale operando sul suo confine (per es. pennelli interrati, impianti vegetali, arginature seminaturali perfettamente integrate paesaggisticamente, ecc.), come mostrato a seguire.

L'idea non è di “definire” e poi realizzare compiutamente l'assetto del fiume desiderato (buche, raschi, tracciato, geometria delle sezioni, ecc.), ma limitarsi a dare una “spinta” affinché il fiume conquisti da sé questo assetto, nei limi-

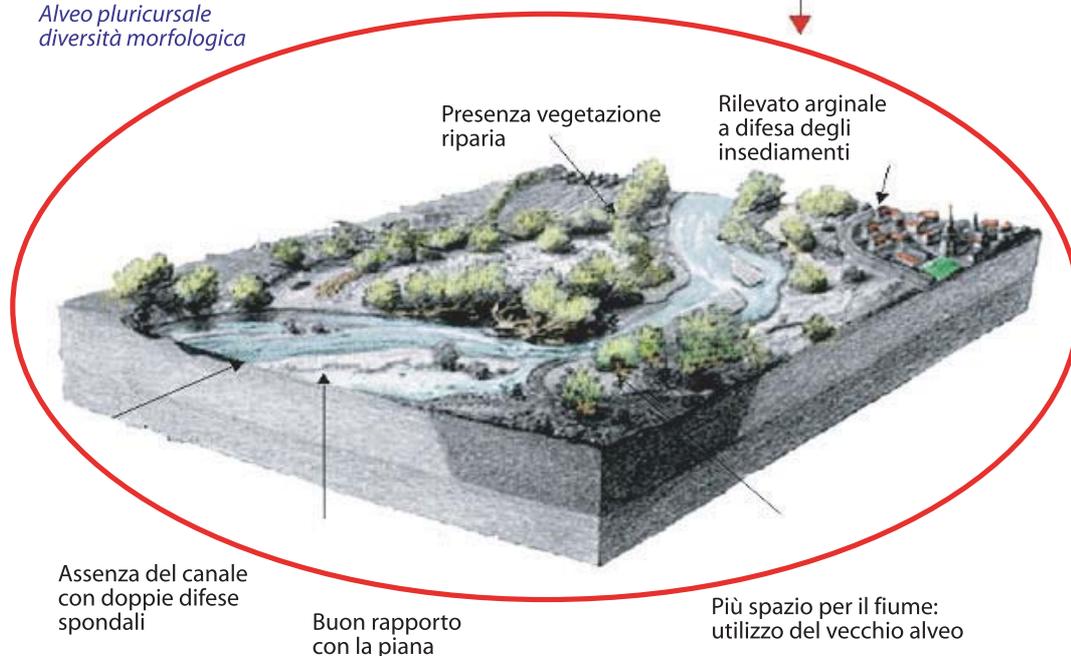
Situazione attuale

*Alveo monocursale,
monotonia morfologica*



Vision

*Alveo pluricursale
diversità morfologica*



**VISION,
zoom di un
tratto di fiume**

Fig. 11.20. Dalla situazione attuale alla *vision*: si prevede sostanzialmente una variazione del tipo morfologico (da alveo monocursale ad alveo pluricursale) attraverso lo smantellamento delle difese spondali, uno spazio maggiore a disposizione del fiume mediante l'utilizzo del vecchio alveo e la costruzione di un rilevato arginale a difesa degli insediamenti. (Illustrazione: I. Schipani)



Fig. 11.21. *Vision*: corridoio fluviale, costituito dal corso d'acqua e da fasce di vegetazione riparia sulle sponde. (Foto: I. Schipani)

ti delle condizioni determinate dagli altri obiettivi. In fase decisionale si potrà però decidere diversamente, ovvero realizzare tutti gli interventi per avviare il processo di rinaturalizzazione in breve tempo, ottenendo risultati immediati ma a costi superiori, oppure, viceversa, realizzare in maniera più graduale gli inter-

Fig. 11.22.

Vision: buon rapporto tra il corso d'acqua e la pianura alluvionale; quest'ultima, frequentemente inondata, funge da area di laminazione delle piene e da habitat di vitale importanza per molte specie vegetali ed animali.
(Foto: I. Schipani)



666

Fig. 11.23.

Vision dei processi geomorfologici: il corso d'acqua è in equilibrio dinamico e i processi di deposizione e di erosione si controbilanciano
(Foto: I. Schipani)



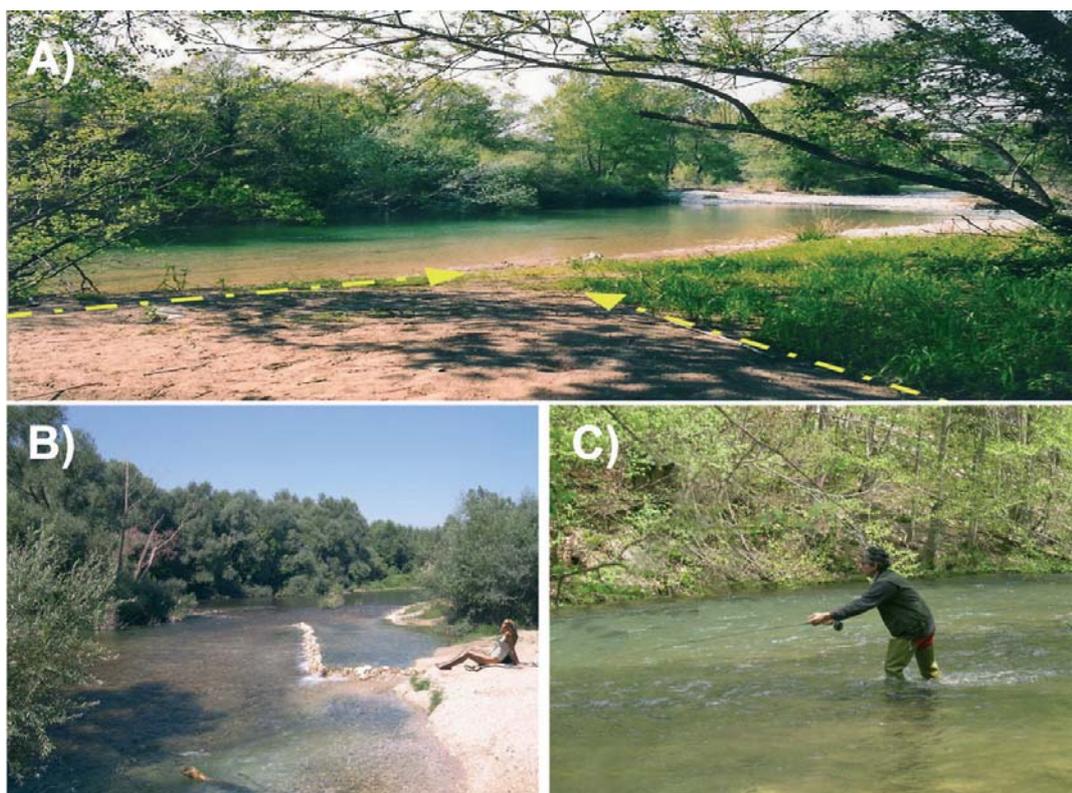


Fig. 11.24.
 Vision: fruizione del fiume. A) facile accessibilità (percorso e accesso indicato da frecce), B) balneabilità con presenza di spiagge, C) pesca. (Foto: I. Schipani)

venti ottenendo benefici più scaglionati nel tempo ma a costi inferiori e dilazionati.

Per definire l'*alternativa natura* vengono considerate tutte le opzioni d'intervento della tabella 11.6: qui sono descritte, a diverso grado di approfondimento, in particolare le azioni *strutturali* 1, 2, 3, 4, 5, 6 e 14 e la *non strutturale* 1.

Interventi sull'assetto fisico del corso d'acqua

Il quadro degli interventi, sintetizzato in figura 11.25, definisce come si intende operare per ricostituire il rapporto con la piana, riattivare le aree per l'erosione naturale e permettere la spontanea evoluzione geomorfologica.

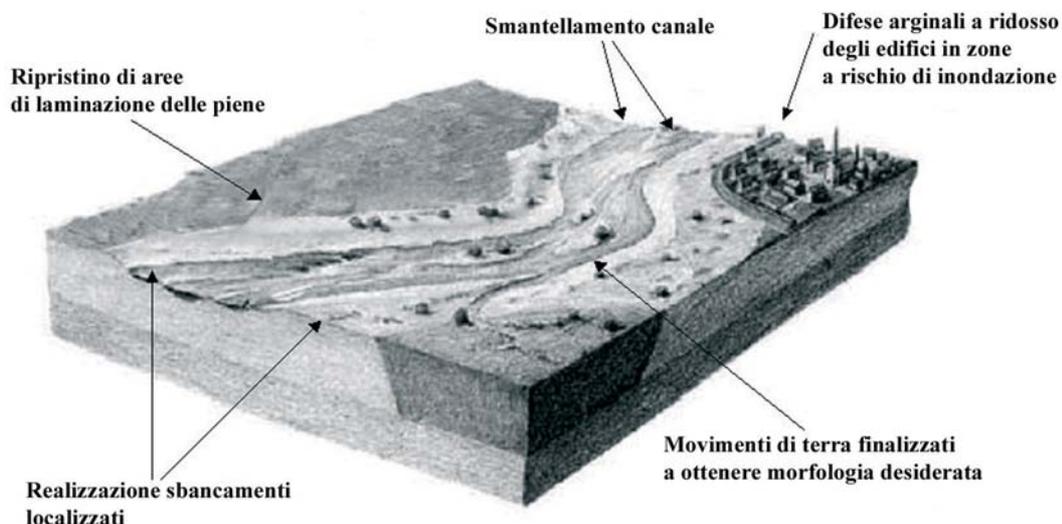
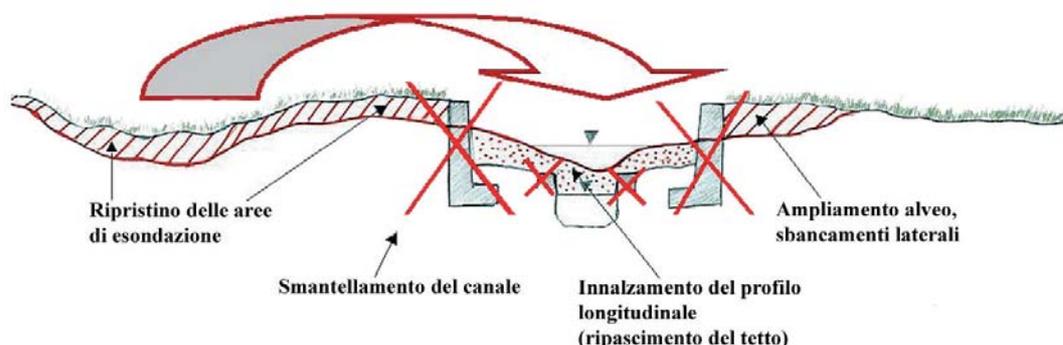


Fig. 11.25.
 Quadro degli interventi sull'assetto fisico (all'interno della fascia di mobilità fluviale): i) smantellamento del canale in cemento; ii) difese arginali a ridosso degli edifici in zone a rischio; iii) movimenti di terra finalizzati a ottenere la morfologia desiderata; iv) realizzazione di sbancamenti localizzati; v) ripristino delle aree di laminazione delle piene. (Illustrazione: I. Schipani)

Si prevede di agire sulla morfologia delle sezioni (Fig. 11.26) rimuovendo, parzialmente o totalmente, la canalizzazione e raccordando il fiume con la sua piana (ampliamento alveo con sbancamenti laterali e innalzamento del profilo longitudinale).

Fig. 11.26.
Schema degli interventi sull'assetto fisico. In tratteggio gli sbancamenti, in punteggiato i ripascimenti. Smantellamento del canale in cemento (indicato dalle croci rosse); ampliamento dell'alveo mediante sbancamenti laterali localizzati (finalizzati ad invitare il fiume stesso a ricostruirsi il suo rapporto con la piana); innalzamento del profilo longitudinale mediante ripascimento del letto. (Illustrazione: I. Schipani)



In particolare, per permettere al fiume di interagire con la sua piana è necessario:

- far riacquisire all'alveo una quota sufficiente, prossima a quella precedente ai lavori di canalizzazione. Il ripascimento del letto, in particolare dove è più inciso, può essere ottenuto in vari modi concomitanti: con gli stessi sedimenti ricavati dagli sbancamenti di cui si è appena detto; riallocando il materiale di risulta dallo smantellamento del canale in calcestruzzo; redistribuendo gli attuali accumuli di sedimento; dragando l'invaso di Barrea e trasferendo (con camion) il materiale nel tratto di interesse; in parte generando onde di piena controllate;
- ampliare l'alveo e raccordarlo con il piano di campagna, mediante sbancamenti laterali in brevi tratti.

Per ampliare la sezione senza appiattire l'alveo (soddisfando le esigenze idrauliche e quelle ecologiche) si può realizzare un alveo a più stadi similnaturale (Fig. 10.6) in modo che le portate ordinarie restino confinate nell'alveo di magra indisturbato e quelle di piena possano essere accolte nell'alveo più ampio e con letto più elevato, ricavato anche dallo scavo del piano di campagna⁽¹⁶⁾.

In questo modo l'alveo di magra, più ristretto, previene l'eccessivo deposito di sedimenti, conserva l'eterogeneità del substrato, la sequenza buche-raschi e fornisce habitat idonei ai pesci ed ai macroinvertebrati. Nell'alveo di piena può invece essere piantata o svilupparsi spontaneamente una vegetazione tipica degli ambienti umidi.

L'eventuale sbancamento di porzioni della piana per raccordarla all'alveo dovrebbe limitarsi ad invitare il fiume a ritrovare il suo proprio rapporto; sbancamenti più estensivi tesi a realizzare maggiori volumi di invaso sono ovviamente molto impattanti e da evitare; solo qualora la capacità di laminazione –senza di essi– si rivelasse insufficiente, si potrebbe valutare se realizzarli in alternativa a casse di espansione laterali. Tuttavia, considerato il suo impatto, nel seguito si assume che questa opzione non venga praticata, mentre si considera la possibilità di riappropriazione facilitata di zone di esondazione naturale preesistenti.

¹⁶ SANSONI, 1993a.

Per recuperare volumi utili da destinare alla laminazione delle piene, un passo importante consiste nella individuazione, al momento solo orientativa, delle aree già naturalmente depresse che ben si presterebbero a fungere da bacini di invaso delle acque di piena (Fig. 11.27, a sinistra).

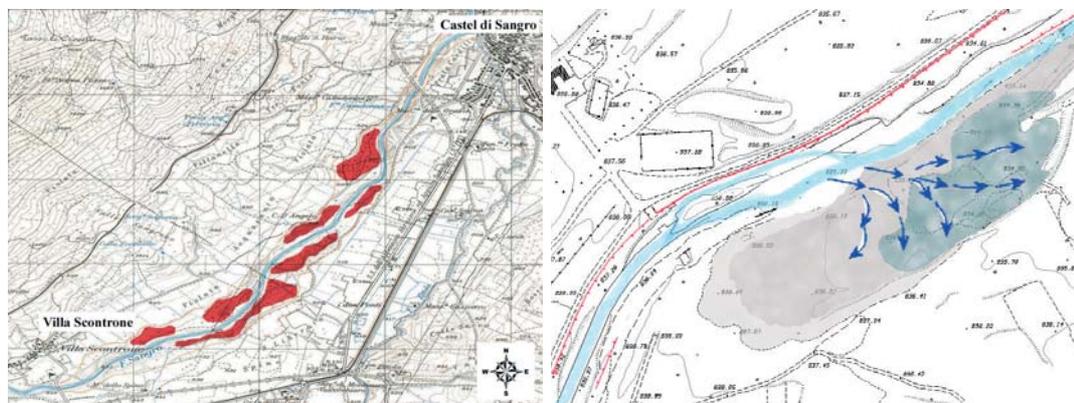


Fig. 11.27.
A sinistra: localizzazione orientativa delle principali aree alluvionali naturalmente depresse (in rosso), potenziali bacini di invaso delle acque di piena. A destra: smantellando il canale in calcestruzzo (linee rosse) in alcuni tratti –in corrispondenza di aree naturalmente depresse (le gradazioni di grigio indicano un aumento di profondità di 1 m)– è possibile raccordare l’alveo alla piana e recuperare volumi per la laminazione naturale delle piene. (Fonte: CIRF, 2004)

Dare una forma definitiva anche all’alveo di magra?

Nell’ipotesi di interventi “estesi ed immediati”, è spontaneo pensare di definire anche l’alveo attivo e quello di magra. Tuttavia, a ben vedere, è molto meglio evitarlo sia perché non si conosce la nuova struttura propria del fiume (non è detto che tenda a quella di prima, *wandering*), sia perché è molto difficile ricostruire artificialmente una naturale diversità (complessità dovuta a variabilità morfologica); ma soprattutto perché il Sangro, avendo un forte potenziale evolutivo, distruggerebbe qualsiasi assetto definito realizzato dall’uomo.

Meglio dunque lasciare che il fiume modifichi da sé, progressivamente, il proprio alveo, magari aiutandolo con l’apertura di alcuni varchi (Fig. 11.27, a destra) ed, eventualmente, provocando piene controllate (mediante rilasci dalle dighe).

In ogni caso, se proprio si volesse optare verso una soluzione “tutto e subito” il criterio di progetto dovrebbe essere basato sulla *portata dominante* (quella non particolarmente elevata, ma molto frequente –dell’ordine di una volta ogni 2-3 anni– con massimo potere di modellare la morfologia) anziché su quella con T_R 200 anni (si veda il *Par. 8.1*).

Interventi a protezione degli insediamenti a rischio

Questi interventi non dovrebbero essere arginature a ridosso del corso d’acqua, bensì rilevati arginali (ben inseriti dal punto di vista ambientale: Fig. 11.28) che lambiscono porzioni di paese: quindi non “arginare il fiume”, bensì “riparare la città” (Fig. 11.19).

Nel caso del Sangro, poiché lo spazio oggi a disposizione per costruire un argine che circoscriva gli edifici di Castel di Sangro e lasci al contempo un minimo di sinuosità al fiume non è molto esteso, è ipotizzabile lo spostamento dell’alveo del fiume in direzione della sponda sinistra (idrografica).

Interventi per gestire la fascia di mobilità fluviale⁽¹⁷⁾

Il corso d’acqua, libero di evolvere all’interno della *fascia di mobilità fluviale*, va

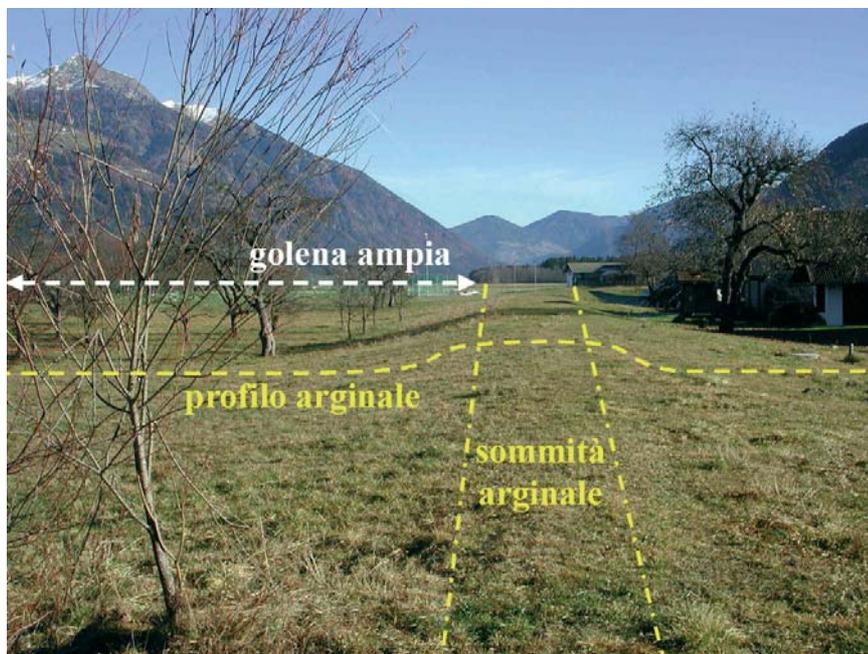
¹⁷ Questo approccio è già stato adottato dall’Autorità di bacino del Magra nel suo progetto Vara (si veda il *Cap. 10*).

comunque gestito cosicché non possa divagare senza controllo all'esterno di essa. Tale gestione si basa su:

- impianto di vegetazione (autoctona) dove si vuole rallentare l'erosione;
- pennelli interrati al limite della fascia (dove e quando necessari);
- gestione dei sedimenti in alveo;
- monitoraggio.

Si noti che i pennelli interrati ai confini della fascia di mobilità fluviale, non entrano in azione subito, ma solo se e quando l'alveo, con le sue divagazioni, dovesse avvicinarsi ad essa. Una volta raggiunti dalla corrente, la deflettono impedendo l'ulteriore arretramento della sponda. Naturalmente, dopo ogni evento che li interressi direttamente, occorre procedere alla loro manutenzione. Per la loro costruzione si può sfruttare l'opportunità di recuperare i blocchi in cemento risultanti dalla demolizione della canalizzazione.

Fig. 11.28. Argine "invisibile" (fiume Drava, Austria): costituito da un profilo "morbido", si inserisce perfettamente nel paesaggio e può prestarsi ad altri usi (fruizione). (Foto: G. Sansoni)



11.4.6 Previsione degli effetti (simulazione) e valutazione delle alternative

Per scegliere l'alternativa "migliore" occorre determinare come ogni alternativa si comporta nei confronti dei diversi obiettivi, misurandone la prestazione con appositi indici di valutazione e quindi, prima ancora, determinando il valore assunto (previsto) dagli indicatori in corrispondenza di ogni alternativa.

È poi possibile comparare le diverse alternative, con la classica *matrice di valutazione* tipica dell'*analisi multicriterio* (si veda il *Par. 6.2.6*), così da permettere al decisore politico di effettuare una scelta consapevole sulla base di vantaggi/svantaggi relativi ad ogni obiettivo e, prima ancora, di condurre un processo negoziale con gli attori coinvolti.

In questo studio ci si limita a introdurre una versione semplificata della *matrice di valutazione*, come elementare esemplificazione dei ragionamenti alla base della valutazione; la previsione degli effetti non è però sviluppata e di conseguenza le

valutazioni riportate sono qualitative e arbitrarie ed hanno quindi solo un valore speculativo.

Previsione degli effetti

Prima di addentrarsi in un esercizio di previsione conviene affrontare il nodo critico (qui non ancora risolto) e cioè capire se l'alternativa *natura* (o quella compatibilizzata) si comporta sufficientemente bene, o meglio, di quella *rischio* nei confronti proprio ... del rischio idraulico. Se così fosse, essa sarebbe quasi certamente da preferire in quanto presumibilmente superiore da tutti gli altri punti di vista (non è detto, a rigore, che ciò si verifichi per gli obiettivi *costi* e *compatibilità sociale*).

Per tale esercizio di previsione idraulico-idrologica occorrerebbe almeno:

- aver definito a livello progettuale (almeno di massima) le alternative; quindi in particolare aver definito la morfologia progettuale risultante, attesa nel medio-lungo termine dal pacchetto di interventi previsti (ripascimento alveo, smantellamento canalizzazione, arginature, risezionamenti, sbancamenti di raccordo con la piana, impianti vegetali), attraverso una serie di sezioni quotate dell'alveo e della piana adiacente incorporanti gli effetti complessivi di tali interventi (naturalmente, la prima da sottoporre a questa analisi è l'alternativa 0 che non richiede alcuna progettazione, ma solo la rilevazione di sufficiente dettaglio della topografia corrispondente);
- aver definito lo scenario idrologico (evento di piena di riferimento, ovvero corrispondente a un tempo di ritorno selezionato, in particolare i 200 anni);
- disporre di uno strumento (modello matematico) per la simulazione del comportamento idraulico, sotto quello scenario, capace di contemplare tutte le alternative;
- dileguare i dubbi sulle ipotesi interpretative del comportamento geomorfologico introdotte per poter prevedere almeno qualitativamente i cambiamenti morfologici associati (avrà luogo un trasporto solido, anche ingente, ma tale da non alterare nel complesso il profilo altimetrico? Oppure si avrà incisione? ...).

Solo in un secondo tempo (nel passo chiave di specificazione) sarà opportuno entrare nella previsione degli ulteriori effetti specificando a tal fine l'intero pacchetto di opzioni di intervento (strutturali e non) previste in ogni data alternativa, compresi quelli di conservazione della natura (gestione della fauna, ricreazione di habitat ...) e definendo inoltre, per ogni tipologia di quelli strutturali, entità, ubicazione e modalità di esecuzione. Sarà poi necessario sviluppare un modello concettuale delle relazioni causa-effetto, sullo stile di quello presentato per il Vara (*Par. 10.3.9*).

Per la previsione, oltre ai modelli matematici (di simulazione o statistici; quantitativi o qualitativi) si potranno utilizzare anche giudizi di esperti.

Per la predizione degli effetti sull'obiettivo costi si procederà semplicemente al computo metrico corrispondente ai movimenti di terra necessari e alle altre opere; ecc.

Matrice di valutazione "speculativa"

Oltre a considerare l'alternativa zero, cioè lasciare le cose come stanno, e le due alternative estreme (*natura* e *rischio idraulico*), la matrice della figura 11.29 (costruita a solo scopo esemplificativo senza alcuna pretesa di aderenza ai dati reali e, perciò, da considerarsi "speculativa") ne propone altre intermedie (MIX 1, MIX 2, ecc.) che soddisfano in modo differenziato i diversi obiettivi.

Ad esempio, la MIX 1 (*alternativa natura-compatibilizzata*) potrebbe essere un'alternativa abbastanza vicina all'alternativa *natura* ma che si pone esplicita-

Fig. 11.29.
Matrice di valutazione semplificata “speculativa”, non basata su dati reali; nella valutazione reale i singoli criteri possono dover essere “esplosi” in sottocriteri per far emergere i punti di vista degli attori coinvolti.

	ALT Nulla	ALT RISCHIO	ALT NATURA	ALT MIX 1	ALT MIX 2
SALUTE FIUME	molto bassa	discreta (o bassa)	molto alta	molto alta	??
RISCHIO	alto	molto basso	basso	molto basso	??
FRUIZIONE	bassa	discreta	molto alta	molto alta	??
COSTO	0	molto alto	alto (o discreto)	basso	??
DISTURBO	nullo	sensibile	bassa	alto	??

mente anche l’obiettivo di diminuire il rischio idraulico (obiettivi *natura* e *rischio* raggiunti in modo considerevole, come evidenziato nella matrice), ma che si intende realizzare sfruttando al massimo l’opera della natura (quindi costi bassi, ma con risultati più ritardati nel tempo).

L’alternativa *rischio* è ovviamente sbilanciata verso l’obiettivo rischio e non ottiene un buon risultato nei confronti dell’obiettivo *natura*, esattamente l’opposto dell’ALT *natura*; per entrambe i costi sono alti, ma comunque maggiori per quella rischio, mentre la fruizione è migliore per l’ALT *natura* così come il disturbo arrecato alle attività economiche. La matrice può naturalmente essere raffinata, in particolare includendo la differenziazione tra effetti a breve termine e a lungo termine, cosa utile a scegliere tra le alternative “tutto e subito” e quelle che invece puntano solo a dare un input e lasciar “lavorare la natura”.

La matrice mostra come a priori non vi sia un’alternativa preferibile alle altre e occorra perciò effettuare, dopo le valutazioni tecniche, una scelta politica. Questa però, proprio grazie alla valutazione esplicita e trasparente del grado di compromesso che ogni obiettivo, e quindi portatore d’interesse, deve sopportare, può essere effettuata in modo più consapevole e condiviso, conoscendo “chi” viene impattato negativamente dalla scelta (e pensando eventualmente a forme di mitigazione e compensazione).

Se, come ci si attende, le simulazioni confermassero l’ipotesi che già l’alternativa 0 si comporti sufficientemente bene dal punto di vista idraulico, a maggior ragione, quella *natura* potrebbe addirittura essere risolutiva.

11.5 Conclusioni

Questo studio presenta una traccia metodologica di un progetto di riqualificazione.

Per arrivare al progetto vero e proprio (di massima) occorre un ulteriore sviluppo, in particolare:

- identificare i limiti di proprietà del suolo (demanio, sue zone in concessione ai Comuni, proprietà private) e l’uso associato, per poter arrivare a definire con-

cretamente la *fascia di mobilità fluviale* da cui dipende direttamente la misura dell'obiettivo *compatibilità sociale*;

- identificare le zone dove riattivare l'esondazione naturale (e, se davvero necessario, quelle dove è possibile un'eventuale escavazione per aumentarne il volume di laminazione);
- rilevare la topografia di dettaglio (sezioni topografiche e “modello digitale del terreno”);
- per ogni alternativa (almeno quelle base), sulla base di tale topografia: decidere tutte le variabili che la definiscono, cioè scegliere univocamente le opzioni di intervento che la compongono, ubicarle, dimensionarle, scegliere la tipologia costruttiva, ecc., almeno per quanto riguarda l'assetto di piena;
- definire la conseguente morfologia progettuale attraverso un certo numero di sezioni quotate sufficientemente estese e fitte da soddisfare i requisiti di input del modello idrodinamico. Per l'alternativa *natura* (e varianti): considerare la rimozione parziale o totale della canalizzazione, il ripascimento dell'alveo per ricostituire il profilo longitudinale di riferimento, gli sbancamenti di raccordo con le zone di esondazione, le eventuali escavazioni per aumentare il volume di laminazione e l'arginatura di protezione di Castel di Sangro. Per l'alternativa *rischio*: oltre alla rimozione della canalizzazione, considerare anche il tracciato, il profilo di fondo e le sezioni del nuovo “canalone”, l'ubicazione, geometria della cassa di espansione e relative arginature di contenimento e opere di alimentazione e scarico.

Si dovrà poi procedere con i seguenti passi:

- previsione degli effetti idraulici: verifica del funzionamento idraulico in piena, mettendo a punto e calibrando un opportuno modello idrodinamico (probabilmente di tipo bidimensionale), effettuando opportune simulazioni e traendo le conclusioni sul comportamento delle diverse alternative e il conseguente effetto sul rischio. Si noti che probabilmente questo passo dovrebbe in realtà accompagnare la definizione preliminare stessa della morfologia progettuale nelle diverse alternative; e poi essere ripetuto in fase di valutazione una volta che esse siano ben definite;
- previsione degli altri effetti (determinazione del valore assunto da tutti gli indicatori in gioco);
- misura degli obiettivi (calcolo degli indici di valutazione in corrispondenza di tali valori degli indicatori) e predisposizione della matrice di valutazione effettiva;
- valutazione e scelta negoziale partecipata (con eventuali nuove varianti e l'introduzione di misure di mitigazione e compensazione);
- specificazione: scelta del livello di gradualità dell'intervento tra gli estremi “tutto e subito” e “lasciar fare al fiume” (con qualche aiuto, come le onde di piena controllate); in caso non si accetti di procedere con questo approccio, occorrerà anche definire l'alveo attivo e di magra. Specificare anche la modalità di esecuzione lavori, comprese le azioni di salvaguardia della fauna ittica e la ricreazione di habitat post intervento⁽¹⁸⁾;
- definizione del piano di monitoraggio (si veda più avanti).

¹⁸ A rigore questo passo andrebbe svolto prima della previsione degli effetti perché fa parte della definizione stessa delle alternative; trattandosi però di un livello di definizione nettamente “più sottile” è ragionevole posporlo a questa fase per risparmiare in sforzo progettuale e valutativo (si prevedono così tutti gli effetti solo per le poche alternative davvero candidate e non per la miriade di sottovarianti create e distrutte nel corso della progettazione).

Non solo assetto morfologico

Sebbene l'enfasi sia stata posta sull'assetto morfologico e sulla sua dinamica geomorfologica e idraulica, non va assolutamente dimenticato che esistono altri aspetti da considerare; tra questi prioritariamente la qualità dell'acqua e il regime delle portate in alveo. Non si è parlato di come intervenire su tale fronte per non distrarre l'attenzione dall'obiettivo principale di questo studio, riguardante la rinaturalizzazione del tratto di Sangro cementificato.

Va però notato che oggi la qualità dell'acqua, seppur non drammatica, non può definirsi buona, anche dal punto di vista fruitivo (si percepisce il tipico odore di fogna, non marcato ma certamente non attraente per la balneazione). Qualcosa va quindi certamente fatto.

Pare che stia per essere realizzato un grande progetto per la depurazione delle acque nell'intero comprensorio dell'Alto Sangro, consistente nel collettamento fognario di più paesi a pochi, ma grandi, depuratori convenzionali la cui costruzione è prevista per i prossimi anni.

È un caso emblematico di inerzia tecnico-amministrativa e culturale: questo "progettone" era nato molto tempo fa nella logica di allora, cioè della Legge Merli: "depurare gli scarichi e farli rientrare nei limiti tabellari"; poi arenato probabilmente per mancanza di fondi; ora resuscitato in vista dell'urgenza dettata anche dai nuovi strumenti normativi.

Ma ... mentre il progetto è stato "riciclato", la sua logica è ancora quella vecchia e inaccettabile. Perché?

Semplicemente perché lo scarico di più depuratori distribuiti su un tratto significativo del Sangro può essere meglio assorbito e tollerato di quello di un grande depuratore, che può esercitare un impatto drammatico (si vedano la figura 3.4 e la voce *Depurazione centralizzata inappropriata al contesto* nel *Par. 3.2.2*).

Del resto, anche il nuovo impianto normativo, spostando l'attenzione dallo scarico al ricettore, richiede una strategia di depurazione tale da garantire un buono stato ambientale del fiume.

Sarà quindi opportuno riconsiderare la vecchia scelta alla luce dei nuovi orientamenti (si veda il *Par. 3.3*) e svolgere una valutazione di impatto, che può giovare anche di strumenti modellistici.

Indicazioni per il monitoraggio

Va rilevato che esistono lacune informative e conoscitive. Per esempio, manca un quadro di unione degli studi condotti sull'area, in particolare sul regime idrologico, la ricostruzione storica degli eventi di piena (aree inondate per $T_R > 30$ anni), i dati di qualità delle acque e lo stato delle comunità ittiche (si veda la tabella 11.4).

Inoltre vi sono vere e proprie carenze conoscitive, ad es. sulla comprensione di alcuni processi fondamentali, quali il trasporto solido (origine dei sedimenti e loro distribuzione nell'intero bacino) e la dinamica fluviale post-canalizzazione.

Un altro aspetto critico riguarda la pesca sportiva (i pescatori locali hanno il timore che, una volta eliminata la canalizzazione, le acque si "spargerebbero" su un alveo più ampio e si infiltrerebbero maggiormente nel suolo, realizzando livelli idrici non idonei alla vita dei pesci) e il DMV.

Il primo timore è probabilmente infondato: il Sangro è sempre stato un fiume particolarmente pescoso, e così era anche prima della canalizzazione; infatti, sebbene con un alveo addirittura pluricursale, la variabilità micro-morfologica era tale

da garantire habitat idonei. In un alveo naturale, infatti, anche se molto largo, si creano spontaneamente uno o più alvei profondi nei quali scorre il filone principale della corrente; è solo negli alvei artificiali (piatti) che l'acqua si disperde su un'ampia superficie, riducendo la profondità.

Più serio è il discorso relativo al deflusso di magra: forse la filtrazione non aumenterebbe significativamente perché si ridurrebbe mediamente il tirante, ma non è da escludere che un alveo più naturale possa aver bisogno di un DMV più sostenuto, come avveniva prima della captazione ENEL sul Rio Torto. In ogni caso, il rispetto del DMV è un obbligo di legge anche per le derivazioni già esistenti (senza che l'interessato –nel caso specifico l'ENEL– possa reclamare alcun diritto di risarcimento), per cui, se sarà necessario un maggior DMV, dovrà essere garantito.

Principali linee di monitoraggio integrative agli aspetti geomorfologici

Al fine di migliorare la qualità e il regime idrologico, a livello conoscitivo vanno previste le seguenti attività:

- monitorare il regime idrologico di magra;
- ottenere un quadro conoscitivo completo della qualità dell'acqua e della popolazione ittica;
- determinare un DMV (o meglio una relazione tra regime di magra e salute dell'ecosistema acquatico).

A questo potrà far seguito la revisione delle concessioni di derivazione e il disciplinare di gestione dei serbatoi idrici a monte (Barrea e Montagna Spaccata), in modo da garantire il rispetto del DMV individuato.

Centro di monitoraggio permanente

Un'ulteriore idea riguarda la creazione di un *Centro di monitoraggio permanente* che coordini il rilevamento degli aspetti fisici, naturalistici, socio-economici, ecc. nel tempo e raccolga una documentazione scientificamente solida, necessaria a fornire indicazioni gestionali per correggere nel tempo l'azione di ricreazione e poi conservazione di questo inestimabile patrimonio che sarà, si spera, il Sangro riqualificato.

Giovani formati in discipline scientifiche, originari della zona, potrebbero così trovare opportunità di occupazione di alto livello e l'attività potrebbe richiamare l'attenzione (e auspicabilmente i co-finanziamenti) del mondo universitario a livello nazionale e internazionale.

In fondo, dove trovare un caso studio così spettacolare per indagare sulla dinamica geomorfologica e idraulica? Possiamo conoscere lo stato di partenza in dettaglio, misurare (anzi provocare artificialmente) le onde di piena, rilevare ogni variazione di ogni attributo, sviluppare ogni tipo di modelli matematici o addirittura fisici, sperimentare tecniche e strumenti di monitoraggio innovativi ...

Una vera palestra della scienza della riqualificazione; è da augurarsi che gli Amministratori non perdano questa ghiotta occasione!

Quesiti che meritano ulteriore approfondimento (e informazione)

Di seguito viene fornito un quadro sintetico (non esaustivo) delle necessità informative.

- Dinamica geomorfologica:
 - è confermata la tesi prospettata (effetto diga solo a scala di tratto)?
 - da dove vengono i sedimenti? Quanto dalla diga, quanto da “valle diga”?
 - l’incisione dell’alveo procede?
 - qual è la portata formativa?
 - è possibile provocare eventi di piena artificiali, controllati con portate tali da rimodellare l’alveo? Quali costi dovrebbe sopportare ENEL?
 - è fattibile rimobilizzare i sedimenti accumulati nell’invaso, attraverso una diversa gestione dello stesso, per ripascere l’alveo? In che misura? Quali conseguenti costi deve sopportare ENEL?
- Idrologia/idraulica:
 - quale fu la portata di picco nell’evento critico del 1991?
 - l’entità del picco fu esacerbata da azione/errore umano (manovre sulle dighe)?
 - quale sarebbe la portata corrispondente a diversi TR in assenza di diga (quanto vale per es. Q_{200} ...)?
 - come si modifica (riduce) grazie alla diga nell’attuale forma di utilizzazione? Come con una regolazione più attenta multiobiettivo (che richiede una certa rinuncia sul fronte dell’obiettivo produzione idroelettrica)?
- Idrogeologia:
 - cosa si conosce sull’idrogeologia dell’area?
 - se si elimina il canale, è da attendersi una modifica della circolazione sotterranea delle acque? In particolare: si avrebbe maggior o minor portata in alveo (alimentazione o drenaggio?); minore o maggior umidità nelle fasce riparie (abbassamento/innalzamento falda?)
 - quali effetti ci si attende su altri corpi idrici?
- Vegetazione:
 - come è distribuita?
 - dove c’è quella “giusta”, dove manca e perché?
 - in che tempi si ricostituirebbe autonomamente?
- Ittiofauna:
 - cosa si conosce su popolazione e su gestione alieutica?
 - come influiscono le briglie?
 - quali effetti avrebbe un alveo rinaturalizzato (buche, raschi, canali secondari)?
- Comunità macrobentoniche e qualità dell’acqua:
 - come cambia la composizione delle comunità dal tratto naturale a quello artificiale?
 - quali sono i fattori che influiscono su tale composizione?
 - qual è la qualità dell’acqua (in particolare in termini di BOD, carica batterica)?
- Rischio idraulico:
 - esiste una ricostruzione storica degli eventi di piena? Quali le aree inondate in occasione della piena eccezionale (1991)?
 - che strumento (modello matematico o altro) si può utilizzare per valutare la dinamica dell’onda di piena nell’alveo naturale (rinaturalizzato) contemplato dall’alternativa natura? Quali dati occorrono e quanto costerebbe e che affidabilità avrebbe?
 - che ruolo possono giocare i serbatoi di Barrea e Montagnaspaccata per laminare le piene attraverso una migliore gestione in tempo reale? Quanto costerebbe?

11. Caso studio 3 - Imparare la riqualificazione ... dal fiume Sangro

- qual è l'uso del suolo attuale e previsto (PRG) nel territorio di interesse?
- qual è il regime proprietario del suolo nel territorio di interesse (fascia di mobilità fluviale)?

12. Caso studio 4

Decidere una cassa di espansione sul torrente Arbia

Estensori caso studio: *Marco Monaci, Andrea Nardini, Ilaria Principi*
Autori lavoro originario: *Andrea Nardini, Maurizio Bacci (IRIS s.a.s.)*

INQUADRAMENTO DEL CASO STUDIO

Tipologia corso d'acqua	<ul style="list-style-type: none"> • Piccolo fiume di collina, affluente del fiume Ombrone
Territorio	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Regione:</i> Toscana; provincia di Siena; tratto da Pianella a Taverne d'Arbia • <i>Caratteristiche:</i> scorre interamente in territorio collinare-rurale a medio-alta valenza ambientale; elevata permeabilità nella parte alta del bacino (rilievi del Chianti), depositi argillosi nella parte bassa; centri abitati a valle del tratto Taverne d'Arbia e Buonconvento
Problematica	<ul style="list-style-type: none"> • Rischio idraulico e tutela paesaggistico-ambientale; progettazione di una piccola cassa di espansione. Preso singolarmente, il caso dell'Arbia costituisce un problema "marginale"; tuttavia l'interesse del caso sta nel fatto che le casse di espansione, fino a ieri rare, sono divenute oggi una tipologia di intervento molto comune nei Piani di Assetto Idrogeologico in tutta Italia e che la loro diffusa realizzazione può comportare effetti d'insieme devastanti.
Messaggio	<ul style="list-style-type: none"> • L'analisi multicriterio può costituire il fulcro di un processo partecipato e migliorare la qualità delle decisioni superando l'approccio della V.I.A.: il progetto "cambia faccia" durante il processo decisionale, in risposta alle reazioni degli attori coinvolti. • A rigore solo una prospettiva di VAS (Valutazione Ambientale Strategica) può affrontare il problema delle casse di espansione nel suo complesso. Tuttavia, un buon percorso progettuale di un caso singolo, se replicato su molti altri, può avere ugualmente un'importanza notevole. • Purtroppo l'attuale assetto normativo-amministrativo non promuove tale approccio, anzi lo ostacola. È quindi difficile (ma non impossibile) trarne benefici: occorre un cambiamento
Approccio	<ul style="list-style-type: none"> • Processo decisionale partecipativo • Approccio tecnico integrato
Linee di azione principali (chiamate in causa a livello pianificatorio)	<ul style="list-style-type: none"> • Contro il rischio idraulico e il dissesto idrogeologico • Realizzare interventi strutturali per laminare le piene • Aumentare il valore natura del fiume
Tecniche e Strumenti	<ul style="list-style-type: none"> • Tecniche <ul style="list-style-type: none"> - creazione di habitat - ingegneria naturalistica • Strumenti <ul style="list-style-type: none"> - Analisi ambientale - Progettazione ambientalmente compatibile e integrata di una cassa di espansione - Analisi multicriterio - Processo partecipato
Livello	Pianificazione; progettazione

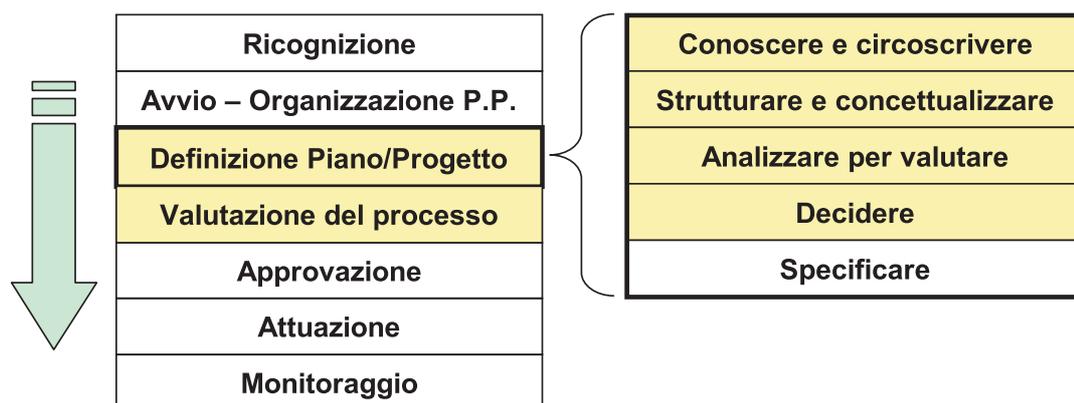


Fig. 12.1. A sinistra, FASI del Processo Decisionale Partecipato (P.P.) e, a destra, PASSI CHIAVE per lo sviluppo della fase "Definizione di un piano/progetto". In giallo sono evidenziate le parti sviluppate nel presente caso studio.

12.1 In pillole

La pianificazione e progettazione di una cassa d'espansione attraverso un *processo decisionale partecipato*, supportato dalle tecniche dell'*analisi multicriterio* (AMC), risulta sicuramente più onerosa in termini di organizzazione e tempi di definizione progettuali rispetto ad una classica scelta di tipo *top-down* da parte dell'amministrazione pubblica. Alla fine, però, risulta più conveniente dal punto di vista della collettività perché permette di far emergere "il nocciolo del problema" e di prendere decisioni più consapevoli, visto che l'individuazione del sito e delle caratteristiche progettuali sono effettuate in modo pienamente trasparente e tengono conto fin dalla fase progettuale delle reazioni dell'opinione pubblica, costantemente informata e coinvolta.

Il caso studio del torrente Arbia non costituisce un esempio ideale, bensì molto reale. Infatti, il percorso progettuale si è dovuto sviluppare all'interno dei dettami della vigente normativa, avvalendosi dello strumento VIA (Valutazione di Impatto Ambientale) in tempi rigidi e strettissimi, non assumendo quindi la fisionomia di un processo decisionale partecipato incentrato sulla valutazione integrata. Tuttavia, esso contiene alcuni elementi importanti e permette di sottolineare differenze sostanziali: nella VIA la valutazione degli impatti avviene di fatto *dopo* la fase di progettazione mentre nell'approccio partecipato l'analisi degli impatti positivi e negativi delle diverse alternative progettuali/pianificatorie viene effettuata innanzitutto (ma non solo) a monte ed è funzionale alla scelta dell'alternativa "migliore", che sarà poi oggetto della progettazione di dettaglio (seguita da un approfondimento e verifica della valutazione).

È significativo notare che anche con un processo "monco" come quello mostrato, il progetto può essere positivamente modificato dall'interazione con i portatori d'interesse nell'ambito del processo decisionale.

Il caso vuole mostrare sia il processo reale, nelle sue singolarità, sia come l'apporto tecnico della valutazione integrata basata sull'analisi multicriterio possa fornire in pratica elementi utili alle decisioni.

12.2 Una cassa di espansione in provincia di Siena: cronistoria

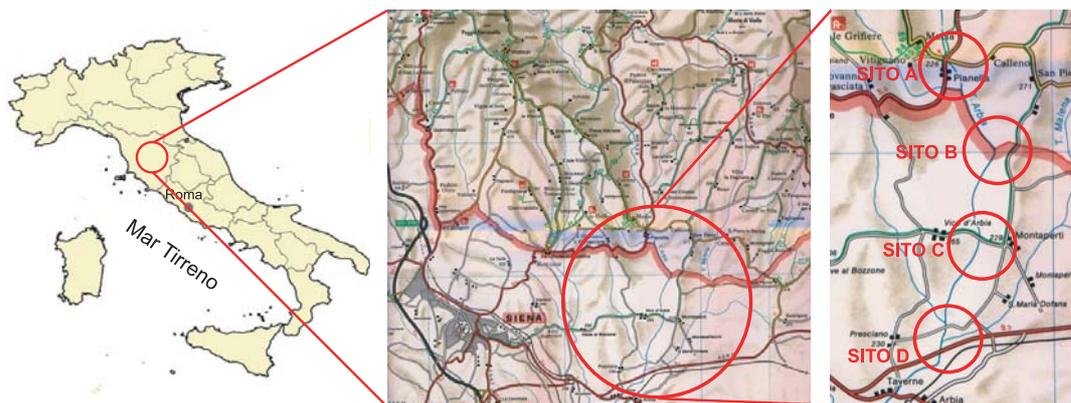
Nel settembre 1996 l'amministrazione provinciale di Siena decide la realizzazione di una cassa d'espansione lungo il torrente Arbia, al fine di mitigare il rischio

12.2 Una cassa di espansione in provincia di Siena: cronistoria

di inondazione cui era soggetto l'abitato di Taverne d'Arbia, zona di espansione urbana del Comune di Siena (Fig. 12.2). In considerazione della valenza paesaggistico-ambientale e turistica della zona, l'ente si pone come obiettivo complementare la sua valorizzazione ambientale puntando alla creazione di una zona umida nell'area interessata dalla cassa stessa.

L'intervento, finanziato grazie ai fondi della Legge 265/95, rientra nel contesto del programma degli interventi di ripristino e prevenzione approvato dalla giunta regionale con la delibera n° 815/96.

Fig. 12.2.
Area di studio e localizzazione dei 4 possibili siti relativi alle alternative progettuali A, B, C, D.



L'amministrazione, molto sensibile alle problematiche ambientali e convinta della necessità di una maggior apertura del processo decisionale, incarica una società di consulenza di effettuare la progettazione preliminare⁽¹⁾ –e, in seguito, la VIA delle alternative di soluzione e la predisposizione del progetto definitivo– cercando per quanto possibile di aprire il dialogo con il pubblico e di avvalersi dell'*approccio multicriterio* (Par. 6.2) per effettuare la scelta del sito e delle caratteristiche progettuali della cassa d'espansione, così da permettere di individuare una soluzione d'intervento condivisa dai diversi gruppi di interesse.

Nelle tabelle 12.1 e 12.2 sono riportati la successione cronologica con la quale si è svolto il processo decisionale (con riferimento al percorso delineato nella figura 6.1) e i passi chiave illustrati nel caso studio; è interessante notare da subito che il risultato che emerge alla fine del processo partecipato (maggior soddisfazione nel complesso per le alternative C e D) è diverso da quello ipotizzato prima delle sessioni di partecipazione pubblica (alternativa B): questo risultato è perfettamente in linea con le modalità di svolgimento di un processo decisionale che, per sua natura, è dinamico e aperto ai cambiamenti suggeriti dagli attori in gioco.

Elemento centrale del progetto è stato avvalersi di uno strumento di confronto tecnico-politico, basato sull'*analisi multicriterio*, per valutare le diverse alternative di localizzazione e realizzazione della cassa di espansione durante le sessioni di partecipazione pubblica. L'anima di tale strumento è la *matrice di valutazione*, che sintetizza il grado di soddisfazione di ogni portatore d'interesse rispetto ad ogni alternativa progettuale considerata. Come esposto nella tabella 12.1, il processo ha prodotto due versioni della matrice di valutazione: una per la prima sessione di partecipazione e una per la seconda. Per semplicità, in questo caso studio è presentata solo la seconda matrice, ottenuta modificando e aggiornando la prima

¹ Progetto "Realizzazione di una cassa di espansione con manufatti per la mitigazione delle piene del Torrente Arbia ed esondazione controllata in aree rurali".

12. Caso studio 4 - Decidere una cassa di espansione sul torrente Arbia

FASI del Processo Decisionale	DATE	CONTENUTI
Ricognizione	Dicembre '96	Il gruppo di lavoro, in interazione con l'amministrazione provinciale, avvia la fase di ricognizione del processo
		Prima fase di progettazione, antecedente la partecipazione pubblica: viene definita una prima matrice di valutazione delle alternative e il gruppo di lavoro individua l'alternativa B come ottimale. Si noti che questo passo, in un vero processo partecipato, dovrebbe essere successivo a quelli di <i>Avvio della partecipazione, Definizione progetto e Valutazione</i> ("primo giro"). Ma, come spesso accade, la realtà si discosta dalla teoria
Avvio PP	Febbraio '97	Con una organizzazione molto "alla buona", ma comunque efficace, ha inizio un percorso di partecipazione pubblica: la valutazione delle alternative progettuali effettuata in precedenza viene presentata in un primo evento pubblico, ove emergono scenari e alternative differenti e si individuano nuovi impatti e quindi nuovi obiettivi
Definizione progetto	Luglio '97	Sulla base delle novità emerse dalle sessioni di partecipazione, il consulente elabora nuove alternative progettuali ed esegue l'aggiornamento della matrice di valutazione. Le risultanze vengono presentate in una seconda sessione pubblica, confermando sostanzialmente l'impostazione e dando elementi per soppesare gli effetti.
	Ottobre '97	L'amministrazione provinciale, su questa base, assegna giudizi di importanza relativa dei criteri di valutazione (grazie ai quali vengono determinati i "pesi"); con tale informazione viene svolta un'analisi multicriterio che individua due possibili alternative tra loro simili in termini di soddisfazione (alternative C e D); vengono quindi scartate le alternative A e B e l'alternativa 0 (il non intervenire), anche se i vantaggi del progetto appaiono decisamente inferiori a quelli inizialmente attesi (merito di una valutazione trasparente basata sulla soddisfazione dei gruppi impattati). Successivamente l'amministrazione, in base a tali risultati, ma anche in base ad esigenze di ordine pratico non formalizzate nei criteri di valutazione, sceglie il sito ove localizzare la cassa di espansione (alternativa D). Il gruppo di lavoro procede quindi all'elaborazione del progetto preliminare dell'opera, che viene poi successivamente approvato
Valutazione del processo	-	Non è stata effettuata alcuna valutazione del processo decisionale
Attuazione	Tra il 1997 e il 2004	Si verificano cambiamenti ai vertici del Genio Civile e nascono divergenze tra i nuovi tecnici e i progettisti (vengono messi in discussione i modelli idraulici adottati). Il decisore non prende posizione, il processo viene "congelato" e l'opera non viene realizzata, contrariamente a quanto precedentemente deciso. NOTA: questa è la dura realtà. Forse, se il processo fosse stato davvero organizzato come si dovrebbe, anche questo passaggio avrebbe potuto essere risolto meglio e in minor tempo. Ma, si sa, passato il momento, cambiano le priorità (una nuova precipitazione molto intensa probabilmente riporterebbe in auge le precedenti priorità!)..
	2004	Il progetto è fermo alla fase definitiva, poiché la Regione Toscana ha ritenuto opportuno verificare l'efficienza di laminazione della cassa progettata e, nel contempo, si è costituita l'Autorità di Bacino Regionale del Fiume Ombrone Grossetano, che è quindi chiamata a rivalutare le politiche di intervento

Tab. 12.1.
Cronologia e FASI del processo decisionale partecipato (PP).

PASSO	CONTENUTI
Conoscere e circoscrivere	-
Strutturare e concettualizzare	a) definizione degli obiettivi b) identificazione preliminare degli effetti rilevanti (impatti positivi e negativi) c) identificazione di scenari, alternative, criteri e indici di valutazione d) definizione concettuale del "modello delle relazioni causa-effetto"
Analizzare per valutare	e) calcolo degli indici di valutazione f) analisi comparata delle alternative (pro e contro)
Decidere	valutazione e scelta
Specificare	-

Tab. 12.2.
I "PASSI CHIAVE" mostrati nel caso studio (dettaglio di quanto già mostrato nella Fig. 12.1).

in funzione di quanto emerso dal confronto con i gruppi di interesse; è sulla base di essa che l'amministrazione pubblica ha effettuato la scelta finale.

Le tabelle 12.3, 12.4 e 12.5 suddividono la matrice di valutazione in tre blocchi, al fine di rendere più comprensibile l'informazione e il processo di analisi; esse vanno però considerate insieme.

Nel paragrafo successivo si forniscono alcuni dettagli sui criteri, le tecniche e il processo adottati per arrivare a tale matrice.

12.3 Concettualizzare il problema decisionale

Per scegliere l'*alternativa progettuale* "migliore", si è proceduto secondo i *passi chiave* di cui alla figura 12.1 e alla tabella 12.2: sono stati analizzati i problemi, definiti gli obiettivi da raggiungere, lo spazio decisionale e la tipologia di progetto (opzioni d'intervento); sono poi stati identificati gli impatti potenziali e gli scenari sotto i quali si sarebbe potuto realizzare il progetto, definiti i criteri e gli indici di valutazione e, infine, le alternative di progetto (a livello preliminare). Per predire gli effetti è stato anche sviluppato un modello concettuale molto semplificato (qui descritto nel *Par. 12.4*).

12.3.1 Problemi e opportunità

Come già accennato, i problemi cui l'opera deve rispondere sono legati al rischio idraulico e, secondariamente, al degrado paesaggistico-ambientale delle sponde del corso d'acqua e della piana. L'intervento può fornire l'opportunità di un miglioramento ambientale, ad esempio creando una zona umida.

12.3.2 Obiettivi

Sono stati identificati gli obiettivi seguenti.

Rischio idraulico

La finalità principale del progetto è la riduzione della probabilità di esondazione dell'Arbia in zone urbanizzate e dei conseguenti danni a terreni, immobili e attività produttive.

Valorizzazione ambientale

Il miglioramento ambientale è un altro obiettivo esplicito del progetto, da conseguire realizzando una zona umida (e, ovviamente, minimizzando gli impatti dell'opera).

Si noti che non vi è un obiettivo "minimizzare i costi"; infatti si è operato in un contesto costi-efficacia inverso: cioè il criterio soggiacente era massimizzare i benefici (obiettivi di cui sopra), a parità di costi di realizzazione previsti con lo stanziamento disponibile (circa un miliardo di lire di allora). È una situazione tipica di progetti che discendono da un piano (purtroppo molto spesso nemmeno quest'ultimo è sottoposto a una valutazione economica, né ad una VAS e, ancor meno, ad una valutazione integrata).

12.3.3 Spazio delle decisioni: il tipo di progetto

Lo spazio decisionale “concesso” nel presente progetto, cioè l’insieme delle opzioni di intervento che teoricamente i progettisti e le amministrazioni potevano mettere in campo, di fatto è stato ristretto alla costruzione (o meno) di una *cassa d’espansione in linea del tipo a bocca tarata* (si veda il box *Le casse di espansione: una manna? nel Par. 2.3*).

Il progetto ha quindi potuto scegliere solo le seguenti variabili decisionali:

- localizzazione della sezione di sbarramento (Fig. 12.3);
- forma e dimensioni dello sbarramento e della relativa bocca tarata che determina il funzionamento della cassa (si noti che, per casse in linea in cui l’unico manufatto è sostanzialmente lo sbarramento stesso, la geometria è definita dalla topografia del sito);
- modalità di massima per la sistemazione ambientale, ovvero sostanzialmente tipologia, localizzazione, estensione e modalità realizzative della zona umida che si prevede di creare (Fig. 12.5).

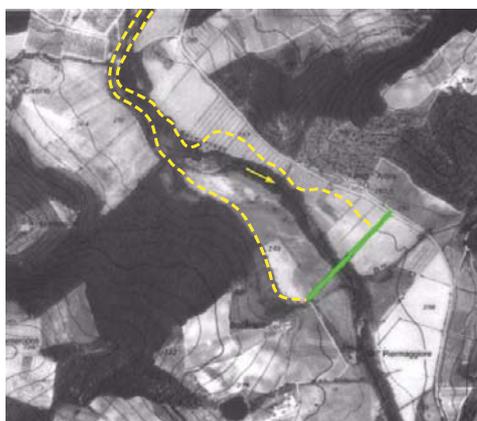


Fig. 12.3.

In verde la posizione dello sbarramento a bocca tarata per una delle alternative, che permette alla cassa di riempirsi in caso di piena; la linea gialla delimita l’area che viene allagata (la cassa), confinata principalmente dalla naturale conformazione del terreno e dallo sbarramento stesso; la freccia indica il flusso della corrente. (Foto: M. Bacci, www.irisambiente.it)

12.3.4 Identificazione degli impatti potenziali

Questo tipo di progetto può produrre numerosi tipi di impatto, sia positivi che negativi, che hanno ripercussioni sulla soddisfazione di uno o più gruppi d’interesse.

È stata perciò svolta un’*analisi di impatto*, principalmente a livello qualitativo, attraverso il dialogo con i vari attori e la progressiva conoscenza del territorio e del problema; tale analisi è stata poi integrata utilizzando metodologie classiche (*matrici coassiali* e *grafi di relazione causa-effetto*) e i suoi risultati sono stati sintetizzati grazie alla *matrice di valutazione* (esposta nelle Tab. 12.3, 12.4 e 12.5). Nella tabella 12.3 si individuano le tipologie d’impatto, il tipo di valore ad esso associato e i portatori di interesse coinvolti.

Il loro significato, peraltro in buona parte intuitivo, è chiarito e commentato ulteriormente nella successiva sezione sui criteri di valutazione.

12.3.5 Scenari

La valutazione delle alternative progettuali deve essere effettuata sotto uno o più *scenari*, che definiscono le condizioni socio-economiche e ambientali al contorno

12.3 Concettualizzare il problema decisionale

Tab. 12.3.
Identificazione degli impatti, dei relativi valori in gioco e dei portatori di interesse impattati.

	Impatto	Tipo valore	Portatori di interesse
1	Rischio idraulico	economico; sicurezza	residenti a Taverne d'Arbia
2	Strategico	economico; sicurezza	residenti a Taverne d'Arbia
3	Ecosistema	di esistenza, ricreativo e complementare ^(a)	ambientalisti; tutti
4	Lavorazione inerti	di uso infrastruttura viaria	ditta lavorazione inerti
5	Visivo	di esistenza, ricreativo e complementare	residenti; passanti; tutti
6	Danno agli agricoltori	Economico	agricoltori
7	Costi	Economico	cittadini della Provincia di Siena

(a) Con la denominazione *complementare* si intende qui l'importanza che si dà all'intorno in cui si vive (bassa rumorosità, aria pulita, paesaggio attraente, ecc.), alle relazioni umane e sociali, alla salute, ecc.

su cui i progettisti e il decisore non possono intervenire (si veda il *Par. 6.2.5*). Nel progetto, la principale variabile di scenario è l'evoluzione dell'uso del suolo per l'agricoltura e le attività estrattive. Si è assunto che l'attività agricola rimanesse praticamente invariata, mentre per quel che concerne l'attività estrattiva, che in base alle informazioni iniziali era destinata a cessare, si è riconsiderato un suo parziale sviluppo e consolidamento nell'area, in seguito a quanto emerso dalla prima sessione di partecipazione pubblica.

12.3.6 Alternative

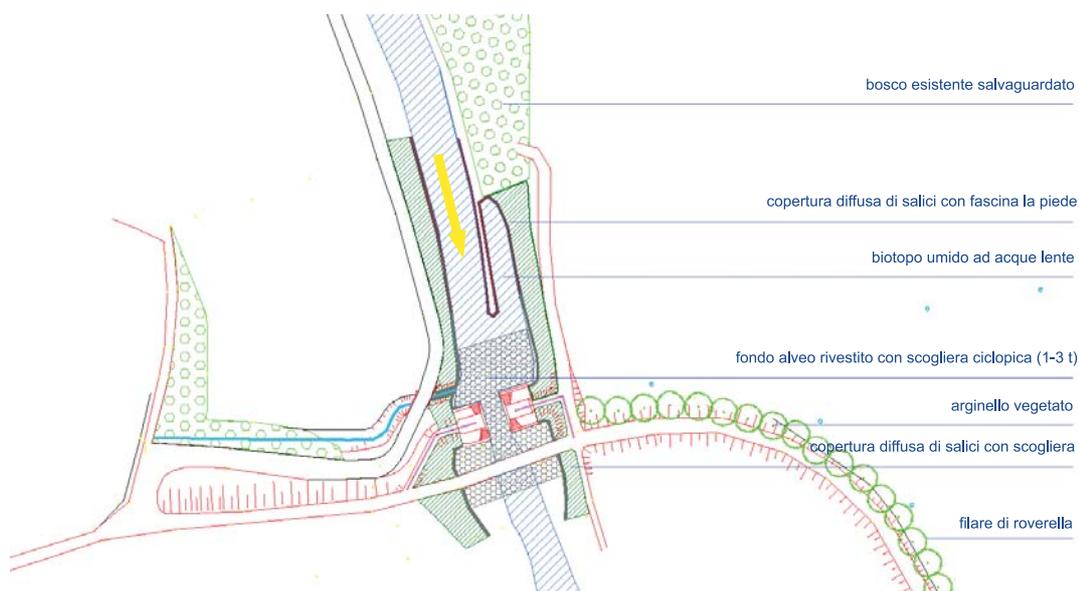
Nella fase di individuazione delle alternative, il gruppo di lavoro ha interagito con l'amministrazione pubblica individuando quattro possibili localizzazioni della cassa e il conseguente dimensionamento dell'opera (Fig. 12.2).

Si ricorda che una "alternativa" è un pacchetto integrato di opzioni di intervento ed è quindi completamente specificata una volta effettuata una scelta per ognuna di esse.

Le quattro alternative (ognuna caratterizzata da diversa forma e dimensione dello sbarramento e della bocca tarata, estensione della cassa, volume invasabile, modalità di sistemazione ambientale) sono:

- **A:** sito *montano*, localizzazione dello sbarramento tra Bacerano e Petrace;
- **B:** sito *centrale*, tra le località Rondinella e Pianella, immediatamente a monte dell'ansa del torrente Arbia (Fig. 12.4);
- **C:** sito *centrale bis*, nella medesima zona, ma più a valle in coincidenza del ponte sull'Arbia della Strada Provinciale del Vico d'Arbia (si veda la figura 12.5 per i particolari delle opere);
- **D:** sito *vallivo*, poco a monte di Taverne d'Arbia, presso il Molino di Ansano.

In linea con i dettami dell'analisi multicriterio, nella matrice di valutazione è stata considerata anche l'*alternativa zero*, cioè l'ipotesi di non effettuare nessun intervento. La matrice di valutazione presentata nel seguito (Tab. 12.5) riporta solo tre alternative poiché il sito A è stato scartato dopo la prima sessione di partecipazione pubblica.



12.3.7 Criteri di valutazione - indici

La cassa d'espansione deve naturalmente risolvere i problemi (rischio idraulico e degrado ambientale) e al contempo minimizzare gli *impatti negativi* e massimizzare quelli *positivi*: ognuna delle voci della tabella 12.3 diviene quindi un *criterio di valutazione* del progetto (o semplicemente un *obiettivo*), che deve essere misurato utilizzando appositi *indici di valutazione*.

Gli *indici di valutazione* ideati forniscono una misura del *grado di soddisfazione dei portatori d'interesse* (individuati nella tabella 12.3) rispetto ad ogni alternativa; sono quindi stati costruiti in modo che fosse intuitivo per l'attore "impattato" capire cosa ci avrebbe "guadagnato/perso" dalla realizzazione di un'alternativa piuttosto che un'altra. Di seguito sono descritti i criteri e i relativi *indici* adottati.

Rischio idraulico

Un indice frequentemente adottato per valutare la riduzione dell'esonazione e dei relativi danni è il "volume della piena laminabile nella cassa d'espansione"; questa informazione, però, è assai poco significativa dal punto di vista della comprensione dei portatori d'interesse (non esperti), soprattutto in termini di confronto con altri aspetti (vantaggi e svantaggi).

Fig. 12.4. Sito relativo all'alternativa B. Ripresa fotografica panoramica dalle Balze di Caspreno, con indicazione schematica di massima del tracciato dell'argine di chiusura (lo sbarramento, linea verde) e del limite d'invaso nel caso di piena centennale (linea gialla). Sono visibili elementi di degrado ambientale: l'alveo costretto tra difese spondali e, in primo piano, il frantoio di inerti. (Foto: M. Bacci, www.irisambiente.it)

Fig. 12.5. Alternativa C: particolare delle opere. La freccia indica la direzione della corrente. Lo sbarramento a bocca tarata (preceduto da un rivestimento del fondo con scogliera in massi ciclopici) è continuato in sinistra idrografica da un arginello di contenimento rivegetato con roverelle e specie arbustive (mentre in destra le acque sono confinate dalla naturale morfologia del terreno). Fino alla portata di progetto il torrente scorre senza ostacoli attraverso la bocca tarata: la portata eccedente tale valore rigurgita e inizia a riempire la cassa. (Fonte: IRIS sas, www.irisambiente.it)

Si è perciò utilizzato un *indice* più intuitivo: *l'altezza d'acqua equivalente sopra soglia*⁽²⁾ che si verifica in media ogni 10 anni, che permette di percepire il grado di pericolo/sicurezza conseguente all'alternativa considerata.

Ad esempio, per l'alternativa 0 (coincidente con la situazione attuale) è da attendersi un'altezza d'acqua di esondazione di 42 cm (sopra la soglia) ogni 10 anni, mentre nel caso dell'alternativa B l'altezza si riduce a 32 cm (Tab. 12.4).

Va precisato che:

- il miglioramento apportato dal progetto è limitato (al massimo 11 cm di riduzione);
- sarebbe più immediato e intuitivo tradurre l'indicatore utilizzato in termini di *area inondata* o, meglio ancora, di *valore economico dei danni prodotti*, ma i limiti assegnati allo studio hanno fatto propendere per una soluzione più semplificata (e meno soddisfacente concettualmente)⁽³⁾.

Va però notato che proprio l'approccio adottato, mirato a fornire un'informazione intuitiva, rende evidente l'effetto molto limitato del progetto, mentre un approccio idraulico classico basato per esempio sul calcolo del volume di laminazione o sulla piena laminabile per un dato tempo di ritorno, non avrebbe fatto luce su questo punto.

Strategico

Il criterio è la possibilità di accedere in futuro a finanziamenti per altre opere finalizzate ad una ulteriore riduzione del rischio a livelli accettabili, risultato che questa prima cassa non riesce a raggiungere.

L'indice di tipo qualitativo-logico (binario) discrimina semplicemente se l'alternativa scelta permette di accedere successivamente a fondi per il completamento delle opere.

Ecosistema

Il criterio è valutare il valore dell'ecosistema impattato dall'intervento, in parte in senso negativo (a causa della realizzazione dell'opera, in particolare dello sbarramento) e in parte in senso positivo, realizzando una zona umida capace di promuovere la biodiversità, considerando solo lo "*stato di lungo termine dell'ecosistema*" dal punto di vista particolare del *valore di esistenza e ricreativo*⁽⁴⁾.

L'impatto nei siti di realizzazione dello sbarramento necessario a creare la cassa è molto ridotto, perché è limitato spazialmente e non modifica significativamente la situazione attuale. Infatti, solo una piccola area della cassa verrebbe inondata frequentemente, circa una volta l'anno, mentre tutta l'area disponibile verrebbe inondata con tempi di ritorno non inferiori ai 100 anni, con un impatto quindi trascurabile.

Un impatto più rilevante, ma positivo, è invece la prevista creazione di una zona umida in prossimità dello sbarramento che, a parità di estensione e qualità nelle diverse alternative, risulta più vantaggiosa se realizzata in una zona dove l'attuale ecosistema è di scarso valore.

² La soglia è la quota al di sotto della quale non si hanno fenomeni di inondazione nel comune di Taverna d'Arbia

³ Per altri esempi di indici si veda il box *Criteri di valutazione di Livello II* nel Par. 6.2.6.

⁴ Sul valore di esistenza si vedano il Par. 7.7.1 e la tabella 6.5 nel box *Criteri di valutazione di Livello II*, nel Par. 6.2.6.

Sono stati utilizzati tre indicatori⁵:

- *non-naturalità specifica vegetazionale*: con una scala cardinale (0-100%) evidenzia la presenza di specie “estranee” (antropocore, esotiche o indicatrici di ambienti sinantropici) al di sopra di una determinata soglia percentuale (es. *indicatore* = 65% significa che vi è una presenza di specie “non naturali” elevata e una *naturalità specifica* medio-bassa);
- *varietà biotopica*: in una scala ordinale variabile da 0 a 6 mette in evidenza e quantifica la presenza di caratteri peculiari, quali ad esempio la presenza di esemplari arborei maturi e isolati, la presenza di un bosco maturo in aree significative, la presenza di radure o chiari nel bosco, ecc.;
- *non-selvaticità*: in una scala ordinale variabile da 0 a 4, mette in risalto e quantifica la presenza di caratteri quali ad esempio la presenza di infrastrutture con effetto barriera per la fauna (strade, ecc.), terreni agricoli, movimenti di terra, persone in visita (non utilizzato nella matrice relativa alla seconda fase partecipativa).

Sono poi stati assegnati giudizi di importanza relativa tra gli indicatori così da *aggregarli* (Par. 6.2.5) e determinare la *qualità* complessiva dell’ecosistema. Si è però anche considerato che l’area dell’ecosistema è differente per i diversi siti e questo comporta di valutare un ulteriore attributo, l’*estensione*: si è quindi ritenuto necessario aggregare la *qualità* dei diversi siti considerando simultaneamente le diverse estensioni in gioco. Questo ha richiesto di assegnare giudizi di importanza relativa tra *qualità* ed *estensione* in base a domande poste all’interno del gruppo di lavoro del tipo: “a parità di altri fattori, che incremento di area ritieni necessario (se esiste) per compensare un peggioramento (specificato) nell’indicatore *x*?”.

Nella pratica, per facilitare la valutazione vera e propria delle alternative (Par. 12.4), conviene limitare al massimo l’informazione che le differenzia, sfruttando la proprietà di coerenza interna degli indici (Par. 7.8.1) per creare situazioni fittizie ma equivalenti dal punto di vista della soddisfazione dei portatori di interesse, caratterizzate cioè dallo stesso valore dell’indice *ecosistema*: si è perciò stimato che l’ecosistema (equivalente) in ogni alternativa avesse un’estensione di 26,10 ha e si è trovato il corrispondente valore di *qualità* che rende l’indice complessivo *ecosistema* uguale nella situazione reale e in quella fittizia ad *estensione costante*.

Lavorazione inerti

Il criterio è la possibilità di accesso all’area di lavorazione degli inerti.

L’indicatore utilizzato, *accessibilità (d)*, è di tipo binario, definito su una scala ordinale: $d = 1$ senza la cassa, oppure $d = 0$ nel caso la strada d’accesso all’area di lavorazione sia ostacolata dalla presenza del rilevato trasversale al corso d’acqua.

Impatto visivo (paesaggio)

Considerato che l’opera avrà un impatto sul paesaggio e sulla possibilità di fruizione del luogo, questo criterio valuta l’impatto visivo legato alla qualità percepita e al numero di persone coinvolte.

⁵ In realtà sono stati utilizzati diversi altri indicatori ma per semplicità espositiva si presentano solo quelli “principali”.

Ci si è in realtà limitati a considerare l'effetto che potrebbero sperimentare eventuali passanti transitanti sulle strade dalle quali si ha una percezione visiva dei siti, o i residenti di abitazioni poste in prossimità. L'analisi è stata basata su una serie di immagini rappresentanti i siti con e senza l'opera visti da punti rappresentativi: in questo modo si valuta la *qualità visuale*, che però non tiene conto che il numero di persone impattate varia abbastanza decisamente in base al sito considerato. Come nel caso dell'ecosistema, si è perciò considerato anche un attributo *estensivo*, che in questo caso specifico è *il numero di persone impattate*, e lo si è aggregato alla *qualità*, senza però ridurre l'informazione (come per l'*ecosistema*, uniformando l'estensione). Per valutare gli impatti delle diverse alternative occorre quindi considerare parallelamente i due attributi citati.

Danno agli agricoltori

La maggior frequenza di inondazione dei terreni ad uso agricolo costituisce un impatto negativo che il progetto deve tenere attentamente in considerazione. Il criterio adottato è di tipo economico: l'indicatore utilizzato è il "*danno atteso annuo*", espresso in milioni di lire per anno, cioè il valore economico del raccolto presente al momento in cui viene invasata la cassa e si inondano i terreni con perdita dei prodotti.

Costi

Il criterio è misurare l'entità del costo di realizzazione dell'opera a carico dell'ente e, indirettamente, della collettività.

La definizione delle alternative è stata svolta tuttavia assumendo di utilizzare totalmente le risorse finanziarie stanziare, per cui per tutte le alternative il costo è sempre il massimo mentre solo per l'*alternativa zero* è zero (non si costruisce l'opera). L'indice (binario) si limita a segnalare questo fatto.

Questo esercizio di traduzione in numeri di concetti anche molto complessi può far rabbrivire: il rischio di manipolazione, di perdita di informazione, di distorsione del significato è sempre dietro l'angolo. Ma con le dovute cautele e spiegazioni, una volta ben delimitato l'ambito di validità e il significato e soprattutto assicurando un'interazione con gli stessi soggetti dei quali si vuole misurare la soddisfazione, risulta molto potente e utile.

D'altra parte non si deve dimenticare che senza di esso è impossibile confrontare elementi altrimenti non comparabili tra loro, come ad esempio lo stato dell'ecosistema nel lungo termine, il rischio idraulico, il paesaggio, ecc.; infatti, questo approccio non richiede di tradurre in un'unica unità di misura tutti gli aspetti, ma non lo preclude, come secondo passo, ad esempio monetizzando il valore dell'ecosistema così da confrontarlo con i danni economici conseguenti al rischio idraulico.

Purtroppo, in questo progetto specifico, a causa del poco tempo a disposizione, l'interazione con i gruppi di interesse è stata troppo scarsa per poter affermare che essi si riconoscano senz'altro negli indici costruiti. Tuttavia, la loro reazione nelle sessioni di confronto, come anche l'interazione con il decisore, in questo caso più stretta rispetto alla norma, ha rivelato una sostanziale accettazione.

12.4 Analisi per valutare (relativa alla sola seconda sessione di valutazione)

Per ognuno degli *obiettivi/indici* è stato necessario costruire un *modello delle relazioni causa-effetto* (Par. 8.6) che mettesse in relazione le alternative di progetto con gli indici stessi, così da poter verificare come ogni alternativa influisse su di essi.

Nel seguito si accenna brevemente, a titolo di esempio, a quanto realizzato per gli indici *rischio idraulico* ed *ecosistema* e marginalmente per gli altri indici.

Con tale modello concettuale si è svolto un esercizio di previsione degli effetti (in parte qualitativo, su giudizio di esperti, e in parte con l'ausilio di modelli matematici), per poi procedere alla valutazione delle alternative, così da verificare la soddisfazione dei portatori d'interesse in gioco.

12.4.1 Misura degli indicatori e previsione degli effetti

Rischio idraulico

Sono necessari diversi modelli matematici per l'indice relativo al rischio idraulico (si riportano solo i principali):

- idrologico, del tipo *afflussi-deflussi* per la formazione delle piene (occorre partire dalle precipitazioni perché in zona mancano stazioni di misura della portata utilizzabili);
- idraulico, per il funzionamento della cassa di espansione (simula il processo di invaso e svaso attraverso la bocca tarata, producendo appunto l'effetto di riduzione del picco di portata uscente voluto);
- idraulico, per l'effetto sulla zona a rischio di inondazioni (occorre cioè determinare i livelli idrici nella zona di interesse –urbanizzazione di Taverne d'Arbia– corrispondenti alle portate uscenti dalla cassa di espansione; si tratta di un problema di propagazione di piena che è stato qui affrontato, per semplicità, in modo statico assumendo i profili di moto permanente, anzi uniforme nel tronco di interesse)⁶.

Per ogni sito candidato è stata considerata sia la *situazione attuale* senza sbarramento (si assume che l'*alternativa zero* coincida con essa) che quella con lo sbarramento (*alternativa A, B, C, D*); per ogni tempo di ritorno T (5, 25, 50 e 100 anni); si è poi effettuata la simulazione dell'evento di piena corrispondente, determinando così i valori di portata e livello nelle sezioni di interesse. Utilizzando la funzione di utilità riportata nel box *La funzione di valore* (nel Par. 7.8.1) si è poi ottenuto il valore dell'indice *altezza d'acqua equivalente sopra soglia ogni 10 anni* nella zona a rischio idraulico.

Come appare evidente dalla tabella 12.4, dal punto di vista del rischio, l'*alternativa* migliore è la C, anche se la differenza con la B e la D è veramente minima.

Ecosistema

Il modello causa-effetto è basato sul giudizio di esperti all'interno del gruppo di

⁶ Vista la brevità del tratto (e ricordando il concetto del “cappio di piena”, cioè l'andamento temporale o quadro delle traiettorie nel piano portata/livello) tale approssimazione è accettabile, anche se tende a sovrastimare i livelli.

12.4 Analisi per valutare (relativa alla sola seconda sessione di valutazione)

lavoro. Innanzitutto si è rilevato sul campo, in ogni sito relativo alle quattro alternative, il valore degli indicatori citati al *Par. 12.3.7* per la situazione attuale. Si è poi ragionato sulla possibile evoluzione dei siti in corrispondenza di ogni alternativa, così da effettuare la previsione dei valori degli indicatori dopo l'intervento. Nella tabella 12.4, sono riportati i valori previsti degli indicatori in relazione ad ogni alternativa: ad esempio, nel caso dell'*alternativa B*, si ha un ecosistema (equivalente) di 26,10 ha, con il 55% di specie vegetali "non naturali" e una presenza di 12 specie rare.

Tab. 12.4.
Matrice degli effetti: misura degli indicatori per ognuna delle alternative considerate.

	Impatto	Definizione indice	ALT. 0	ALT. B	ALT. C	ALT. D
1	Rischio idraulico	altezza d'acqua equivalente hn [cm] oltre soglia che si verifica ogni 10 anni	42	33	32	33
2	Strategico	possibilità di accedere in futuro a finanziamenti per altre opere	no	si	si	si
3	Ecosistema	"stato di lungo termine dell'ecosistema" caratterizzato da: <ul style="list-style-type: none"> ▪ non-Naturalità specifica (orientazione negativa) ▪ N° di specie rare 	▪ 74% ▪ 12	▪ 55% ▪ 12	▪ 57% ▪ 12	▪ 55% ▪ 20
4	Lavorazione inerti	accessibilità all'area di lavorazione	normale	ostacolata	normale	normale
5	Impatto visivo	Vista principale da diversi siti: <ul style="list-style-type: none"> ▪ Sito B (a = 9,7) ▪ Sito C (a = 14,2) ▪ Sito D (a = 4,8) 	▪ 7 ▪ 4 ▪ 3	▪ 6 ▪ 4 ▪ 3	▪ 7 ▪ 3 ▪ 3	▪ 7 ▪ 4 ▪ 1
6	Danno agli agricoltori	Danno atteso annuo [milioni di lire /anno]	0,9	2,1	2,3	4,2
7	Costi	Investimento [Miliardi di Lire]	0	1,0	1,0	1,0

Altri indici

L'indice *strategico* mostra come solo la realizzazione delle opere permetta di poter accedere a finanziamenti futuri; la *lavorazione degli inerti* risulta ostacolata nel caso dell'alternativa B; l'indice *vista* deve essere "letto" considerando in parallelo il giudizio di *qualità visuale* relativo al sito indagato e la corrispondente *estensione a⁽⁷⁾* (nel caso del sito B, ad esempio, la qualità passa da 7 –alternativa 0– a 6 e l'estensione vale 9,7 unità); il *danno agli agricoltori* indica come l'alternativa D sia quella più impattante; i *costi* non variano tra le alternative B, C e D.

12.4.2 Calcolo degli indici

Per rendere più facilmente confrontabili le alternative, si è poi proceduto ad aggregare tra loro gli indicatori relativi allo stesso impatto (in particolare per gli impatti *ecosistema* e *vista*), ottenendo il corrispondente indice, poi normalizzato per rendere facilmente comprensibile il confronto tra le Alternative. Ogni indice cioè varia tra 0 (soddisfazione minima) e 1 (soddisfazione massima), corrispon-

⁷ Misurata in *unità* (numero di persone tipicamente transitanti in 100 m di strada vicinale nell'unità di tempo).

denti alla peggiore e migliore alternativa presenti tra quelle effettivamente considerate. Senza normalizzazione, infatti, l'indice varrebbe 0 in corrispondenza di una situazione ipotetica in cui ciascuno dei suoi indicatori assumesse il peggiore dei valori possibili nella propria scala di definizione; e viceversa varrebbe 1 nella situazione migliore in assoluto: una scala così ampia schiaccerebbe le differenze esistenti tra le alternative, rendendole non più rilevabili). I valori risultanti sono riportati nella tabella 12.5.

	Impatto	Simbolo dell'indice "obiettivo"	ALT. 0	ALT. B	ALT. C	ALT. D
1	Rischio idraulico	JR	0	0,95	1	0,92
2	Strategico	JS	0	1	1	1
3	Ecosistema	JE	0	0,78	0,70	1
4	Lavorazione inerti	JL	1	0	1	1
5	Visivo	JP	1	0	0,28	0,99
6	Danno agli agricoltori	JA	1	0,65	0,59	0
7	Costi	JC	1	0	0	0

Tab. 12.5. Matrice di valutazione: valore assunto dagli indici di valutazione normalizzati per ogni alternativa.

Si noti che l'aggregazione non è affatto un processo banale, in particolare per l'impatto sull'ecosistema e visivo nei quali sono coinvolte una dimensione intensiva (*qualità*) ed una estensiva (*estensione*: area dell'ecosistema o entità del gruppo di persone impattato) e/o vi è una dimensione temporale (come per il flusso annuo di danni agli agricoltori) e/o di incertezza (come per il rischio). Per questi dettagli si rimanda alla pubblicazione originale⁽⁸⁾.

12.5 Valutazione e scelta

Osservando la matrice di valutazione (Tab. 12.5) insieme alle tabelle 12.3 e 12.4, si può apprezzare la natura "multiobiettivo" del problema decisionale considerato.

Per esempio, l'alternativa C è la migliore (anche se di poco) dal punto di vista dell'obiettivo J_R (rischio idraulico), ma è chiaramente inferiore all'alternativa D dal punto di vista dell'obiettivo J_p (qualità visuale). Quest'ultima, per contro, si comporta peggio della C rispetto all'obiettivo J_A (danno agli agricoltori); e così via. Non è quindi affatto immediato stabilire qual è la soluzione migliore, sia perché i "benefici" e i "costi" ricadono su soggetti diversi, sia perché non è stabilita a priori l'importanza relativa tra i diversi impatti.

La decisione finale sull'alternativa da scegliere tra le tre ipotesi (alternative B, C e D) di localizzazione del manufatto e l'ipotesi di non intervenire (alternativa 0) è di competenza e responsabilità del soggetto decisore (in questo caso l'amministrazione pubblica) che, per ottemperare al principio di trasparenza del processo

⁸ NARDINI e BACCI (2000); Nardini 2005.

partecipato, se ne assume la responsabilità di fronte ai gruppi di interesse coinvolti (si veda il *Par. 6.2*).

Per poter effettuare la scelta sulla base della matrice di valutazione, il decisore deve assegnare *giudizi di importanza relativa* agli impatti considerati. Tali giudizi sono *soggettivi* e dipendono dalla sua sensibilità e dalla sua valutazione delle diverse problematiche territoriali e socio-economiche, dalle sue strategie politiche personali, dai rapporti di forza esistenti tra i vari attori, ecc. Si noti che in un processo pianificatorio classico, tali giudizi non vengono esplicitati se non in forma generalmente ambigua. L'approccio multicriterio, invece, soprattutto se spinto fino a una vera analisi multicriterio (come in questo caso), richiede necessariamente di rendere noto agli attori i giudizi di importanza relativa assegnati di fatto ai diversi impatti/obiettivi, anche nel caso in cui la scelta compiuta dal decisore non si allinei con quanto magari emerso nel processo partecipato: senza dubbio è un bel salto di qualità nel garantire trasparenza e ripercorribilità!

Nel progetto in questione, il gruppo di lavoro ha sottoposto all'amministrazione provinciale un questionario dettagliato che ha consentito, sulla base delle risposte ottenute, di identificare i giudizi di importanza relativa tra i diversi obiettivi/impatti e, tramite questi, i pesi per ogni impatto, che ne rappresentano l'importanza degli uni rispetto agli altri (Tab. 12.6).

Tab. 12.6.

Pesi relativi assegnati dall'Amministrazione Provinciale ad ogni impatto (il totale è uguale a 1).

	Impatto	Peso
1	Rischio idraulico	0,387
2	Strategico	0,131
3	Ecosistema	0,226
4	Lavorazione inerti	0,078
5	Visivo	0,061
6	Danno agli agricoltori	0,085
7	Costi	0,030

Coerentemente con le finalità del progetto, si evidenzia che l'obiettivo giudicato più importante è la protezione dal rischio idraulico e, secondariamente, la valorizzazione dell'ecosistema.

Si è poi effettuata una semplice analisi multicriterio attraverso l'ordinamento delle alternative e l'analisi di sensitività.

Ci si è limitati ad effettuare un *ordinamento principale* che si ottiene calcolando un *indice di prestazione globale* come somma pesata dei valori assunti dai vari indici, utilizzando come pesi quelli definiti nella tabella 12.6, e ordinando le alternative da quella con maggior valore di tale indice a quella con valore minore.

Il risultato ottenuto (Tab. 12.7) mostra che l'*alternativa D* risulta la preferita, anche se la C è appena di poco inferiore. La B è invece l'alternativa peggiore, ad esclusione del "non far nulla".

Tale risultato mostra anche una cosa apparentemente banale, ma in realtà molto importante e non scontata: è effettivamente conveniente realizzare il progetto! Infatti, l'*alternativa zero* ottiene il valore peggiore il che significa che, nonostante il beneficio sul rischio sia molto ridotto, e nonostante il costo e gli altri svantaggi, il comportamento globale del sistema se "non si fa nulla" è considerato peggiore dell'intraprendere il (miglior) progetto, tra quelli identificati e valutati.

Alternativa – Sbarramento nel:	Ordinamento	Soddisfazione
Sito D	1	0,85
Sito C	2	0,82
Sito B	3	0,73
Nessuno (Alternativa 0)	4	0,26

Tab. 12.7.
“Ordinamento principale” delle alternative, secondo l’indice di prestazione globale.

I risultati *tecnici* di tale analisi hanno permesso all’amministrazione provinciale di effettuare la scelta *politica*, privilegiando l’alternativa D al posto della B, inizialmente prescelta dal gruppo di lavoro prima dell’avvio delle sessioni partecipate. Si noti che l’*alternativa B* era stata considerata la migliore nella prima fase del processo: la ragione di questo (forse sorprendente) risultato è però il fatto che nella seconda fase è stata acquisita ulteriore informazione e per questo sono stati modificati:

- lo *scenario* di valutazione (attività estrattive, ecc.);
- gli *obiettivi* (ne sono stati introdotti due nuovi);
- le *alternative* (revisione della topografia e spostamento degli sbarramenti B e D);
- i giudizi di importanza relativa degli *impatti* assegnati, nel secondo passaggio, dai decisori stessi.

Questo tipo di risultato è da considerarsi perfettamente normale in un *processo decisionale partecipato* che, per sua natura, è dinamico, cioè evolve nel tempo sfruttando ad ogni passo i risultati man mano raggiunti.

12.6 Conclusioni

La maggiore difficoltà incontrata è stato lo scarsissimo tempo a disposizione per la fase di analisi e valutazione integrata. Questa difficoltà è nata perché l’incarico richiedeva di consegnare, alla prima scadenza e in tempi brevi, la scelta del sito più idoneo ed il progetto di massima, lasciando spazio solo nella fase successiva agli approfondimenti dell’analisi di impatto ambientale.

L’approccio adottato si basa invece sull’idea che la definizione di massima del progetto deve discendere proprio dalla valutazione e questa è possibile solo se si esegue precedentemente un’analisi d’impatto opportuna, considerando dall’inizio tutti gli aspetti economici, sociali e ambientali in modo integrato.

Pertanto, la prima fase richiedeva senz’altro un impegno di tempo e sforzi molto maggiore di quanto preventivato dall’incarico.

Pur essendo un progetto “piccolo”, nel complesso presenta diversi caratteri interessanti sia per la strategia adottata che per le problematiche incontrate:

- attenzione del pianificatore agli effetti della realizzazione dell’opera sulle componenti ambientali e conseguente approccio integrato alla progettazione;
- sforzo di superamento della VIA come momento di valutazione a posteriori (a decisioni già prese), adottando un approccio di costruzione partecipata del progetto stesso;
- utilizzo dell’approccio multicriterio durante lo studio di valutazione d’impatto ambientale, per considerare in modo integrato vantaggi e svantaggi dell’opera;
- considerazione, tra le possibili alternative, anche dell’*alternativa 0*, ovvero la rinuncia all’opera (denominata ALT 0 nella matrice di valutazione);

12.6 Conclusioni

- scelta da parte del soggetto decisore, a seguito del processo partecipato, di una alternativa di soluzione (in particolare il sito dell'opera) diversa da quella ipotizzata nel progetto preliminare; il che dimostra contatto con la realtà locale e le esigenze dei portatori di interesse, ma anche coerenza con il metodo adottato, avendo sostenuto la scelta in base a una valutazione esplicita.

È lecito porsi alcune domande:

Cosa si è guadagnato nell'eseguire la valutazione integrata basandosi sull'approccio multicriterio?

- Senza: probabilmente si sarebbe deciso di realizzare l'opera così come deciso inizialmente (alternativa B) e non si sarebbe quindi risolto il problema rischio, pur nella convinzione di averlo fatto;
- Con: si è costretto tutti a riflettere e compiere una scelta più consapevole (oltre che più efficace, avendo scelto in base all'effetto voluto e non a un suo proxy). È vero che il processo decisionale si è poi bloccato, ma la causa è stata completamente diversa (si veda la tabella 12.1 di sintesi del processo) e, quando il processo ripartirà, la scelta sarà ancora più corretta.

A cosa è servito l'abbozzo di partecipazione effettuata?

- Senza: si sarebbe chiusa la valutazione a tavolino, scegliendo l'alternativa "meno corretta" e sollevando maggiori reazioni di opposizione;
- Con: si è avvicinato il "modello del problema" alla realtà e gli attori allo strumento di valutazione e alle sue conclusioni, con maggiore soddisfazione e consenso.

Come affrontare la difficoltà amministrativa imposta dalla procedura di VIA, che non prevede un processo di questo tipo?

L'intenzione del gruppo di lavoro era di sviluppare un processo decisionale basato sulla *partecipazione pubblica*, così da individuare la soluzione "migliore" sia dal punto di vista tecnico che del consenso degli attori. I limiti, soprattutto temporali, imposti dal vigente quadro normativo procedurale per le opere idrauliche non hanno però permesso di attuare questo coinvolgimento come desiderato fin dall'inizio.

Infatti la normale procedura di verifica della fattibilità ambientale, prevista dalle normative in materia di opere pubbliche (o qualora si rientri nella specifico obbligo di redazione del SIA), si limita alla verifica della compatibilità di una soluzione predefinita (nel progetto e nel sito), salvo modesti eventuali aggiustamenti quali la mitigazione ambientale. Lo screening delle alternative viene normalmente "liquidato" in modo superficiale tramite confronto con metodi prettamente qualitativi. Nel caso in oggetto si è voluto svolgere una valutazione di ciascuna alternativa e un'analisi multicriterio, all'interno di un processo partecipato, ma i tempi ristretti hanno rappresentato un serio vincolo ai necessari approfondimenti.

Per superare tale difficoltà occorrerebbe una scelta lungimirante del decisore, che dovrebbe investire altre risorse per affidare preliminarmente un incarico apposito per il processo partecipato, purché a soggetti realmente specializzati e al di fuori dalle parti.

Sia in casi analoghi che nell'ipotesi di ulteriori sviluppi del presente progetto, occorrerebbe sviluppare maggiormente i seguenti punti:

- eseguire un'indagine più approfondita per tradurre le quote di inondazione in termini almeno di aree inondate e, meglio ancora, di impatto socio-economico;

solo così si potrebbe apprezzare in modo davvero soddisfacente il beneficio ottenibile dall'opera;

- approfondire gli aspetti naturalistici che richiedono particolareggiati rilievi sul campo da effettuare in varie stagioni, cosa del tutto incompatibile con progetti da consegnare ... in pochi mesi;
- formalizzare l'entità e le modalità di risarcimento per coprire gli eventuali (modesti) danni al settore agricolo;
- effettuare la previsione di impatto e la valutazione in corrispondenza di altri scenari;
- svolgere un processo partecipativo più organizzato e approfondito, affrontando anche, se è il caso, le eventuali divergenze o perplessità sui metodi di stima degli effetti con un approccio adeguato⁹;
- avvalersi di un supporto informatico adeguato per il calcolo degli indici (processo di aggregazione) in modo da poter documentare, mostrare, ripercorrere e –quando necessario– modificare facilmente tutti i passaggi, rendendo inoltre in modo grafico immediato anche i risultati delle valutazioni parziali.

⁹ Si veda il Par. 6.2 *Migliorare i processi decisionali*.

13. Caso studio 5

Canali ... meno canali

Estensori caso studio: *Marco Monaci*

collaborato: *Francesco Pra Levis*

Autori lavoro originario: Interventi LIFE ECDef: *CIRF - Giuseppe Baldo, Marco Monaci, Bruno Boz, Floriana Romagnolli, Bruna Gumiero*

Interventi sui canali del Bacino scolante della Laguna di Venezia: *Consorzio di Bonifica Dese Sile*

Interventi sui canali del Consorzio di Bonifica

Parmigiana Moglia Secchia: *Iris s.a.s (Progettista e Direttore lavori: Dott. Giordano Fossi), Marco Monaci e Consorzio di Bonifica Parmigiana Moglia Secchia*

INQUADRAMENTO DEL CASO STUDIO

Tipologia del corso d'acqua	Canali artificiali
Territorio	<p>Pianeggiante, antropizzato a prevalente attività agricola. In particolare:</p> <ul style="list-style-type: none"> - <u>Emilia Romagna</u> - Provincia di Modena: Consorzio di Bonifica Parmigiana Moglia Secchia - <u>Veneto</u> - Provincia di Venezia: Consorzio di Bonifica Dese Sile
Problematica	<ul style="list-style-type: none"> - degrado/semplificazione ecosistema fluviale-terrestre e biodiversità - alti costi di gestione e manutenzione dei canali - inquinamento dell'acqua (da agricoltura; da centri abitati) - rischio idraulico (centri abitati; territori agricoli)
Messaggio	<ul style="list-style-type: none"> - "agire in modo più sostenibile" nella progettazione e gestione dei canali di bonifica, cercando un compromesso tra obiettivi conflittuali –integrità ecologica, attività antropiche (rischio idraulico), usi economici-produttivi (irrigazione, ricettore di reflui), fruizione– è possibile e conveniente perché può apportare vantaggi diretti nella gestione dei canali (minor impegno, minori costi), oltre che alla qualità dell'acqua e alla riduzione del rischio idraulico - migliorare l'assetto dei canali artificiali può contribuire anche alla creazione di una rete ecologica
Approccio	approccio integrato
Linee di azione	<ul style="list-style-type: none"> - <u>Contro il rischio idraulico e da dissesto idrogeologico</u> <ul style="list-style-type: none"> - Garantire la funzionalità idraulica dove opportuno (es. eliminare tombature, ampliare luci attraversamenti) - Restituire spazio al canale per esondare, ove sensato - Consolidare le sponde mediante vegetazione - <u>Per soddisfare gli usi economico-produttivi dei corsi d'acqua</u> <ul style="list-style-type: none"> - Mantenere o raggiungere una buona qualità dell'acqua in funzione degli usi - <u>Per soddisfare ricreazione e fruizione</u> <ul style="list-style-type: none"> - Mantenere o raggiungere una buona qualità dell'acqua (per percezione estetica, balneazione e pesca) - Ripristinare un assetto fisico di maggior valenza "naturale" (sinuosità, varietà morfologica, presenza di pozze, ...) - Ripristinare la vegetazione riparia - Ottenere una popolazione ittica consistente - Proteggere e valorizzare gli elementi storico-architettonici-culturali legati al canale (es. arginature storiche, vecchi mulini, chiuse) - <u>Per soddisfare l'integrità ecologica</u> <ul style="list-style-type: none"> - Creare un assetto fisico di maggior valenza "naturale" (come sopra) - Favorire i popolamenti animali e vegetali naturali –acquatici e terrestri– ed ecosistemi ben funzionanti: creazione di habitat, vegetazione riparia e spondale - Mantenere o raggiungere una buona qualità dell'acqua per gli ecosistemi
Tecniche e strumenti	<p>Tecniche:</p> <ul style="list-style-type: none"> - <u>Assetto strutturale e manutenzione del corso d'acqua</u> <ul style="list-style-type: none"> - Morfologia - Stabilità delle sponde e del letto - Ingegneria naturalistica - Controllo della vegetazione acquatica mediante ombreggiamento - <u>Habitat, fauna ittica e biodiversità</u> <ul style="list-style-type: none"> - Ripristino e gestione vegetazione - Creazione di habitat e tutela della biodiversità - Gestione di vegetazione e sedimenti - <u>Capacità di autodepurazione del corso d'acqua e del territorio</u> <ul style="list-style-type: none"> - Fasce Tampone Boscate e aree golenali
Livello	Analisi conoscitiva, pianificazione/progettazione, realizzazione, manutenzione

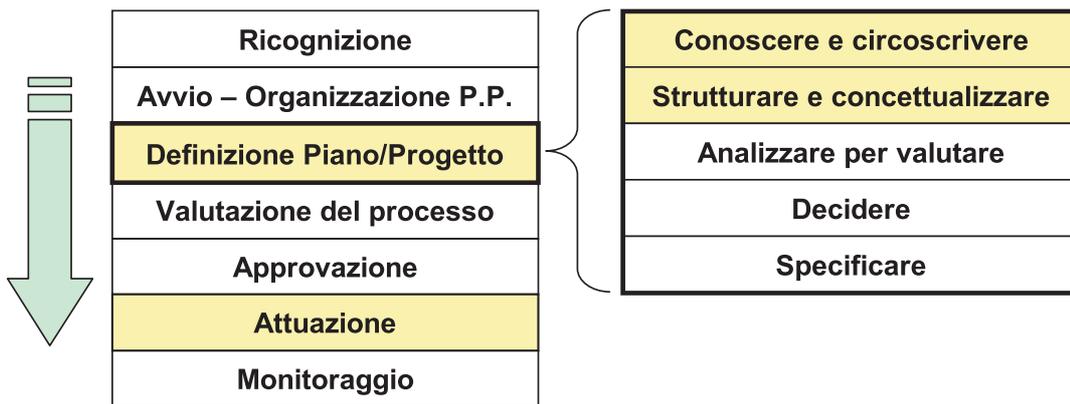


Fig. 13.1. A sinistra FASI del Processo Decisionale Partecipato (P.P.) e, a destra, PASSI CHIAVE per lo sviluppo della fase "Definizione di un piano/progetto". In giallo sono evidenziate le parti sviluppate nel presente caso studio.

13.1 In pillole

I canali artificiali (in particolare di bonifica e irrigui, ma anche idroelettrici, ecc.), creati cioè dall'uomo appositamente per un qualche scopo, richiedono una trattazione particolare in merito al tema della riqualificazione fluviale: è infatti lecito chiedersi *se abbia senso per essi parlare di riqualificazione*.

La risposta è affermativa. Basta considerare che la maggior parte di essi si trova in aree di pianura estremamente impoverite dal punto di vista ambientale, dove le bonifiche, l'urbanizzazione e l'agricoltura intensiva hanno quasi completamente eliminato gli ecosistemi umidi: un miglioramento ambientale dei canali è quindi fondamentale per vicariare le zone umide scomparse.

Pertanto, sebbene sia improprio parlare di una loro *rinaturalizzazione*, è essenziale un miglioramento ambientale, appunto la *riqualificazione*, che potrà mirare a dotare i canali di alcuni caratteri propri di un corso naturale, cercando un compromesso più o meno forte, secondo le situazioni, con il comparto agricolo e le attività antropiche in genere.

A rigore, non si potrebbe parlare di *stato di riferimento* nel senso definito nel *Par. 7.7.4*, perché per i canali di origine artificiale esso sarebbe ... la non esistenza. È però operativamente sensato introdurre uno stato di riferimento "fittizio", come guida per orientare la riqualificazione. Nel pensare alle azioni per riqualificare i canali, occorre naturalmente tener presente il fine per cui sono stati creati (principalmente irrigazione e scolo delle acque) e la problematica principale che riguarda le modalità di gestione e manutenzione (della vegetazione e dell'assetto idraulico).

Diverse sono le esperienze, in Italia e all'estero, che mostrano come una progettazione e una gestione "in sintonia con la natura" possano spesso permettere di ottenere maggiori benefici rispetto ad un approccio "classico", improntato a criteri di efficienza idraulica e caratterizzato da una semplice logica mono-obiettivo: benefici non solo di tipo "ambientale" in senso lato per la "collettività", ma anche in senso economico per lo stesso gestore del canale (tipicamente il consorzio di bonifica). È questa l'origine dei progetti di riqualificazione su canali artificiali qui presentati, che puntano a un deciso miglioramento ecologico anche quando lo scopo principale è la riduzione del rischio idraulico o il miglioramento della qualità dell'acqua, e viceversa.

Il caso studio mostra alcune delle principali esperienze realizzate in Italia, così da fornire un'idea della tipologia di azioni più idonee al caso dei canali.

13.2 Contesto e scopo dei progetti descritti

I consorzi di bonifica sono oggi entrati in una fase in cui, ai compiti storici di gestione del rischio idraulico e della risorsa idrica a scopi irrigui, si stanno aggiungendo nuove funzioni con una forte ricaduta ambientale, sociale ed economica, come la salvaguardia e la valorizzazione del territorio, la difesa e la riqualificazione dell'ambiente, il miglioramento della qualità delle acque, lo sviluppo di nuove pratiche agricole più sostenibili. Negli ultimi anni numerosi sono stati i cambiamenti di tipo tecnico-progettuale che hanno interessato il mondo della bonifica e hanno visto proliferare di progetti e interventi di riqualificazione ambientale dei canali, dove il "lavorare insieme alla natura" ha permesso di valorizzare al massimo le potenzialità offerte da una rete di corpi idrici tanto fitta e distribuita sul territorio.

Motore di questo cambiamento è la *progettazione integrata (multiobiettivo)*, che affronta in maniera unitaria i problemi tipici dei Consorzi insieme a quello della scarsa salute ambientale dell'agroecosistema, così da ideare soluzioni progettuali-pianificatorie che permettano di raggiungere contemporaneamente più obiettivi, tradizionalmente considerati conflittuali.

Nel presente caso studio si illustrano alcune tra le più interessanti esperienze di riqualificazione dei canali realizzate in Italia (Emilia Romagna e Veneto) nell'ultimo decennio.

La maggior parte dei progetti riguarda canali di origine artificiale, ma le azioni descritte sono valide anche per i corsi d'acqua di origine naturale artificializzati storicamente e ormai parte integrante della rete di bonifica (nel seguito anch'essi indicati con il termine *canali di bonifica*). Per la maggior parte degli interventi sono state avviate azioni di monitoraggio per verificare il raggiungimento degli obiettivi prefissati, compreso quello economico.

Gli interventi descritti non possono invece essere applicati tal quali ai corsi d'acqua fortemente artificializzati ma il cui "funzionamento" non è soggetto alle strette regole dei consorzi. A questi corpi idrici sono infatti dedicati la maggior parte del volume e gli altri casi studio; in ogni modo occorrerà prestare attenzione a queste tipologie di corpi idrici e valutare esplicitamente la scelta di compromesso che si intende percorrere.

13.3 Interventi sull'assetto morfologico per ridurre il rischio idraulico e migliorare la qualità dell'acqua e ambientale – Consorzio di Bonifica Dese Sile

13.3.1 Inquadramento territoriale

Gli interventi di riqualificazione dei canali qui mostrati, realizzati dal Consorzio di Bonifica Dese Sile di Mestre (VE)⁽¹⁾, fanno parte di un più ampio piano di riqualificazione ambientale del Bacino Scolante nella Laguna di Venezia, il *Piano Direttore 2000*⁽²⁾, che trae origine dalla *Legislazione Speciale per Venezia* e mira alla salvaguardia fisica, ambientale e socio-economica della città e della sua Laguna (Fig. 13.2).

¹ www.bonificadesesile.net

² "Piano per la prevenzione dell'inquinamento ed il risanamento delle acque del bacino idrografico immediatamente sversante nella Laguna di Venezia" (L.139/1992).

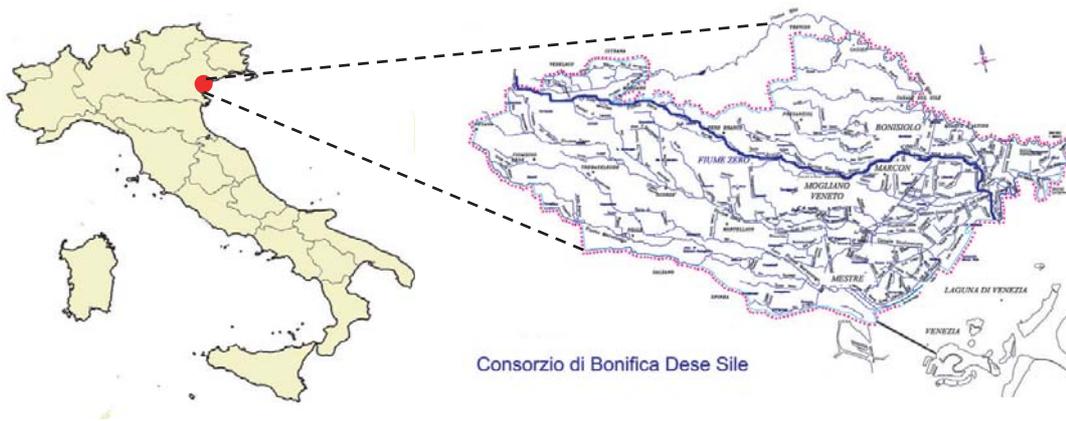


Fig. 13.2.
Area di studio.

Il principale corso d'acqua interessato dagli interventi di riqualificazione è il fiume Zero, naturale, di risorgiva, canalizzato già in epoca storica, oggi irreversibilmente integrato nella rete idraulica della bonifica e considerato e gestito alla stregua dei canali di origine artificiale. Si mostrano inoltre alcuni interventi su canali minori rivestiti in calcestruzzo.

13.3.2 Problemi e opportunità

Gli interventi fanno capo agli stanziamenti previsti dal *Piano Direttore*, che focalizza la propria attenzione sulle sorgenti inquinanti presenti nel Bacino Scolante nella Laguna di Venezia e prevede la riduzione dei carichi da esse generati –in particolar modo dei nutrienti di origine diffusa– anche attraverso ingenti azioni di riqualificazione idraulico-ambientale della rete idrica.

13.3.3 Obiettivi

Gli obiettivi del progetto possono essere così sintetizzati (sottolineati i principali):

- Ambientali
 - Riduzione dei nutrienti veicolati alla Laguna di Venezia
 - Miglioramento del *valore natura* (si veda il *Par. 7.7*) e paesaggistico
- Socio-economici e culturali
 - Miglior utilizzo della risorsa idrica
 - Soluzione del problema del rischio idraulico
 - Miglioramento agronomico dei terreni circostanti
 - Creazione di nuove opportunità per il mondo agricolo
 - Miglioramento della fruibilità
 - Diffusione del concetto di riqualificazione fluviale

13.3.4 Interventi sull'assetto morfologico del Fiume Zero

Le caratteristiche attuali delle aste principali e dei canali minori rispondono a criteri di progettazione risalenti agli inizi del secolo scorso, che si prefiggevano di

perseguire la sicurezza idraulica e di “conquistare” terreni agricoli attraverso la costrizione dei corsi d'acqua in alvei ristretti e l'accelerazione del deflusso delle acque verso la Laguna: una strategia che ha comportato rettificazione degli alvei, arginature di grandi dimensioni, completa eliminazione della vegetazione in quanto causa di rallentamento dei deflussi, sezioni geometriche e, in molti casi, rivestimento delle sponde in calcestruzzo.

Tali corsi d'acqua offrono oggi un contributo minimo al controllo dell'inquinamento diffuso e alla riduzione degli apporti di nutrienti alla Laguna, avendo perso gran parte della propria capacità autodepurante a causa dell'impovertimento degli habitat e degli organismi acquatici e della quasi totale mancanza di connessioni con l'ambiente circostante (sponde, zone riparie) e, infine, a causa dei tempi di corruzione ridotti.

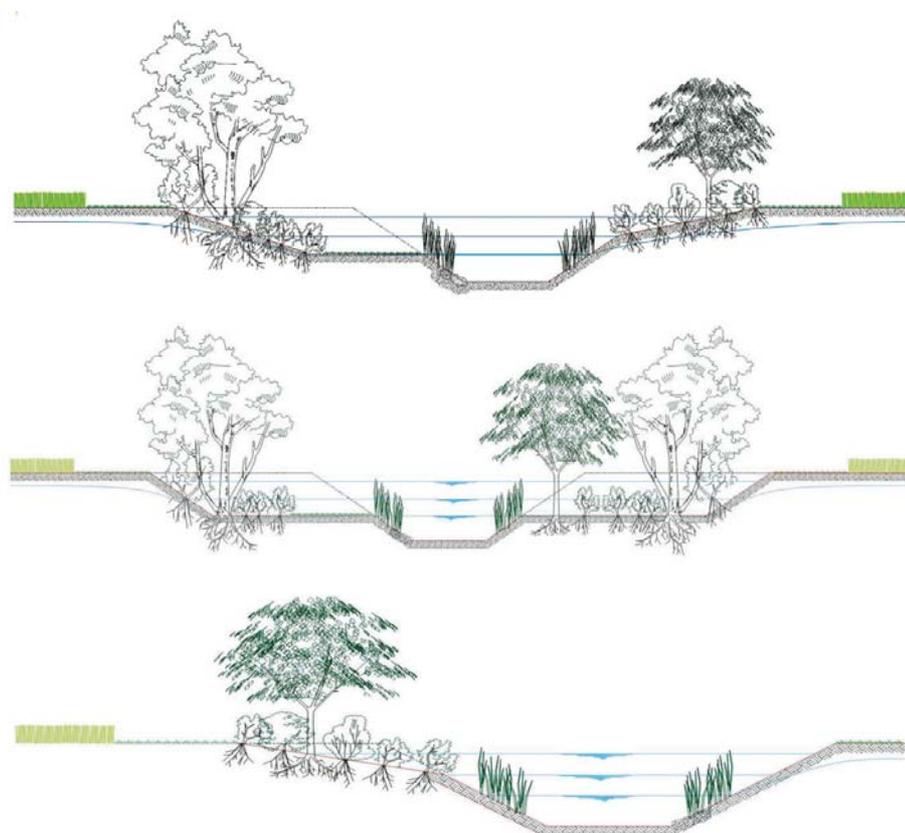
Il Consorzio di Bonifica Dese Sile si è prefisso di rallentare il deflusso delle acque verso la Laguna e di incrementare la diversità ambientale lungo i corsi d'acqua, in modo da favorire una maggiore complessità biologica, una migliore funzionalità complessiva degli ecosistemi –per quanto essi possano restare semplificati– e, di conseguenza, una loro più elevata capacità autodepurante, in particolare verso i nutrienti.

Il progetto “*Interventi di riqualificazione ambientale lungo il basso corso del fiume Zero per il controllo e la riduzione dei nutrienti sversati nella Laguna di Venezia*”, rispondente ai molteplici obiettivi elencati al Par. 13.3.3, ha previsto perciò un aumento dei volumi di invaso attraverso appositi ampliamenti di sezione, ideati e dimensionati per prevedere la presenza di alberi e arbusti anche all'interno del corso d'acqua (Fig. 13.3), oltre a preservare la scarsa vegetazione arbo-

Fig. 13.3.

Risagomature con accorgimenti di miglioramento dell'habitat: nel passaggio dalla classica sezione trapezia ristretta, tipica dei canali, ad una più ampia, è possibile prevedere, su uno o ambo i lati, sponde a pendenza variabile o banchine interne allagabili (poste alla quota del livello di magra) nelle quali già dalla fase di progettazione –anche idraulica– si contempla la presenza di vegetazione in alveo.

(Illustrazione:
Consorzio di
Bonifica Dese Sile)



rea esistente³). Sono inoltre state realizzate banchine al piede interno degli argini, golene lineari, golene di meandro e isole.

Nella risagomatura delle arginature si è avuto cura di non intaccare il piede interno del vecchio argine, per salvaguardare le piante arboree presenti (Fig. 13.4), mentre in tutti gli argini di nuova formazione sono state realizzate *banchine* (larghe da 50 cm a 2 m) per permettere la colonizzazione spontanea della vegetazione elofitica e l'impianto di specie arboree (Fig. 13.5).

A quote più elevate sono state create sia *golene lineari*⁴, larghe 4-8 m e lunghe 100-500 m (Fig. 13.6), che *golene di meandro* nella parte interna delle curve (Fig. 13.7); le aree golenali inondabili contribuiscono infatti ad aumentare i tempi di ritenzione della rete idrica e, in presenza di vegetazione, divengono ambienti di pregio naturalistico, oltre a giocare un ruolo importante nella riduzione dei carichi di nutrienti trasportati dalle acque. La colonizzazione delle aree golenali da parte della vegetazione è stata accelerata sia preservando parte della vegetazione erbacea esistente (Fig. 13.7) che con nuovi impianti di specie arboree (Fig. 13.8).



Fig. 13.4.
Ontani mantenuti
al piede di un
argine risagomato.
(Foto: P. Cornelio)

³ Nel tratto dello Zero interessato dai lavori, il deflusso è condizionato dal livello del mare, con condizioni di massimo rischio in caso di concomitanza tra piena e alta marea. I problemi del rischio idraulico perciò non dipendono tanto dalla sezione (di per sé più che sufficiente per il transito delle portate di piena), quanto dalle condizioni di rigurgito (quindi dalla quota della sommità dell'argine e dalla sua stabilità). L'aumento della sezione e del volume invasato non hanno pertanto fini di sicurezza idraulica, ma essenzialmente di abbattimento dei nutrienti, grazie all'aumento del tempo di residenza delle acque.

⁴ Le *golene* (aree comprese tra gli argini, solitamente a livello del piano di campagna) svolgono la funzione idraulica di contenere le acque di piena; le *banchine*, poste a quote più basse (prossime al livello idrico di magra) e in genere più strette, svolgono invece una funzione naturalistica (favoriscono lo sviluppo delle elofite presso il piede interno dell'argine).

Fig. 13.5.

In primo piano banchina di nuova formazione sul Fiume Zero (tra le due linee tratteggiate) realizzata al posto del vecchio argine (freccia), ora ricostruito più esternamente, e impianto di vegetazione arborea su di essa. In secondo piano si noti lo sdoppiamento dell'alveo, con il vecchio argine lasciato in posto per assumere la funzione di un'isola fluviale. (Foto: P. Cornelio)



Fig. 13.6.

Golene lineari sul Fiume Zero: in tratteggio la sezione del vecchio argine, ora sbancato e ricostruito a maggior distanza, così da creare una golena. (Foto: P. Cornelio)

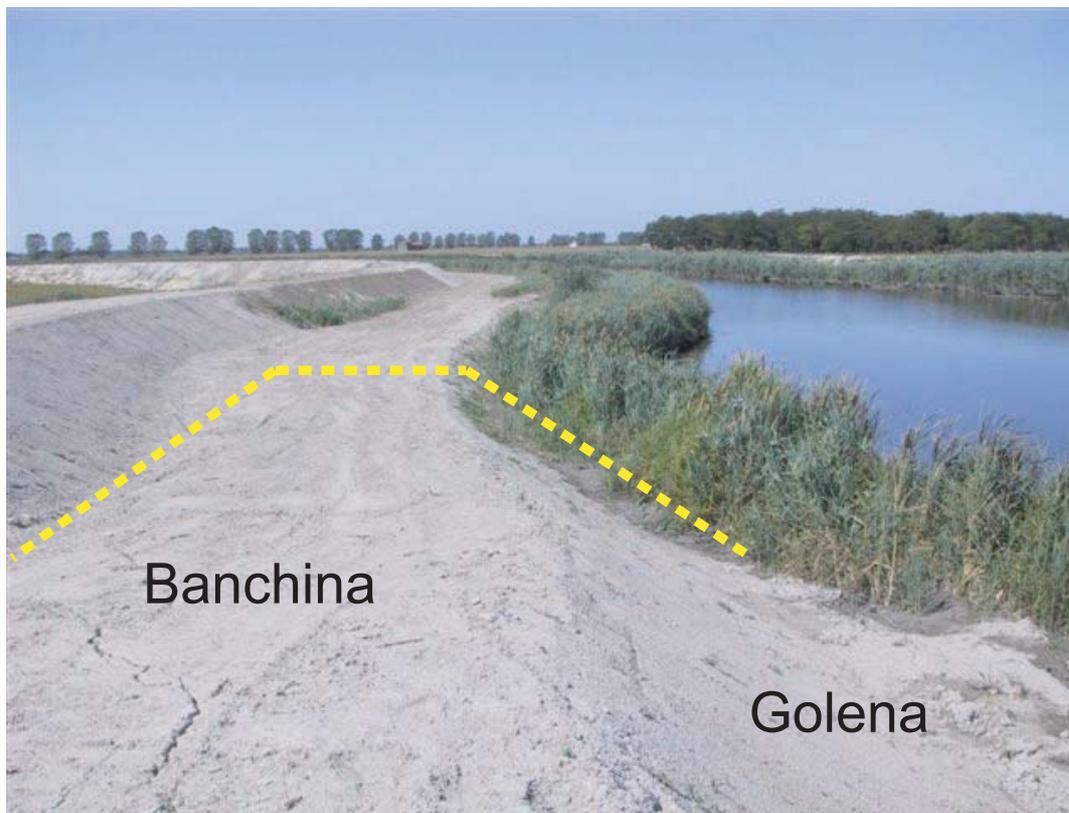




Fig. 13.7. Golena di meandro realizzata sul Fiume Zero: maggio 2003 (sinistra). Le frecce indicano l'arretramento del vecchio argine (linea tratteggiata) alla nuova posizione (linea continua). A destra, lo stato della vegetazione nel luglio 2004. (Foto: B. Baldo)



Fig. 13.8. Impianto di specie arboree lungo la nuova golena del Fiume Zero realizzata sbancando il vecchio argine (la cui sezione è indicata dal tratteggio) e ricostruendolo più esternamente. (Foto: P. Cornelio)

Nel caso del Fiume Zero, come più in generale in quello di canali arginati di grandi dimensioni, l'allargamento della sezione –conseguito scavando un nuovo alveo parallelo– ha offerto la possibilità di creare isole vegetate all'interno dell'alveo, utilizzando in alcuni casi proprio il vecchio argine per diversificare l'ambiente fluviale (Fig. 13.9 e 13.5).

Al fine di migliorare la naturalità e rallentare il deflusso, è stato conferito un andamento sinuoso all'alveo di canali rettilinei (nel caso del fiume Zero è stato assecondato l'andamento, già sinuoso, del corso d'acqua). I canali di nuova formazione sono realizzati scavando un alveo grezzo meandriforme e, successivamente, risagomando le sponde per addolcirne la pendenza (Fig. 13.11). Oltre all'allungamento del percorso, si migliora la diversità ambientale poiché la sinuosità induce l'alternanza di zone a diversa profondità e variazioni locali della velocità di corrente.

Fig. 13.9. Isola fluviale creata ex novo all'interno del fiume Zero (sinistra), o sfruttando il vecchio argine e scavando un secondo alveo, parallelo al primo (destra). (Foto: Consorzio di Bonifica Dese Sile)



13.3.5 Interventi sui canali rivestiti in calcestruzzo

Gli alvei con sponde e fondo rivestiti in calcestruzzo rendono i canali semplici condotte idrauliche, prive di interscambi con l'ambiente circostante, con un ecosistema fluviale estremamente banalizzato dal punto di vista strutturale e funzionale ed una capacità autodepurante prossima a zero.

Il problema è stato affrontato demolendo i rivestimenti in calcestruzzo e ricalibrando l'alveo (ampliamento di sezione e riduzione della pendenza delle sponde), in modo da favorire le interazioni tra acqua e vegetazione (Fig. 13.10).

Sponde ampie e con una pendenza limitata riducono infatti la forza erosiva della corrente, mentre la vegetazione che si insedia nella zona riparia consolida il suolo (Fig. 13.11).

Fig. 13.10. Rivestimento in calcestruzzo (sinistra) e sua rimozione (destra). (Foto: Consorzio di Bonifica Dese Sile)



13.3.6 Messa a dimora di Fasce Tampone Boscate (FTB) lungo i canali di bonifica

Gli ambienti di transizione tra ecosistemi terrestri ed acquatici (come ad esempio le formazioni arboree riparie) sono in grado di esercitare una funzione filtro sui flussi idrici che le attraversano, riducendo così i carichi inquinanti (sedimenti, azoto e fosforo) provenienti dal dilavamento dei terreni agricoli (Fig. 13.12) (per approfondimenti si veda il *Par. 8.5.1*).

La rete idrica di bonifica, in virtù della distribuzione capillare dei canali sul territorio agricolo e della loro capacità di intercettare i flussi idrici di origine diffusa superficiale, è ideale (ovviamente per i canali non rivestiti) per la messa a dimora di FTB per scopi depuranti.



Fig. 13.11. Risagomatura delle sponde di un alveo meandriforme di nuova formazione, con ampliamento della sezione e addolcimento della pendenza delle sponde, a lavori appena terminati (vegetazione non ancora sviluppata). Linea tratteggiata: profilo della sponda successivo allo scavo grezzo del canale; linea continua: profilo attuale. Si riducono i fenomeni erosivi e si favorisce l'insediamento di vegetazione con funzione consolidante e di filtro nei confronti dell'inquinamento diffuso. (Foto: Consorzio di Bonifica Dese Sile)

La creazione di fasce riparie, oltre ad un'importante azione di riqualificazione dei canali e del territorio, può essere occasione di reddito alternativo per gli agricoltori e di sostegno al Consorzio nella manutenzione dei canali (Par. 13.6).



Fig. 13.12. Fascia tampone boscata di tipo produttivo (a sinistra), fascia riparia naturale (al centro) e operazioni di taglio delle piante per ottenere legna per scopi energetici (a destra). (Foto: Paulownia Italia srl)

13.4 Ricostruzione di habitat con l'Ingegneria Naturalistica – Consorzio di Bonifica Parmigiana Moglia Secchia

13.4.1 Inquadramento territoriale

Gli interventi qui presentati, realizzati dal Consorzio di Bonifica Parmigiana Moglia Secchia (Provincia di Modena)⁵, nascono nell'ambito del progetto europeo LIFE EConet⁶, finalizzato a sperimentare l'integrazione tra la pianificazio-

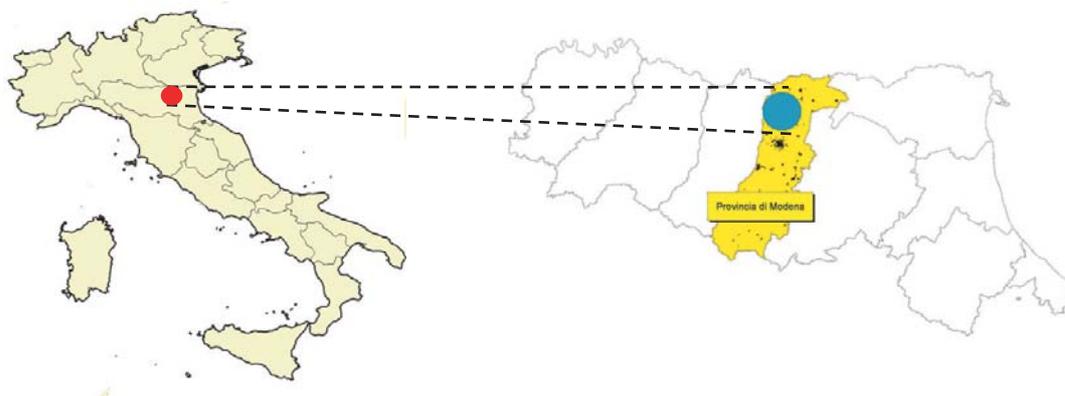
⁵ Progetti realizzati da: IRIS s.a.s. - www.irisambiente.it, Ing. Marco Monaci, Consorzio di Bonifica Parmigiana Moglia Secchia - www.bpms.re.it, in collaborazione con la Provincia di Modena e finanziati dalla Regione Emilia Romagna e dal Consorzio stesso.

⁶ www.lifeeconet.com

ne territoriale e le esigenze ambientali attraverso lo sviluppo delle reti ecologiche, e a cui l'Italia ha partecipato con la Regione Emilia Romagna e le Province di Bologna e Modena (oltre alla Regione Abruzzo).

Nella pianura dell'Emilia Romagna, fortemente degradata dal punto di vista ambientale, il progetto EConet si è proposto il fine di potenziare gli elementi naturali residui (quali *nodi* di una rete ecologica) e di connetterli attraverso *corridoi ecologici* (principalmente lungo i corpi idrici di origine naturale e la rete dei canali di bonifica) (Fig. 13.13). Affinché i canali possano svolgere la funzione di collegamento ecologico necessitano però di miglioramenti dell'assetto morfologico e delle modalità di gestione della vegetazione. Sono questi gli aspetti centrali dei progetti presentati nel seguito.

Fig. 13.13.
Area di studio – Regione Emilia Romagna: in giallo la Provincia di Modena e, nel cerchio azzurro, l'area dei lavori di riqualificazione dei canali.



Il progetto, oltre a fornire linee guida per una vasta rete di canali⁽⁷⁾, prevede un intervento sul Canale di Migliarina, arginato, promiscuo (irriguo e di scolo), per un'estensione di circa 1.300 m su entrambe le sponde; al momento della stesura di questo volume i lavori sono appena iniziati; perciò se ne presenta qui prevalentemente la parte progettuale.

13.4.2 Problemi e opportunità

Il Canale di Migliarina presenta fenomeni localizzati di franamento delle sponde e di degrado ambientale di alcuni suoi tratti, senza però essere interessato da problemi di rischio idraulico. In destra idraulica è quasi privo di vegetazione arborea ed arbustiva; in sinistra è invece presente un lungo tratto di siepe alberata –ben sviluppata nonostante le manutenzioni– che fornisce un discreto ombreggiamento e rappresenta un valido elemento paesaggistico. Sebbene l'attuale fascia riparia del canale sia frammentata, il corso d'acqua presenta buone potenzialità per svolgere l'importante funzione di corridoio ecologico verso le Casse di Espansione del Cavo Tresinaro, nodo ecologico fondamentale e di elevato valore naturalistico della rete di pianura della Provincia di Modena.

⁷ Gli interventi hanno seguito le indicazioni delle *Linee guida* curate dal CIRF: si veda, negli *Aggiornamenti on-line* sul sito www.cirf.org, la *Relazione CIRF-EConet*.

13.4.3 Obiettivi

Gli obiettivi principali, in ordine d'importanza, sono:

- Ambientali
 - Valore natura (Fauna acquatica, Vegetazione, habitat)
 - Rilevanza paesaggistica-culturale
 - Rete ecologica, biodiversità
- Socio-economico-culturali
 - Fruizione

13.4.4 Tecniche

Il progetto, con obiettivi prevalentemente ambientali, è finalizzato al miglioramento delle condizioni per la fauna ittica, gli anfibi e la vegetazione e, di riflesso, con positivi effetti anche sull'avifauna.

Esso mostra come sia possibile indurre un netto miglioramento ecologico anche in situazioni altamente artificiali, senza che ciò comporti eccessivi problemi né al funzionamento idraulico/irriguo del canale, né alle normali pratiche manutentorie. Le tecniche, applicate ad un canale arginato, non prevedono di eliminare o spostare gli argini, ma di realizzare piccoli interventi localizzati di ricostruzione di habitat, all'interno dell'alveo e lungo le rive.

Gli interventi prevedono la diversificazione degli ambienti acquatici e l'utilizzo dell'ingegneria naturalistica per la naturalizzazione delle rive, con materiali naturali (prevalentemente vivi: vegetazione autoctona) e in modo tale da riattivare i processi geomorfologici e biologici tipici degli ecosistemi naturali di queste aree.

13.4.4.1 Stagni – meandro per anfibi

Creazione di due piccoli meandri –o anse laterali– per la formazione di zone di acqua quasi ferma, necessarie all'ovodeposizione degli anfibi; la loro presenza, unita a quella di una zona ad acque basse, favorisce a sua volta quella dell'avifauna (es. limicoli) e di animali che si cibano sia di anfibi adulti che dei girini. Tali ambienti incrementano inoltre l'effetto di fitodepurazione. Lo stagno si realizza allargando e approfondendo una banca all'interno degli argini e rivestendola con palizzate, fascinate e pietrame (Fig. 13.14, 13.15, 13.16 e 13.17).

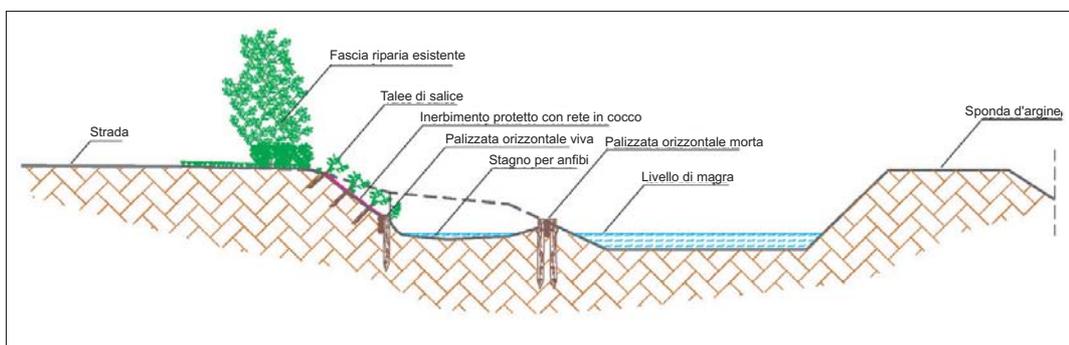


Fig. 13.14. Stagno-meandro per anfibi. La linea tratteggiata indica la sponda originaria, che viene abbassata sino a creare la zona ad acque ferme. (Disegno: IRIS sas, www.irisambiente.it)

Fig. 13.15.
Canale di Migliarina, novembre 2004: area dedicata alla realizzazione dello stagno per anfibi (freccia).
(Foto: M. Monaci).



Fig. 13.16.
Fasi intermedie dei lavori sul Canale di Migliarina (dicembre 2004): creazione dello stagno tramite escavazione e approfondimento del sito, realizzazione di palizzate vive a sostegno della sponda e palizzate morte tra il canale e lo stagno, copertura della sponda con inerbimento protetto da georete in cocco e talee di salice.
(Foto: M. Monaci)



13.4.4.2 Deflettori

I deflettori di corrente sono uno dei dispositivi in alveo (*instream*) più comuni (nel panorama internazionale, specialmente nord europeo e americano) ed efficaci per il miglioramento dell'habitat dei pesci. Vengono posizionati, alternati sulle due sponde, in un tratto rettilineo in modo da contribuire allo sviluppo di un andamento sinuoso; attraverso l'approfondimento e il restringimento del canale, aumentano localmente la velocità delle acque, ne favoriscono l'ossigenazione, diversificano il substrato e migliorano gli habitat per l'ittiofauna.

Sono stati previsti deflettori in tronchi, disposti orizzontalmente a formare un cuneo rivolto verso il centro della corrente e ancorati al suolo tramite pali vivi di fissaggio; l'intervento viene completato con la realizzazione di un inerbimento protetto con georete in cocco fissato con talee di salice, così da ricostituire la

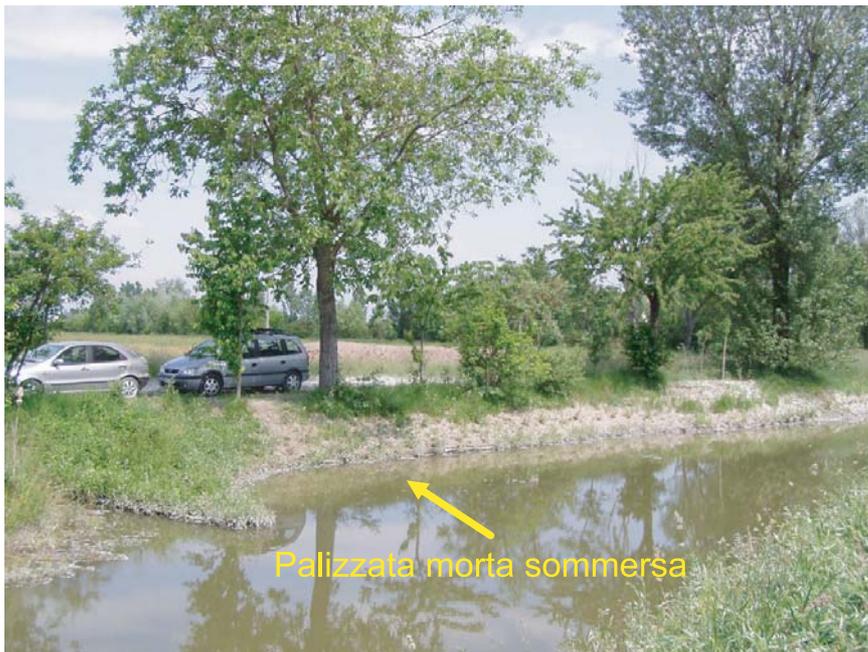


Fig. 13.17. Situazione dopo un mese dalla fine dei lavori (maggio 2005): la palizzata viva al piede della sponda e le talee di salice hanno da poco “gettato”, con piantine alte pochi centimetri. L’acqua, mantenuta a livelli alti per scopi irrigui, sommerge completamente la palizzata morta e riempie lo stagno. Al di fuori della stagione irrigua, quando il livello idrico è più basso, l’acqua permane all’interno dell’ansa creando così un microhabitat per anfibi. (Foto: M. Monaci)

fascia riparia, e con la messa a dimora di specie arboree nelle pertinenze del canale (Fig. 13.18 e 13.19).

13.4.4.3 Rifugi per ittiofauna

La mancanza di vegetazione spondale e la rimozione di quella in alveo durante le operazioni di manutenzione, fanno sì che vengano a mancare all’ittiofauna luoghi dove nascondersi dai predatori: la realizzazione di una sporgenza artificiale, che

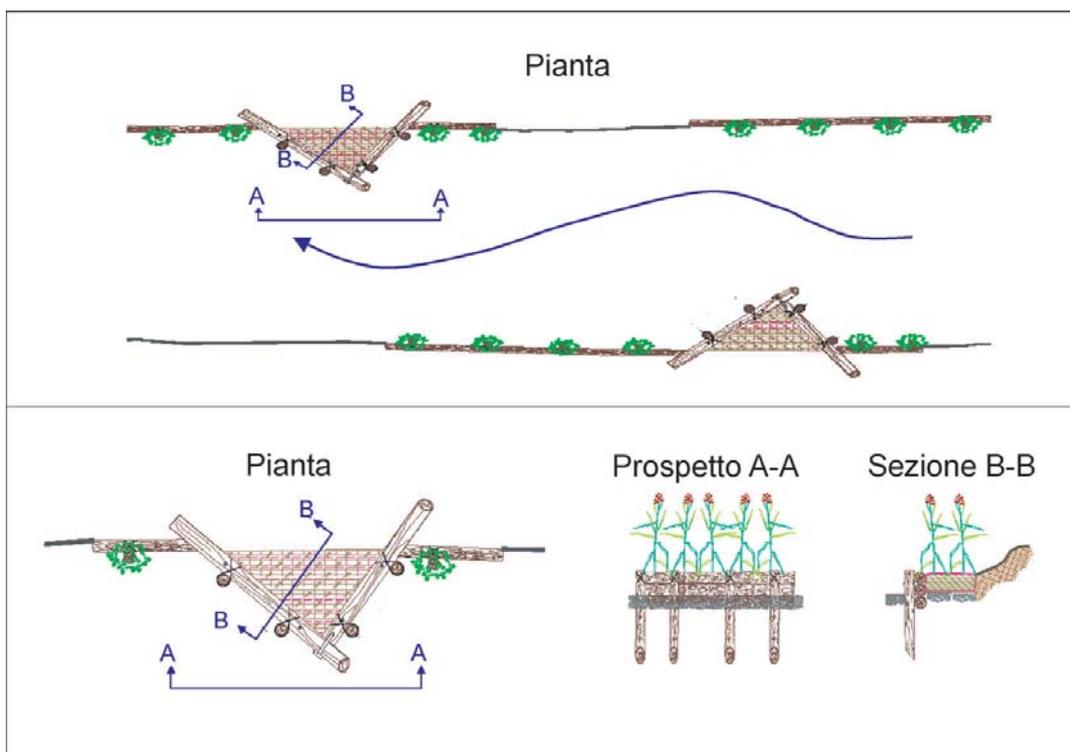
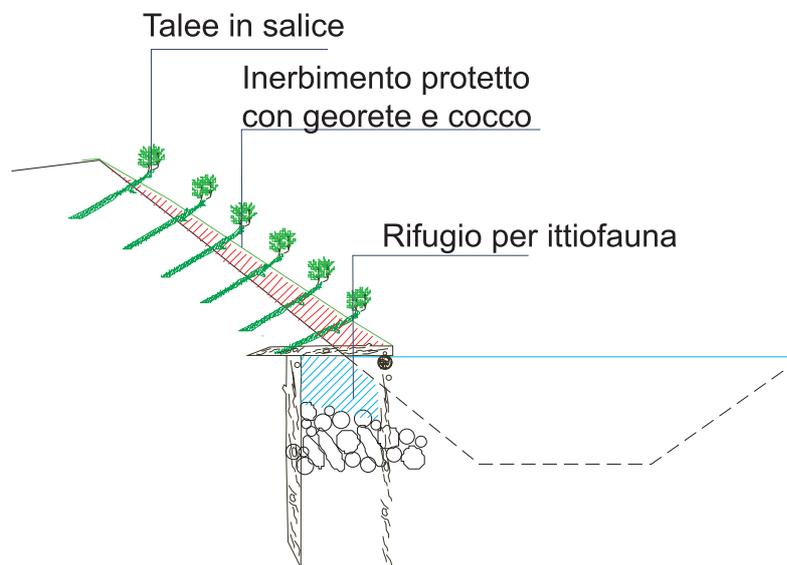


Fig. 13.18. Schema di un deflettore in tronchi. L’interno del deflettore, riempito di terra, risulterà una sporgenza arborata in alveo. La localizzazione dei deflettori lungo il canale modificherà l’andamento della corrente come mostrato in figura, diversificando fondo e sponde e creando zone a differente velocità di corrente (formazione di microhabitat). (Disegni: IRIS sas, www.irisambiente.it)

Fig. 13.19. Da sinistra a destra: stato del canale di Migliarina un anno prima degli interventi (marzo 2004), appena dopo i lavori (marzo 2005) e dopo 1 mese dal termine delle attività (maggio 2005). I deflettori vivi sono già stati colonizzati dal canneto, l'inerbimento con georete in cocco e talee di salice inizia a svilupparsi, con piantine di qualche decina di centimetri, e la messa a dimora di specie arboree nelle pertinenze del canale è terminata. (Foto: M. Monaci)



ricrea un ambiente simile a quello delle sponde sottoescavate tenute “sospese” dalle radici degli alberi ripari, fornisce un rifugio preferenziale. Il rifugio viene costruito al piede spondale, con pietrame e palizzate in legno orizzontali e verticali a formare una tettoia, e schermato e ombreggiato tramite una fascia di vegetazione riparia (Fig. 13.20).



Ovviamente questi interventi sono utilmente impiegabili in canali con un flusso idrico permanente (come accade nel caso in questione), non soggetti a svuotamento per le operazioni di manutenzione; altrimenti è necessario prevedere anche una modifica al regime idrologico, garantendo un flusso d'acqua in ogni momento dell'anno.

13.5 Consolidamento spondale con l'Ingegneria naturalistica – Consorzio di bonifica Parmigiana Moglia Secchia

13.5.1 Inquadramento territoriale

Consorzio di bonifica Parmigiana Moglia Secchia⁽⁸⁾

- Canale di Budrione: in trincea, irriguo

⁸ Progetti realizzati da: IRIS s.a.s. - www.irisambiente.it; Ing. Marco Monaci; Consorzio di bonifica Parmigiana Moglia Secchia (www.bpms.re.it) in collaborazione con la Provincia di Modena e finanziati dalla Regione Emilia Romagna e dal Consorzio stesso.

- Cavo Lama: arginato, promiscuo (irriguo e di scolo)
- Fossetta dei morti: in trincea, di scolo

Estensione intervento:

- Canale Budrione: 500 m su entrambe le sponde
- Cavo Lama: 700 m su entrambe le sponde
- Fossetta dei Morti: 400 m su una sola sponda

13.5.2 Problemi e opportunità

Nel corso degli anni, le sponde dei canali considerati hanno subito una diffusa azione di erosione e sono ora soggette a franamento che causa:

- *Cavo Lama*: aumento progressivo di larghezza e conseguente rischio di cedimento degli argini;
- *Canale di Budrione*: aumento progressivo di larghezza e conseguente rischio di cedimento della strada adiacente;
- *Fossetta dei Morti*: occlusione della sezione e rischio di cedimento della strada adiacente.

Attualmente i canali sono privi di vegetazione arborea ed arbustiva e quella erbacea è regolarmente asportata dalle usuali operazioni di manutenzione: oltre ad una evidente banalizzazione ecologica e paesaggistica, la completa assenza di vegetazione e dei suoi apparati radicali (oltre alla stessa operazione di sfalcio) è una causa della destabilizzazione delle sponde e della loro erosione diffusa.

Per quanto riguarda i canali di tipo irriguo o promiscui, come Budrione e Cavo Lama, le problematiche da affrontare sono leggermente differenti rispetto a quelle dei canali di scolo: nei primi, infatti, durante la stagione irrigua il tirante idrico rimane sostanzialmente costante ai massimi livelli per un ampio lasso di tempo (5-6 mesi in primavera-estate), coincidente con il periodo vegetativo delle colture; nel resto dell'anno il livello scende lasciando la sponda nuda. Ciò comporta la necessità di ideare una soluzione progettuale che protegga dall'erosione la sponda al di sotto del livello di massimo invaso e che, contemporaneamente, abbia un aspetto gradevole anche nelle fasi di minor livello idrico, quando il canale si trova sostanzialmente privo d'acqua.

13.5.3 Obiettivi

Gli obiettivi perseguiti, in ordine di importanza, sono:

- Tecnico-gestionali
Riduzione dei costi di gestione (manutenzione sponde)
- Ambientali
Natura (vegetazione, habitat)
Interesse paesaggistico-culturale
- Socio-economico-culturali
Fruizione

13.5.4 Tecniche

Le tecniche normalmente utilizzate per il contenimento dell'erosione spondale

Fig. 13.21.
Canale di Budrione.

A sinistra: con la linea gialla tratteggiata è schematizzata l'originale sezione trapezoidale; con la linea continua lo stato attuale conseguente all'erosione. La strada in destra idraulica è perciò a rischio di cedimento e il terreno agricolo in sinistra è soggetto a progressiva perdita di superficie. A destra: l'intervento proposto prevede la realizzazione di una copertura diffusa a protezione del campo e di una palificata semplice a sostegno del piede della strada. (Foto: M. Monaci - Disegni IRIS sas, www.irisambiente.it)

prevedono, ad esempio, la risagomatura tramite movimenti di terra o la realizzazione di *palizzate* a sostegno del piede di sponda. Tali interventi hanno costi elevati e non apportano altri benefici collaterali di tipo ambientale, oltre a quelli strutturali.

I progetti qui presentati mostrano invece come sia possibile contenere l'erosione con tecniche di ingegneria naturalistica, con costi comparabili alle tecniche classiche ottenendo però un miglioramento dal punto di vista eco-morfologico: in questo caso l'elemento strutturale portante è costituito proprio dalle specie vegetali messe a dimora.

Si noti che nell'ingegneria naturalistica ci si affida all'effetto strutturale delle opere in materiale morto (la paleria di castagno) solo per il periodo necessario all'affermazione del materiale vivo, che svolgerà anche l'effetto consolidante definitivo.

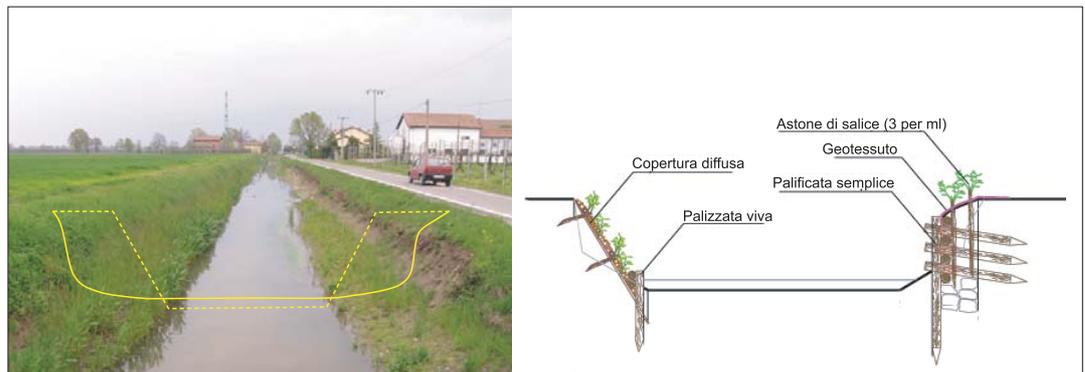
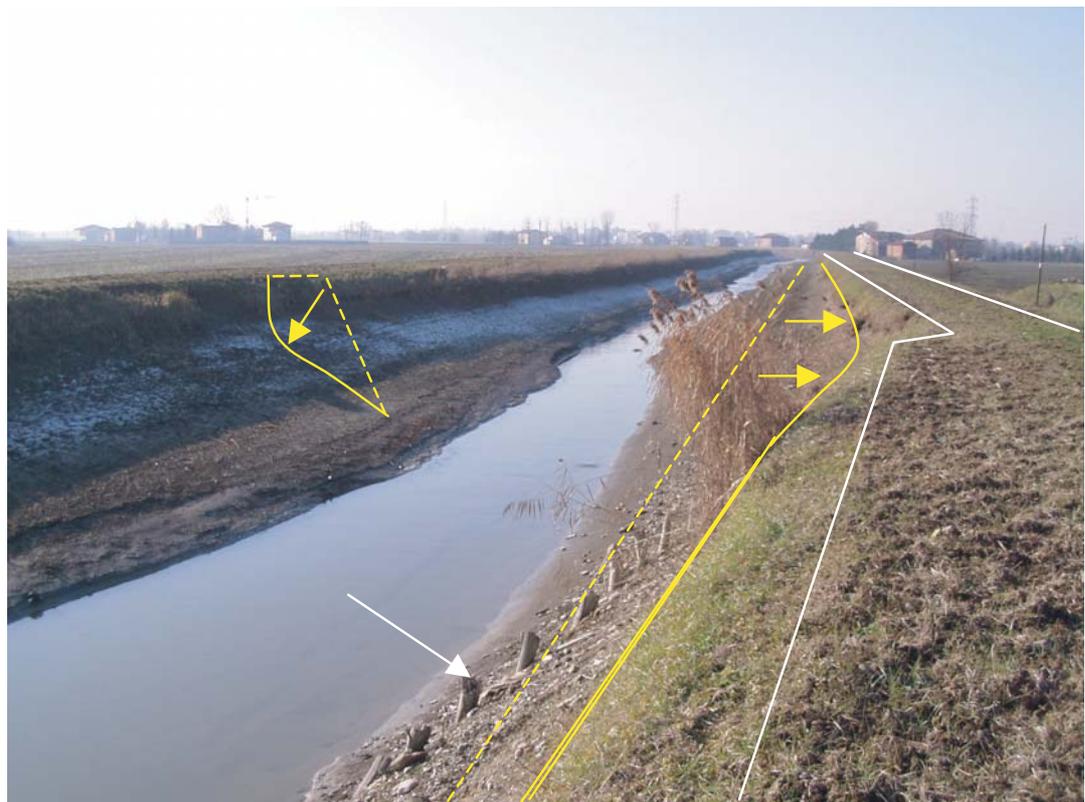


Fig. 13.22.

Cavo Lama. Situazione prima dell'inizio dei lavori. A sinistra: con la linea tratteggiata è schematizzata l'originale sezione trapezoidale e con la linea continua lo stato attuale conseguente all'erosione. A destra: le linee gialle indicano il piede della scarpata spondale pre-erosione (in tratteggio) e attuale (linea continua). Le linee bianche indicano la sommità arginale; è evidente in secondo piano una sensibile riduzione della larghezza dell'argine, a seguito dell'erosione. (Foto: M. Monaci)



13.5.4.1 Franamento di sponda con strada adiacente - palificata semplice e inerbimento protetto

Per contrastare l'erosione delle sponde sul Canale di Budrione, che talora minaccia la stabilità delle strade adiacenti (Fig. 13.21, 13.24, 13.25), è previsto il consolidamento del piede spondale con una *palificata semplice* in paleria di castagno (Fig. 13.21). Al di sopra della palificata e fino al ciglio della sponda, si va a ricostituire una sia pur esigua fascia riparia utilizzando un *inerbimento protetto* da georete in fibra di cocco, fermata al terreno con picchetti vivi di salice. Inoltre, sull'inerbimento protetto sono inseriti verticalmente tre astoni di salice per metro lineare, con lo scopo sia di rinfoltire la fascia riparia che di costituire, con le loro radici, una fitta trama che impedisce lo svuotamento del terreno della palificata. Il problema dell'erosione è ben evidente sul Cavo Lama (Fig. 13.22), dove l'argine ha perso nel corso degli anni parte del suo spessore; l'intervento di consolidamento (Fig. 13.23) prevede la realizzazione di una doppia fila di palizzate (l'inferiore morta, in paleria di castagno; la superiore viva, in pali di salice) e il rivestimento con georete in cocco della sponda compresa tra le due palizzate. A causa dell'uso promiscuo del Cavo (irriguo in estate e di scolo delle acque nel resto dell'anno), durante il periodo irriguo il canale rimane colmo d'acqua per 4-5 mesi, sommergendo la palizzata inferiore; ciò preclude, per essa, la possibilità di impiegare una palizzata viva. La palizzata superiore, invece, resta emersa tutto l'anno e può così generare una fascia riparia che nel corso degli anni, grazie all'apparato radicale, potrà garantire il sostegno della sponda (Fig. 13.23).

Nel caso della Fossetta dei Morti, invece, l'intervento prevede di allargare l'alveo occluso e una *palificata* a sostegno della sponda instabile (Fig. 13.24); ciò consente anche di creare una stretta fascia riparia, che andrà mantenuta a livello arbustivo per non creare impedimento al passaggio nella strada o nella pista di manutenzione utilizzata dal Consorzio.

13.5.4.2 Franamento di sponda senza infrastrutture da proteggere - doppia fila di palizzate vive

Nel caso di franamenti di sponda, ma assenza di infrastrutture da proteggere, è possibile considerare l'opzione "non intervenire e lasciare erodere, risarcendo l'agricoltore per il danno subito", o acquisire una porzione di suolo limitrofa al canale per lasciarlo erodere o, infine, sviluppare una fascia riparia a scopi produttivi (FTB) che stabilizza il canale e remunera l'agricoltore con la vendita della legna. Questa soluzione può trovare applicazione soprattutto se vengono attivati appositi meccanismi economici.

Nella figura 13.25 si presenta invece un intervento di controllo dell'erosione di tipo strutturale per sponde prive di infrastrutture stradali da proteggere; in questo caso è



Fig. 13.23.

Cavo Lama. A sinistra: è appena terminata la realizzazione della doppia fila di palizzate, l'inferiore morta (in castagno) e la superiore viva (pali di salice). Tra le due file è stata realizzata una copertura con georete in cocco, per proteggere la sponda fino alla crescita della fascia riparia. Sulla sponda opposta si può notare l'erosione pre-intervento. Al centro: situazione dopo 1 mese dalla fine dei lavori. Poiché il cavo è completamente invaso per scopi irrigui, la palizzata morta in castagno è sommersa; emerge solo la palizzata viva superiore, che ha già iniziato a sviluppare le piante di salice. In primo piano si notano i pali di salice della palizzata con i primi "getti", mentre sullo sfondo si può vedere l'analogo intervento realizzato sulla sponda opposta, con la palificata viva superiore emersa. A destra: simulazione grafica dei risultati dell'intervento di riqualificazione. La palizzata viva superiore si è completamente sviluppata e crea una fascia riparia lungo tutto il canale (a destra), mentre la sponda in primo piano mostra la situazione pre-intervento. (Foto: M. Monaci)

Fig. 13.24.

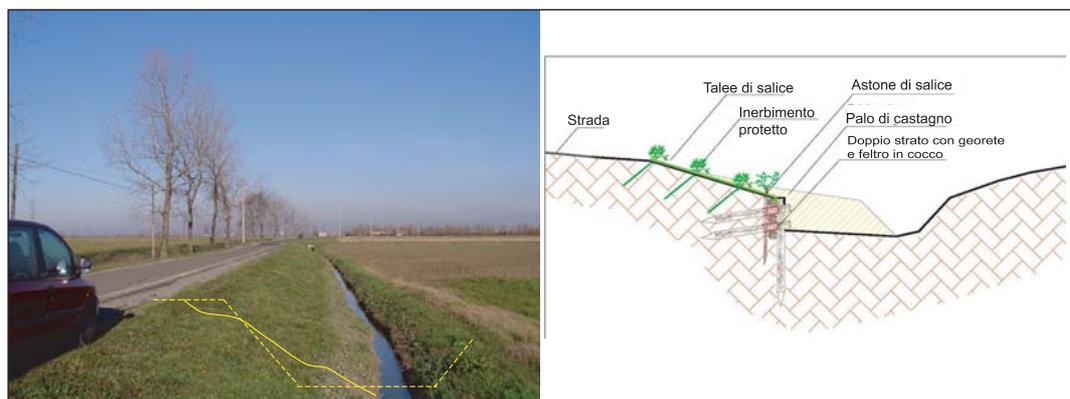
Fossetta dei Morti.

A sinistra: con la linea gialla tratteggiata è schematizzata l'originale sezione trapezoidale; con la linea continua lo stato attuale conseguente all'erosione. La bassa coerenza del materiale di sponda ha causato lo scivolamento della stessa all'interno del canale, con conseguente occlusione parziale della sezione e problemi di stabilità alla strada adiacente, che tende a franare verso il canale. A destra: l'intervento prevede l'allargamento dell'alveo occluso, la realizzazione di una palificata per impedire un nuovo franamento e l'inerbimento protetto con talee di salice per creare una stretta fascia riparia.

(Foto: M. Monaci;

Disegno: IRIS sas;

www.irisambiente.it)



possibile permettersi un grado di consolidamento minore e una varietà vegetale maggiore rispetto a quella ottenibile con la *palificata semplice* descritta per la sponda lato strada del Budrione (Fig. 13.21) e della Fossetta dei Morti (Fig. 13.24). Si prevede quindi l'utilizzo di una doppia fila di *palizzate* e, nella banchina interposta, la messa a dimora di cannuce di palude (*Phragmites australis*) protette da geotessuto, così da ottenere una doppia fascia vegetale: canneto in basso e salicacee verso la sommità.

13.5.4.3 Franamento di sponda senza infrastrutture da proteggere - copertura diffusa di salicacee

In altri casi del tutto analoghi al precedente, dove l'erosione spondale non interessa infrastrutture stradali da proteggere ma campi agricoli (Fig. 13.21, a sinistra), anziché una palizzata doppia è stata prevista una *copertura diffusa* (Fig. 13.26), che consolida la sponda realizzando allo stesso tempo una fascia riparia di salicacee abbastanza fitta.

La superficie della sponda, preventivamente riprofilata per ridurre la pendenza, viene completamente rivestita da astoni di salice intimamente affiancati fra loro, disposti lungo la linea di massima pendenza. In questo modo lo strato di rami di salice copre l'intera superficie e protegge quindi il terreno dall'erosione sin dal momento della posa. Oltre all'azione protettiva immediata, la radicazione intensiva e il ricaccio vegetativo degli astoni danno vita ad una fascia arbustiva che mantiene la sua elasticità nel tempo e costituisce lo stadio pioniero della nuova vegetazione arborea principale.

13.6 Manutenzione della vegetazione acquatica e palustre – Consorzio di Bonifica Dese Sile

13.6.1 Inquadramento territoriale

Consorzio di Bonifica Dese Sile di Mestre (VE)⁹⁾

Canali appartenenti al Bacino Scolante nella Laguna di Venezia

⁹⁾ Progettazione a cura del Consorzio di Bonifica Dese Sile.

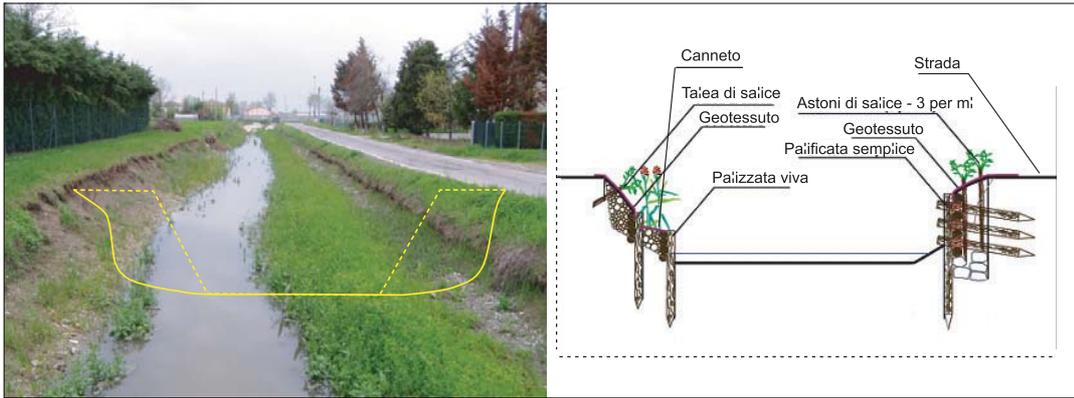


Fig. 13.25. Canale di Budriane. Nella foto: sezione trapezoidale originale (linea tratteggiata) e stato attuale (linea continua) conseguente all'erosione. La presenza della strada impone la priorità del consolidamento strutturale della sponda (palificata semplice con salici), mentre sulla sponda opposta, mancando infrastrutture da difendere, è possibile privilegiare la diversificazione vegetale (palizzata doppia con una fascia di canneto al piede, sovrastata da una di salici). A destra lo schema progettuale d'intervento. (Foto: M. Monaci; Disegno: IRIS sas, www.irisambiente.it)

13.6.2 Problemi e opportunità

Il progressivo sviluppo urbano, la conseguente riduzione delle aree di esondazione e l'impermeabilizzazione del territorio, hanno reso il contenimento del rischio idraulico un obiettivo prioritario per i consorzi di bonifica. Questi provvedono perciò a mantenere i canali privi di vegetazione, realizzando periodiche campagne di sfalci più volte nell'anno, così da garantire il massimo deflusso idrico consentito dalla sezione del canale; tale sistema di gestione, oltre ad ingenti costi economici per i consorzi, comporta anche costi ambientali, limitando drasticamente la funzionalità ecologica dei canali.

Nel corso degli ultimi anni, prima a livello europeo e poi anche in Italia, sono nate sperimentazioni per individuare modalità di gestione della vegetazione più *gentili*, che tengano cioè in maggior considerazione gli aspetti ambientali; tali modalità di manutenzione prevedono sfalci meno frequenti, in periodi meno impattanti per fauna e flora e meno radicali (lasciando chiazze di vegetazione in alveo) e, infine, l'utilizzo dell'effetto ombreggiante di alberi e arbusti, posti a margine dei canali, per il controllo della vegetazione acquatica.

Questi orientamenti rendono necessaria la predisposizione di piani di manutenzione pluriennali, specifici per i singoli canali e per le diverse formazioni vegetali presenti (idrofiti, elofite, vegetazione arborea e arbustiva). Tali sistemi sono spesso più economici rispetto agli sfalci periodici tradizionali e migliorano gli aspetti ambientali; ovviamente occorre verificare caso per caso sia la funzionalità idraulica dei canali in relazione alla maggior presenza di vegetazione acquatica, che l'effettiva diminuzione dei costi, ma la direzione verso cui tendere pare ormai consolidata.



Fig. 13.26. A sinistra, il Canale di Migliarina con la copertura di astoni appena completata. A destra, un esempio della situazione dopo pochi mesi dall'intervento: i ricacci di salice sono, al momento, solo quelli dei picchetti vivi utilizzati per fissare gli astoni. (Foto: IRIS sas, www.irisambiente.it)

13.6.3 Obiettivi

Gli obiettivi principali, elencati in ordine d'importanza, sono:

- **Ambientali**
 - Natura (Fauna ittica, Vegetazione, Habitat, Qualità acqua)
 - Rilevanza paesaggistica-culturale
- **Tecnico-gestionali**
 - Sperimentazione e monitoraggio: studio di nuove tecniche di manutenzione a minor impatto ambientale per sedimenti e vegetazione
- **Socio-economico-culturali**
 - Fruizione, qualità acqua, riduzione costi di gestione

13.6.4 Manutenzione della vegetazione acquatica (idrofiti)

Considerato che gli sfalci estesi su lunghi tratti provocano un impatto biologico drammatico, è preferibile contenere l'eccessiva proliferazione di piante acquatiche ricorrendo all'ombreggiamento di piante riparie o utilizzando i normali mezzi meccanici, ma con modalità più sostenibili.

L'efficacia dell'ombreggiamento è tale che, per evitare la totale scomparsa delle piante acquatiche, è consigliabile prevedere filari arborei discontinui o lungo un unico lato del canale (Fig. 13.27).

Dove invece problemi di sicurezza non permettono la presenza di alberi e arbusti lungo i canali, è possibile adottare alcuni accorgimenti. Ad esempio, dove le dimensioni del corso d'acqua lo permettono, il Consorzio di Bonifica Dese Sile utilizza un'imbarcazione munita di barra falciante (Fig. 13.28, a sinistra) per effettuare uno sfalcio parziale della vegetazione acquatica (es. per 1/3 della larghezza dell'alveo) così da creare un "canale di corrente" sinuoso (Fig. 13.28, a destra),

Fig. 13.27.

L'effetto ombreggiamento può essere talmente efficace da eliminare quasi completamente la vegetazione acquatica, creando quindi un danno a tale componente biologica. È pertanto consigliabile, in molti casi, alternare zone ad ombreggiamento totale su entrambe le sponde a zone con filari alberati posti solo su un lato del canale, sino a situazioni in cui si alternano zone alberate e altre no sulla stessa riva, così da favorire una diversificazione biologica in alveo e sulle sponde.
(Illustrazione: B. Boz)

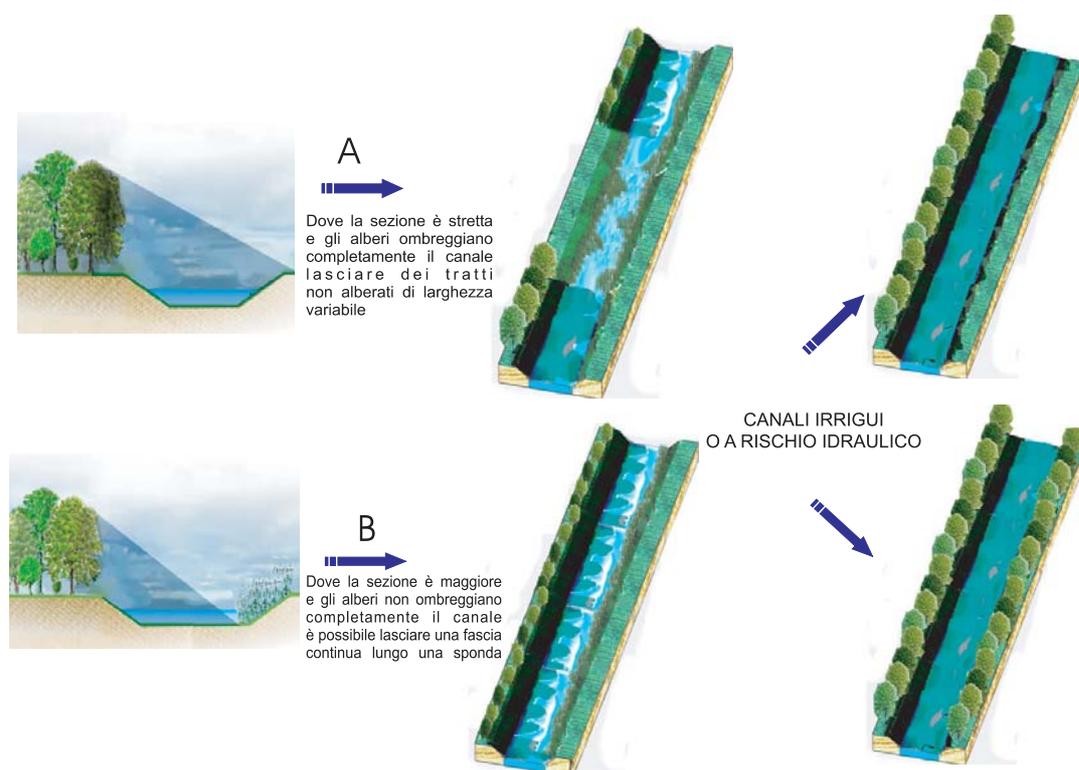




Fig. 13.28.
A sinistra: manutenzione della vegetazione acquatica tramite barra falciante montata su un'imbarcazione. Pur trattandosi (nel caso specifico) di uno sfalcio piuttosto energico, viene risparmiata la bordura vegetale al piede di sponda, proteggendo questa dall'erosione e fornendo habitat rifugio agli organismi acquatici. A destra: canale di corrente sinuoso, largo un terzo dell'alveo, realizzato dalle sponde con barra falciante montata su mezzo meccanico. (Foto: Consorzio di Bonifica Dese Sile)

favorire la diversità ambientale e proteggere il piede della sponda dall'erosione. Il taglio della vegetazione avviene preferibilmente nei mesi di agosto, settembre e ottobre, escludendo il periodo febbraio-giugno, per rispettare il periodo riproduttivo della fauna ittica e dell'avifauna.

Nei casi in cui la larghezza dell'alveo lo consenta, la stessa modalità di taglio può essere realizzata dalla sponda, montando la barra falciante su un mezzo meccanico.

13.6.5 Manutenzione della vegetazione palustre (elofite)

La salvaguardia della vegetazione presente lungo le rive (elofite) fornisce vantaggi analoghi a quanto descritto per le idrofite (Par. 13.6.4).

L'intento delle nuove modalità di gestione è realizzare un assetto del canale simile a quello dei corsi naturali, in cui la corrente d'acqua tende a creare un *canale di corrente* sinuoso (Fig. 13.28, a destra).

Per ottenere tale assetto si può effettuare un taglio parziale della vegetazione (1/3 o 2/3 della larghezza totale) procedendo con un andamento sinuoso. Dati sperimentali hanno mostrato che già con il taglio della vegetazione per una larghezza pari ad un terzo di quella dell'alveo, in molti casi è possibile ottenere un significativo miglioramento del deflusso ed un conseguente abbassamento del livello idrico, quasi uguale a quello ottenibile con un taglio completo (Fig. 13.29).

Anche recenti sperimentazioni del Consorzio di Bonifica Dese Sile⁽¹⁰⁾ hanno dimostrato come la realizzazione di un canale di corrente sia compatibile con il contenimento del rischio idraulico.

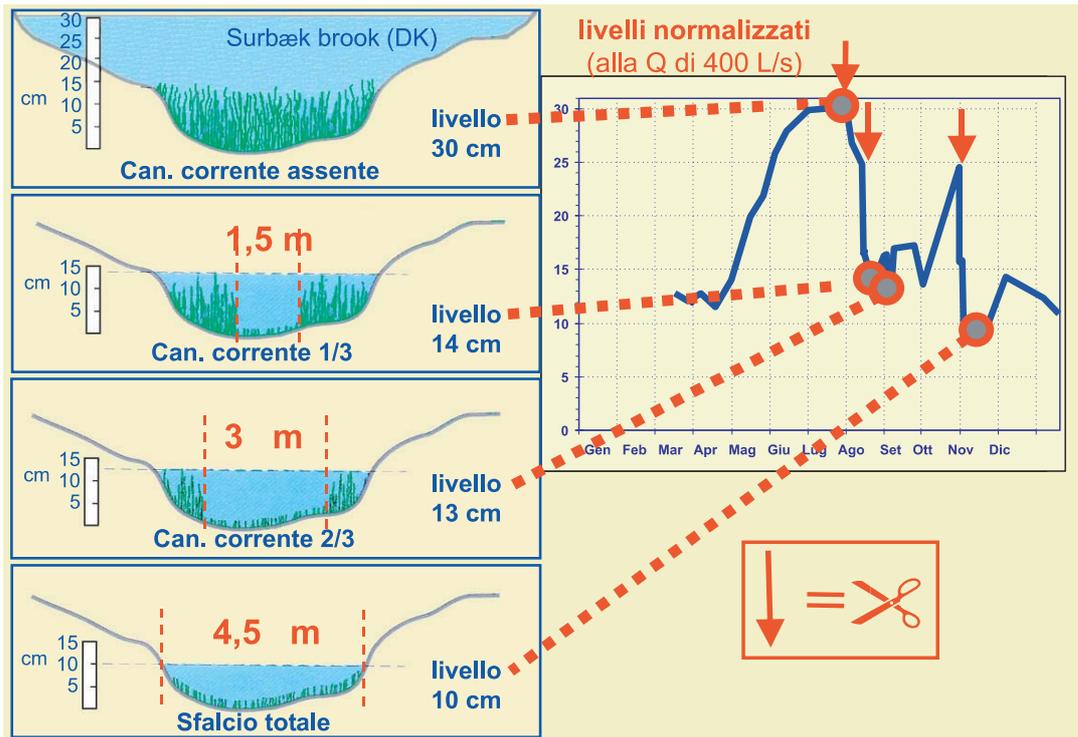
Il taglio della vegetazione palustre viene realizzato con le stesse tecniche utilizzate per la vegetazione acquatica (Par. 13.6.4), avendo cura di lasciare una fascia di vegetazione a protezione del piede di sponda e rispettando, quando possibile, il periodo riproduttivo dell'avifauna.

Anche lungo i canali con sponde e fondo rivestiti in calcestruzzo, è utile conservare nel periodo estivo la vegetazione che, a causa dei depositi di sedimento, cresce all'interno dell'alveo (Fig. 13.30).

In tutti gli interventi di manutenzione della vegetazione, un accorgimento essenziale è l'allontanamento dei materiali sfalciati, per evitare che essi stessi o i loro prodotti di decomposizione finiscano in acqua, compromettendone la qualità.

¹⁰ ZANE, 2003.

Fig. 13.29. Canale di corrente sinuoso. Il massimo abbassamento del tirante idrico (da 30 a 14 cm) si ottiene già sfalciando un “canale di corrente” largo 1/3 dell’alveo. Uno sfalcio più esteso comporta un impatto ben maggiore, ma apporta minimi benefici idraulici supplementari (il livello, da 14 cm, scende solo a 13 e 10 cm) ed, esponendo le gemme basali all’illuminazione, favorisce la rapida ricrescita vegetale.



Nel grafico, le frecce indicano la data degli sfalci. (Figura: da MADSEN, 1995, rielaborata)

Fig. 13.30. Manutenzione della vegetazione all’interno di un canale di bonifica rivestito in calcestruzzo: taglio parziale, lasciando isole di vegetazione. (Foto: Consorzio di Bonifica Dese Sile)

14. Caso studio 6

SELLUSTRA: nuova vita dal LIFE

Estensori caso studio: *Bruno Boz, Marco Monaci*

Autori lavoro originario: Comune di Dozza: *Antonio Borghi, Susanna Bettini, personale ufficio tecnico;*

CIRF: *Bruno Boz, Bruna Gumiero, Giulio Conte, Giuseppe Baldo, Giustino Mezzalira;*

Starter s.r.l.: *Chiara Da Giau, Giulio Volpi;*

Iridra srl;

Iris sas (Progettista e Direttore lavori: Dott.Giordano Fossi)

INQUADRAMENTO DEL CASO STUDIO

Tipologia corso d'acqua	Torrente di dimensioni medio/piccole dell'Appennino Nord – Orientale. Le portate per tempi di ritorno di 5, 30, 100 e 200 anni, calcolate dall'Autorità di Bacino del Fiume Reno, sono rispettivamente di 61, 88, 106 e 115 m ³ /s. Nel periodo estivo, però, è soggetto a magre spinte.
Territorio	<i>Regione:</i> Emilia Romagna – Comuni di Dozza, Casalfiumanese, Imola. Il Torrente Sellustra nasce in Emilia Romagna nel versante Adriatico dell'Appennino Settentrionale e si immette nel Fiume Sillaro a Castel Guelfo di Bologna. <i>Caratteristiche:</i> scarsamente antropizzato nell'area montana calanchiva, presenza antropica (agricoltura intensiva, zootecnia, attività industriali) nell'area collinare e di pianura.
Problematica	<ul style="list-style-type: none"> • degrado ambientale; inquinamento; erosione spondale; artificializzazione dell'alveo; mancanza di un approccio pianificatorio comune; • coordinamento tra i vari Enti competenti; • accesso a finanziamenti comunitari
Messaggio	<ul style="list-style-type: none"> • una piccola amministrazione comunale può rivestire il ruolo di "soggetto promotore di iniziative, anche progettuali" nei confronti di Enti sovraordinati in tema di riqualificazione fluviale • il percorso che conduce ad ottenere un finanziamento Comunitario (LIFE in questo caso) è tipicamente "non lineare"; da questa consapevolezza si possono cogliere indicazioni per migliorare le future opportunità • realizzare concretamente interventi pilota è importante per innescare processi riproducibili con successo
Approccio	<ul style="list-style-type: none"> • approccio tecnico integrato • migliorare l'informazione/comunicazione • migliorare finanziamento e gestione
Linee di azione	<ul style="list-style-type: none"> • <u>Contro il rischio idraulico e da dissesto idrogeologico</u> <ul style="list-style-type: none"> - Recuperare l'equilibrio geomorfologico • <u>Per soddisfare ricreazione e fruizione</u> <ul style="list-style-type: none"> - Mantenere o raggiungere una buona qualità dell'acqua • <u>Per soddisfare l'obiettivo "natura"</u> <ul style="list-style-type: none"> - Ripristinare un assetto fisico più "naturale" (morfologia, equilibrio geomorfologico) - Conseguire una buona qualità dell'acqua per gli ecosistemi - Garantire popolamenti animali e vegetali naturali, diversificati, equilibrati ed ecosistemi ben funzionanti
Tecniche e Strumenti -	<ul style="list-style-type: none"> • <u>Tecniche</u> <ul style="list-style-type: none"> - Stabilità delle sponde e del letto: tecniche di ingegneria naturalistica - Habitat, fauna ittica e biodiversità: creazione di habitat e tutela della biodiversità; rampe di risalita per pesci - Capacità di autopurificazione del corso d'acqua e del territorio: fitodepurazione; fasce tampone boscate • <u>Strumenti</u> <ul style="list-style-type: none"> - Convegni ed eventi fieristici - Workshop - Gruppo osservatori - Sito web tematico
Livello	Conoscenza, progettazione, attuazione, monitoraggio

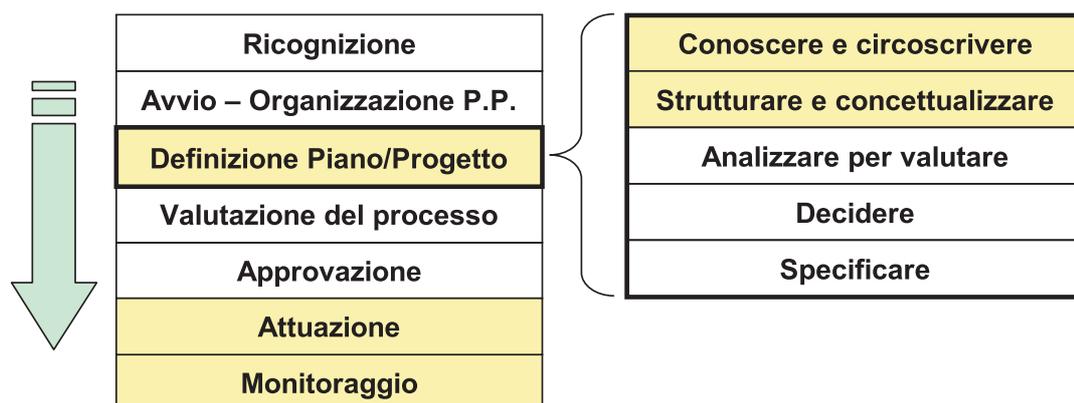


Fig. 14.1. FASI del Processo Decisionale Partecipato (sinistra) e PASSI CHIAVE per lo sviluppo della fase “Definizione di un piano/progetto” (destra). In giallo sono evidenziate le parti sviluppate nel presente caso studio.

14.1 In pillole

Il “progetto LIFE” da cui questo caso studio trae spunto è nato grazie al ruolo di soggetto promotore giocato da un piccolo Comune dell’Emilia Romagna, Dozza (Fig. 14.2), che ha permesso di definire un progetto integrato di riqualificazione fluviale del torrente Sellustra e di attuare poi (grazie al finanziamento LIFE) azioni dimostrative replicabili in contesti simili, come interventi di *ingegneria naturalistica*, la messa a dimora di *fasce tampone boscate* e la costruzione di un impianto di *fitodepurazione*.

Il caso studio pone l’accento sulle ricadute “socio-amministrative” che tale progetto LIFE ha avuto sul territorio, in particolare dopo il suo termine, giocando di fatto il ruolo di catalizzatore.

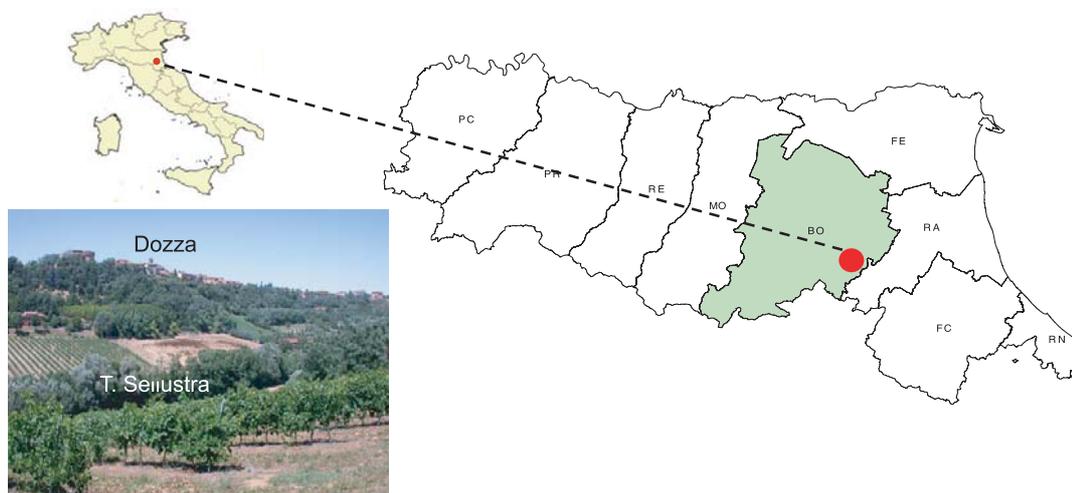


Fig. 14.2. Area di studio e una immagine del bacino del Sellustra.

14.2 Preparazione della proposta di progetto (finanziamento LIFE)

Nella maggior parte dei casi, le proposte presentate alla Commissione Europea per ottenere un cofinanziamento attraverso strumenti come i LIFE sono il risultato conclusivo di lunghi, articolati e spesso non coordinati percorsi precedentemente intrapresi che, nel tempo, hanno subito modifiche e correzioni “in corsa” di vario tipo.

Nel caso specifico, la ricostruzione di questo percorso progettuale e decisionale è illuminante per:

- comprendere le motivazioni che hanno portato ad un progetto di riqualificazione nel bacino idrografico del torrente Sellustra;
- mostrare come un piccolo Comune possa essere promotore di iniziative, anche progettuali, a livello di bacino;
- inquadrare in modo corretto l'importanza strategica dei risultati conseguiti con il progetto "LIFE Sellustra", inteso non come tappa finale ma come indispensabile tappa intermedia di un processo più ampio.

Il caso Sellustra è un esempio emblematico di come, partendo da un problema circoscritto e "particolare" si sia giunti, attraverso una serie di passaggi logici e gradualmente, ad individuare prima, e cominciare a risolvere poi, un problema di carattere "generale" (Fig. 14.3).

Il problema particolare che innesca il processo è la costruzione, all'inizio degli anni novanta, di un fabbricato industriale, in una zona a precedente uso agricolo nel Comune di Dozza, per lo svolgimento di un'attività di tintoria con portata dello scarico eccedente la capacità della rete fognaria e conseguente necessità di sversamento nel corpo idrico superficiale adiacente, il torrente Sellustra, previo trattamento depurativo in loco (Fig. 14.4).

Vista la qualità e l'entità della portata dello scarico, soprattutto in rapporto alla portata ridotta del corpo recettore (in estate anche nulla), questa soluzione ha generato un conflitto con settori della comunità locale e con le associazioni ambientaliste.

La gestione della conflittualità è stata affrontata a livello politico dall'Amministrazione comunale di Dozza attraverso il dialogo e l'interazione tra i vari portatori d'interesse, concretizzatosi con il raggiungimento di un protocollo d'intesa condiviso. Da quest'ultimo emerge chiaramente la necessità di attivare, come passo programmatico prioritario, uno studio complessivo delle problematiche ambientali presenti nell'intero bacino idrografico, finalizzato a contestualizzare correttamente l'entità dell'impatto generato dalla nuova attività industriale rispetto alle fonti inquinanti già esistenti.

Grazie ad un finanziamento regionale, si procede alla realizzazione di uno studio multidisciplinare, comprensivo anche di un'attività di monitoraggio ambientale, dal quale emerge un ampio spettro di problematiche in atto legate non solo alla scarsa qualità delle acque, ma anche a criticità di tipo geomorfologico, vegetazionale e biologico.

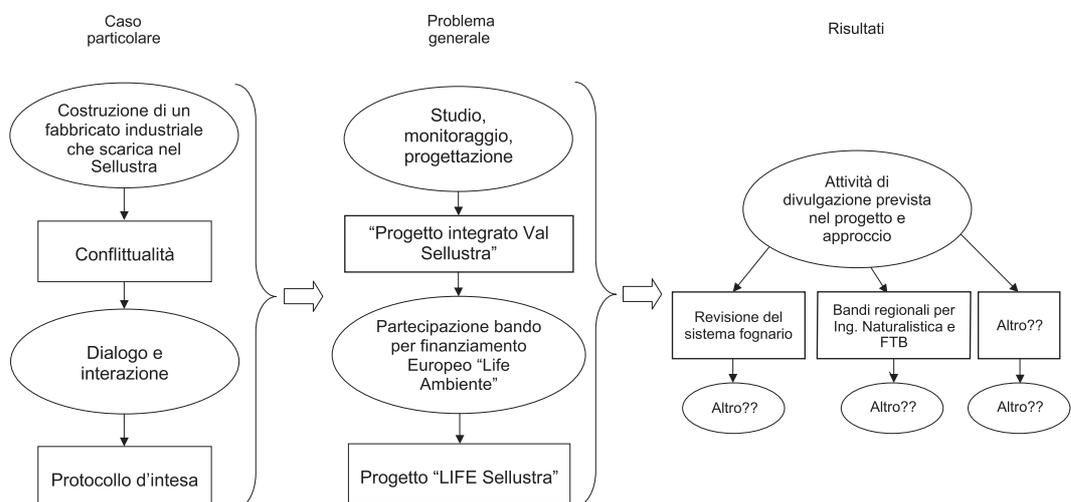


Fig. 14.3.

Il percorso che ha portato al progetto Life Sellustra e le attività da esso innescate. "Altro" significa che si innescano progetti o iniziative non noti: ad esempio, nel Gruppo Osservatori sono presenti persone da tutta Italia e potrebbero esser nati altri LIFE o progetti in conseguenza degli incontri. Uno degli obiettivi del LIFE è infatti unire la divulgazione mirata ai soggetti locali, monitorabile con il numero di altre iniziative progettuali partite, con la disseminazione generalizzata, il cui monitoraggio si basa ad esempio su indicatori quali il numero di opuscoli distribuiti o il numero di partecipanti alla fiera X, ma risulta problematico monitorare se sono state realizzate altre azioni progettuali simili nel resto d'Italia.

Sulla base di questi dati conoscitivi viene strutturata una proposta progettuale preliminare di interventi di riqualificazione dell'intero bacino idrografico (1998-1999), da cui emerge in modo evidente –già dal titolo “Progetto integrato Val Sellustra”– la necessità di adottare un approccio di tipo tecnico multiobiettivo per la risoluzione delle problematiche presenti, promuovendo nel contempo un'azione di coinvolgimento ampio dei soggetti pubblici e privati agenti sul territorio.

Questo progetto ambizioso ed articolato viene successivamente tradotto in una proposta progettuale “LIFE Ambiente” che, nonostante abbia mantenuto intatti il tipo di approccio ed i caratteri innovativi, risulta ridimensionata rispetto all'idea progettuale iniziale, anche a seguito di mutate scelte programmatiche di alcuni potenziali Enti beneficiari inizialmente coinvolti; si passa sostanzialmente da un Piano ad un insieme di interventi pilota dimostrativi, stralcio di quelli individuati nel Piano complessivo.

Nonostante ciò, tale proposta viene finanziata dalla Commissione Europea tramite lo strumento “LIFE” e il progetto diviene attuativo (inizio 2001, conclusione 2004).



Fig. 14.4.
Lo scarico della tintoria in comune di Dozza, “problema particolare” che ha innescato il processo “problema generale”.
(Foto B. Boz)

14.3 Il progetto “LIFE Sellustra”

Prima di avanzare una richiesta di finanziamento “LIFE”, è bene tenere presente che tale strumento è intrinsecamente proiettato non tanto a risolvere problemi locali e circoscritti, bensì ad attivare processi riproducibili in altri contesti, a mettere in campo altri finanziamenti, a favorire processi di cambiamento culturale attraverso azioni dimostrative e divulgative ad ampio respiro.

L’idea progettuale non è perciò stata improntata sulla risoluzione di tutte le criticità e le problematiche del torrente Sellustra, ma sulla realizzazione di alcuni interventi pilota ritenuti dimostrativi circa le modalità di risoluzione delle varie problematiche presenti.

Questo si è tradotto nel concreto nella realizzazione di alcuni interventi di:

- ingegneria naturalistica per la risoluzione di problemi localizzati di erosione spondale;
- miglioramento degli habitat per la fauna ittica;
- riduzione del grado di artificializzazione dell’alveo;
- miglioramento della vegetazione spondale;

accompagnati da:

- costruzione di un impianto di fitodepurazione;
- sviluppo di un processo di animazione rurale per la realizzazione di fasce tampone boscate;
- un’attività di monitoraggio molto approfondita;
- un’attività di divulgazione molto ampia attraverso l’organizzazione di incontri pubblici, la distribuzione di materiale divulgativo (tra cui un manuale di progetto), la partecipazione in eventi fieristici nazionali ed internazionali, l’organizzazione di visite guidate, la creazione e l’aggiornamento di un sito web, ecc.

Il LIFE Sellustra ha avuto una durata di 24 mesi (più 6 di proroga) e un costo complessivo di circa 379 mila Euro.

14.4 Conoscere e circoscrivere - Problemi e criticità

I principali problemi e criticità individuati per il torrente Sellustra sono i seguenti:

- pessima qualità dell’acqua in tutto il corso, escluso il tratto a monte, legata alla presenza di scarichi puntuali (industriali e civili) e diffusi (agricoli e zootecnici);
- forte artificializzazione dell’alveo con perdita di naturalità;
- erosione spondale legata a fenomeni di incisione dell’alveo in tratti limitrofi ad infrastrutture (strade, abitazioni civili) accompagnata da una situazione di erosione diffusa nel bacino;
- assenza o degrado della vegetazione nelle fasce riparie.

14.5 Strutturare e concettualizzare

14.5.1 Obiettivi generali

- Ridurre il dissesto idrogeologico

- Migliorare la qualità dell'acqua
- Migliorare ricreazione e fruizione
- Aumentare il valore natura (si vedano il *Par. 7.7* e il *Cap. 9*).

14.5.2 Obiettivi specifici

Il progetto ha perseguito *obiettivi specifici* legati alla divulgazione e alla replicabilità di azioni di riqualificazione in altri contesti simili; in particolare ha avuto la finalità di:

- favorire una crescita culturale della comunità –locale e non– sulle tematiche ambientali;
- attivare nuovi canali di finanziamento per la risoluzione di criticità ambientali rimaste irrisolte nell'ambito di questo progetto;
- mostrare come si può agire per:
 - migliorare la qualità delle acque;
 - risolvere problemi di erosione spondale;
 - migliorare lo stato della vegetazione riparia;
 - incrementare la biodiversità ricreando habitat, rifugi (in particolare per la fauna ittica) e corridoi ecologici.

14.5.3 Linee di azione dimostrative

Gli strumenti per favorire la divulgazione e la crescita culturale sono presentati nella tabella 14.1 mentre le linee di azione che mostrano come intervenire per risolvere problemi tecnici specifici sono espone nella tabella 14.2.

Obiettivi	Strumenti
Promozione della crescita culturale della comunità – locale e non – sulle tematiche ambientali	Informazione (incontri pubblici, distribuzione materiale divulgativo), educazione, formazione (visite guidate ai siti di intervento, incontri tecnici con imprenditori agricoli ...)
Attivazione di nuovi canali di finanziamento per la risoluzione di criticità ambientali rimaste irrisolte nell'ambito del progetto	Utilizzo di strumenti economici (incentivi derivanti dal Piano di Sviluppo Rurale per interventi di riforestazione, per interventi di ingegneria naturalistica e per la messa a dimora di fasce tampone boscate)

Tab. 14.1.
Strumenti per favorire la divulgazione e la crescita culturale.

14.6 Attuazione

Per ogni linea d'azione indicata nella tabella 14.2 sono stati realizzati interventi pilota dimostrativi, così da fornire esempi applicativi di quanto suggerito.

14.6.1 Risoluzione di problemi localizzati di erosione spondale

Problemi

In alcuni tratti il torrente ha sponde ripide, in più tratti ad andamento sub-vertica-

Tab. 14.2.
Linee d'azione dimostrative per raggiungere obiettivi tecnici specifici.

Obiettivi – Mostrare come:	Linee di azione dimostrative
Migliorare la qualità delle acque	Aumento della capacità autodepurante del territorio con sistemi di depurazione naturale: fitodepurazione, fasce tampone boscate, riforestazione
Risolvere i problemi di erosione spondale	<ul style="list-style-type: none"> - Gestione della vegetazione mirata a valorizzare il suo ruolo di consolidamento - Realizzazione di difese spondali minimizzando l'impatto (ingegneria naturalistica)
Migliorare lo stato della vegetazione riparia	<ul style="list-style-type: none"> - Interventi di miglioramento forestale su formazioni boscate riparie e planiziali esistenti - Impianto di ecocelle al fine di innescare lo sviluppo di formazioni vegetali specifiche e l'incremento della complessità ecosistemica - Impianto di vegetazione arborea ed arbustiva per ricostituire la continuità della fascia vegetata riparia - Costituzione di formazioni arboreo-arbustive di tipo planiziale (retroripariali)
Incrementare la biodiversità ricreando habitat, rifugi e corridoi ecologici in particolare per la fauna ittica	<ul style="list-style-type: none"> - Realizzazione di rampe di risalita per i pesci - Creazione di habitat per la fauna ittica

le, con più punti in erosione e fenomeni gravitativi in atto. Si registrano situazioni di sottoescavazione ed erosione al piede di sponda, in particolare sul lato esterno delle anse dei meandri.

Soluzioni Progettuali

Il problema è stato affrontato utilizzando le tecniche dell'*ingegneria naturalistica*, con l'obiettivo di ottenere un miglioramento delle condizioni ambientali, in particolare utilizzando (Fig. 14.5, 14.6, 14.7 e 14.8):

- riprofilature delle sponde per conferire loro una pendenza più stabile;
- realizzazione di palizzate vive;
- inerbimenti protetti con georeti in juta;
- coperture diffuse con fascinate a doppio palo al piede di sponda.

14.6.2 Ripristino della connessione longitudinale per la fauna ittica

Problemi

La presenza di numerose opere di artificializzazione (in particolare briglie) interrompe la continuità longitudinale del torrente.

Soluzioni Progettuali

Sostituzione di una briglia con una *rampa di risalita per pesci* costituita da alcune file di massi di grandi dimensioni, ancorati con cavi di acciaio e riempimento degli spazi interposti con massi e ciottoli di dimensioni più ridotte (Fig. 14.9).

14. Caso studio 6 - SELLUSTRA: nuova vita dal LIFE

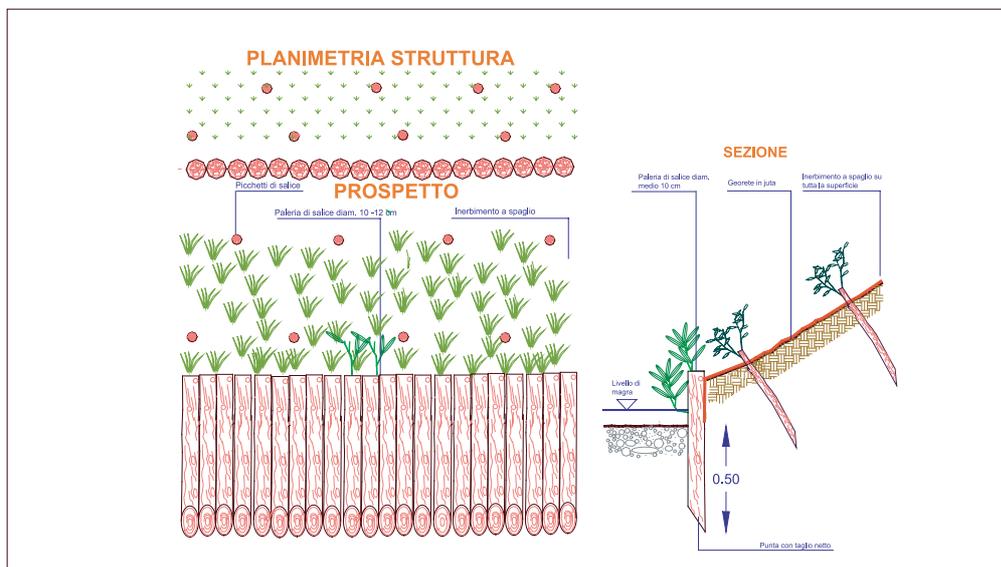
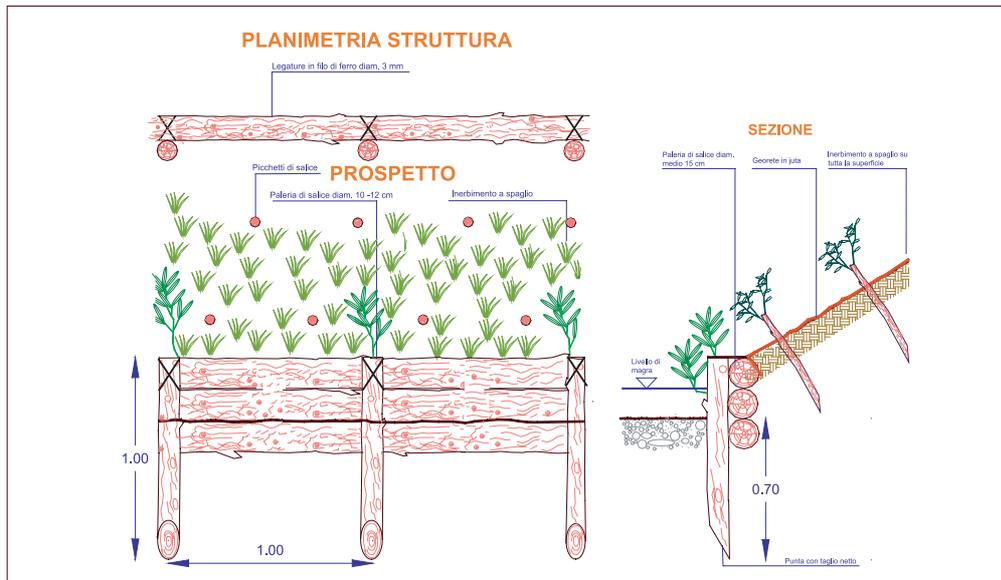
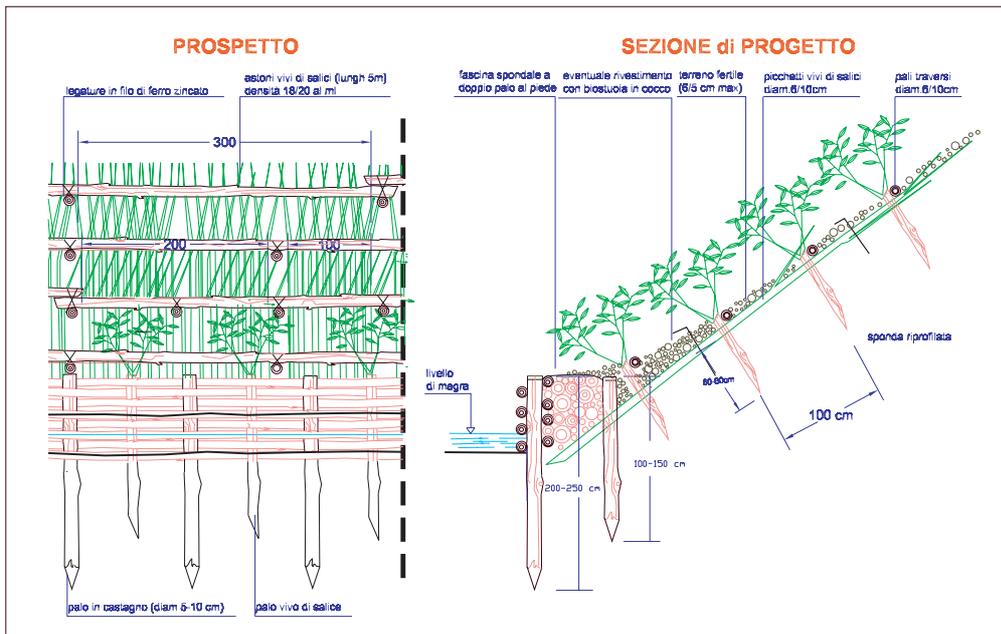


Fig. 14.5. Schede tecniche di alcuni interventi di ingegneria naturalistica. (Fonte: IRIS sas, www.irisambiente.it)

14.6 Attuazione

Fig. 14.6.

A sinistra i problemi di erosione; a destra l'intervento appena realizzato, con riprofilatura di sponda, palizzate e inerbimento protetto.

(Foto B. Boz)



Fig. 14.7.

Palizzata con inerbimento protetto da teli di juta, appena realizzata (sinistra) e a pochi mesi dall'intervento (destra).

(Foto B. Boz)



Fig. 14.8.

La situazione in uno dei siti di intervento, in tre intervalli a distanza di due mesi ciascuno.

(Foto: B. Boz)



Fig. 14.9.

L'interruzione della continuità longitudinale dovuta alla briglia sotto al ponte (sinistra) viene eliminata grazie alla costruzione della rampa di risalita (destra).

(Foto: B. Boz)



14.7 Monitoraggio dell'attuazione. I risultati successivi al "LIFE Sellustra"

Gli sforzi e le risorse investiti nell'attività di divulgazione a trecentosessanta gradi ed il costante coinvolgimento nelle varie fasi progettuali di tutti i soggetti tecnici e politici attivi sul bacino del Sellustra e nelle aree limitrofe, hanno raggiunto gli obiettivi, producendo una serie di risultati positivi. Infatti hanno generato iniziative progettuali e normative "figlie" del LIFE, come ad esempio:

- la modifica, da parte della locale azienda multiservizi, del piano di adeguamento del sistema fognario del Comune di Dozza e l'adozione, come opzione progettuale, delle tecniche della fitodepurazione.

Il quadro progettuale già in atto prevedeva l'ampliamento delle reti di collettamento per l'invio dei reflui al depuratore centralizzato di Imola: l'attività di concertazione avvenuta nell'ambito del progetto LIFE con l'azienda multiservizi, ha spinto quest'ultima a scartare tale ipotesi progettuale su un tratto di rete e a sostenere la realizzazione di un impianto di fitodepurazione in fregio al torrente Sellustra, con la restituzione immediata delle acque depurate al torrente stesso, attenuando così anche il problema delle secche estive (si veda lo schema A2 nella figura 3.4). L'Azienda ha inoltre avanzato una nuova proposta progettuale per la realizzazione di un ulteriore impianto di fitodepurazione per il trattamento in loco dei reflui, che tratterà la portata in eccesso, rispetto alla portata media delle acque nere, di una rete fognaria mista a servizio di circa 1000 abitanti equivalenti;

- il finanziamento regionale di un bando per la riqualificazione di un tratto di un affluente del torrente Sellustra con interventi di ingegneria naturalistica.

Si tratta in sostanza di replicare alcuni degli interventi pilota realizzati nell'ambito del progetto "LIFE Sellustra" in un tratto degradato a seguito dei lavori per la costruzione di un ponte;

- il finanziamento regionale per il rimboschimento a fini naturalistici di un'area incolta posta in fregio al torrente Sellustra.

Il progetto di rimboschimento (Fig. 14.10) si inserisce tra le finalità previste dall'Azione 1 della Misura 2i "Altre Misure Forestali" – Anno 2003 del Piano Regionale di Sviluppo Rurale della Regione Emilia Romagna. Il LIFE, grazie all'azione di animazione, ha permesso di portare a conoscenza dei proprietari contattati l'esistenza del bando, delle tecniche utilizzabili e dei relativi scopi ambientali. In particolare risponde agli obiettivi di:

- rinaturalizzazione di ambiti fluviali;
- costituzione di corridoi ecologici, di fasce boscate, di ecosistemi filtro (es. fasce tampone).



Fig. 14.10.
Area rimboschita: a sinistra prima dell'intervento e a destra appena terminati i lavori di messa a dimora.
(Foto: B. Boz)

14.8 Conclusioni

La conduzione di un progetto di questa portata, che prevede soluzioni tecniche, iter progettuali, modalità di rendicontazione e di controllo assolutamente diversi rispetto alle attività ordinarie di un'amministrazione comunale, risulta nel contempo una grande occasione di crescita per tutti i soggetti coinvolti, ma anche un impegno di notevole portata che richiede forte motivazione e va valutato preventivamente con attenzione. Particolare attenzione deve essere riposta nella dichiarazione degli obiettivi (e della tempistica) del progetto: questi infatti, non potendo in genere essere valutati in modo raffinato (ad esempio con modelli previsionali) in fase di stesura della proposta (un investimento a fondo perduto che ha normalmente lo stesso livello di approfondimento di uno studio di fattibilità), devono essere forzatamente votati alla "prudenza". Questa considerazione è particolarmente valida soprattutto quando si opera su sistemi ambientali complessi e ricchi di variabili, come nel caso dei bacini idrografici.

Perciò, prudenzialmente, in questa tipologia di progetti e in particolare quando si prevede la realizzazione di interventi pilota, è preferibile non dichiarare di perseguire obiettivi ambientali complessi (ad esempio "migliorare la qualità delle acque", "risolvere i problemi di erosione spondale" ecc.), bensì *mostrare come sia possibile* conseguire tali obiettivi. Il progetto si è quindi concentrato sullo scopo *dimostrativo* (ad esempio "la qualità dello scarico dell'impianto di fitodepurazione deve essere X") e soprattutto sui veri obiettivi dei progetti LIFE: divulgare, coinvolgere e mettere in rete soggetti, innescare meccanismi, invertire tendenze consolidate, mettere in gioco altri finanziamenti, ecc. In quest'ottica, l'esperienza del progetto LIFE Sellustra va valutata in maniera assolutamente positiva.

15. Caso studio 7

DMV nel Parco Nazionale delle Dolomiti Bellunesi

Estensore caso studio: *Marco Monaci*

Hanno collaborato: *Andrea Nardini, Andrea Goltara*

Autori lavoro originario: Ambiente Italia s.r.l. e CIRF: *Andrea Nardini, Giulio Conte, Andrea Goltara, Anna Polazzo, Bruno Boz, Giuseppe Dodaro*

INQUADRAMENTO DEL CASO STUDIO

Tipologia del corso d'acqua	Sistema idrico montano comprendente alcuni torrenti e laghi gestiti a scopo irriguo/idroelettrico
Territorio	<i>Regione:</i> Veneto; sottobacino del fiume Piave; area di studio parzialmente compresa entro i confini del Parco Nazionale delle Dolomiti Bellunesi e comprendente il torrente Mis, incluso il lago omonimo, ed un tratto del torrente Cordevole
Problematica	<ul style="list-style-type: none"> • Conflitto tra un Ente Parco nazionale e una società di produzione idroelettrica relativamente al Deflusso Minimo Vitale (DMV): il Parco vuole più acqua nei suoi fiumi e torrenti, il produttore dice di rispondere già ai vincoli normativi; il Parco vuole esplorare la fattibilità di imporre un DMV più restrittivo anche di quello già richiesto dall'Autorità di bacino dell'Alto Adriatico. • Come scegliere tra definizioni alternative del DMV (e relativi algoritmi di calcolo) • Individuare possibili strade alternative all'imposizione di un vincolo DMV, al fine di migliorare la salute ecologica dei corsi d'acqua, ovvero una nuova politica di gestione delle acque • Come costruire un percorso per costruire una miglior politica di gestione della risorsa idrica per tutelare al meglio l'ecosistema fluviale, affrontando apertamente i conflitti legati alla soddisfazione degli obiettivi degli attori in gioco
Messaggio	<ul style="list-style-type: none"> • L'imposizione di un DMV genera conflitti di cui di solito non si tiene conto esplicitamente, rischiando così di lasciarli irrisolti. È utile passare dal concetto di "vincolo da rispettare" (DMV) a "obiettivo da raggiungere" (la salute del fiume) confrontando apertamente pro e contro • L'approccio decisionale partecipato e l'analisi multicriterio sono utili strumenti di supporto al processo di definizione delle politiche suddette • L'approccio sistemico, con un modello di simulazione e un algoritmo di soluzione, permette di rappresentare matematicamente il problema decisionale e di individuare migliori soluzioni
Approccio	<ul style="list-style-type: none"> • Migliorare i processi decisionali • Approccio tecnico integrato • Migliorare l'informazione/comunicazione
Linee di azione	<ul style="list-style-type: none"> • Per soddisfare gli usi economico-produttivi dei corsi d'acqua, ricreazione e fruizione e l'obiettivo "natura" (integrità ecologica) • Garantire una adeguata disponibilità idrica instaurando un regime idrologico soddisfacente
Tecniche e strumenti	Modelli matematici; simulazione e ottimizzazione; Analisi Multiobiettivo
Livello	Pianificazione

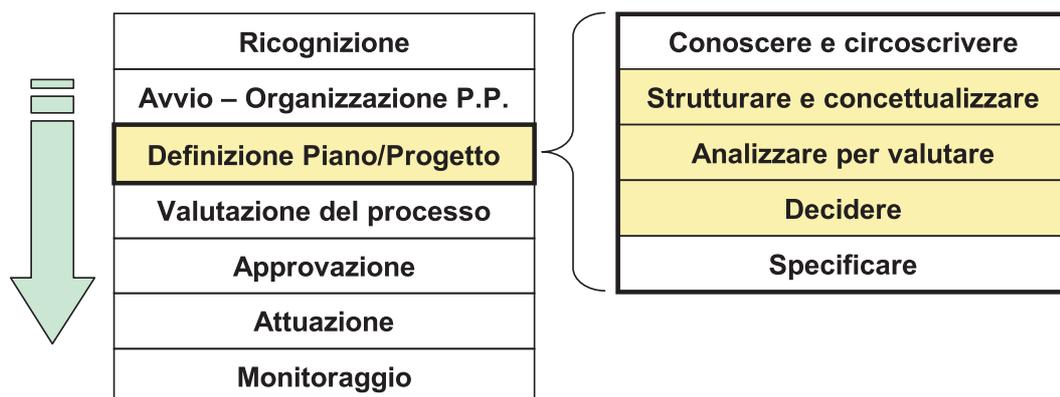


Fig. 15.1.
A sinistra: FASI del Processo Decisionale Partecipato; a destra: PASSI CHIAVE per lo sviluppo della fase "Definizione di un piano/progetto". In giallo sono evidenziate le parti sviluppate nel presente caso studio.

15.1 In pillole

Riqualficazione fluviale è anche *gestione delle risorse idriche*, cioè definizione e attuazione delle politiche con cui si decidono tempi e modi per prelievi e rilasci nei fiumi: il presente caso studio dimostra come definire un Deflusso Minimo Vitale per assicurare l'integrità ecologica di un fiume si scontri con difficoltà sia concettuali che politico-amministrative che possono paralizzarne l'efficacia (Par. 3.2.3); occorre invece spostare l'attenzione alle modalità di gestione della risorsa idrica, passando quindi dal concetto di "vincolo da rispettare" (DMV) a quello di "obiettivo da raggiungere" (la *salute* del fiume) attraverso una migliore politica di gestione delle acque (Par. 3.3.5).

Il caso studio presenta una metodologia per individuare e comparare tra loro diverse alternative di gestione di un sistema idrico che garantiscano l'ecosistema in maniera più efficiente della "semplice" imposizione del DMV.

La metodologia sviluppata fornisce gli strumenti per individuare quale sia la "migliore" politica gestionale di compromesso che permetta un incremento della salute dell'ecosistema, tenendo conto degli altri obiettivi in gioco e valutando per questo la soddisfazione dei corrispondenti portatori d'interesse⁽¹⁾. L'idea chiave è riuscire a esplicitare il grado di compromesso tra tali obiettivi, quantificando in particolare (ma non solo) l'impatto economico sulla produzione idroelettrica implicato da un dato miglioramento dell'ecosistema fluviale.

Si consente così al decisore finale di effettuare una scelta consapevole sul grado di sacrificio imposto agli "attori", scelta che non è più tecnica, ma rivela la sua dimensione politica.

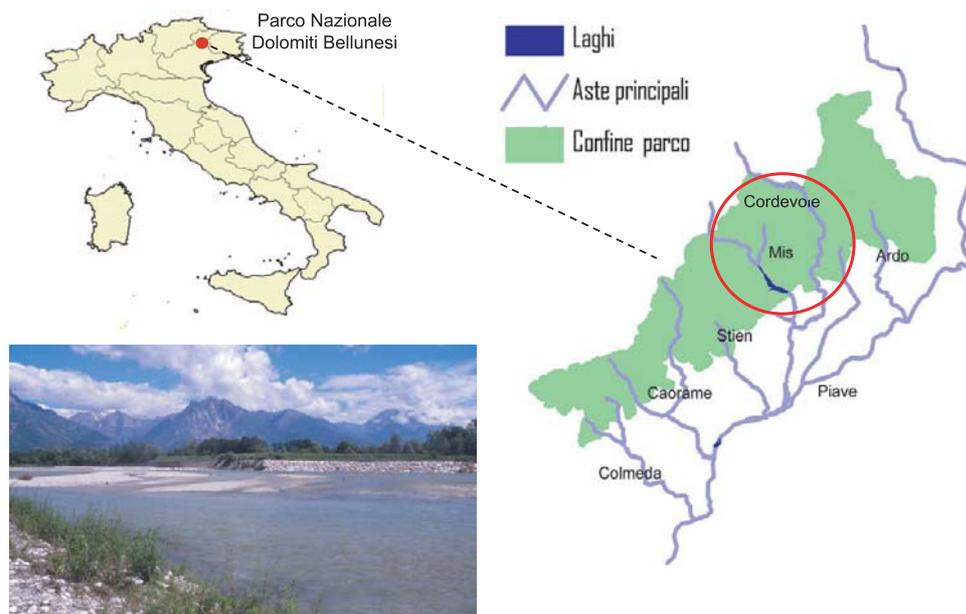
Il caso studio qui presentato si differenzia dal *caso studio Lago Maggiore–Ticino* (Cap. 16) in quanto pone maggior enfasi sulla problematica del DMV e illustra più da vicino il significato di definire una politica di gestione con i relativi aspetti modellistici, mentre il caso citato si sofferma maggiormente sul processo decisionale, compresa la negoziazione (in realtà, lo studio originario alla base del caso Lago Maggiore tratta con estrema profondità tutta la problematica presentata qui). I due casi studio, così come presentati, sono quindi complementari.

¹ Si definiscono qui *portatori di interesse* quei soggetti o gruppi che, relativamente a una situazione conflittuale, hanno obiettivi o interessi caratteristici e, all'interno dello stesso gruppo, omogenei: tra questi attori viene compreso anche l'ecosistema o, più precisamente, i gruppi sociali che se ne preoccupano.

15.2 Inquadramento territoriale

L'area di studio appartiene al bacino del fiume Piave ed è parzialmente compresa all'interno dei confini del Parco Nazionale delle Dolomiti Bellunesi (Provincia di Belluno, Veneto): comprende il torrente Mis, incluso il lago omonimo, ed un tratto del torrente Cordevole, dalla derivazione della centrale idroelettrica di La Stanga fino al ponte di Bribano, a valle della confluenza con il Mis (Fig. 15.2).

Fig. 15.2.
L'area di studio evidenziata dal cerchio rosso; in verde l'area del Parco Nazionale Dolomiti Bellunesi; in basso a sinistra il T. Cordevole a valle della confluenza con il T. Mis.
(Foto: B. Boz)



15.3 Motivazioni del progetto

Lo studio è nato dalla necessità del Parco Nazionale delle Dolomiti Bellunesi (PNDB) di garantire nei suoi fiumi una portata d'acqua tale da assicurare l'integrità dell'ecosistema fluviale.

La portata nei corsi d'acqua in oggetto è regolata da alcuni serbatoi idrici e traverse gestiti da ENEL. Il Parco ha deciso di avvalersi della normativa sul DMV e di verificare a livello giuridico la possibilità di imporre agli Enti gestori un valore di DMV superiore a quello determinato dall'Autorità di Bacino dell'Alto Adriatico (AdB). Il Parco, infatti, riteneva insufficienti le portate determinate con l'algoritmo di calcolo scelto dall'AdB (si veda, a fine capitolo, il box *DMV: algoritmi diversi, risultati diversi*) e, d'altra parte, dal quadro normativo (art. 25 L. 36/94, modificato ed integrato dall'art. 7, comma 9-quater del D. Lgs. 258/00), sembrava autorizzato a chiedere la revisione del DMV.

Una successiva analisi legislativa ha invece mostrato come il Parco potesse solo proporre una revisione di concessioni e rilasci e un DMV maggiore, senza però poterlo imporre. Il Parco, anche per questo, ha poi pensato di percorrere la strada negoziale, basata più sul merito che sulle leggi.

Il CIRF ha supportato Ambiente Italia s.r.l. nel definire un percorso metodologico idoneo, qui descritto.

15.4 Approccio metodologico

L'approccio proposto si basa su due considerazioni relative ai limiti inerenti il concetto di DMV e la sua applicazione come vincolo (già discussi nel *Par. 3.2.3*):

- il DMV intende rappresentare la minima portata (o *regime idrico*, negli algoritmi più evoluti) necessaria per sostenere in vita un ecosistema fluviale: portate uguali o superiori sono quindi “accettabili”, mentre portate inferiori non lo sono. Tuttavia, non esiste un metodo univoco e soddisfacente per determinare tale valore; anzi, i numerosi algoritmi sviluppati forniscono risultati anche molto differenti tra loro, che implicano in realtà un diverso stato di salute dell'ecosistema (generalmente decrescente al diminuire del DMV, anche se con possibili effetti non lineari);
- un miglioramento dello stato dell'ecosistema può comportare una diminuzione di soddisfazione di altri attori, anche estremamente significativa; l'approccio DMV non si pone esplicitamente la domanda se e quanto ciò “valga la spesa”. Dovendo però realisticamente tener conto delle ripercussioni, in particolare economiche, si cerca in pratica di adottare un DMV “tollerabile” sia per l'ecosistema che per gli utilizzatori delle risorse idriche, con un approccio decisamente più “amministrativo” (valore limite convenzionale) che ecologico, spesso non soddisfacente per l'uno, per gli altri o per entrambi.

15.4.1 Da vincolo a obiettivo

In definitiva (come già proposto nel *Cap. 3*), un approccio di gestione integrata e cooperativa delle risorse idriche non dovrebbe, né concettualmente né praticamente, limitarsi alla ricerca di un particolare algoritmo di DMV da imporre per tutelare il corso d'acqua. Una migliore soluzione per tutti i portatori d'interesse (ecosistema incluso) può invece emergere trattando la problematica “salute dell'ecosistema” non come un vincolo (DMV da rispettare), bensì come uno dei molteplici obiettivi, così da *individuare la “migliore” politica di gestione⁽²⁾ di compromesso che permetta un aumento dell'integrità ecologica tenendo conto degli altri obiettivi conflittuali* (Fig. 15.3). Il progetto intrapreso e descritto in questo caso studio intende contribuire a dimostrarlo.



²Una *politica gestionale* è, in sostanza, costituita da una regola, eventualmente variante in funzione dell'istante temporale t (nel nostro caso il giorno), che fornisce la decisione su come gestire rilasci, portate, ecc., o un insieme di possibili decisioni equivalenti, in funzione delle informazioni disponibili (ad esempio portate in ingresso nel sistema, volume di invaso lacuale presente in quell'istante ed eventuali altre variabili).

Fig. 15.3. “Da vincolo a obiettivo”: nell'approccio multiobiettivo, quello relativo all'ecosistema sta a fianco degli altri, conflittuali (la posizione in coda non significa una sua minor importanza, ma il suo ingresso più recente nell'arena degli interessi in gioco!).

15.4.2 Strumenti matematici per costruire le alternative

Per individuare una tale politica di gestione (o meglio l'insieme di politiche efficienti –alternative– tra le quali sceglierne una di compromesso) occorre considerare e valutare il *grado di soddisfazione* dei portatori d'interesse (sempre ecosistema incluso) per ogni alternativa gestionale adottabile (anzi per ogni possibile politica sensata ipotizzabile): a tal fine occorre definire degli *indici di valutazione* e un *modello matematico del sistema idrico* che, simulandone il comportamento, permetta di valutare appunto tali *indici* per ogni alternativa considerata, prima di realizzarla (effettuando in sostanza moltissimi esperimenti simulati, cioè ... solo sulla carta, anzi al computer).

Ricerca una politica di gestione è come cercare un ago nel pagliaio perché si hanno infinite possibilità da vagliare. Matematicamente si parla di un problema di *controllo ottimo stocastico* che risulta particolarmente complesso dal punto di vista concettuale e metodologico e oneroso dal punto di vista dell'implementazione (si veda il box *Gestione dei serbatoi idrici multiuso* nel *Par. 8.6*).

In sostanza, con questi strumenti si può (ed è quanto è stato fatto):

- confrontare i risultati di diversi algoritmi di calcolo del DMV inteso come vincolo;
- valutare gli effetti, in termini di soddisfazione degli attori, dell'applicazione di diverse politiche di gestione ottimizzate (anche se empiricamente), comprese quelle di mera imposizione di un vincolo di DMV.

La metodologia adottata si è sviluppata secondo i passi indicati nella figura 15.1 e nella tabella 15.1 seguendo, in modo più o meno approfondito secondo le esigenze e le possibilità, i *passi chiave* introdotti nel *Par. 6.2.5*.

Passi chiave	Contenuti sviluppati nel caso studio
conoscere e circoscrivere	<ul style="list-style-type: none"> • caratterizzazione del contesto e del problema • individuazione dei soggetti o gruppi di interesse
strutturare e concettualizzare	<ul style="list-style-type: none"> • definizione degli obiettivi e relativi indici per valutare il grado di soddisfazione dei portatori di interesse • definizione delle possibili decisioni (quanto derivare dalle traverse e quanto/quando rilasciare dai serbatoi) • costruzione del modello del sistema (solo sottobacino pilota) • definizione della struttura delle politiche di gestione • definizione di alternative gestionali "monobiettivo", cioè quelle con miglior prestazione per ogni obiettivo preso indipendentemente
analizzare per valutare	Individuazione del punto <i>Utopia</i> Ricerca di politiche di compromesso e valutazione degli indici ^(a)
Decidere	Scelta della politica di gestione

(a) Come ampiamente illustrato nel *Cap. 16*, in un problema di controllo ottimo, nel quale la decisione da prendere è una *politica* (o insieme di *leggi di controllo*), la definizione delle alternative (di politica) avviene in un ciclo iterativo molto stretto tra la loro sintesi (definizione via ottimizzazione) ed analisi (stima dei loro effetti). A priori, nel passo "Strutturare e concettualizzare", è solo possibile in generale stabilire il tipo e struttura delle politiche indagate (anello chiuso o aperto, informazione utilizzata, passo temporale, algoritmo di sintesi, ecc.); nel caso particolare, si è potuto anche individuare le politiche ottime (o "quasi ottime") monobiettivo.

15.5 Limiti dello studio realizzato

Lo studio è stato limitato ad un'area di dimensioni ridotte (*bacino pilota*), seppur rappresentativa delle principali problematiche in gioco e delle caratteristiche dell'intero sistema. Ci si è limitati a impostare il problema, adottando alcune ipotesi fortemente semplificative, a formalizzarlo per il *sottobacino pilota* e a fornirne una soluzione empirica; ma il risultato principale è il percorso metodologico di riferimento, estendibile in futuro al sistema reale.

Va quindi tenuto ben presente che gli strumenti sviluppati non sono direttamente applicabili al caso reale; soprattutto i risultati ottenuti, in particolare le politiche gestionali, non devono essere utilizzati quantitativamente, ma solo qualitativamente. L'utilità di tali elementi è facilitare la comprensione delle potenzialità dell'approccio proposto.

15.6 Conoscere e circoscrivere Individuazione dei gruppi d'interesse

I portatori d'interesse individuati, a diverso titolo utenti della risorsa idrica, sono i seguenti:

- ecosistema
- produzione idroelettrica
- turisti del lago
- canoisti
- utenti irrigui di valle

Altri utenti della risorsa idrica, come insediamenti industriali o derivazioni per uso potabile, non sono stati considerati, perché le portate da essi richieste erano trascurabili rispetto a quelle delle grandi derivazioni idroelettriche. Potranno comunque essere considerati in un secondo tempo, in un'eventuale fase di estensione della procedura al sistema reale.

Nella schematizzazione semplificata utilizzata, gli utenti irrigui di valle (in realtà distribuiti prevalentemente lungo l'asta del Piave), sono stati accorpati in una unica domanda irrigua fittizia concentrata nel nodo di chiusura dell'area pilota (si veda, a fine caso studio, il box *Modello di simulazione del sistema idrico*).

In questo lavoro non sono stati considerati i pescatori, i cui interessi (ovvero la presenza di una popolazione ittica consistente e magari di "buona qualità") sono, in prima analisi, concordi con il buono stato dell'ecosistema.

15.7 Strutturare e concettualizzare

Ogni portatore d'interesse ha un proprio *obiettivo* che intende raggiungere, un "faro" che lo guida durante lo svolgimento del processo decisionale. Un passo importante per strutturare il problema è esplicitare tali obiettivi e definire opportuni *indici di valutazione* capaci di misurarne il grado di raggiungimento in funzione delle diverse alternative di gestione considerate.

Definiti obiettivi e indici per misurarli, occorre poi definire lo *spazio decisionale*

e, in particolare, qual è l'ambito delle *decisioni* che è possibile prendere per soddisfare gli obiettivi: nel caso specifico è stato considerato di poter agire sulla derivazione dalle traverse presenti nel bacino pilota e sulla regolazione del serbatoio idrico del Mis, decidendo quando/quanto rilasciare o invasare.

15.7.1 Definizione di obiettivi e Indici di valutazione

Nella definizione degli *indici di valutazione* a scala di bacino pilota sono state adottate alcune ipotesi semplificative, dovendo adattare gli indici ai dati disponibili. Nel caso di un'estensione a scala reale della procedura, alcuni indici potrebbero essere sostituiti con altri più completi; ma, soprattutto, gli indici di valutazione dovrebbero essere definiti di concerto con i portatori di interesse, passaggio che in questo lavoro in gran parte non è stato possibile effettuare, a causa del ridotto tempo a disposizione. Di seguito si sintetizzano gli indici adottati.

15.7.1.1 Ecosistema

L'obiettivo relativo all'ecosistema fluviale è oggetto di un importante capitolo di questo volume (si veda il *Par. 7.7*); in essenza consiste nell'avere un ecosistema integro e tale da poter svolgere le proprie funzioni caratteristiche.

La misura del grado di raggiungimento di tale obiettivo attraverso l'uso di *indici* non è operazione semplice: gli ecosistemi fluviali sono realtà estremamente complesse, regolati da complicate interazioni fra tutte le loro componenti biotiche ed abiotiche. In questo caso studio ci si è limitati a formulare una versione di indice estremamente semplificata, tagliata sulla problematica DMV e perciò sensibile, in sostanza, al solo regime idrologico. Esso intende misurarne lo scostamento da un regime di portate "ottimale", non determinato sperimentalmente, ma in base al giudizio di esperti.

Se si considera l'ecosistema nella sua accezione più ampia, tenendo conto anche delle variazioni geomorfologiche legate alle portate, dei relativi effetti sulla capacità autodepurante del fiume, ecc., probabilmente l'unico regime di portate "ottimale" è ... quello naturale. Nell'ambito di questa applicazione a scala pilota si è invece ipotizzato che la massima soddisfazione dell'ecosistema sia approssimativamente raggiunta già per una portata inferiore a quella naturale, denominata *portata di riferimento*, senza che l'ambiente fluviale ne venga sensibilmente impattato.

Va posta attenzione a non confondere la *portata di riferimento* qui adottata con il DMV: la prima è più propriamente (Fig. 15.4) *un regime di portate tale da sostenere l'ecosistema fluviale in uno stato non significativamente peggiore di quello naturale (considerato ottimale)*, insomma "se c'è almeno quella portata, il fiume non sta significativamente peggio del suo stato naturale"; mentre il DMV dice qual è la *minima* portata da garantire per la sopravvivenza dell'ecosistema, che quindi si assume essere già in uno stato sensibilmente peggiore rispetto all'ottimale.

È importante sottolineare, come già accennato, che in questo caso studio non si è affrontato il problema di come misurare direttamente la salute o il valore associato a diversi stati dell'ecosistema fiume (funzione del regime idrologico), esercizio intrapreso nel *Par. 7.7* e nel *Cap. 9*; ci si è limitati a costruire una misura indiretta utile ai fini del percorso metodologico che si voleva illustrare sull'approccio negoziale al problema DMV. Si noti che il "regime idrologico di riferimento"

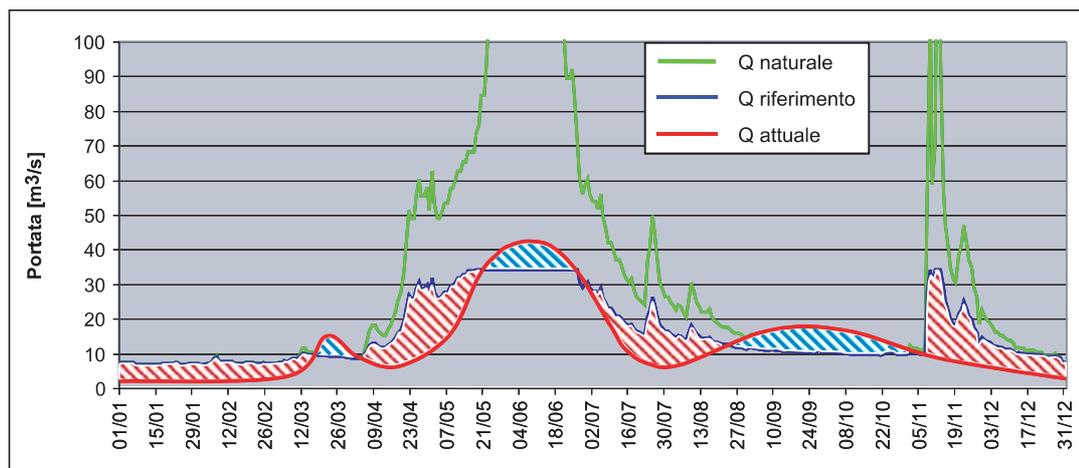
adottato è un artificio non pienamente soddisfacente; infatti, sappiamo che portate superiori al tetto adottato in realtà non sono influenti: ad esempio l'esperienza dimostra⁽³⁾ che, in certi sistemi, piene piuttosto consistenti servono a ripulire l'alveo da sedimenti fini che intasano (*clogging*) le zone di frega compromettendo la capacità riproduttiva della fauna ittica; in altri potrebbero servire a mantenere l'equilibrio geomorfologico, o la vegetazione riparia, ecc.

Nel nostro sistema, tuttavia, abbiamo valutato che tale problema non fosse rilevante perché "l'intasamento" nell'area di studio non appare un problema significativo, anche perché piene consistenti hanno ugualmente luogo, visto che la regolazione presente (per fortuna) non regola al 100%. Qualora necessario, sarebbe comunque possibile modificare il regime di riferimento inserendo anche qualche piena significativa (non necessariamente frequente, come gli stessi studi citati dimostrano).

Trascurando dunque gli aspetti geomorfologici, autodepurativi, ecc., si è focalizzata l'attenzione principalmente sulle esigenze di una specie ittica ecologicamente importante nel Parco, la *Trota marmorata*, sulla base della quale si è definita la *portata di riferimento* (Fig. 15.4). Essa è stata determinata in base alle considerazioni che seguono⁽⁴⁾:

- per garantire un buono stato della comunità ittica, non è importante avere un andamento di portata che comprenda i picchi di piena massimi, ma può essere sufficiente un andamento che segua le oscillazioni del regime naturale, sia pure con picchi di piena più ridotti;
- nei periodi di magra, durante con i quali gli organismi vivono già una situazione di stress, la portata deve essere il più possibile prossima a quella naturale.

Si è inoltre considerato che, per garantire un buono stato della comunità ittica, non è sufficiente garantire *mediamente* una data portata, ma è fondamentale evitare eventi puntuali in grado di provocare shock agli organismi fluviali, quali la totale assenza d'acqua per periodi anche brevi. Oltre alla portata di riferimento, è stata pertanto individuata una *portata critica*, al di sotto della quale si considera l'ecosistema significativamente compromesso, se l'evento supera una durata prefissata.



³ ROBINSON e UEHLINGER, 2003; ROBINSON *et al.*, 2004.

⁴ In sintesi, per le condizioni di magra la portata di riferimento è stata posta uguale a quella naturale, mentre per portate maggiori ne è una frazione (con un fattore di riduzione che diminuisce all'aumentare della portata naturale); infine, oltre una certa soglia (ritenuta ottimale in base al "giudizio esperto") si mantiene costante.

Fig. 15.4.

Rappresentazione dell'andamento della portata naturale del T. Mis (linea verde), della portata di riferimento (linea blu) e dell'indicatore utilizzato per la portata regolata (linea rossa). Si noti come in condizioni di magra la portata di riferimento coincida con quella naturale e come, nel regime regolato, vi siano periodi in cui la portata è inferiore a quella di riferimento (in tratteggio rosso) ed altri in cui quest'ultima è superata (in tratteggio azzurro).

Per ogni tratto è stato utilizzato come indice di valutazione dell'ecosistema^(wECO1) la *frazione di portata di riferimento che in media, nel periodo di riferimento, viene garantita dalla portata che defluisce nel tratto*. Più in dettaglio, esso è ottenuto come media pluriennale dell'indicatore riferito al singolo anno, così definito: *media sull'anno del rapporto tra portata transitante e portata di riferimento giornaliera (rapporto posto uguale all'unità quando la portata transitante supera quella di riferimento), a condizione che il massimo numero di giorni consecutivi in cui la portata in alveo è inferiore alla portata critica nel tratto si mantenga inferiore a un valore prefissato (in questa applicazione 3 giorni); se in un anno questa condizione non è verificata (ovvero la portata in alveo è inferiore a quella critica per 3 o più giorni consecutivi), l'indicatore per quell'anno viene posto a zero*.

15.7.1.2 Produzione idroelettrica

L'obiettivo consiste nel massimizzare il valore complessivo dell'energia prodotta (non necessariamente la produzione elettrica; si può cioè produrre meno, ma nei momenti in cui l'energia vale di più).

Come indice della soddisfazione del settore della produzione idroelettrica è stato adottato il *valore economico medio annuo dell'energia prodotta*. Nell'indice si è tenuto conto della distribuzione temporale delle fasce tariffarie e si è ipotizzato che, per come sono dimensionati il serbatoio e le opere di presa, la centrale di Sospirolo funzioni essenzialmente solo nelle ore di punta (a maggior valore). È stato pertanto associato univocamente ad ogni giorno dell'anno un valore unitario per l'energia prodotta, pari a quello della fascia tariffaria più alta all'interno della giornata e si è ottenuto il valore economico come prodotto di quantità di energia prodotta per tale valore unitario⁽⁵⁾.

15.7.1.3 Turisti lago Mis

L'obiettivo per i fruitori consiste nel poter godere quanto più possibile delle possibilità turistiche offerte dal Lago Mis, associate al livello del suo specchio d'acqua: quando si mantiene sufficientemente alto, ma non troppo, la soddisfazione è massima. Oltre il limite superiore dell'intervallo di fruibilità, infatti, le spiagge vengono completamente sommerse, mentre al di sotto del limite inferiore il lago diventa praticamente inaccessibile per i bagnanti, a causa delle sponde assai ripide, oltre a diventare esteticamente molto meno attraente.

Come indice del grado di soddisfazione è stato adottato il *numero medio dei giorni della stagione turistica in cui il livello del lago si mantiene entro una fascia di valori adeguati per la balneazione, l'utilizzo della spiaggia, ecc., fascia denominata "intervallo di fruibilità"*.

⁵ Va notato che con l'avvio (dal 2004) della "borsa dell'energia", le assunzioni adottate perdono in parte di validità e si rende quindi necessario introdurre opportune modifiche per tenere conto delle nuove condizioni operative.

15.7.1.4 Canoisti

L'obiettivo assunto per i canoisti è poter svolgere la loro attività sportiva per il periodo di tempo maggiore possibile e per tratti di fiume il più possibile lunghi⁶. L'indice è stato costruito supponendo che per poter scendere il fiume in canoa sia necessaria una portata minima utile nel tratto considerato, dipendente dalla sua morfologia (quindi diversa secondo il tratto); è stata qui invece trascurata l'esistenza di un valore massimo di portata, oltre il quale sia impossibile svolgere l'attività.

È interesse dei canoisti che, durante la stagione idonea, vi sia il maggior numero possibile di tratti "canoabili" (cioè con portata superiore alla minima utile per utilizzare la canoa) e che durante questa stagione non vi siano periodi in cui nessun tratto di fiume è canoabile.

È stato quindi adottato un indice costituito dall'aggregazione di due indicatori: *la lunghezza media giornaliera dei tratti canoabili* (riferita al periodo 1 aprile-15 ottobre) e *il numero totale annuo dei giorni* (sempre riferiti al periodo canoabile) *nei quali almeno un tratto risulta canoabile*.

15.7.1.5 Utenti irrigui di valle

L'obiettivo assunto per gli utenti irrigui è poter sfruttare la risorsa irrigua ogni qualvolta serve e nelle quantità loro utili.

Come indice del loro grado di soddisfazione si è assunto, adottando una forte semplificazione, *la media della frazione di domanda irrigua soddisfatta dalla portata in alveo*, valutata nella sezione di chiusura dell'area di studio (anche se in realtà l'irrigazione è praticata più a valle, lungo il Piave e tale media è una domanda irrigua fittizia concentrata nella sezione di chiusura dell'area pilota).

15.7.2 Modello di simulazione del sistema idrico

Per conoscere il grado di soddisfazione degli attori relativamente alle diverse politiche gestionali adottabili, occorre calcolare il valore degli indici di valutazione assunto per ogni alternativa: è quindi necessaria una modellizzazione matematica del sistema, che permetta di simularne l'evoluzione in funzione di ogni alternativa gestionale considerata.

L'area pilota è quindi stata rappresentata in una schematizzazione idonea a definire il modello (Fig. 15.10).

Si è poi formalizzato il modello del sistema idrico, sono cioè state definite le equazioni che descrivono l'evoluzione nel tempo, con passo giornaliero, dello stato del sistema (il volume idrico invasato nel serbatoio del Mis) e delle sue variabili di uscita (energia prodotta, portate transitanti nei diversi tratti, ecc.) in funzione dei valori assunti dalle variabili decisionali (portata derivata dal Cordevole verso il lago Mis, portata rilasciata dal lago nel torrente Mis, portata derivata dal lago verso la centrale di Sospirolo) e dalle condizioni al contorno, o "esterne" (variabili non controllabili: portate in ingresso al sistema, portata del Cordevole nella sezione iniziale, portata in ingresso al lago Mis, apporti dai sot-

⁶ In realtà andrebbe considerata anche la continuità di questi tratti (nell'indicatore qui adottato trascurata per semplicità).

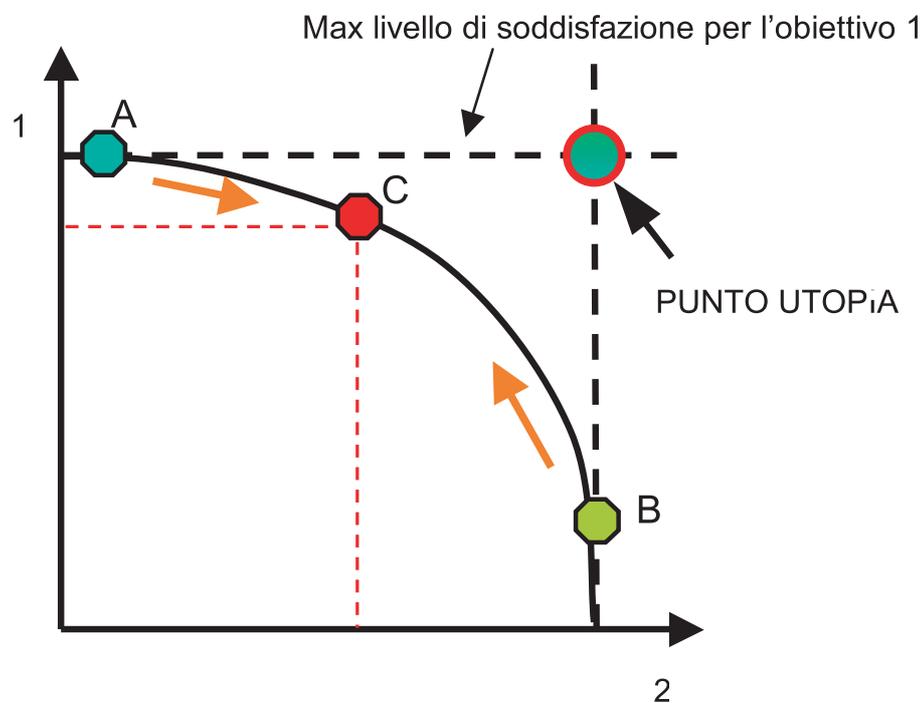
tobacini interni all'area pilota) (per approfondimenti si veda, a fine capitolo, il box *Modello di simulazione del sistema idrico*). Tale modello è stato implementato in un semplice foglio Excel.

15.7.3 Definizione delle politiche monobiettivo

Per confrontare tra loro gli effetti delle diverse alternative gestionali, è estremamente utile avere come riferimento la massima soddisfazione possibile per ogni singolo obiettivo (o portatore di interesse), se venissero ignorati gli altri. Il punto corrispondente alla massima soddisfazione simultanea di tutti gli obiettivi (inviuluppo dei massimi) è detto punto *Utopia* (Fig. 15.5) e non è solitamente raggiungibile, in quanto gli obiettivi sono, almeno in parte, tra loro conflittuali e le alternative gestionali implicano per tutti gli attori in gioco un certo livello di compromesso. Il punto Utopia serve però come riferimento, per valutare quanto, in un'alternativa di compromesso, ognuno degli attori in gioco sta rinunciando rispetto al suo ottimo.

Le alternative di compromesso "migliori", tra quelle fisicamente fattibili, sono quelle che godono della proprietà che nessun'altra alternativa riesce a migliorare uno degli obiettivi (il suo rispettivo indice) senza peggiorarne almeno un altro: esse costituiscono, nello spazio degli obiettivi, la cosiddetta "Frontiera di Pareto" (Fig. 15.5). Perciò, anche se resta valida l'idea di avvicinarsi il più possibile all'Utopia, ci si deve muovere sulla Frontiera di Pareto, luogo delle migliori soluzioni fattibili; i criteri di scelta devono in qualche modo considerare la diversa importanza (pesi) attribuita agli obiettivi in gioco.

Fig. 15.5.
Rappresentazione, in uno spazio di soli due obiettivi, della Frontiera di Pareto: A è una politica estrema per l'obiettivo 1, di cui realizza la massima soddisfazione (pagando però caro lo scotto in termini dell'altro, per il quale la prestazione risulta poco soddisfacente); viceversa, B è una politica estrema per l'obiettivo 2; C, invece, appartenente alla frontiera, è una delle possibili soluzioni di compromesso



Per individuare le coordinate del punto Utopia occorre definire le corrispondenti politiche "ottime", denominate *monobiettivo*. In generale la loro determinazione può richiedere la formulazione e soluzione di un problema di *controllo ottimo* in presenza di incertezza (in particolare dovuta all'idrologia).

Per il sistema in esame si è però potuto individuare a priori, in base al ragionamento, tali politiche monobiettivo, o almeno delle accettabili approssimazioni.

A titolo d'esempio, la politica monobiettivo per i canoisti consiste nell'assicurare le portate minime utili per la canoabilità nel Cordevole, derivando e accumulando nel lago Mis tutto il surplus rispetto a queste; analogamente rilasciare nel torrente Mis solo le portate per la canoabilità, accumulando nel lago tutto il rimanente. Questa politica viene applicata esclusivamente nel periodo adatto al turismo in canoa mentre al di fuori di questo si invasa il serbatoio fino al raggiungimento del livello massimo, in modo da trovarsi in condizioni di disponibilità massima all'inizio del periodo canoabile successivo.

Facendo riferimento al modello matematico del sistema idrico (si veda il box *Modello di simulazione del sistema idrico*), nel quale sono anche definiti i simboli, tale politica monobiettivo è così costruita:

detta $Q_{\min}^{C,1}$ la portata minima utile per rendere canoabile il tratto I risulta:

$$\text{nel periodo canoabile} \quad \begin{cases} u_t^c = a_t^c - \max(Q_{\min}^{C,1}; Q_{\min}^{C,2} - a_t^p - a_t^1) \\ u_t^m = \max(Q_{\min}^{C,3}; Q_{\min}^{C,4} - a_t^3; Q_{\min}^{C,5} - (a_t^c - u_t^c) - a_t^1 - a_t^2 - a_t^3 - a_t^4) \\ u_t^e = 0 \end{cases}$$

$$\text{nel periodo non canoabile} \quad \begin{cases} u_t^c = \min(c^c; a_t^c) \\ u_t^m = 0 \\ u_t^e = 0 \end{cases}$$

Le altre politiche ottime monobiettivo possono essere così sintetizzate:

- per l'ecosistema, quella che ricalca il regime di portate naturale (ignorando tutte le altre esigenze);
- per il settore idroelettrico, per come è stato definito il relativo indicatore, è quella che massimizza il valore medio annuale dell'energia prodotta;
- per i fruitori del lago Mis è mantenere il livello del lago al di sopra del limite inferiore dell'intervallo di fruibilità (ST_{\min}), ma il più vicino possibile a questo;
- per gli utenti irrigui è accumulare tutto il possibile nel serbatoio del Mis, rilasciando verso valle solo una portata uguale alla domanda irrigua.

15.8 Analizzare per valutare

15.8.1 Definizione del punto Utopia

I risultati ottenuti (via simulazione) in corrispondenza delle singole politiche monobiettivo sono riportati nella tabella 15.2.

Tab. 15.2.
Valore massimo per i diversi indici di valutazione (ovvero: coordinate del punto Utopia).

Obiettivo	Miglior valore dell'indice
ecosistema	1
produzione idroelettrica	765.359 €/anno ^(a)
turisti lago	122 giorni/anno
canoisti	1
utenti irrigui	1

(a) Valore valido per il sistema semplificato adottato per la modellizzazione, ma che non coincide necessariamente con il massimo valore possibile della produzione della centrale di Sospirolo.

15.8.2 Ricerca di politiche di compromesso e loro influenza sugli Indici di valutazione

Come già accennato, questa fase è in realtà ibrida perché si effettua una valutazione delle prestazioni delle politiche alternative, ma se ne ricercano al tempo stesso varianti migliorative (cioè si ottimizza, almeno in senso approssimativo).

Poiché le politiche gestionali sono teoricamente infinite, solo la formulazione di un problema di controllo ottimo multiobiettivo può condurre a individuare, tra le infinite possibili, le migliori alternative di compromesso.

Si è però proceduto in modo semplificato su due passi, considerato anche che da un primo esame è risultato che gli obiettivi tra loro maggiormente conflittuali erano ecosistema e produzione idroelettrica.

Il primo passo è consistito nel valutare come si modificasse la prestazione della politica monobiettivo idroelettrico una volta imposto il vincolo di soddisfare il DMV con i diversi algoritmi considerati. Il risultato è che, ovviamente, si ottiene una riduzione della soddisfazione dell'idroelettrico a fronte di una prestazione migliore, ma non ottimale, per l'obiettivo ecosistema.

Il secondo passo, invece, è consistito proprio nella ricerca di politiche multiobiettivo efficienti (o almeno migliori), che non si basassero però sul soddisfacimento di un valore minimo di soglia (DMV), dimostrando che, seppur di poco, è possibile migliorare la prestazione su tutti gli obiettivi senza imporre un vincolo DMV, ma utilizzando piuttosto una politica più "intelligente" (anche se non necessariamente ottima, viste le semplificazioni adottate nell'approccio risolutivo che costituisce solo un subottimo).

15.8.2.1 Alternativa gestionale "politica idroelettrico integrata dal vincolo DMV"

La politica monobiettivo idroelettrico è stata integrata con il vincolo di rispetto del DMV, in modo da migliorare la soddisfazione dell'ecosistema. Più precisamente, si è imposto come vincolo il rispetto, tratto per tratto e in ogni giorno di simula-

zione, della portata di DMV calcolata, per ogni diversa alternativa, con un diverso algoritmo (in figura 15.6 si riporta solo l'esempio ricavato utilizzando per il DMV l'algoritmo dell'Autorità di Bacino Alto Adriatico: DMV AA).

La figura mostra come, passando dalla politica estrema dell'obiettivo idroelettrico alla politica di compromesso che impone il rispetto del DMV, aumenti notevolmente la soddisfazione dell'ecosistema (da 0,17 a 0,57), mentre diminuisca proporzionalmente meno quella del produttore idroelettrico (da 1 a 0,82). Questo risultato non è sorprendente, visto che la politica monobiettivo idroelettrico ignorava completamente l'ecosistema. Tuttavia si può notare che, anche nella politica di compromesso, l'ecosistema si trovi comunque molto più distante dal proprio livello massimo (=1) di quanto non sia l'idroelettrico.

La conclusione più interessante di questa simulazione, forse, è che l'imposizione del rispetto del DMV dell'AdB AA "istante per istante" non coincide con l'aver fatto il meglio possibile per l'obiettivo ecosistema. Infatti, il valore dell'indicatore *ecosistema* resta molto distante dalla sua *Utopia* (valore = 1), mentre una diversa politica di gestione del serbatoio (lago Mis) potrebbe soddisfare maggiormente l'*ecosistema* (ad es. utilizzando i volumi idrici immagazzinati nel lago per sostenere le portate di magra in momenti di particolare scarsità idrica, almeno nella parte di sistema sottostante il serbatoio).

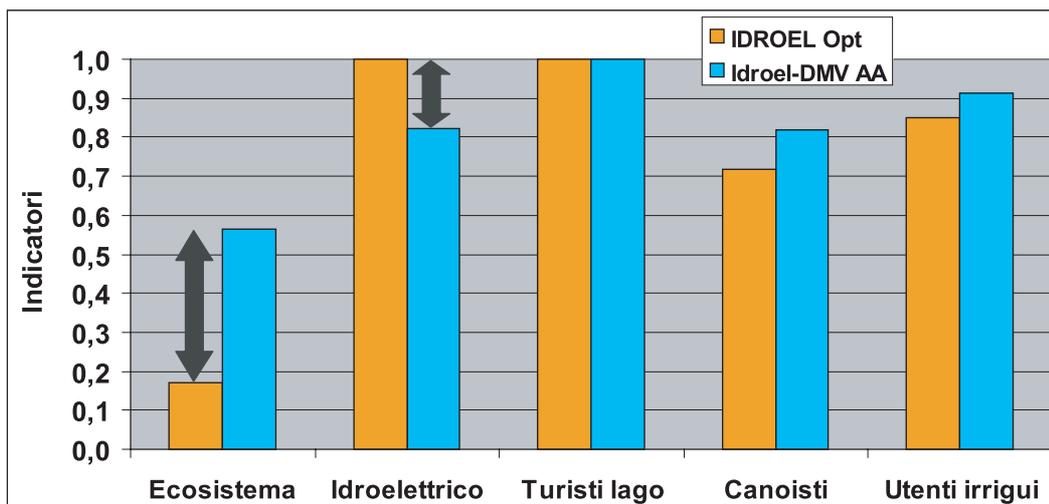


Fig. 15.6. Confronto del grado di soddisfazione dei vari obiettivi (ecosistema, idroelettrico, ecc.) con due politiche: quella monobiettivo idroelettrico (colonne marroni) e quella di imposizione del rispetto del DMV dell'Autorità di Bacino Alto Adriatico "istante per istante" (colonne azzurre). Le frecce mostrano l'aumento o la riduzione di soddisfazione derivanti dalle due politiche. Avendo normalizzato i valori di tutti gli indicatori rispetto al loro valore massimo, il deficit di ciascun obiettivo rispetto all'Utopia si rileva dalla distanza rispetto all'unità.

15.8.2.2 Alternativa gestionale "politica idroelettrico integrata da vincoli di rispetto parziale della portata di riferimento"

Una seconda valutazione ha interessato nuove politiche di gestione, ideate per essere più efficienti (quindi più vicine alla Frontiera di Pareto) rispetto alle precedenti legate al "semplice" rispetto del DMV: come anticipato, per semplicità ci si è accontentati di individuare un qualche sub-ottimo (con un approccio simile, ma non identico, al caso precedente), costruendo le nuove politiche nel seguente modo:

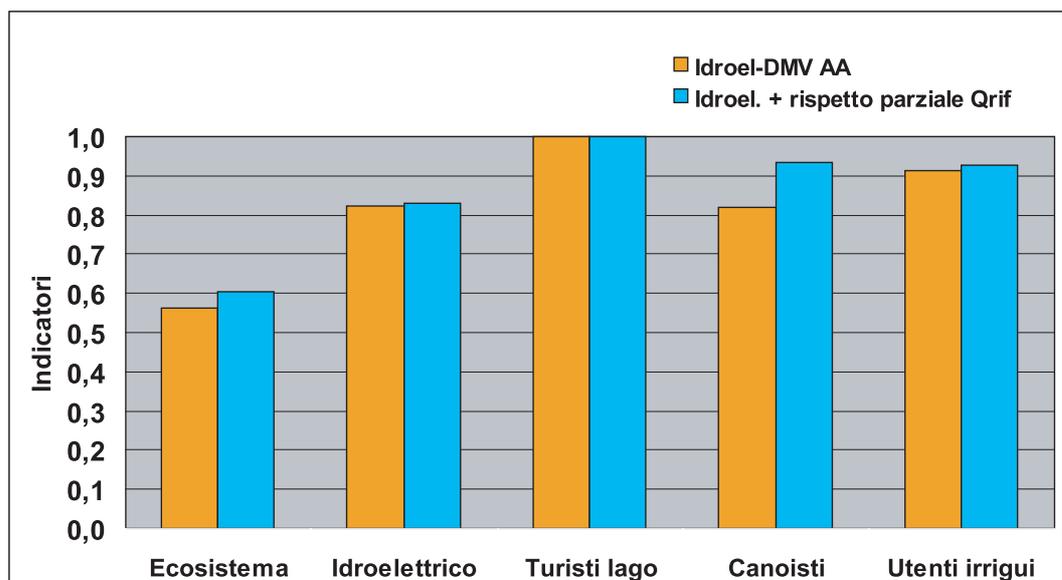
- si è applicato alla politica monobiettivo idroelettrico il vincolo di rispetto parziale della *portata di riferimento* (si veda il *Par. 15.7.1.1*), variabile in funzione del periodo tariffario per l'energia elettrica e degli afflussi al sistema;
- si è poi fissato un intervallo accettabile di valori dell'indicatore parziale giornaliero dell'ecosistema: nei giorni nei quali l'indicatore ecosistema risultava infe-

riore al valore prefissato, si è imposto di rilasciare maggior portata in alveo in modo da raggiungere l'estremo inferiore dell'intervallo; per compensare la corrispondente perdita di produzione idroelettrica, si è imposto di ridurre il rilascio di portata in alveo nei giorni in cui il valore dell'indicatore supera l'estremo superiore dell'intervallo, mandando alla centrale la portata eccedente tale livello. Adottando questa politica, l'indice generale dell'ecosistema migliora, mentre non peggiora (anzi, seppur in misura molto ridotta, migliora) il valore dell'indicatore idroelettrico. I valori minimo e massimo "accettabili" dell'indicatore ecosistema sono stati attribuiti tramite ottimizzazione, in modo da massimizzare la soddisfazione dell'ecosistema senza peggiorare quella dell'idroelettrico.

È stato così possibile generare politiche che migliorano il livello di soddisfazione di tutti i portatori di interesse, incluso l'ecosistema, rispetto a quelle del rispetto del DMV (in figura 15.7 quella relativa al DMV AA). Va osservato che, se nel caso specifico l'incremento di soddisfazione dell'obiettivo ecosistema è modesto (da 0,57 a 0,60), in altri casi (ad es. caratterizzati da un periodo di magre spinte) può essere sensibile. Una rappresentazione più generale delle prestazioni relative di tali politiche è riportata nella figura 15.8.

Merita sottolineare che l'interesse della procedura seguita non sta tanto nel risultato in sé (tra l'altro, non si tratta di un'ottimizzazione vera e propria), ma nel fatto che mostra come sia effettivamente possibile trovare "qualcosa di meglio" da tutti i punti di vista: basta cercare liberamente senza caricarsi di vincoli a priori (DMV). Ciò non implica, ovviamente, un giudizio di inutilità delle normative che hanno introdotto il DMV (testimoniando, dopo decenni di trascuratezza, una rinnovata attenzione alle esigenze dell'ecosistema fluviale), ma semplicemente che è possibile, anche partendo da esse, migliorare ulteriormente uno o più obiettivi senza peggiorarne nessun altro.

Fig. 15.7. Confronto tra i valori degli Indici di valutazione per la politica di compromesso generata imponendo il rispetto del DMV dell'Autorità di Bacino Alto Adriatico (in marrone) e (in azzurro) una politica di compromesso più efficiente (costruita utilizzando i seguenti vincoli: in condizioni di picco tariffario $k_1 \cdot Q_{rif}$ in condizioni di alto carico $k_2 \cdot Q_{rif}$ in condizioni di basso carico $k_3 \cdot Q_{rif}$): quest'ultima "domina" la precedente, è cioè migliore – o almeno equivalente – per ogni obiettivo. ($K_1 = 0,10$; $K_2 = 0,45$; $K_3 = 0,65$).



15.9 Decidere: valutazione e scelta della politica di gestione alternativa all'attuale

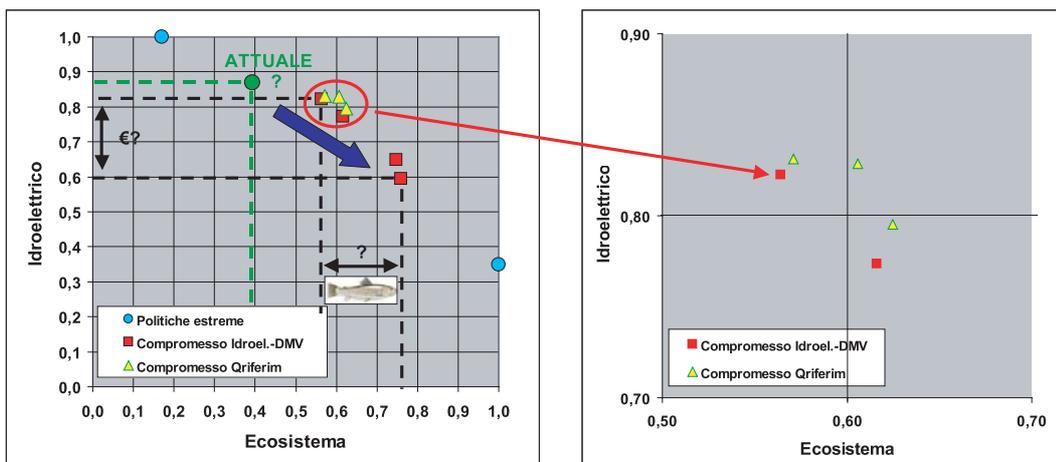
L'idea centrale dell'approccio qui proposto è che per scegliere una politica di gestione "soluzione" occorre soppesare il miglioramento dell'ecosistema con l'impatto sugli altri obiettivi (o soddisfazione degli attori in gioco); tali miglioramenti e impatti vanno quindi misurati ed espressi in termini intuitivamente comprensibili.

In figura 15.8, ad esempio, si nota come politiche di compromesso che aumentano il grado di soddisfazione dell'ecosistema (impatto positivo), secondo la direzione indicata dalla freccia larga, comportano una perdita economica da parte degli attori legati all'idroelettrico.

O, viceversa, nel caso in cui si proponga di "sacrificare l'ecosistema" (andando in senso opposto alla freccia), sia possibile quantificare l'impatto economico positivo per l'idroelettrico conseguente all'accettazione (da parte della comunità) di condizioni peggiori per l'ecosistema.

Naturalmente, il confronto tra alternative va effettuato considerando tutti gli obiettivi e non solo i due citati.

Facendo riferimento alla figura 15.8, è importante chiarire che la metodologia non "monetizza" l'ecosistema, ma piuttosto confronta entità non direttamente comparabili: valore economico dell'energia e stato dell'ecosistema.



15.10 Indicazioni sui possibili futuri sviluppi

A questo punto emerge uno degli aspetti chiave, e cioè associare a una determinata variazione dell'indice di valutazione dell'ecosistema un significato fisico facilmente intuibile. Ovvero: arrivare a chiarire cosa significhi in termini fisici (di aumento della popolazione ittica, diversità di popolazione di macroinvertebrati, sviluppo della vegetazione riparia, ecc.) passare, ad esempio da un valore dell'indice ecosistema di 0,56 a 0,77 (nella figura 15.8 valori corrispondenti a due politiche di diverse AdB).

Questa informazione è indispensabile per il decisore finale, che deve pesare l'effetto positivo sull'ecosistema insieme alla corrispondente perdita, ad esempio, di

Fig. 15.8.

Differenza di soddisfazione per due diversi obiettivi (idroelettrico ed ecosistema) nel passaggio da una politica ad un'altra. I punti azzurri mostrano due politiche estreme, tendenti cioè a massimizzare un obiettivo senza tenere in alcuna considerazione l'altro. A sinistra sono rappresentate (quadrati rossi) quattro politiche di compromesso generate applicando il vincolo del DMV (calcolato secondo quattro algoritmi diversi) alla politica idroelettrica e (triangoli gialli) alcune politiche di compromesso costruite senza fare riferimento a un vincolo di tipo DMV. A destra, l'ingrandimento mostra come queste ultime possano a volte permettere un miglioramento della soddisfazione sia dell'Idroelettrico che dell'Ecosistema rispetto alle politiche Idroelettrico+DMV.

15.10 Indicazioni sui possibili futuri sviluppi

150 mila €/anno di mancata produzione idroelettrica, o all'aumento di 10 giorni/anno di attività turistica.

È importante sottolineare, infatti, che l'aver reso esplicito il grado di compromesso, ovvero la perdita di soddisfazione che ogni portatore di interesse deve accettare nella scelta di una data alternativa gestionale, è la base per una decisione finale che non è più tecnica, ma politica, in base all'importanza attribuita ai diversi obiettivi.

Il problema qui posto, non sviluppato nel presente caso studio, è affrontato anche nel *Par. 7.5.2*.

Un naturale sviluppo di questo lavoro è l'applicazione al sistema reale della metodologia, qui utilizzata solo a livello dimostrativo. Per fare questo sono necessari almeno i passi di seguito sinteticamente elencati:

- coinvolgere i gruppi di interesse per ridefinire in modo concertato obiettivi e indici di valutazione;
- completare gli studi sperimentali necessari per quantificare e valutare più accuratamente gli effetti della riduzione di portata in alveo sull'ecosistema, ovvero per:
 - costruire un indice di soddisfazione dell'ecosistema più completo e accurato rispetto alla *portata di riferimento* qui adottata;
 - rappresentare in termini espliciti e comprensibili lo stato di salute associato al valore dell'indice, per poter poi esprimere un giudizio di preferenza in base all'importanza relativa attribuita ai diversi obiettivi;
- estendere e perfezionare la modellizzazione e la simulazione all'intero sistema reale.

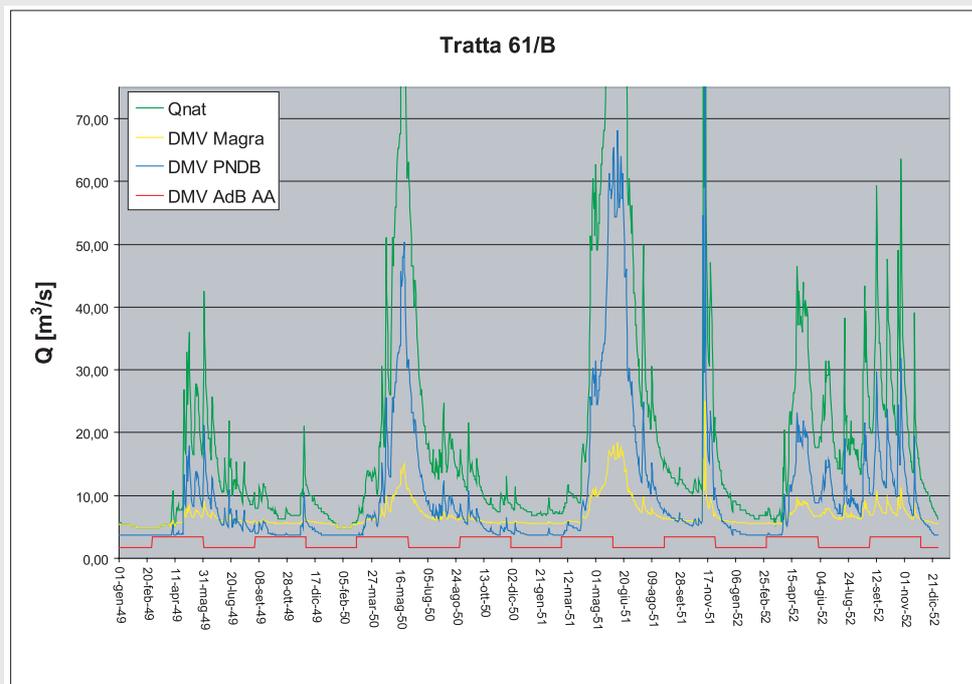
DMV: algoritmi diversi, risultati diversi*(Andrea Goltara)*

Si è già osservato che gli algoritmi di calcolo del DMV sono numerosi. A titolo esemplificativo, la figura 15.9 mostra le notevoli differenze nell'andamento del DMV ottenuto da tre di essi: AdB Alto Adriatico, AdB Magra e Parco Nazionale Dolomiti Bellunesi (PNDB).

Quello proposto dal Parco riporta un andamento mediamente molto vicino a quello della portata naturale, con evidenti picchi anche molto alti in corrispondenza delle piene naturali; nei periodi di magra, però, i valori sono anche sensibilmente inferiori alla portata naturale.

Presenta una modulazione analoga a quella della portata naturale anche il DMV proposto dall'Autorità di bacino del Magra, ma i valori di portata, vicini a quelli naturali in periodo di magra, se ne discostano nei periodi di morbida e sono decisamente inferiori a quelli delle piene naturali.

Infine il DMV proposto dall'Autorità di Bacino Alto Adriatico presenta un andamento costante, non modulato (se non per l'alternanza periodica di due valori costanti); il suo valore risulta decisamente inferiore rispetto agli altri DMV.



Gli algoritmi utilizzati sono così definiti:

- *DMV Autorità di Bacino Alto-Adriatico*⁽⁷⁾

$$\text{DMV} = (K_{\text{biol}} + K_{\text{nat}}) \cdot \text{DMV}_{\text{idr}} \quad (\text{L/s})$$

con:

$$\text{DMV}_{\text{idr}} = 0,33 \cdot P \cdot 1,625 \cdot S^{0,85} \cdot Q_{\text{media}} \quad (\text{L/s})$$

Fig. 15.9.

Comparazione dei diversi valori di DMV calcolati con le formule di tre AdB per la tratta n° 61/B (si veda il testo per i commenti).

⁷ Nell'applicazione di questa formula, è stato tenuto conto della Delibera N. 4 del 05.02.2001 (Adozione delle misure di salvaguardia relative al Piano stralcio per la gestione delle risorse idriche) che, all'art. 4, sanciva: *In via transitoria, per un periodo non superiore ad un anno dalla data di entra-*

15.10 Indicazioni sui possibili futuri sviluppi

dove:

- S = superficie sottesa (Km²)
 P = indice di perennità = $Q_{355}/Q_{media} = 0,33$ (adimensionale)
 Q_{media} = Q media specifica per ogni tratta omogenea (valore riportato nell'allegato A del Piano di Bacino) (L/s)
 Q_{355} = portata eguagliata o superata per 355 giorni l'anno (in una serie storica pluriennale) (L/s)
 K_{nat} = fattore adimensionale che tiene conto della qualità naturalistica dell'ambiente
 K_{biol} = fattore adimensionale che tiene conto della qualità biologica delle acque

- *DMV Autorità di Bacino del fiume Magra*

$$DMV = S \cdot R \cdot P \cdot A \cdot Q_b \cdot Q_r \cdot N \cdot G \cdot L_{7,5} + M_{10} \quad (L/s)$$

dove:

- S = superficie del bacino (Km²)
 R = rilascio specifico = 1,6 (L/s·Km²)
 P = fattore precipitazioni (mm annui) (adimensionale)
 A = fattore altitudine (adimensionale)
 Q_b = qualità biologica corso d'acqua (valori IBE) (adimensionale)
 Q_r = qualità biologica acque restituite (adimensionale)
 N = fattore naturalità (valori IFF) (adimensionale)
 G = fattore geomorfologico = 1
 $L_{7,5}$ = fattore lunghezza che considera lunghezza (D) del tratto da prelievo a rilascio = $1 + (D \cdot 0,075)$ ovvero aumento del 7,5% per ogni Km (adimensionale)
 M_{10} = fattore di modulazione della portata = $0,1 \cdot (Q_{nat} - DMV_{non\ modulato})$ (L/s)

- *DMV Parco Nazionale Dolomiti Bellunesi*

$$DMV = 80\% Q_{min} \text{ purchè non sia minore del } 50\% \text{ della } Q \text{ naturale istantanea} \quad (L/s)$$

Dove:

- Q_{min} = Q_{347} media nel tratto (L/s)
 Q_{347} = portata eguagliata o superata per 347 giorni l'anno (in una serie storica pluriennale) (L/s)

Con ognuno degli algoritmi è stato calcolato il valore di DMV relativo ad ogni tratto in cui sono stati suddivisi i corsi d'acqua analizzati: i valori così calcolati sono stati confrontati tra loro e con il regime di portate naturale. I risultati di questo confronto sono illustrati in figura 15.9.

ta di vigore delle Misure di salvaguardia, sono fissati i seguenti criteri applicativi della portata di rispetto:

a) durante il periodo 01 giugno-31 agosto e 01 dicembre-28 febbraio la portata di rispetto coincide con la portata idrologica, per cui la somma dei coefficienti K_{nat} e K_{biol} deve essere considerata pari ad 1;

b) durante gli altri periodi dell'anno la portata di rispetto va determinata moltiplicando la portata idrologica per la somma dei corrispondenti valori tabellati dei coefficienti K_{nat} e K_{biol} ;

c) per le tre tratte a valle delle sezioni di Nervesa (69), Soverzene (47) e del Mis (63), la valutazione della portata di rispetto rimane invece invariata durante tutto l'anno, con l'applicazione costante dei coefficienti K_{nat} e K_{biol} tabellati.

Ne risulta perciò che il DMV assume due valori, alternati nel tempo.

Modello di simulazione del sistema idrico
(Andrea Goltara)

Lo schema del sistema (bacino pilota) considerato è mostrato nella figura 15.10.

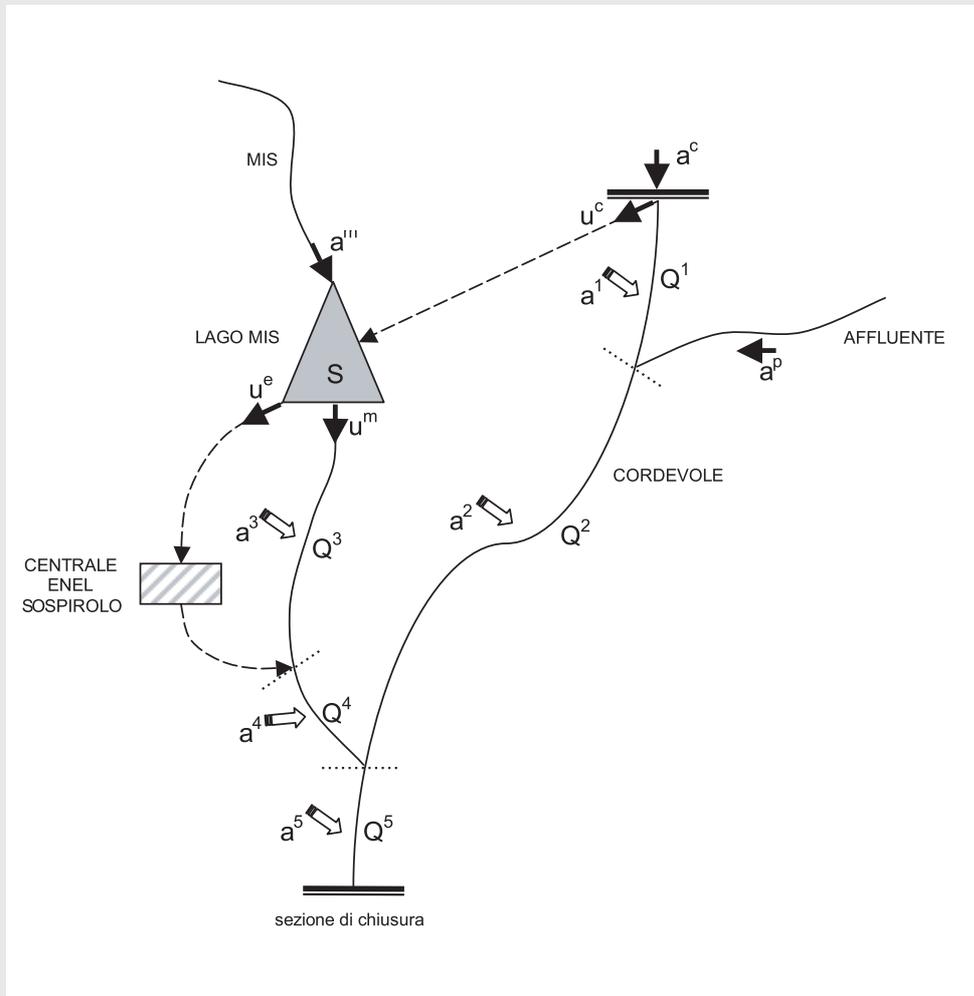


Fig. 15.10. Schema del bacino pilota: suddivisione in tratti e identificazione delle variabili del sistema (per il loro significato si veda il testo).

Variabili del sistema:

- variabili esterne:
 - a = portate in ingresso al sistema (note) al tempo t :
 - a_t^c = portata del Cordevole nella sezione iniziale
 - a_t^m = portata in ingresso al lago Mis
 - a_t^p = portata del torrente Piero, affluente del Cordevole
 - $a_t^1, a_t^2, a_t^3, a_t^4, a_t^5$ = apporti dai sottobacini corrispondenti ai tratti 1-5 (si ipotizzano concentrate alla fine del relativo tratto)
- variabile di stato: S = volume invasato nel serbatoio (lago Mis)
- variabili decisionali:
 - u_t^c = portata derivata dal Cordevole verso il lago Mis al tempo t
 - u_t^m = portata rilasciata dal lago nel torrente Mis al tempo t
 - u_t^e = portata derivata dal lago verso la centrale di Sospirolo al tempo t
- variabili strumentali: portate transitive al tempo t nei diversi tratti in cui è suddiviso

sa l'area pilota, esprimenti il principio di conservazione della massa (si assumono nulli i tempi di trasferimento):

$$\begin{aligned} Q_t^1 &= a_t^c - u_t^c - v_t^1(Q_t^1, l^1) \\ Q_t^2 &= Q_t^1 + a_t^p - v_t^2(Q_t^2, l^2) + a_t^1 \\ Q_t^3 &= u_t^m - v_t^3(Q_t^3, l^3) \\ Q_t^4 &= Q_t^3 + a_t^3 + u_t^e - v_t^4(Q_t^4, l^4) \\ Q_t^5 &= Q_t^3 + Q_t^2 + a_t^3 + a_t^2 - v_t^5(Q_t^5, l^5) \end{aligned}$$

dove l^i : lunghezza del tratto i-esimo
 $v_t^i(Q_t^i, l^i)$: infiltrazione nell'i-esimo tratto⁸⁾

Vincoli sulle variabili del sistema:

- $0 \leq u_t^c \leq c^c$ cioè la portata derivata dal Cordevole (u_t^c) può andare da zero alla portata di concessione per la derivazione dal Cordevole verso il lago Mis (c^c);
- $0 \leq u_t^e \leq a_t^c$ cioè non può essere derivato più di quello che arriva da monte, perciò
- $0 \leq u_t^e \leq \min(a_t^c, c^c)$ cioè la portata massima derivabile non può superare la minima tra gli afflussi al Cordevole e la portata di concessione;
- $0 \leq u_t^m \leq u_{max}^m$ cioè il rilascio dal lago Mis non può superare la portata di massimo rilascio (u_{max}^m);
- $0 \leq u_t^e \leq c^e$ cioè l'uscita dal lago Mis verso la centrale di Sospirolo non può superare la relativa portata di concessione (c^e)⁹⁾;
- $0 \leq S_t \leq S_{max}$ cioè il volume invasato nel lago Mis non può superare il volume massimo dell'invaso (S_{max}), oltre il quale entra in funzione lo sfioratore;
- $0 \leq Q_t^i$ cioè le portate transitanti nei diversi tratti devono essere superiori a zero.

Definizione della curva di massimo rilascio dal lago Mis

La curva di massimo rilascio è stata ottenuta valutando, in funzione del livello del serbatoio, la massima portata che può essere fatta defluire dal serbatoio, considerando le opere di scarico completamente aperte.

Le portate scaricate da ogni opera sono state calcolate utilizzando le equazioni di deflusso proprie delle luci a stramazzo e delle luci a battente ed essendo nota la portata che può defluire dagli scarichi quando il serbatoio è al livello di massimo invasato.

Le equazioni di deflusso utilizzate sono:

$$\text{luci a battente: } Q = \mu_B \cdot A \cdot \sqrt{2 \cdot g \cdot h_0}$$

⁸⁾ Data la non disponibilità di dati sperimentali di supporto, nella fase di simulazione sono stati trascurati i termini di infiltrazione.

⁹⁾ In realtà non esistono due diversi valori di concessione c^c e c^e , ma un valore unico relativo alla centrale di Sospirolo, indipendentemente dal fatto che il prelievo avvenga dal Mis o dal Cordevole o da entrambi; in teoria, quindi, dovrebbe essere rispettato il vincolo $u^e + u^c \leq$ portata di concessione per la centrale di Sospirolo (21,57 m³/s in media e 32 m³/s in condizioni di punta). In questo lavoro, però, trascurandosi la presenza del bypass, le due derivazioni vengono fittiziamente separate (la derivazione verso la centrale deve per forza avvenire dal serbatoio) e si considera che entrambe le derivazioni possano assumere anche contemporaneamente il valore di concessione (si considera come valore massimo 21,57 m³/s).

luci a stramazzo: $Q = \mu_s \cdot h_0 \cdot l \cdot \sqrt{2 \cdot g \cdot h_0}$

dove: μ_B e μ_s = coefficienti di deflusso della luce
 A = area della luce
 l = larghezza dello stramazzo
 g = accelerazione di gravità
 h_0 = altezza del battente idraulico

Le opere di scarico del serbatoio del Mis sono le seguenti:

- scarico di superficie laterale: soglia longitudinale con ciglio a 427,0 m s.l.m.
- luci sfioranti in fregio al coronamento, con soglia a quota 427,3 m s.l.m.
- scarico intermedio: galleria in sponda destra con imbocco posto a quota 386,3 m s.l.m.
- scarico di fondo: galleria policentrica in sponda sinistra con imbocco a 360,5 m s.l.m.

Equazioni del modello

Considerando il sistema schematizzato in figura 15.10, in ogni istante t deve valere (ancora per il principio di conservazione della massa):

$$S_{t+1} = S_t + a_t^m + q_t^c - q_t^m - q_t^e$$

dove sono state considerate trascurabili evaporazione e infiltrazione e q_t^c , q_t^m e q_t^e sono i valori di derivazione e rilascio effettivamente realizzati, compatibilmente con il rispetto dei vincoli imposti dal sistema⁽¹⁰⁾, dati i valori assunti dalle variabili u_t^c , u_t^m e u_t^e .

Nel calcolo dei valori assunti dalle variabili q , oltre alla verifica dei vincoli del sistema, si è reso necessario applicare una regola per la ripartizione delle portate in uscita dal serbatoio (q_t^e e q_t^m) nel caso in cui i valori assunti dalle variabili, come definite dalle politiche gestionali, comportino il superamento del massimo invaso ammissibile. Si è scelto di adottare una regola che soddisfi in primo luogo l'ecosistema fluviale, e poi la produzione idroelettrica; ovvero il surplus di portata viene rilasciato nel torrente Mis fino al raggiungimento della portata naturale, quindi derivato verso la centrale di Sospirolo fino alla portata massima di concessione, e, nel caso in cui questo ancora non sia sufficiente, anche il surplus residuo viene rilasciato nel torrente Mis (superando così la portata naturale). Si noti che, con tale regola (da adottare quando il volume invasato supera quello massimo ammissibile), si è compiuta una esplicita scelta di "politica gestionale".

La relazione che lega le decisioni u_t^* alle variabili q_t^* è espressa come segue, introducendo per comodità la variabile discriminante:

$$\Delta = (S_t + a_t^m + u_t^c - u_t^m - u_t^e)$$

• se $0 \leq \Delta \leq S_{max} \Rightarrow S_{t+1} = S_t + a_t^m + q_t^c - q_t^m - q_t^e$

$$e \begin{cases} q_t^c = u_t^c \\ q_t^m = u_t^m \\ q_t^e = u_t^e \end{cases}$$

¹⁰ Si può infatti verificare il caso in cui i valori delle variabili decisionali imposti da una determinata politica non rispettino i vincoli fisici del sistema, e quindi devono essere modificati al fine di rispettarli, assumendo i nuovi valori q_t .

15.10 Indicazioni sui possibili futuri sviluppi

• se $\Delta < 0 \Rightarrow S_{t+1} = 0$

e quindi se $(S_t + a_t^m + u_t^c - u_t^m) \geq 0 \Rightarrow \begin{cases} q_t^c = u_t^c \\ q_t^m = u_t^m \\ q_t^e = S_t + a_t^m + u_t^c - u_t^m \end{cases}$

se $(S_t + a_t^m + u_t^c - u_t^m) < 0 \Rightarrow \begin{cases} q_t^c = u_t^c \\ q_t^m = S_t + a_t^m + u_t^c \\ q_t^e = 0 \end{cases}$

• se $\Delta > S_{\max} \Rightarrow S_{t+1} = S_{\max}$

e quindi se $(\Delta - S_{\max}) > (a_t^m - u_t^m) \Rightarrow \begin{cases} q_t^c = u_t^c \\ q_t^m = (\Delta - S_{\max}) - (q_t^e - u_t^e) + u_t^m \\ q_t^e = \min(c^e; (\Delta - S_{\max}) - (a_t^m - u_t^m) + u_t^e) \end{cases}$

se $(\Delta - S_{\max}) \leq (a_t^m - u_t^m) \Rightarrow \begin{cases} q_t^c = u_t^c \\ q_t^m = (D - S_{\max}) + u_t^m \\ q_t^e = u_t^e \end{cases}$

La regola di ripartizione delle portate in uscita dal serbatoio relativa al caso $\Delta > S_{\max}$ non viene applicata nella simulazione relativa alla politica gestionale estrema monobiettivo per i canoisti, dovendo essere garantita la possibilità che nel torrente Mis transiti almeno la portata minima per la canoabilità, che può essere in alcuni casi superiore alla portata naturale. In questo caso le equazioni utilizzate sono le seguenti:

se $\Delta > S_{\max} \Rightarrow S_{t+1} = S_{\max}$

e $\begin{cases} q_t^c = u_t^c \\ q_t^m = (S_t - S_{\max}) + u_t^m \\ q_t^e = u_t^e \end{cases}$

16. Caso studio 8

Lago Maggiore-Ticino: riqualificare gestendo meglio i serbatoi idrici

Estensori caso studio: *Andrea Goltara, Andrea Nardini, Marco Monaci*
Autore lavoro originario: *Rodolfo Soncini Sessa*⁽¹⁾

¹ SONCINI-SESSA, 2004b.

INQUADRAMENTO DEL CASO STUDIO

Tipologia del corso d'acqua	Fiume Ticino: grande fiume di origine alpina affluente del Po, immissario ed emissario del Lago Maggiore (o Verbano) Lago Maggiore: lago di origine naturale, ma regolato artificialmente
Territorio	<i>Regione:</i> Lombardia e Piemonte (Italia); Canton Ticino (Svizzera) <i>Caratteristiche:</i> il progetto riguarda in particolar modo il Lago Maggiore e il tratto sub-lacuale di pianura del fiume Ticino
Problematica	Gestione multiuso di un serbatoio idrico (lago naturale regolato); rischio idraulico (inondazione territorio peri-lacuale); esigenze socio-economiche ed ambientali conflittuali e necessità di ricercare un compromesso; corpo idrico transnazionale
Messaggio	<ul style="list-style-type: none"> - Si può contribuire alla riqualificazione fluviale attraverso una miglior gestione di un serbatoio idrico - Anche nel caso in cui la riqualificazione fluviale sia l'obiettivo primario, è generalmente necessario cercare un compromesso tra obiettivi conflittuali, aspetto particolarmente evidente nella definizione del Deflusso Minimo Vitale - Mostrare l'utilità di un processo decisionale negoziale (internazionale) basato su una valutazione quantitativa, in particolare della soddisfazione dei portatori d'interesse nei confronti delle diverse alternative, in relazione a un problema di gestione di risorse idriche e ambiente
Approccio	Migliorare i processi decisionali; approccio tecnico integrato
Linee di azione	<ul style="list-style-type: none"> - <u>Contro il rischio idraulico e da dissesto idrogeologico</u> <ul style="list-style-type: none"> - Convivere con il rischio (gestire meglio i serbatoi idrici esistenti) - <u>Per soddisfare gli usi economico-produttivi dei corsi d'acqua, ricreazione/fruizione e l'obiettivo "natura" (integrità ecologica)</u> <ul style="list-style-type: none"> - Garantire una adeguata disponibilità idrica instaurando un regime idrologico soddisfacente
Tecniche e Strumenti	Modellizzazione (ottimizzazione della gestione di un serbatoio multiuso; simulazione); Sistemi di Supporto alle Decisioni (DSS); valutazione multicriterio; negoziazione
Livello	Pianificazione: questo caso studio si concentra sulle modalità per definire soluzioni <i>alternative di gestione</i> del Lago e predisporre l'informazione in modo da scegliere quale soluzione adottare

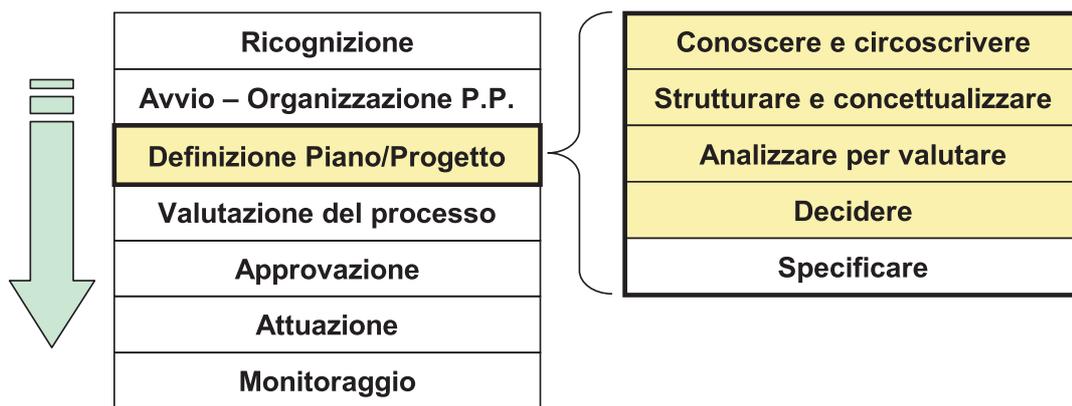


Fig. 16.1. A sinistra, FASI del Processo Decisionale Partecipato (P.P.) e, a destra, PASSI CHIAVE per lo sviluppo della fase “Definizione di un piano/progetto”. In giallo sono evidenziate le parti sviluppate nel presente caso studio.

16.1 In pillole

Il problema affrontato riguarda la pianificazione della gestione del Lago Maggiore (o Verbano), di origine naturale, ma regolato e appartenente a due nazioni, Italia e Svizzera.

Il sistema è caratterizzato dalla presenza di conflittualità tra esigenze diverse, corrispondenti ai diversi attori presenti. La transnazionalità del Verbano comporta che i conflitti per l’uso delle sue acque non possano essere risolti, come spesso accade, da un supervisore di livello nazionale, ma solo attraverso la negoziazione internazionale, eventualmente mediata da un supervisore super partes.

Il caso studio mostra come sia stato estremamente utile a tal fine impostare il problema decisionale secondo un *approccio di tipo partecipativo*, supportato da analisi e valutazioni di tipo quantitativo (*analisi multicriterio* e DSS⁽²⁾) (si veda il Par. 8.6) per definire, valutare e scegliere le *alternative di compromesso*.

Il processo qui descritto è stato coordinato dal Prof. Soncini Sessa (Politecnico di Milano), nell’ambito di un progetto UE-INTERREG II iniziato nel 1999, il “Progetto Verbano”.

Scopo del processo decisionale sviluppato è stato individuare, date le *opzioni di intervento* prese in considerazione (Par. 16.3.2), le *alternative progettuali e gestionali* meno conflittuali da presentare ai decisori politici per la scelta finale (nel seguito si utilizzerà il termine *alternativa* intendendo azioni sia strutturali che normative e gestionali: si veda il Par. 16.3.2).

Nella tabella 16.1 sono sinteticamente elencati i *passi chiave* seguiti nel processo decisionale per arrivare alla scelta delle *alternative “migliori”*: esso è coerente con quanto già presentato nel Par. 6.2.5 ma, più precisamente, segue lo schema mostrato in figura 16.2, che sottolinea come si sia proceduto in un certo senso “per stralci” (associati di volta in volta a un dato sottoinsieme di obiettivi). Tale peculiarità, illustrata meglio nel seguito, è da imputare al fatto che nel caso in oggetto l’elemento fondamentale è la definizione della *politica di gestione*: la definizione di una qualsiasi alternativa non può in questo caso essere fatta “a mano”, ma deve invece essere il frutto della risoluzione di un complesso problema di ottimizzazione che, per limiti operativi, non può considerare contemporaneamente tutti gli obiettivi, ma deve limitarsi a considerarne solo i principali, inducendo così la necessità di iterazioni.

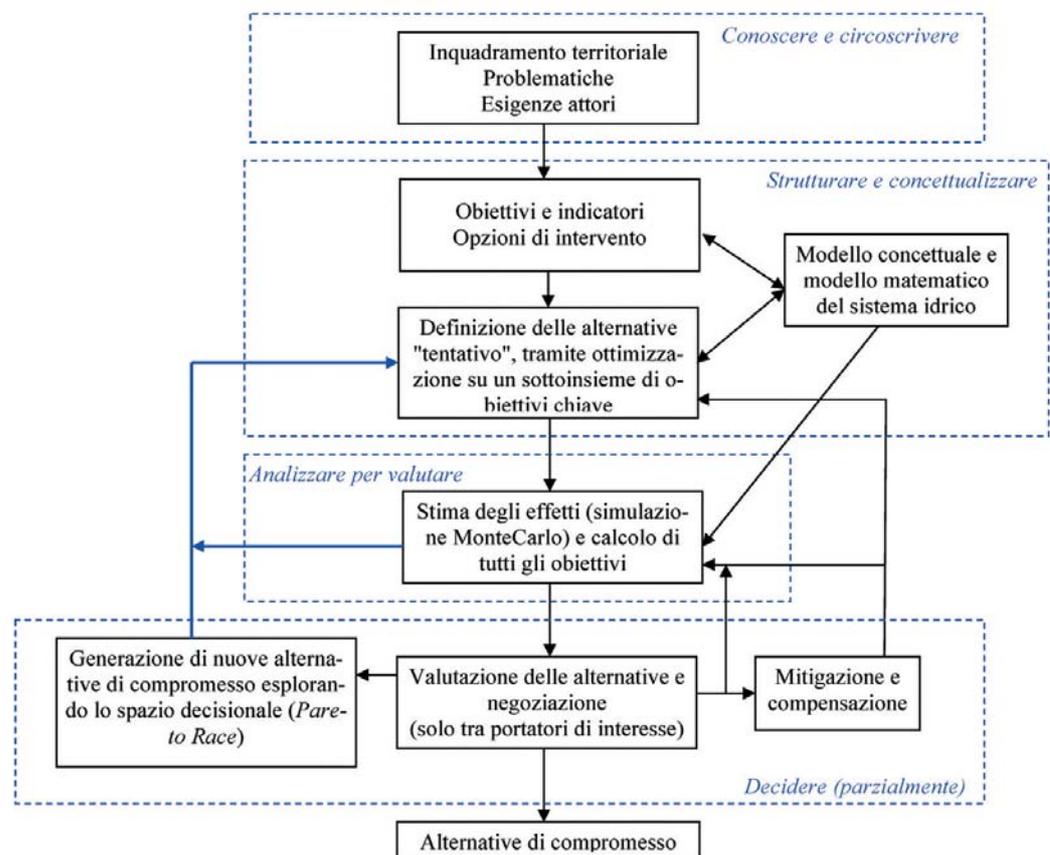
² Decision Support System (sistema di supporto alle decisioni).

16.1 In pillole

Tab. 16.1. I
 “PASSI CHIAVE”
 per lo sviluppo
 della fase
 “Definizione di un
 piano/progetto” e i
 contenuti
 effettivamente
 sviluppati
 nell’ambito del
 caso studio.

PASSO	CONTENUTI affrontati nel Caso studio
Conoscere e circoscrivere	<ul style="list-style-type: none"> - inquadramento territoriale: caratterizzazione del contesto e del problema - identificazione delle problematiche - esigenze, aspettative, timori e percezioni degli attori
Strutturare e concettualizzare	<ul style="list-style-type: none"> - definizione di obiettivi (e gerarchia di attributi: “albero dei valori” e relativi indicatori) - definizione delle possibili opzioni d’intervento - schematizzazione del problema in oggetto come problema decisionale e relativa identificazione degli elementi chiave: alternative, criteri e indici di valutazione - definizione concettuale del modello del sistema idrico (relazioni causa-effetto)
Analizzare per valutare	<ul style="list-style-type: none"> - stima degli effetti e calcolo degli indici di valutazione - analisi comparata delle alternative (pro e contro)
Decidere	<ul style="list-style-type: none"> - valutazione, negoziazione (modifica/creazione di alternative): solo tra portatori di interesse; produzione di indicazioni per i decisori politici

Fig. 16.2.
 I “Passi chiave”
 sviluppati nel
 processo
 decisionale
 “Verbano”. A
 sinistra appaiono
 due iterazioni
 “anomale” (freccie
 blu) dovute al fatto
 che la definizione
 di ogni alternativa
 è soluzione di un
 problema di
 ottimizzazione su
 un numero ridotto
 di obiettivi (per
 problemi di
 pesantezza
 computazionale
 non è possibile
 considerarli tutti
 insieme). La prima
 iterazione ha
 origine dalla
 verifica che gli
 indicatori
 considerati
 “chiave” ... lo siano
 davvero (gli effetti
 possono essere
 stimati solo dopo
 aver sintetizzato,
 via ottimizzazione,
 l’alternativa
 stessa). La seconda
 (più in basso),
 cerca di scovare
 nuove alternative,
 per ora nascoste,
 capaci di
 avvicinarsi
 maggiormente alle
 preferenze dei
 decisori. L’itera-
 zione a destra,
 invece, è quella
 classica causata
 dall’introduzione di
 eventuali misure di
 mitigazione/com-
 pensazione che di
 fatto creano nuove
 alternative (che
 vanno quindi
 valutate).



16.2 Conoscere il sistema e circoscrivere il problema

16.2.1 Inquadramento territoriale

Il Verbano (o lago Maggiore) è uno dei più importanti laghi alpini italiani; ha una superficie di circa 211 Km², 170 dei quali situati in territorio italiano ed i restanti in territorio svizzero. Il suo bacino imbrifero, chiuso alla bocca del lago a Sesto

Calende, è equamente diviso tra Italia (3229 Km²) e Svizzera (3369 Km²). Il territorio del bacino è di tipo alpino, caratterizzato da elevate pendenze dei versanti e da un'altezza media di 1270 m s.l.m., mentre la quota media del lago è circa 194 m s.l.m. Il rapporto tra la superficie del bacino imbrifero e quella del lago è di 31 a 1, il massimo valore fra i grandi laghi delle Alpi: ne conseguono grandi e rapidissime escursioni del livello lacuale.

Il bacino può essere suddiviso in 18 bacini tributari, i principali dei quali sono quelli del Ticino prelacuale, del Maggia-Melazza, del Toce e del Tresa. Questi comprendono a loro volta altri laghi naturali, di cui i più estesi sono i laghi di Lugano, d'Orta e di Varese, e numerosi serbatoi artificiali per la produzione di energia idroelettrica, sia in territorio italiano, sia in quello svizzero.

Il regime pluviometrico del bacino è di tipo sub-litoraneo alpino. Infatti l'andamento della mediana degli afflussi al lago presenta un minimo assoluto invernale e massimi in autunno e nella tarda primavera. Le piene autunnali, tuttavia, dovute totalmente alle precipitazioni, sono rapide, improvvise e difficilmente prevedibili, quindi più pericolose di quelle primaverili, prodotte essenzialmente dallo scioglimento delle nevi, lente, più prevedibili e che si sviluppano su molte settimane.

L'emissario del Verbano è il Ticino sublacuale che confluisce, dopo un percorso di circa 100 Km e un dislivello di 130 m, nel fiume Po. Sulle sponde del Ticino sono presenti importanti centri abitati, tra cui Vigevano e Pavia, e zone di elevato pregio naturalistico. Le principali aree protette sulle sponde del lago e lungo il Ticino sono la Riserva Naturale Speciale di Fondotoce, sulla sponda piemontese del lago Maggiore; la Riserva Naturale Speciale dei Canneti di Dormelletto, sulla sponda sudoccidentale, e soprattutto la zona delle Bolle di Magadino, area naturalistica d'interesse internazionale localizzata nel delta dei fiumi Ticino e Verzasca, in territorio Svizzero.

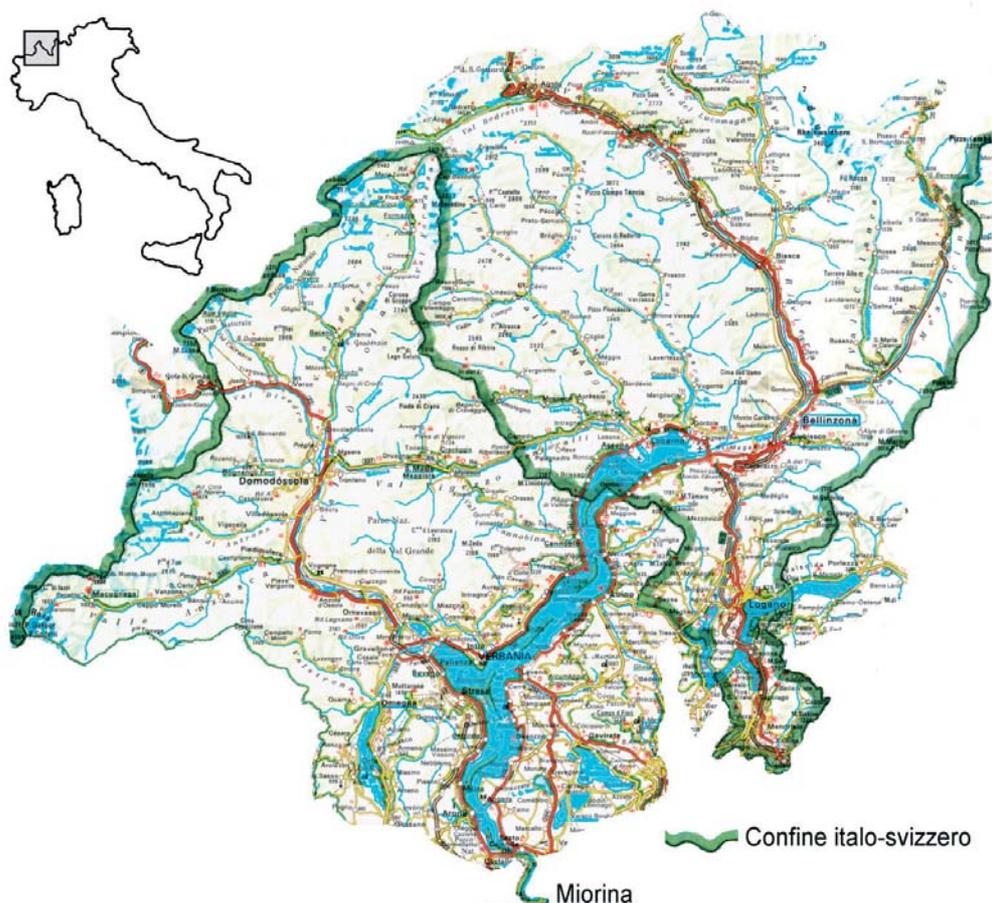
Il fiume alimenta una fitta rete di rogge e canali, tra cui il Canale Regina Elena, il Canale Villaresi e il Canale Industriale. La presenza di questi canali ha contribuito allo sviluppo di un ricco sistema agricolo, basato sulla produzione di riso, mais e frumento, nelle aree della Lomellina, del Novarese, del Vercellese e del Pavese. Come già detto, le acque del Ticino e dei canali da esso derivati vengono anche usate a scopo idroelettrico, mediante dieci centrali di diverse dimensioni poste lungo il loro corso.

Per favorire l'utilizzo delle sue acque a fini irrigui e idroelettrici il Verbano è stato trasformato, a partire dal 1943, in un lago regolato, con la costruzione di uno sbarramento di regolazione, detto della Miorina, sul suo emissario.

Il Ticino confluisce nel Po al Ponte della Becca, poco a valle di Pavia. Il dislivello tra Pavia e il Po è dell'ordine di un metro e mezzo in condizioni normali, ma può ridursi notevolmente quando il Po è in piena. In queste condizioni, affinché le acque del Ticino possano sfociare in Po, devono raggiungere una quota al pelo libero molto più elevata di quella richiesta, a parità di portata, quando il Po è in morbida o in magra; in caso contrario rigurgitano, aumentando il rischio idraulico nel tratto finale del fiume. Particolarmente grave è pertanto il caso in cui il colmo di piena, scendendo da Torino lungo il Po, raggiunga la confluenza col Ticino in sincronia con l'onda di piena di quest'ultimo. In tal caso, infatti, i livelli fluviali a Pavia risultano esaltati; l'onda unita dei due fiumi, inoltre, accresce i rischi di esondazione lungo la valle del Po, in particolare nel Polesine.

L'area interessata dal progetto include tutto il lago e il Ticino Sublacuale fino a Pavia (Fig. 16.3).

Fig. 16.3.
Il bacino imbrifero
del Verbano.



16.2.2 Problematiche – Rischio idraulico e interessi contrapposti

Il problema trattato origina dal continuo incremento di rischio idraulico e danni economici, soprattutto in territorio svizzero, legati alle esondazioni del Verbano; da qui è nata la proposta di modifica del regime dei deflussi dal lago.

Tale proposta ha messo in evidenza la conflittualità di interessi tra gli attori presenti lungo il lago e il corso del Ticino sub-lacuale, le cui esigenze relativamente a livelli idrici e portate defluite sono spesso opposte: in particolare, gli utenti irrigui e idroelettrici di valle richiedono di utilizzare al massimo il volume del lago per immagazzinare volumi idrici, elevando il livello idrico, così da avere a disposizione una maggior quantità d'acqua per gli usi suddetti quando è più necessario; le popolazioni rivierasche richiedono invece di aumentare la capacità di deflusso del lago per svuotarlo più rapidamente e ridurre le esondazioni nelle zone circostanti il lago; i Parchi aspirano a garantire un deflusso minimo vitale (DMV) più elevato rispetto all'attuale, per migliorare lo stato dell'ecosistema fluviale e l'associata fruizione.

16.2.3 Le prospettive dei portatori d'interesse

I portatori d'interesse individuati sono indicati nella tabella 16.2, suddivisi tra monte e valle della sezione di uscita del lago (incile) in quanto evidentemente

influenzati in maniera diversa da uno stesso intervento secondo l'appartenenza alla prima o alla seconda categoria.

Uno stesso settore di influenza, tuttavia (ad esempio le esondazioni, o la presenza di zanzare) può riguardare più gruppi di interesse.

PORTATORI DI INTERESSE	
MONTE	Popolazione rivierasca lacuale
	Albergatori e commercianti
	Utenti navigazione
	Pescatori
	Ambiente di monte, aree lacustri di pregio
VALLE	Popolazione lungo il fiume
	Utenti irrigui
	Utenti comparto energia
	Utenti Parco del Ticino
	Ambiente di valle, Parchi del Ticino

Tab. 16.2.
Portatori di interesse di monte e di valle.

a) Popolazione rivierasca: subisce i danni legati alle esondazioni del lago, la cui frequenza e intensità dipendono dalle modalità con cui evolvono i livelli lacuali (traiettoria dei livelli) in corrispondenza dell'*alternativa* prescelta. I danni sono sia diretti, ovvero a beni e strutture danneggiate dall'acqua, sia indiretti, legati all'interruzione di attività produttive, servizi e trasporti. Un altro settore di influenza individuato è il disagio dovuto alla massiccia presenza di zanzare, problema riscontrato soprattutto nell'area nord del lago, presso le Bolle di Magadino. Le zanzare infatti si riproducono nelle aree umide e la loro proliferazione (e quindi anche i trattamenti necessari per tentare di controllarle) dipende dalla frequenza e dalla durata dei periodi durante i quali le aree riproduttive rimangono allagate, quindi dall'andamento dei livelli lacuali.

b) Albergatori, commercianti, turisti: la presenza di turisti può essere limitata sia da livelli lacuali molto elevati, che determinano l'inaccessibilità delle spiagge e delle aree costiere, sia da livelli molto bassi, che diminuiscono l'attrattiva estetico-paesaggistica dei luoghi. Come per la popolazione locale, inoltre, l'attività di turisti e operatori commerciali può essere influenzata dalla presenza di zanzare.

c) Utenti navigazione: la navigabilità del lago è limitata o impedita sia da livelli molto elevati che molto bassi del lago. Nel primo caso, quando vengono superati i livelli delle banchine di imbarco, è necessario montare passerelle temporanee, con disagi e aumento dei costi per la compagnia di navigazione, o addirittura interrompere il servizio per situazioni estreme; nel secondo caso il traghetto rischia di urtare il fondo, pertanto può essere necessario limitare l'imbarco di mezzi pesanti o, al limite, interrompere il servizio.

d) Pescatori: gli introiti degli operatori professionali sono legati al regime dei livelli lacuali, in quanto quest'ultimo influenza la riproduzione delle specie ittiche che ovodepongono presso le rive, limitandola in caso di livelli bassi. Per alcune specie la mancata riproduzione è legata all'abbassamento dei livelli oltre la quota a cui sono state deposte le uova, per altre all'impossibilità di raggiungere le zone a canneto in cui avviene la deposizione.

e) Ambiente di monte, aree lacustri di pregio: lungo le sponde del Verbano rimangono alcuni tratti, di diversa estensione, di ambienti palustri, il più importante dei quali, per dimensioni e integrità, è quello della Riserva delle Bolle di Magadino (in territorio svizzero), in corrispondenza della foce del Ticino prelacuale. La Riserva è stata iscritta nel 1982 nell'elenco della Convenzione internazionale di Ramsar per il ruolo di sosta per l'avifauna migratoria ed è inclusa dal 2000 tra le Important Birds Area (IBA). L'integrità delle Bolle, così come quella degli altri sistemi palustri perilacuali, è strettamente legata all'andamento dei livelli del lago: una prolungata abbondanza d'acqua infatti tende a trasformare l'ambiente palustre, tipicamente di transizione, in uno acquatico, mentre prolungati periodi asciutti lo fanno evolvere verso un ambiente terrestre. Il mantenimento dell'ambiente palustre, più che agli eventi estremi, a cui è poco sensibile, è legato ai livelli medi stagionali, e pertanto alla *fascia delle medie stagionali*, cioè l'intervallo definito dai livelli medi nelle stagioni caratteristiche per l'attività della vegetazione (novembre-febbraio, marzo-maggio, giugno-agosto, settembre-ottobre). L'innalzamento della fascia (il sistema è sensibile a variazioni di almeno una ventina di centimetri) porta la palude a traslare lentamente verso l'entroterra; viceversa per un suo abbassamento. Il problema sorge se a monte della palude esiste un ostacolo che ne impedisca la traslazione, ad esempio una diga, un argine, o un'area antropizzata. Un innalzamento dei livelli lacuali medi porta pertanto ad una riduzione del sistema palustre, non solo, come è evidente, dal punto di vista quantitativo, ma anche qualitativo, perché vengono a mancare gli ambienti tipici della fascia superiore del gradiente igrofilo.

Ampie e rapide oscillazioni di livello possono inoltre incrementare il fenomeno di erosione dei canneti, dovuto all'impatto delle onde al piede delle canne, con asportazione del terreno e progressivo sradicamento.

Come per i pescatori, anche qui è da considerare l'effetto dei livelli lacuali sulla riproduzione dei pesci, ma in questo caso non per il loro valore economico, bensì per il valore di esistenza delle specie ittiche presenti.

Il canneto è inoltre un'importante area di nidificazione dell'avifauna, che può venire compromessa da livelli lacuali particolarmente elevati.

Elevata importanza ecologica hanno inoltre i litorali temporaneamente emersi, colonizzati da specie spesso rare o in via di estinzione e importante area di sosta e alimentazione per gli uccelli migratori. Affinché queste aree esplichino la loro funzione è però necessario che il tempo di emersione sia sufficientemente lungo, pertanto il valore ecologico della Riserva è strettamente legato alla politica di gestione del lago.

f) Popolazione lungo il fiume: come la popolazione lungo il lago, anche quella lungo il fiume subisce i danni delle esondazioni, ma in questo caso del Ticino sublacuale. È da sottolineare che a priori si sarebbe potuto considerare l'effetto delle alternative progettuali lungo tutta l'asta del Po, che dipendono però anche dalla regolazione di tutti gli altri affluenti e dovrebbero quindi essere considerati all'interno di un sistema di gestione integrato. Ci si è quindi limitati a considerare gli effetti lungo l'asta del Ticino fino a Pavia, ricercando alternative che non avrebbero peggiorato le portate storicamente registrate a Pavia (ciò garantisce le popolazioni residenti sul Po) e in cui la regolazione tenga conto dell'eventuale rigurgito del Po: questo approccio è maggiormente a favore della sicurezza dell'attuale, che non considera, nel disciplinare di regolazione dello sbarramento (Miorina), l'interazione tra Ticino e Po.

g) Utenti irrigui: la loro soddisfazione aumenta quanto più la portata erogata si avvicina alla domanda idrica a fini irrigui; la biomassa prodotta dalle colture, tuttavia, non è solo legata all'entità del deficit irriguo complessivo, ma anche alla sua distribuzione temporale in quanto, se viene raggiunto il punto di appassimento, la crescita della pianta viene irrimediabilmente compromessa. Un deficit elevato, pertanto, ma distribuito in un lungo periodo, è meno pericoloso di un deficit inferiore, ma concentrato in un breve periodo.

Gli utenti irrigui sono pertanto soddisfatti da una politica di gestione che consenta la massima aderenza dei rilasci alla traiettoria della domanda irrigua. Sono inoltre generalmente favorevoli a massimizzare l'invaso nel lago nei periodi non irrigui, al fine di garantire un elevato volume disponibile nel periodo irriguo successivo.

h) Utenti comparto energia: le portate erogate influiscono diversamente sulla produzione di energia idroelettrica rispetto a quella termoelettrica. Nel primo caso il criterio adottato è il mancato ricavo prodotto da un'erogazione inferiore alla portata di concessione, anche in questo caso legato non solo al deficit totale, ma anche al suo andamento, in quanto il prezzo dell'energia è variabile nel tempo. Anche gli utenti idroelettrici, come quelli irrigui, sono in genere favorevoli ad invasare nel lago il maggior volume possibile, posto che la loro domanda venga soddisfatta.

Nel caso di produzione di energia termoelettrica (centrale di Turbigio-EUROGEN, da 1230 MW), l'eventuale danno è legato all'abbassamento della portata del Canale Industriale che la alimenta al di sotto di 25 m³/s, valore indispensabile per le torri di raffreddamento, che implicherebbe l'arresto della centrale con gravi danni economici per la pesante influenza sull'alimentazione elettrica alla città di Milano.

i) Utenti Parco Ticino: A differenza del lago Maggiore, sul Ticino sublacuale non esiste una vera e propria industria turistica, se si escludono alcuni ristoranti, bensì un utilizzo a fini ricreativi dell'area dei due Parchi del Ticino (quello Piemontese e quello Lombardo) da parte soprattutto degli abitanti delle città limitrofe. La soddisfazione di questo comparto è pertanto legata alla effettiva possibilità di svolgere attività quali la fruizione delle spiagge in estate, di itinerari pedonali o ciclabili, gite in canoa o balneazione. Queste attività vengono rese difficili o impossibili da livelli o portate del Ticino troppo basse (ad esempio canoa e balneazione) o troppo elevate (ad esempio balneazione e percorsi ciclabili).

l) Ambiente di valle, Parchi del Ticino³⁾: il corso del fiume Ticino sublacuale è interamente protetto da due parchi naturali, uno piemontese (il Parco Piemontese della Valle del Ticino) e uno lombardo (il Consorzio Parco Lombardo della Valle del Ticino), fino alla confluenza con il Po, a valle di Pavia. Gli ecosistemi ripari e fluviali del fiume e delle lanche della valle del Ticino ospitano numerose specie stanziali, tra cui alcune in via di estinzione come la lontra, e costituiscono inoltre un importante rifugio per l'avifauna migratoria.

Le condizioni dell'ecosistema fluviale sono fortemente influenzate dal regime delle portate: se basse si determina infatti aumento della concentrazione di inquinanti, innalzamento della temperatura con riduzione dell'ossigeno disciolto, riduzione del ricambio idrico con locali degradi qualitativi oltre che vera e propria scomparsa di habitat; l'ittiofauna è danneggiata soprattutto da rapidi abbassamen-

³ Sebbene a prima vista possa sembrare una problematica del tutto analoga a quella del punto precedente, qui ci si preoccupa dell'ecosistema, mentre sopra ci si preoccupava degli utenti.

ti di livello che, come già detto, mettono in secca le aree di deposizione delle uova; aumenti di portata repentini possono invece danneggiare le aree di nidificazione dell'avifauna, la fauna bentonica (che può essere trascinata a valle), l'ittiofauna che depone le uova sulla vegetazione acquatica, oltre che determinare un generale impoverimento della biodiversità, dovuto a variazioni molto più rapide di quelle naturali, a cui l'ecosistema fluviale non riesce a rispondere efficacemente. Per l'ambiente di valle è pertanto importante non solo che venga superata una soglia minima di portata, ma anche che il regime determinato dalla politica di gestione si discosti il meno possibile da quello naturale.

16.3 Concettualizzare il problema

16.3.1 Gli obiettivi specifici dei portatori di interesse e i relativi indicatori

Ogni portatore d'interesse ricerca la propria soddisfazione legata ad uno o più obiettivi specifici, che possono essere più o meno raggiunti secondo la soluzione considerata (nel seguito, una generica soluzione è denominata *alternativa*). Con la collaborazione dei portatori di interesse, nell'ambito del processo partecipato, si è provveduto a definire tali obiettivi e ad articularli in una struttura gerarchica, il cosiddetto *albero dei valori*. Gli obiettivi sono stati definiti da una serie di *attributi* che li descrivono verbalmente (le "foglie" dell'albero) a cui sono associati *indicatori* (descrittori numerici) che ne quantificano la soddisfazione (si veda il *Par. 7.6.2*).

Tra gli *indicatori* adottati si citano, a titolo di esempio: *massima area allagata a Locarno; numero medio annuo di giorni di esondazione a Locarno; mancato ricavo medio annuo per la chiusura degli scali lacustri; frazione del periodo di fregola in cui i ciprinidi non possono accedere al canneto; distanza tra regime di portata naturale e regime regolato nel Ticino; volume medio annuo del deficit di fornitura irrigua; valore medio annuo dei mancati ricavi delle centrali idroelettriche dell'ENEL*.

Per l'elenco completo e la descrizione dettagliata degli indicatori utilizzati, si veda SONCINI-SESSA (2004b).

Come spiegato meglio nel seguito, ad ogni *alternativa* consegue un diverso andamento temporale (serie temporali) delle variabili rilevanti, quali ad esempio: i livelli lacuali, le portate erogate, le portate immesse nei canali e nel Ticino. Il valore assunto da ogni *indicatore* in corrispondenza delle diverse alternative è quindi funzione delle serie temporali delle variabili considerate conseguenti alla (ipotetica) implementazione di quell'alternativa.

L'aggregazione degli indicatori in un *indice di valutazione* (uno o più per ogni portatore di interesse) fornisce una misura (una grandezza scalare) della soddisfazione globale di quel portatore di interesse nei confronti delle alternative considerate (*Par. 7.8.1*).

16.3.2 Le possibili opzioni di intervento

Il processo partecipato ha permesso di definire le *opzioni di intervento* per intervenire sul regime dei deflussi dal lago e sui livelli. Va premesso che l'*invaso utile*

del lago è definito dalla cosiddetta *fascia di regolazione*: un intervallo di livelli del lago entro il quale l'ente preposto alla gestione può autonomamente scegliere la portata da erogare. L'estremo superiore di questa fascia è attualmente posto a +1,00 m sullo zero idrometrico nel periodo tra il 15 marzo e il 31 ottobre, mentre sale a +1,50 m nel resto dell'anno. Il disciplinare di regolazione (l'atto che formalizza le modalità di gestione) impone che quando il livello lacuale supera il limite superiore, lo sbarramento di uscita del lago deve essere completamente aperto, facendo fuoriuscire la portata massima compatibile con la sezione di uscita (o incile).

Il regime dei deflussi può quindi essere variato in diversi modi, ad esempio modificando la *fascia di regolazione*, modificando fisicamente la sezione di uscita (e di conseguenza la *scala di deflusso*⁽⁴⁾), o con l'utilizzo da parte dell'ente di regolazione di una diversa regola per il rilascio idrico (*politica di gestione*).

In base alle proposte avanzate dai diversi soggetti coinvolti e a ulteriori approfondimenti, qui non riportati, nel processo realmente sviluppato sono state considerate le seguenti possibili *opzioni di intervento* (o non intervento):

- **Azioni strutturali:**

- sbancare l'incile lacuale, così da consentire di erogare, all'inizio della piena, una portata superiore ai circa 600 m³/s attuali;
- mantenere invariato l'attuale incile (e quindi la scala di deflusso).

- **Azioni normative:**

In relazione alla fascia di regolazione:

- variare la fascia portandone l'estremo superiore a + 1,50 m per tutto l'anno;
- lasciare inalterata l'attuale fascia variabile tra estate e inverno.

In relazione al DMV:

Definire il valore di portata da adottare e/o il suo andamento temporale, costante oppure modulato al fine di riprodurre l'andamento delle portate naturali (si veda in proposito anche il *caso studio* nel *Cap. 15*).

- **Azioni gestionali** (di regolazione):

Definire la politica di gestione del serbatoio, ovvero la regola, eventualmente variante in funzione dell'istante temporale *t* (il giorno nel caso del Verbano), che fornisce la decisione, o un insieme di possibili decisioni equivalenti, su come gestire i livelli del lago in funzione delle informazioni disponibili (volume di invaso lacuale presente in quell'istante ed eventuali altre variabili) (per approfondimenti si veda il box *Gestione dei serbatoi idrici multiuso* nel *Par. 8.6*).

16.3.3 Definizione delle alternative

Con riferimento alla figura 16.2, una volta definite le opzioni d'intervento, sono state ideate alcune alternative tramite la combinazione delle diverse opzioni tra di loro (si noti che sono possibili infinite combinazioni).

⁴ La scala di deflusso è la relazione che lega univocamente il livello idrico alla portata: conoscendo il livello (molto più facile da misurare) si può così stimare la portata corrispondente.

16.3 Concettualizzare il problema

Ogni *alternativa* è stata definita da una combinazione delle opzioni elencate al *Par. 16.3.2* e, più precisamente, da:

- un'azione strutturale;
- due azioni normative;
- una politica di gestione.

Formalizzando, l'insieme A delle alternative è quindi il seguente:

$$A = (s, f, d, p), \text{ con: } s \in S, f \in F, d \in D, p \in P(s, f, d)$$

dove:

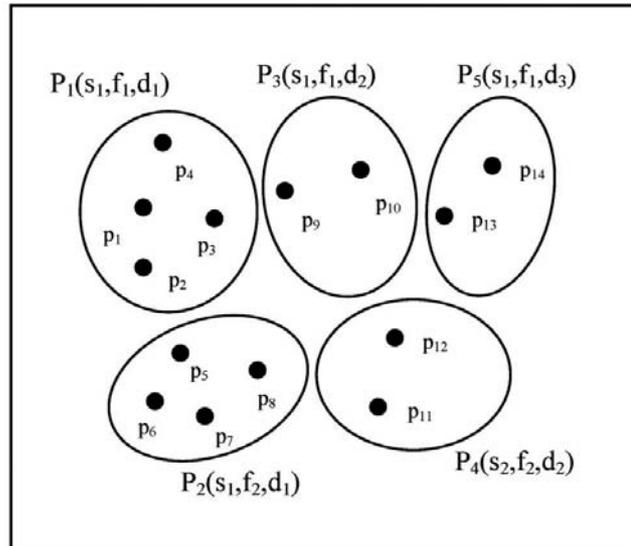
- S è l'insieme delle scale di deflusso considerate (definite dalla geometria della sezione di efflusso);
- F è l'insieme delle fasce di regolazione considerate;
- D è l'insieme dei valori di DMV considerati;
- P è l'insieme delle politiche di gestione in corrispondenza della terna (s, f, d).

L'insieme P dipende dalla particolare terna di azioni (s, f, d) considerata poiché dall'azione strutturale "sbancamento incile" (s) e dalle azioni normative "fascia di regolazione e DMV" (f, d) dipendono la scala di deflusso e i vincoli che devono essere soddisfatti nella gestione (e quindi l'insieme dei valori di portata erogabile in corrispondenza di ogni livello); in altre parole, la terna (s, f, d) definisce lo spazio entro cui le decisioni di regolazione possono essere prese e quindi dove giacciono le possibili *politiche di gestione* (Fig. 16.4).

770

Fig. 16.4.

Alcuni insiemi (ipotetici) P_i di possibili politiche di gestione (p_x): ogni insieme (ovale) è associato a una particolare terna delle variabili: *scala di deflusso* (s), *fascia di regolazione* (f) e *deflusso minimo vitale* (d).



16.3.4 Progetto di politiche di gestione efficienti su un sottoinsieme di obiettivi

A questo punto, volendo raggiungere obiettivi plurimi tra loro conflittuali, si è posto il problema di quali politiche considerare nel processo decisionale, cioè di come scegliere, tra le infinite possibili, quelle non solo *ammissibili*, che cioè sod-

disfano tutti i vincoli del sistema, ma anche *efficienti*⁵. Tutte le politiche non efficienti (dette anche *dominate*) sono state eliminate dal processo decisionale, poiché nessuno sarà mai interessato ad esse (stanti gli obiettivi definiti dai portatori di interesse).

Per ogni terna (s, f, d) data, sono quindi state individuate, tra le politiche ammissibili, tutte e sole le politiche efficienti (in relazione agli obiettivi gestionali considerati) impostando e risolvendo un opportuno *problema di controllo ottimo a molti obiettivi* (si veda il box *Gestione dei serbatoi idrici multiuso* nel Par. 8.6).

A rigore si sarebbe potuto impostare un problema di controllo ottimo rispetto a tutti gli obiettivi definiti dai portatori di interesse ma, per ridurre la complessità di calcolo (altrimenti intrattabile), si è utilizzato solo un sottoinsieme chiave di obiettivi, scelti d'intesa con i portatori d'interesse e denominati *obiettivi di controllo*. Questi criteri sono quindi un sottoinsieme dei *criteri di settore* che sono poi stati utilizzati nella successiva fase di *valutazione delle alternative* per poter scegliere quella di compromesso; in questa fase è perciò annidata una procedura iterativa (Fig. 16.2)⁶.

Nello specifico, gli *indicatori* scelti per quantificare gli *obiettivi di controllo* sono stati i seguenti:

- *area annualmente allagata nei comuni di Locarno e Verbania* (relativo quindi al rischio idraulico);
- *pericolosità degli stress idrici* (relativamente alla produzione agricola degli utenti irrigui di valle);
- *mancato ricavo annuo delle centrali idroelettriche dell'ENEL*;
- *distanza tra regime regolato e regime naturale* (relativamente al Ticino sublacuale).

Questi (ed altri) indicatori sono legati al comportamento futuro del sistema (e quindi alla *politica di gestione* adottata) in termini di livelli lacuali, portate erogate, portate immesse nei canali e nel Ticino. La definizione del problema ha richiesto quindi di specificare il legame esistente tra le decisioni di regolazione (specificate dalla *politica di gestione*) e tali grandezze idrologiche.

16.3.5 Modello del sistema fisico

Per esprimere questo legame è necessario un *modello* del sistema idrico (si veda il box *Schema modellistico del sistema idrico* nel Par. 16.6.2, a fine caso studio). La scelta della rappresentazione concettuale del sistema fisico e del livello di dettaglio con cui rappresentarlo è strettamente dipendente sia dagli indicatori selezionati che dal tipo di alternative che devono essere progettate. Anche qui sorge la

⁵ Si ricorda che in generale una soluzione di un problema multiobiettivo (in questo caso una politica) è *efficiente* (in senso paretiano) quando, tra le soluzioni ammissibili, non ne esiste alcuna che migliori almeno un obiettivo, senza peggiorarne almeno un altro.

⁶ La procedura in sostanza è strutturata in questo modo: 1) si parte selezionando gli obiettivi (e quindi gli indicatori) più conflittuali perché, almeno apparentemente, più ricchi di informazione (*obiettivi di controllo*); 2) si ottimizza ottenendo così un corrispondente insieme di *alternative efficienti* (differenziate solo in base alla *politica di gestione*); 3) le alternative vengono poi valutate usando di nuovo tutti gli obiettivi, non solo quelli usati per definire le alternative stesse; 4) si verifica se gli obiettivi precedentemente esclusi sono in realtà conflittuali, nel qual caso occorre reiterare e ripartire dal punto (1) considerando anche i nuovi obiettivi conflittuali.

necessità di procedere in modo iterativo (Fig. 16.2): l'identificazione delle alternative richiede un modello, ma questo non può a rigore essere compiutamente sviluppato se è ignota la classe delle alternative da analizzare.

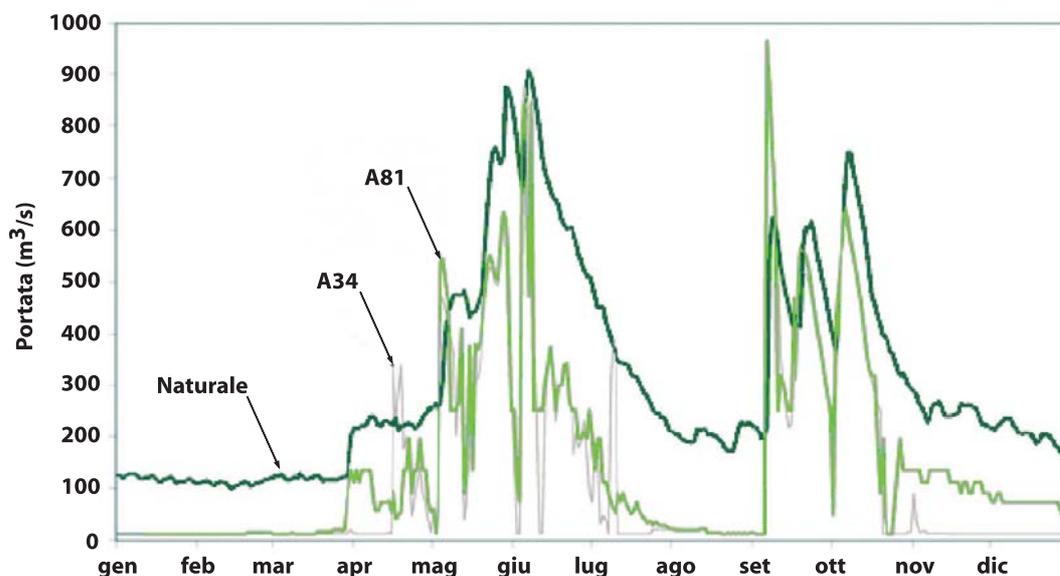
16.4 Analizzare la prestazione delle alternative per valutare

Una volta identificate le *alternative*, per valutarle è stato necessario stimarne gli effetti, ovvero calcolare i valori assunti dagli indicatori relativi agli obiettivi in corrispondenza di ognuna di esse. La stima è stata ottenuta *simulando* ogni *alternativa* su un orizzonte temporale sufficientemente lungo da rendere probabile il manifestarsi anche degli eventi estremi (“metodo Monte Carlo”)⁷. Per simulare è stato necessario alimentare il modello con una serie di afflussi idrici al lago. A tal fine è stata utilizzata la *serie storica* delle portate, così da mostrare gli effetti che ogni *alternativa* avrebbe prodotto se fosse stata realizzata in passato e confrontarli con ciò che è realmente occorso.

La simulazione (effettuata con un modello basato sullo schema logico di Fig. 16.9) ha fornito le serie dei livelli lacuali, delle portate erogate alla Miorina e delle portate immesse in Ticino e nei canali: ha fornito cioè tutte le grandezze necessarie al calcolo degli indicatori (si veda l'esempio in Fig. 16.5).

Fig. 16.5.

Esempio di risultato delle simulazioni: portate rilasciate in Ticino nel 1984 per due alternative (A34 e A81) a confronto con il regime naturale. Con l'alternativa 81 ci si scosta meno dal regime naturale in autunno-inverno (in particolare novembre e dicembre), aumentando quindi la soddisfazione per il settore Ambiente a valle, ma diminuendola, ad esempio, per il settore idroelettrico.
(da SONCINI-SESSA, 2004b)



Come già detto, gli effetti delle *alternative*, misurati dagli *indicatori*, espressi in unità fisiche, sono poi stati trasformati nel *grado di soddisfazione* ad esse associato da parte di ogni gruppo di portatori di interesse, calcolando i corrispondenti *indici di valutazione* (si veda l'esempio di figura 16.6, in cui si confronta l'*alternativa Zero* (A0), ovvero mantenere la situazione attuale, con l'*alternativa 34*

⁷ L'idea è che (come per una roulette non truccata), per la legge dei grandi numeri, la media dell'esito di tanti “esperimenti” (lanci o prestazione in un dato anno di simulazione) fornisca una stima affidabile del valore atteso delle grandezze stocastiche in gioco.

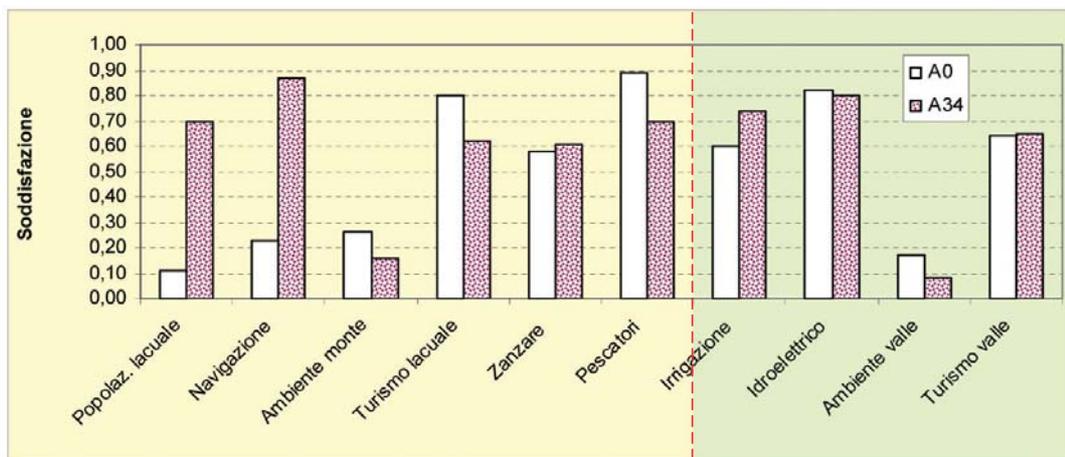


Fig. 16.6.

Confronto della soddisfazione dei diversi “settori di influenza” (ovvero attributi, alcuni dei quali comuni a più gruppi di interesse) per due alternative (A0 rappresenta l’alternativa Zero, ovvero mantenere la situazione attuale). A sinistra, i settori di monte; a destra quelli di valle). Per ogni gruppo, il valore 1 rappresenta il massimo grado di soddisfazione, 0 il minimo.

(Adattato da SONCINI-SESSA, 2004b)

(A34), che risulta decisamente più favorevole per la popolazione rivierasca del lago, per il settore della navigazione e per gli usi irrigui, mentre peggiora la soddisfazione di altri settori, soprattutto quelli legati al turismo lacuale e alla fauna ittica.

La costruzione degli indici (come altre fasi del processo, anche se non sempre qui viene reso esplicito) ha implicato una procedura di tipo iterativo⁽⁸⁾.

16.5 Scegliere negoziando

Lo scopo di questa fase è cercare di far convergere le preferenze dei portatori di interesse e arrivare a raccogliere un ampio consenso attorno a una o più alternative denominate “di compromesso”, che verranno sottoposte poi ai decisori politici.

16.5.1 Generazione di nuove alternative di compromesso (Pareto race)

Una tecnica qui utilizzata (che introduce un’ulteriore iterazione nella procedura), denominata *Pareto race* (la “corsa di Pareto”, cioè verso l’efficienza), è finalizzata a costruire nuove alternative più vicine alle preferenze espresse dai portatori di interesse (via via mediate nella negoziazione) procedendo per gradi: si rinuncia cioè a determinare l’intera frontiera di Pareto e le corrispondenti alternative, riducendo notevolmente il tempo di calcolo, ma ovviamente pagando lo scotto di un’informazione incompleta.

⁸ Infatti, per determinare in particolare l’importanza relativa (pesi) dei diversi indicatori è necessario chiarire l’intervallo di variazione (“range”) considerato per ogni indicatore; è bene che questo range sia interamente coperto dall’insieme delle possibili alternative (cioè almeno una ne assuma il valore migliore e un’altra il peggiore) altrimenti si distorce l’importanza relativa degli indicatori. Ma queste alternative non sono ancora definite perché saranno il risultato di un’ottimizzazione che utilizza proprio quegli indici con i pesi ancora ignoti. Come procedere? Con un classico metodo iterativo così articolato: si ipotizza (per ogni indicatore) un range di primo tentativo, si costruiscono gli indici, si effettua l’ottimizzazione, ovvero si determinano le alternative possibili, le si valuta –simulando– e si trovano i nuovi range; si confrontano con quelli ipotizzati al primo passo e, se sensibilmente diversi, si reitera fino a uno scostamento accettabile (convergenza).

Essa prevede i seguenti passi:

- individuare i portatori che si dichiarano soddisfatti, così come il settore “più svantaggiato” (in relazione alle alternative già definite);
- ricercare una nuova alternativa che porti a un incremento della soddisfazione per il settore svantaggiato e sia accettata da tutti i portatori che erano soddisfatti dall’alternativa da cui si era partiti (cioè non ne peggiori la soddisfazione, almeno non sensibilmente).

Procedendo in questo modo, le alternative che man mano vengono individuate allargano progressivamente il consenso, allargano cioè l’insieme dei portatori d’interesse che si ritengono soddisfatti. Il processo termina quando non è possibile trovare un’alternativa che allarghi ulteriormente il consenso e le alternative individuate sono quelle su cui si accentra l’interesse dei portatori d’interesse; per questo sono dette *alternative di attrazione*. Si comprende come sia in questa fase che possono emergere i *conflitti* tra i diversi portatori d’interesse.

16.5.2 Misure di compensazione/mitigazione

Se un’alternativa gode del consenso della maggioranza dei portatori d’interesse, ma non di tutti, è importante studiare se mediante azioni di *mitigazione* (che riducono l’effetto negativo) o di *compensazione* (creando un beneficio alternativo capace di compensare l’impatto negativo subito) sia possibile allargare ulteriormente il consenso, soddisfacendo alcuni dei portatori insoddisfatti.

Per questo sono state individuate nuove tipologie di azioni, da includere nell’alternativa, che agissero in modo specifico sui settori insoddisfatti; si è ampliato quindi lo spazio delle decisioni affiancando alla *politica di gestione* (oggetto della ricerca effettuata nei passi precedenti) le altre variabili decisionali già individuate, come pure ulteriori variabili.

Una volta individuate le possibili azioni di mitigazione/compensazione si è ripercorso il processo fin qui descritto: quantificare le azioni, stimarne gli effetti, valutare gli indici di soddisfazione e confrontare le alternative così ottenute con le *alternative di attrazione* precedentemente individuate, per capire se il consenso sperato può essere davvero raggiunto. Si è di fatto ottenuto un nuovo insieme di *alternative di attrazione*, che sono state esaminate alla ricerca di nuove azioni di mitigazione. Si è instaurato così un ulteriore processo iterativo, che è terminato quando non si sono più individuate azioni di mitigazione capaci di allargare il consenso.

Le *alternative di attrazione* ottenute a questo punto sono dette *alternative di compromesso* e ciascuna di esse gode del consenso di un gruppo di portatori d’interesse. Queste alternative (e il relativo livello di soddisfazione dei portatori di interesse) dovrebbero costituire la base su cui si svolge il confronto tra i decisori politici teso a giungere ad un accordo sulla alternativa di miglior compromesso.

16.5.3 Esempio di mitigazione: settore Ambiente di monte

L’analisi delle *alternative di attrazione* (Fig. 16.7) mostra che per alcuni settori non vengono mai raggiunti livelli di soddisfazione elevati. La maggior parte delle alternative individuate, ad esempio, è sfavorevole alla Riserva Bolle di Magadino,

in quanto determina un aumento della mediana dei livelli lacuali e quindi un arretramento dell'area palustre. Questo effetto non sarebbe preoccupante nel lungo periodo se le sponde del lago non fossero antropizzate: in tal caso, infatti, con il passare del tempo non arretrerebbe solo il fronte a lago del canneto, ma anche il fronte a terra. Si assisterebbe cioè ad una traslazione nell'entroterra di tutta l'area palustre e dell'ecosistema che essa sostiene. Nelle condizioni attuali, però, questo riassetto è impedito dalla presenza di terreni agricoli nell'entroterra.

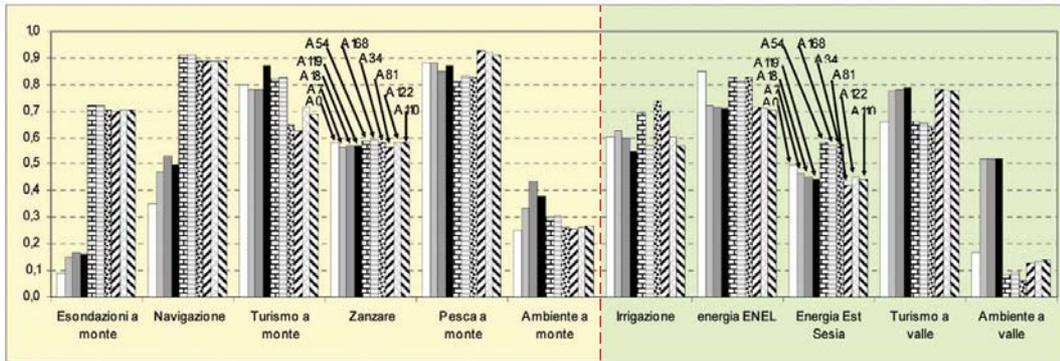


Fig. 16.7. Alternative di attrazione e relativi livelli di soddisfazione (alcuni dei quali incrementabili da opportune misure di mitigazione, qui non indicate, ma in parte elaborate durante il progetto). A sinistra i settori di monte influenzati; a destra quelli di valle). (Adattato da SONCINI-SESSA, 2004b)

Un'interessante misura di mitigazione, come illustrato in figura 16.8 potrebbe dunque consistere nell'aggregazione di questi terreni alla Riserva e nella loro rinaturalizzazione (esperimento già attuato con successo in passato in un terreno adiacente al parco).

La misura di mitigazione potrebbe articolarsi nei seguenti interventi:

- creazione di isolotti sulla fascia litorale a quote più elevate di quelle attuali;
- acquisto di terreni attualmente ad uso agricolo, retrostanti il nucleo palustre;
- riattivazione della dinamica deltizia della foce del Ticino, in modo tale che il fiume torni ad influenzare i terreni così acquisiti.

Il finanziatore di questa azione potrebbe essere individuato tra i soggetti che si avvantaggerebbero dall'alternativa di progetto da mitigare, come ad esempio le compagnie di assicurazioni, che con l'adozione della A34 vedrebbero calare di molto i risarcimenti corrisposti per i danni prodotti dalle esondazioni.

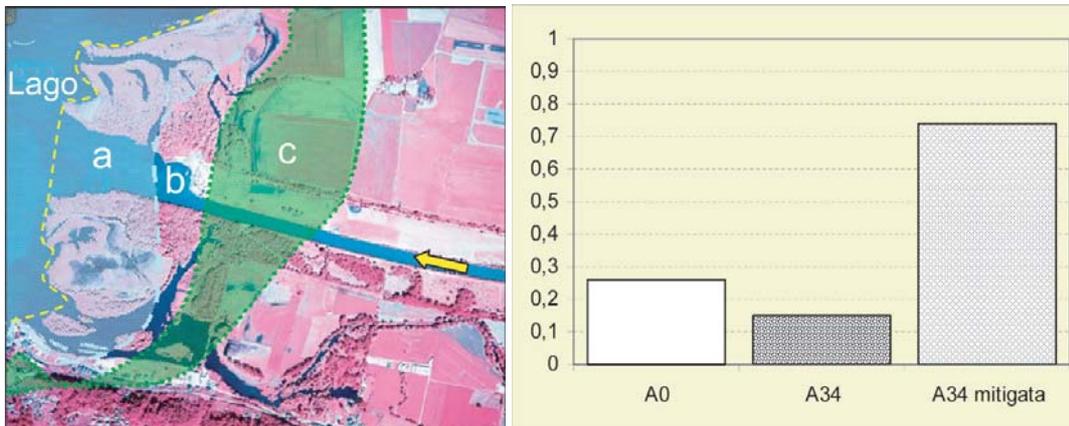


Fig. 16.8. A sinistra: esempio di mitigazione per la Riserva Bolle di Magadino. a): area colpita nell'alternativa A0 per avanzamento del fronte palustre nell'entroterra, causato dalle ripetute esondazioni del lago conseguenti all'attuale politica di gestione dei livelli; b): area colpita nell'alternativa A34; c): area da acquisire per mitigare l'impatto dell'alternativa A34). Nel grafico a barre sulla destra, soddisfazione per il settore "ambiente di monte" nelle tre alternative. (Adattato da SONCINI-SESSA, 2004b)

16.6 Riflessioni conclusive

16.6.1 Sistema di Supporto alle Decisioni (DSS)

L'attuazione di un processo decisionale obiettivamente complesso quale quello descritto implica, tra le altre, la difficoltà di gestire in modo adeguato l'informazione attraverso le successive fasi.

L'informazione deve essere innanzitutto:

- *compresa e condivisa da tutti i portatori di interesse*, ai quali deve essere tradotta in termini comprensibili, poiché proprio sulla condivisione si fonda la ricerca del consenso a cui mira il processo;
- *trasparente*: i procedimenti e le modalità con cui si producono le diverse informazioni devono essere ben codificati e noti a tutti; è estremamente importante, infatti, che ogni portatore d'interesse sia convinto che i risultati delle elaborazioni compiute con i supporti modellistici corrispondano effettivamente alla sua soddisfazione;
- *ripercorsibile*: in ogni momento del processo decisionale deve essere possibile riesaminare le fasi già svolte e verificare le operazioni compiute;
- *ben organizzata e di facile accesso*.

È quindi praticamente necessario (o perlomeno estremamente utile) avere a disposizione uno strumento informatico da utilizzare durante le fasi del processo decisionale che garantisca all'informazione le proprietà descritte, ovvero uno strumento comunemente chiamato DSS (Decision Support System – Sistema di supporto alle decisioni). Il Dipartimento di Elettronica e Informazione del Politecnico di Milano, nella realizzazione del Progetto Verbano, ha sviluppato un prototipo operativo di una parte di tale sistema con cui si possono realizzare le fasi di tipo modellistico (si veda SONCINI-SESSA *et al.*, 1999a, 1999b, 2004a e 2004b).

16.6.2 Estendibilità ad altri casi

Questo Caso studio può apparire “strano” in quanto contiene moltissima elaborazione di base matematica, modelli e algoritmi anche molto complessi, proiezioni nel futuro, ecc. Tuttavia, si tratta di un esempio di approccio e metodologia che invece potrebbe diventare prassi comune, sebbene richieda una profonda competenza tecnica.

Infatti, la nostra recente normativa, come anche la Direttiva Quadro sulle Acque (Dir. 2000/60/CE), implicano una profonda revisione delle concessioni di utilizzo idrico; pertanto, in tutti i casi di corsi d'acqua effluenti di laghi regolati, ovvero su cui insistono serbatoi idrici artificiali (tipicamente idroelettrici), le problematiche esistenti potrebbero essere affrontate sulla linea di quanto qui esposto. Non per caso il Progetto Europeo Harmoni-Ca, il cui compito è quello di definire la procedura da adottare per la implementazione della WFD, ha proposto una procedura (detta IMA-PIP) ottenuta modificando marginalmente quella (PIP) adottata nel progetto qui esaminato.

In particolare, è da sottolineare la possibilità di utilizzare l'apparato analitico qui sviluppato per stimare il costo/opportunità di diversi valori di DMV (si veda il *Par. 3.3.5*).

Schema modellistico del sistema idrico (Andrea Goltara)

Per associare ad ogni alternativa il corrispondente valore degli indicatori definiti da ogni gruppo di portatori di interesse è necessario un modello che rappresenti le relazioni tra le variabili di controllo e le variabili idrologiche da cui gli indicatori dipendono.

Il modello si basa su una schematizzazione del sistema, che viene suddiviso in componenti elementari (Fig. 16.9): il bacino imbrifero, il lago, le traverse di ripartizione della portata tra i diversi utenti di valle, l'asta del Ticino, ecc.

Per ogni componente deve essere messo a punto un modello che ne rappresenti il funzionamento (ovvero una serie di relazioni che leghino le variabili in uscita a quelle in ingresso), ad esempio un modello afflussi-deflussi per il bacino imbrifero, una relazione volume-livello dello specchio lacuale per il lago, le regole di ripartizione della portata, un modello di propagazione delle piene per il Ticino sublacuale, e così via.

Il modello complessivo è costituito dall'interconnessione dei singoli modelli e strutturato in base alle relazioni logiche (non sempre coincidono con quelle fisiche) che legano le singole componenti del sistema.

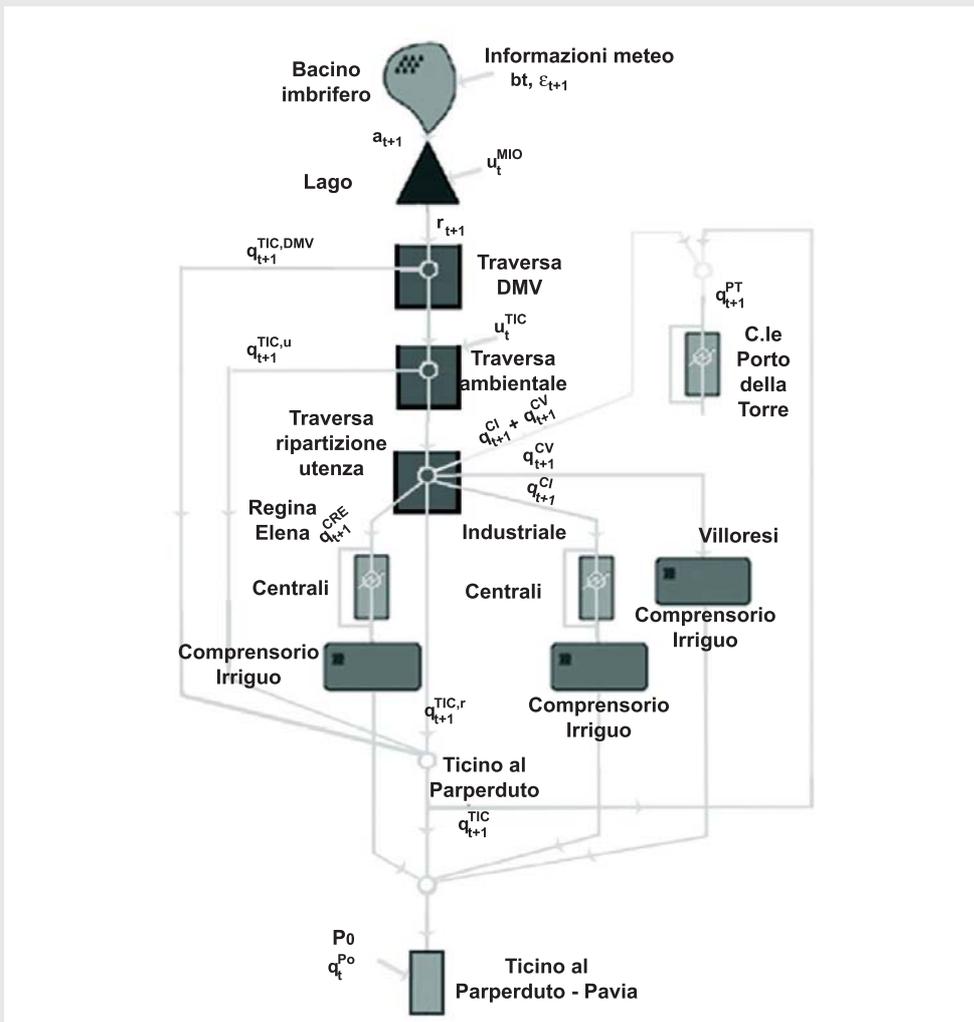


Fig. 16.9. Schema logico del modello del sistema idrico del Verbano. Il funzionamento di ogni elemento del sistema (lago, traversa, centrali, compressorio irriguo, ecc.) è simulato grazie ad un modello matematico. (da SONCINI-SESSA, 2004a)

17. Caso studio 9 ATO BACCHIGLIONE: un Piano d'Ambito partecipato

Estensori caso studio: *Marta Valente, Erich Trevisiol, Marco Monaci*
Ha collaborato: *Andrea Nardini*
Autori lavoro originario: *Marta Valente, Erich Trevisiol*

INQUADRAMENTO DEL CASO STUDIO

Tipologia del corso d'acqua	Fiume prealpino di risorgiva
Territorio	<p>Regione: Veneto, ma la problematica è comune a tutti gli Ambiti Territoriali Ottimali (ATO, L. 36/1994) in Italia</p> <p>Caratteristiche: zone fortemente urbanizzate, tra cui 2 grandi città, Padova e Vicenza, intervallate da fasce di campagna coltivata; attività industriali di media e piccola dimensione con localizzazione policentrica</p>
Problematica	<ul style="list-style-type: none"> • Redazione del Piano d'Ambito • Elevata conflittualità tra obiettivi economici, sociali, ambientali • Inquinamento di tipo diffuso; inquinamento urbano e industriale; pericolo di inquinamento della fascia di risorgiva e quindi necessità di proteggere il corpo idrico sotterraneo e superficiale • Scelta di schemi e tecniche di depurazione adeguati
Messaggio	<ul style="list-style-type: none"> • Dimostrare le vistose difficoltà inerenti la pianificazione tradizionale e, in particolare, la definizione di un Piano d'Ambito • Illustrare modalità, vantaggi e svantaggi di un passaggio graduale da un processo decisionale classico (top-down) ad uno partecipato (bottom-up)
Approccio	<ul style="list-style-type: none"> • Migliorare i processi decisionali • Approccio tecnico integrato
Tecniche e Strumenti	<ul style="list-style-type: none"> • <u>Strumenti</u>: <ul style="list-style-type: none"> - Individuazione e coinvolgimento di tutti i portatori di interesse - Informazione (attraverso workshop divulgativi, sito Internet) - Gestione dei conflitti (attraverso la metodologia EASW adattata, forum telematici)
Livello	Pianificazione, Progettazione

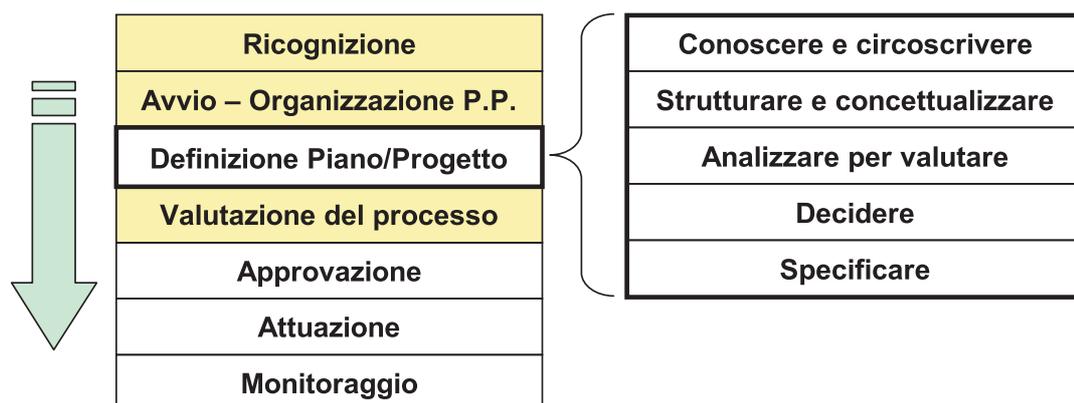


Fig. 17.1.
A sinistra: FASI del Processo Decisionale Partecipato; a destra PASSI CHIAVE per lo sviluppo della fase “Definizione di un piano/progetto”. In giallo sono evidenziate le parti sviluppate nel presente caso studio. (NOTA: dopo la redazione di questo Caso studio il processo è proseguito ed è giunto alla fase di Attuazione).

17.1 In pillole

Il caso studio descrive il processo decisionale che ha portato alla redazione di un Piano d'Ambito (PA, nel seguito: si vedano le tabelle 17.1 e 17.2) nell'area di competenza dell'AATO Bacchiglione, un territorio caratterizzato da un'elevata conflittualità economica, sociale e ambientale (inquinamento di tipo diffuso e inquinamento urbano e industriale, con pericolo per la zona delle risorgive).

I ripetuti fallimenti della pianificazione precedente hanno spinto le istituzioni (l'Autorità d'Ambito) ad intraprendere un processo decisionale partecipativo.

Il passaggio da un approccio “decisione-annuncio-difesa (o *top-down*) a uno “partecipato” (*bottom-up*)¹ è stato graduale e parziale e si è affinato e arricchito in base alle risposte degli attori coinvolti. Oggetto della scelta sono state la definizione di tecniche di depurazione adeguate, la localizzazione degli scarichi e la gestione del servizio idrico integrato (SII).

Il processo pianificatorio è apparso in alcuni tratti discontinuo rispetto alle previsioni iniziali, a causa dell'inserimento dei momenti di partecipazione solo a processo già avviato. Inoltre, la partecipazione ha interessato solo parzialmente i molteplici aspetti del PA per mancanza di tempo, risorse e volontà (in particolare è stato tralasciato l'importante tema della tariffazione). Sempre per motivi di tempo e risorse è stata trascurata la componente di educazione verso il pubblico e quella di informazione si è sviluppata solo tramite Internet.

Lo sviluppo della dimensione partecipativa ha però sbloccato una situazione conflittuale e, anche in virtù di una riconquistata fiducia tra le parti interessate, ha agevolato i passi chiave della pianificazione. I momenti di partecipazione sono stati inseriti e raccordati nel programma di definizione del PA, ritardando solo di pochi mesi la sua adozione.

17.2 “Storia” del processo decisionale

Il processo decisionale che ha portato al Piano d'Ambito inizia nel 1998 con l'istituzione dell'Autorità d'Ambito Territoriale Ottimale Bacchiglione (AATO

¹ Si vedano i *Par.* 1.5 e 6.2.

17.2 “Storia” del processo decisionale

Tab. 17.1.
Il Piano d’Ambito:
inquadramento
normativo-
istituzionale

Riferimento normativo	Principi generali introdotti e temi affrontati
Normativa comunitaria	
<u>Dir. 2000/60/CE</u> Direttiva Quadro sulle Acque	<ul style="list-style-type: none"> • Tutela qualitativa e quantitativa delle acque superficiali e sotterranee • Politiche per la determinazione/adequamento del prezzo dell’acqua • Gestione integrata dei bacini fluviali • Partecipazione pubblica
Normativa nazionale	
<u>D. Lgs. n. 152/99</u>	<ul style="list-style-type: none"> • Tutela delle acque superficiali e sotterranee • Obiettivi di qualità ambientale • Disciplina degli scarichi
<u>Legge n. 36/94</u>	<ul style="list-style-type: none"> • Sancisce il carattere pubblico delle acque superficiali e sotterranee. • Istituisce il Servizio Idrico Integrato (SII: captazione, adduzione, distribuzione ed erogazione di acqua ad usi civili e in parte industriali, fognatura e depurazione e rigenerazione delle acque reflue) all’interno di Ambiti Territoriali Ottimali di gestione (ATO) • Separa il ruolo di governo (affidato all’Autorità d’ATO: AATO) da quello di gestione (affidato al Gestore) • Introduce il Piano d’Ambito (definito in un ATO e di responsabilità dell’AATO) quale strumento di pianificazione che specifica, in sostanza, come realizzare il SII
Normativa regionale	
<u>L.R. n. 5/98</u> (Attuazione della L. 36/94)	<ul style="list-style-type: none"> • Individua otto ATO nel territorio regionale • Disciplina le forme e i modi di cooperazione fra i Comuni e le Province e tra gli enti locali medesimi e i Gestori

782

Tab. 17.2.
Il Piano d’Ambito:
descrizione
schematica.

Obiettivi del Piano d’Ambito	<ul style="list-style-type: none"> • Fissare i livelli del servizio idrico integrato (SII) • Raggiungere e mantenere i livelli attraverso interventi di potenziamento delle infrastrutture idriche e di organizzazione gestionale. • Ottimizzare l’efficienza, l’efficacia e l’economicità del SII
Struttura e contenuti del PA	<p>Il PA si struttura in 4 parti:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Ricognizione delle infrastrutture idriche e predisposizione di una cartografia georeferenziata • Programma degli interventi con elenco delle priorità • Piano economico finanziario con modulazione della tariffa e degli investimenti sull’orizzonte temporale • Modello gestionale ed organizzativo del SII
Strumenti di pianificazione sovraordinata (in particolare nel caso dell’ATO-Bacchiglione)	<ul style="list-style-type: none"> • Piano di bacino e relativi piani stralcio • Modello Strutturale degli Acquedotti • PRRA (Piano Regionale di Risanamento delle Acque - 1989) e relativi studi sulla quantità e qualità delle fonti di approvvigionamento • PTC e, in particolare, delimitazione delle aree di salvaguardia • Piani Direttori Regionali Vigenti e, in particolare, il Piano Direttore per il Bacino Scolante della Laguna di Venezia • Studi per la definizione del Piano di Tutela (Piano stralcio del Piano di bacino)

Bacchiglione), ma è influenzato da una serie di eventi e passaggi precedenti vincolanti per il territorio e la sua pianificazione: dalla fine degli anni ’90, infatti, diventa operativo il PRRA (Piano Regionale di Risanamento delle Acque) e si cominciano a realizzare opere di collettamento e depurazione. In particolare, il progetto di un collettore (solo in parte realizzato ma già conosciuto come “il tubone”) per recapitare a valle della linea delle risorgive l’effluente dell’impianto di depurazione di Thiene, è il principale elemento che ha fatto emergere il conflitto tra attori diversi e, insieme ai ripetuti fallimenti della pianificazione precedente, ha spinto l’AATO ad attivare un *processo decisionale partecipato*. Il piano d’Ambito è stato approvato nel 2004.

17. Caso studio 9 - ATO BACCHIGLIONE: un Piano d'Ambito partecipato

La sequenza dei fatti salienti è riportata schematicamente nella tabella 17.3. Sebbene nel lavoro reale siano state percorse praticamente tutte le fasi del *processo decisionale partecipato* descritte nel *Par. 6.2*, qui ci si limita a discutere solo quelle evidenziate nella figura 17.1. Tuttavia, va notato che, come spessissimo succede, l'aver deciso di avviare tale processo non da subito, ma a pianificazione già avviata, in virtù delle difficoltà incontrate, ha comportato che la fase di *ricognizione* non sia affatto stata pianificata, ma sia stata sostanzialmente il risultato di un blocco generato da conflitti di interesse e non condivisione dell'informazione (e del modo di prendere decisioni); analogamente, la fase di *avvio* non ha visto una strutturazione ben definita del modo di partecipare e della portata delle deci-

Periodo	Evento
1989 – 98	Fatti antecedenti PRRA, parziale costruzione del "tubone" (primi anni '90), riflessioni e duri conflitti; legge Galli 36/96
1989	L'approvazione del PRRA (provvedimento di adozione n. 962 del 1/09/1989) prevede il raddoppio del depuratore di Thiene e la costruzione del collettore di trasferimento reflui a valle della linea delle risorgive ("tubone")
1990-1993	Realizzazione collettore (secondo un progetto del 1985). N.B.: il collettore viene realizzato solo in parte e non è mai entrato in funzione
1994-1999	Ripensamenti e riserve sul collettore; ci sono soprattutto perplessità sul punto di scarico nel fiume Bacchiglione, proposto dall'AMAG
1998-2002	Inizio Piano d'Ambito ATO legge regionale 5/98, nascita struttura ATO Bacchiglione (giugno 2000), aggiudicazione e redazione Piano d'Ambito (giugno 2001/02)
Giugno 2000	Creazione AATO Bacchiglione, con L.R. n° 5 del 27/3/1998
2000-2002	Gara per la redazione del Piano d'Ambito
Aprile 2002	Nascita del processo di pianificazione partecipata Creazione primo Gruppo Tecnico Operativo, Workshop, forum web
9.4.2002	1ª riunione Gruppo di Lavoro (GdL), di 24 membri (AATO, amministratori, gestori, ARPAV, associazioni, progettisti), che si deve occupare di: <ul style="list-style-type: none"> determinazione del recapito finale del collettore suggerimenti sul disinquinamento del Bacchiglione Le proposte dovranno essere recepite dal PRRA (con variante) e dal Piano d'Ambito
10.6.2002	1ª riunione Gruppo Tecnico di Lavoro (GTdL), di 9 membri, che si deve occupare degli stessi obiettivi del GdL e in più: <ul style="list-style-type: none"> attuare un approfondimento tecnico redigere un rapporto sull'Alto Vicentino
Luglio 2002	L'AATO accoglie l'idea di attuare un <i>Processo Cognitivo</i> Negoziato (di fatto corrispondente al <i>processo partecipato</i> : PP) che coinvolga più Attori
24.10.2002	Workshop 1: "Patti per le acque: il fiume Bacchiglione" <ul style="list-style-type: none"> segna la conclusione dei lavori sull'Alto Vicentino analizza i problemi sulle 3 Aree-Tema in cui è stato diviso il territorio del fiume Bacchiglione
30.12.2002	Entra in vigore la tariffa insieme al Piano delle opere prioritarie (pre-Piano)
Gennaio 2003	Costituzione del Gruppo Tecnico Operativo (GTO) –di 5 membri + segreteria organizzativa– con lo scopo di: <ul style="list-style-type: none"> portare avanti il PP con la finalità del risanamento del fiume Bacchiglione
25.2.2003	Riunione del Gruppo Tecnico Allargato (GTA), con membri "scelti" che hanno fatto parte del Workshop 1 e che sono coinvolti nel risanamento del fiume Bacchiglione
Febbr.-Apr. 2003	Incontri del GTO
23.4.2003	Workshop 2: "Scenari e Prospettive per il fiume Bacchiglione - Il Piano e oltre il Piano" <ul style="list-style-type: none"> approfondisce le problematiche organizza: gruppi di lavoro per 4 Aree Tematiche
16.5.2003	Incontro Gruppi di Lavoro in cui sono: <ul style="list-style-type: none"> analizzate le conclusioni del Workshop 2 preparati i temi da approfondire nel Workshop 3
Fino al 2003	Attività conclusive Terzo Workshop 12-10-2003, consegna del PA dicembre 2003
Giù. -Sett. 2003	Periodo per osservazioni e controdeduzioni sul Piano d'Ambito
12.09.2003	Workshop 3: "Il Piano d'Ambito-osservazioni conclusive"
Dicembre 2003	Consegna Piano d'Ambito
2004	Approvazione Piano d'Ambito

Tab. 17.3.
Cronistoria del
processo
decisionale

sioni che ne sarebbero scaturite²); più in generale, ogni fase è stata sviluppata per affinamenti successivi, senza rispettare l’iter ideale. La conseguenza è stata una minor efficienza del processo e una minore portata dei suoi risultati.

Il terzo workshop ha registrato notevoli presenze, circa 110 persone, e ha permesso di raccogliere e mettere a sistema le osservazioni conclusive; la soluzione di compromesso ipotizzata per il problema “tubone” ha trovato un generale consenso tra i partecipanti, anche se si sono registrate diverse lamentele (ma ciò fa parte proprio della ricerca del compromesso nell’ambito dei processi di partecipazione).

17.3 Ricognizione e organizzazione del Processo Partecipato (PP)

Come già accennato, la consapevolezza che la mancata attuazione dei piani vigenti e l’impossibilità di completare la realizzazione di un’opera di collettamento nel territorio fossero dovute anche, e soprattutto, alla forte opposizione degli Enti Locali e della popolazione, sfiduciata e impossibilitata a comunicare con le Autorità, ha spinto l’AATO ad attivare, contemporaneamente e in forma complementare alla predisposizione di atti tecnici, una serie di strumenti di concertazione con i soggetti interessati, fondati sulla negoziazione e sulle pratiche della partecipazione.

17.3.1 Struttura organizzativa per gestire il processo

Per progettare la partecipazione all’interno del processo di pianificazione e organizzare e svolgere le relative attività, i promotori hanno creato (in passi successi-

Fig. 17.2.
La struttura organizzativa utilizzata per gestire il processo è costituita dal Decisore (AATO) e dall’Unità operativa per la partecipazione (composta dai due Gruppi Tecnici). PCN (Processo Cognitivo Negoziato) è un’altra denominazione di un Processo Decisionale Partecipativo.
(Fonte: Gruppo Tecnico Operativo- Erich R. Trevisiol, AATO Bacchiglione)



² Cosa in generale pericolosa perché si rischia di creare, per esempio, aspettative che poi vengono deluse o, viceversa, di non riuscire a convincere gli attori dell’opportunità di partecipare.

17. Caso studio 9 - ATO BACCHIGLIONE: un Piano d'Ambito partecipato

vi) una struttura esterna all'AATO (ma finanziata dall'AATO stessa), che dialoga e lavora all'interno della complessa rete di soggetti attivi nella redazione del piano (cioè l'Unità tecnica di pianificazione, il soggetto decisore –AATO– e gli attori del territorio, come dettagliato nella tabella 17.4).

Questa struttura, denominata *Unità operativa per la pianificazione*, è costituita da due gruppi di lavoro, il *Gruppo Tecnico Operativo* (GTO) e il *Gruppo Tecnico Allargato* (GTA), ed è supportata da una *Segreteria Tecnico-Organizzativa* (Fig. 17.2).

Soggetti operativi		Composizione	Finalità	Attività
Consulenti	Studi Tecnici Incaricati	3 Studi Tecnici aggiudicatari della Gara per il PA	<ul style="list-style-type: none"> Elaborazione finale del Piano d'Ambito 	<ul style="list-style-type: none"> Redazione degli aspetti gestionali, tariffari e degli interventi Inserimento nel Piano dei risultati del processo di partecipazione
Unità tecnica di pianificazione ^(a)	Ufficio tecnico dell'AATO	Tecnici e Progettisti incaricati dall'AATO	<ul style="list-style-type: none"> Sviluppare i passi chiave del processo di formazione del P.A. dal punto di vista tecnico-scientifico 	<ul style="list-style-type: none"> Raccolta dati Analisi di scenari attuali e futuri Controllo dei piani gestionale, tariffario e degli interventi
	Gruppo di Lavoro (GdL)	24 membri (AATO, Amministratori, Gestori, ARPAV, Associazioni, Progettisti)	<ul style="list-style-type: none"> Determinare il recapito finale del collettore Fornire suggerimenti sul disinquinamento del Bacchiglione 	<ul style="list-style-type: none"> Raccolta e studio di dati ed elaborazioni esistenti Sviluppo di soluzioni progettuali e gestionali alternative Analisi e valutazione comparativa delle alternative
	Gruppo Tecnico di Lavoro (GTdL)	9 membri (nominati all'interno del GdL con la stessa composizione)	<ul style="list-style-type: none"> Perseguire gli stessi obiettivi del GdL Curare un rapporto sull'Alto Vicentino 	<ul style="list-style-type: none"> Approfondimenti tecnici e costruzione degli Scenari Analisi territoriale approfondita Recepimento dei risultati del processo di partecipazione
Unità operativa per la partecipazione	Segreteria tecnico organizzativa	Tecnici nominati dall'AATO	<ul style="list-style-type: none"> Braccio operativo del processo di partecipazione 	<ul style="list-style-type: none"> Organizza le attività di valutazione del processo Garantisce la comunicazione e il trasferimento di informazione
	Gruppo Tecnico Operativo (GTO)	<ul style="list-style-type: none"> Coordinatori del PP (tecnici dell'ATOO e dello IUAV-DP) Membri rappresentanti del GTA (n° max = 8) Auditori 	<ul style="list-style-type: none"> Organizzare la partecipazione Coordinare in generale le attività di partecipazione con quelle tecniche di pianificazione Garantire l'operatività del processo 	<ul style="list-style-type: none"> Decide attività e tempistica Gestisce i rapporti con i singoli Attori Cura la relazione sull'andamento del processo partecipato per il P.A.
	Gruppo Tecnico Allargato (GTA)	Rappresentanti dei 4 gruppi di attori: enti, settori produttivi privati, associazionismo e cittadini, esperti tecnici, progettisti	<ul style="list-style-type: none"> Contribuire all'attuazione della partecipazione nel processo decisionale 	<ul style="list-style-type: none"> Partecipa attivamente agli incontri e alle iniziative di partecipazione Fornisce i materiali per i Workshop Diffonde informazioni sul processo e raccoglie input per il processo dagli attori che rappresenta

Tab. 17.4. Struttura organizzativa: ruoli e dettagli operativi. (IUAV-DP= Istituto Universitario di Architettura di Venezia - Dipartimento di Pianificazione - Università di Venezia)

(a) L'AATO Bacchiglione ha lavorato all'istituzione di questa struttura tecnica nel gennaio 2002 per coinvolgere gli enti e le associazioni nella ricerca di una soluzione tecnica condivisa per le problematiche legate alla destinazione finale dei reflui scaricati dai depuratori di Schio e di Thiene e, in particolare, all'annosa questione del collettore di Thiene. I risultati positivi scaturiti da questa esperienza hanno convinto l'AATO a costituire una struttura simile per coordinare le attività di partecipazione per l'intero Piano d'Ambito.

17.3 Ricognizione e organizzazione del Processo Partecipato (PP)

L'approfondimento di alcuni problemi particolarmente critici e conflittuali attraverso il dialogo con gli attori del territorio, il riconoscimento di opportunità, ma soprattutto di altre criticità connesse all'attuazione del PA, hanno spesso portato a modificare l'iter procedurale, che si è quindi sviluppato per iterazioni successive (Tab. 17.5).

Tab. 17.5.
Aggiustamenti al processo "in corso d'opera" a fronte delle criticità/opportunità emerse.

Criticità emerse	Conseguenti modifiche al processo (dirette e non)
Necessità di posticipare ripetutamente l'approvazione del PA	Revisione della <u>tempistica</u> di attuazione e aumento dei <u>finanziamenti</u> di redazione del piano.
Necessità di monitorare l'attuazione del PA e divulgare i risultati	Apertura, all'interno della struttura dell'AATO Bacchiglione, di un <u>osservatorio</u> , per il monitoraggio dello stato di realizzazione delle opere previste nel PA.
Opportunità emerse	Conseguenti modifiche al processo (dirette e non)
Introduzione di elementi di maggior democrazia nel rapporto ente-cittadino.	Delibera dell'AATO Bacchiglione per l'allargamento del comitato ad un maggior numero di associazioni di categoria
Sensibilizzazione e coinvolgimento dei territori limitrofi e connessi funzionalmente al processo partecipato.	Richiesta di AATO Valle del Chiampo di partecipare per risolvere problemi comuni.
Possibilità di interagire con il futuro piano di Tutela delle Acque e influire su esso.	Rafforzamento e concretizzazione del dialogo con la Regione. Garanzia e accelerazione dell'attuazione del PA.

17.3.2 Mappatura dei portatori d'interesse

L'AATO ha voluto un processo mirato contemporaneamente ad un'integrazione che ha definito *verticale* e *orizzontale*.

Verticale nel senso di consentire a ciascuna amministrazione locale (Comuni, Province, Regione) una partecipazione sostanziale al processo di elaborazione di un atto pianificatorio (il PA), di competenza di altri livelli istituzionali (un ottimo esempio di co-pianificazione); *orizzontale* nel senso di favorire l'adesione volontaria dei vari attori della trasformazione territoriale sia attraverso lo stimolo al miglioramento, alla salvaguardia del territorio e alla riduzione dell'inquinamento dei corpi idrici, sia attraverso una serie di incentivi da affiancare alla dimensione strutturale del PA.

La scelta degli attori da contattare e coinvolgere nel processo è stata effettuata sulla base di un'analisi socio-economica del territorio: una specie, seppur elementare e informale, di *profilo sociale* realizzato da un'equipe di tecnici che operano da anni nel settore delle pubbliche amministrazioni e della gestione della risorsa idrica dell'Alto Vicentino. I criteri secondo i quali sono avvenute l'individuazione dei soggetti e la successiva classificazione in *quattro gruppi* sono stati mutuati dalla metodologia EASW (*European Awareness Scenario Workshop*³) e adattati al contesto territoriale e ai fatti pregressi al PA.

³ www.cordis.lu/easw/home.html

Tali gruppi sono rappresentativi di:

- 1 Enti Pubblici: comprendono sia le amministrazioni pubbliche (Comuni, Comunità montana, Province, Regione) sia altre istituzioni (es. università e centri di ricerca);
- 2 Esperti tecnici: sono tutti i tecnici e i progettisti coinvolti nella progettazione, realizzazione o valutazione degli interventi potenzialmente inseribili nel P.A. (inclusi esperti tecnici non locali);
- 3 Associazioni/Cittadini: comprendono sia associazioni per la protezione del territorio o di utenti, sia singoli cittadini;
- 4 Settori produttivi: comprendono sia associazioni o sindacati di categoria, sia privati cittadini.

17.3.3 Integrazione della partecipazione nel Piano d'Ambito

I momenti di partecipazione e coinvolgimento dei vari portatori d'interesse si sono inseriti nel processo di definizione del PA e di soluzione del problema "tubone", integrandosi con il processo decisionale. Naturalmente, il fatto che la partecipazione sia stata introdotta quando il processo decisionale era già in atto e si sia evoluta in base alla risposta degli attori e alle necessità emerse, ha implicato, in alcuni momenti, una mancanza di organicità e di programmazione (pur attenuata dagli sforzi degli organizzatori), e quindi una disomogeneità nella documentazione e nella gestione degli incontri e un ritardo nell'introduzione di strumenti informativi: è però un eccellente esempio di passaggio "in corso d'opera", sofferto ma utile, da un approccio *top-down* a uno *bottom-up*.

L'intero percorso si è contraddistinto per i forti contenuti informativi, cercando di capire e far capire agli attori cosa si era fatto nel passato (gli antefatti, le proposte di intervento via via avanzate, lo stato della loro realizzazione, i finanziamenti attivati, i ritardi e loro motivazioni ...), cosa stava facendo l'AATO al momento e perché, la necessità di fare, la posizione, gli interessi e gli obiettivi degli altri attori. Si è inoltre caratterizzato per i contenuti cognitivi, educando ad una comprensione ampia e complessa sia dei vincoli sia degli obiettivi di ciascun attore, istituzionale e non; e si è tentato di cogliere e analizzare le posizioni dei vari attori e come veniva percepito e affrontato il conflitto.

17.3.4 Gestione dell'informazione e della comunicazione

Sono stati individuati e messi a disposizione vari strumenti di divulgazione sull'andamento del processo, nonché di scambio di opinioni e informazioni sia a livello di cittadinanza che di attori coinvolti (Tab. 17.6).

Oggetto della comunicazione	Strumento
Diffusione dell'iniziativa	Media (radio, TV), inviti personali
Andamento del processo	Sito internet
Approfondimenti su tematiche precise	CD, opuscolo informativo, Workshop, sito internet
Informazione sugli antefatti	CD, opuscolo informativo, Workshop, sito internet
Contributi dei vari attori al processo	Workshop, sito internet (con forum dedicato)
Scambio di opinioni e confronto	Workshop, sito internet (con forum dedicato)

Tab. 17.6.
Gli strumenti di comunicazione utilizzati.

17.3.5 Gestione degli incontri

Durante il processo sono stati programmati Workshop aperti al pubblico, incontri tra le varie parti e visite ad impianti di depurazione e nel territorio. Tali eventi si sono rivelati uno strumento efficace ed innovativo di informazione e comunicazione e sono serviti per sensibilizzare alla salvaguardia e alla rinaturalizzazione del territorio e per favorire il dialogo tra gli attori. Inoltre, per sopperire alla difficoltà di organizzare gli incontri e di coinvolgere fasce di popolazione eterogenee, è stato creato un forum telematico nel sito Internet dell'AATO, aperto ai contributi sui temi trattati durante i Workshop (Tab. 17.7).

L'iniziativa, i contenuti e la struttura di ciascun evento si devono all'Unità Tecnica di partecipazione-Gruppo Tecnico, mentre l'organizzazione e la gestione pratica dei preparativi, dello svolgimento e dei contributi successivi sono state curate dalla Segreteria Tecnico-Organizzativa. In particolare, i *workshop* sono stati condotti secondo una metodologia EASW adattata e semplificata (Tab. 17.8).

Tab. 17.7.
Introduzione al Forum e istruzioni per partecipare, apparse sul sito Internet (www.atobacchiglione.it).

FORUM
Problematiche relative al risanamento del Fiume Bacchiglione
Che cos'è il Forum e come funziona
<p style="text-align: center;">Benvenuti nel Forum dell'AATO BACCHIGLIONE</p> <p>Lo scopo è di fornire informazioni sul Workshop tenutosi il 24 ottobre scorso a Thiene/Villaverla e di continuare l'azione di raccolta e di approfondimento dei dati e dei temi emersi in quell'occasione, attraverso una discussione continua.</p> <p>Tutti coloro che lo desiderano hanno la possibilità di presentare il proprio contributo sui diversi argomenti:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Vicenza • Padova • Basso Bacchiglione <p>I contributi saranno pubblicati su questo sito per permettere a tutti coloro che lo desiderano di seguire questo ampio dibattito.</p> <p>Il forum è libero e moderato, ognuno può esprimere liberamente la propria opinione; inoltre i nostri esperti saranno a disposizione per rispondere ad eventuali domande e/o chiarimenti.</p>
Autenticazione al Forum
Per partecipare al Forum e inviare le proprie opinioni su una delle 3 aree, basta cliccare sul Bottone "Accesso Anonimo" e successivamente scegliere il gruppo di discussione a cui si vuole partecipare.
Il Workshop: "Patti per le acque: il fiume Bacchiglione"
I Temi Principali trattati durante il Workshop
<ul style="list-style-type: none"> • Illustrare e discutere i risultati del Gruppo di Lavoro tecnico dell'AATO Bacchiglione sull'Alto Vicentino come primo passo di un processo negoziato, utile a tutto il Piano d'Ambito. • Mettere a confronto le tipologie esistenti di Patti (accordi volontari vs. competenze). • Promuovere un confronto negoziato fra gli Attori interessati, chiarendo le priorità d'azione. • Censire e valorizzare le B.A.T. (Best Available Techniques) e le B.M.P. (Best Management Practices) per il ciclo integrato delle acque. • Stabilire criteri avanzati e condivisi dagli Attori per la tutela ambientale e il risanamento dei corpi idrici. • Favorire il risparmio e il riuso delle acque. • Contribuire a favorire la corretta applicazione dei piani di assetto (idraulico, idrogeologico, ambientale) dei fiumi.
Svolgimento e conclusioni del Workshop
<p>Durante il Workshop si sono organizzati tre gruppi di lavoro con lo scopo di analizzare i problemi nelle tre aree di lavoro (che corrispondono ai tre colori sulla carta):</p> <ul style="list-style-type: none"> • Alto Vicentino (azzurro) • Vicenza (rosso) • Padova - Basso Bacchiglione (giallo) <p>Sono allegati i verbali dei tre Gruppi di lavoro.</p>

Tab. 17.8.
Fasi di un
workshop.

1. Introduzione dell'evento ed esposizione di problematiche generali
2. Individuazione di gruppi di interesse omogenei
3. Suddivisione dei partecipanti in gruppi di lavoro eterogenei (rappresentativi di tutti gli interessi)
4. Assegnazione di un tema di discussione a ciascun gruppo di lavoro
5. Discussione e confronto tra le varie parti all'interno dei vari gruppi di lavoro
6. Condivisione degli elementi emersi nei vari gruppi di lavoro
7. Conclusioni e assegnazione di compiti per l'evento successivo

Un elemento fondamentale per garantire l'efficacia della partecipazione nel processo decisionale e trasmettere agli attori il significato del loro impegno, è risultato il rispetto della tempistica e della sequenza logica delle varie fasi del processo decisionale, entrambe esposte fin dal primo workshop.

17.3.6 Gestione dei conflitti

Durante il processo si è cercato di comprendere, affrontare e risolvere i conflitti che da tempo bloccavano l'attuazione di qualsiasi soluzione per la gestione delle acque depurate nel territorio e quelli emersi durante il processo stesso. L'obiettivo è stato quello di arrivare ad una negoziazione "senza perdenti" (*win-win*), ma senza seguire una metodologia vera e propria, semplicemente spingendo verso il dialogo e il confronto tra gli Attori e le Autorità.

17.4 Razionalizzazione nella definizione del Piano

Il processo per l'adozione del PA nasce in un momento di grande conflitto tra gli attori del territorio e di immobilità decisionale, dovuti ad un susseguirsi convulso e disorganico di provvedimenti adottati e mai portati a termine o inefficaci. Per questo l'AATO ha deciso di strutturare il processo pianificatorio per passi successivi e condivisi, cioè di razionalizzare il processo decisionale mostrando (Tab. 17.9) quali passi chiave di un organico processo partecipato (come quelli esposti nel *Par. 6.2*) fossero stati percorsi o meno e quali si intendesse sviluppare in futuro⁽⁴⁾.

Si noti che questo percorso, sicuramente non ortodosso, è forse il più naturale (quantunque non desiderabile), vista la tipica condizione del decisore che opera nello scenario italiano, almeno fino ad oggi.

⁴ Le indicazioni sul processo riportate in questo paragrafo sono sintetiche e telegrafiche, in quanto i passi più interessanti per il caso studio, partecipazione e valutazione, vengono approfonditi nei paragrafi successivi.

17.4 Razionalizzazione nella definizione del Piano

Tab. 17.9.
Confronto tra i
passi chiave del
processo
partecipato teorico
e il processo
realizzato per il PA
Bacchiglione

PROCESSO TEORICO		Caso Piano d'Ambito BACCHIGLIONE
Passi chiave	Contenuti dei passi chiave	Effettiva realizzazione (si/no)
Conoscere e circoscrivere	Fare il punto su conoscenze e vuoti informativi	Si, coinvolgendo tutti gli attori
	Caratterizzazione del problema	Si, dal punto di vista tecnico-scientifico (con il gruppo di esperti), territoriale, sociale, finanziario e amministrativo.
	Analisi e possibili evoluzioni del sistema	Si, soprattutto sulla qualità delle acque e il servizio agli utenti
Strutturare e concettualizzare	Vincoli	Si, normativi e ambientali
	Vision e Obiettivi	Solo individuazione degli obiettivi ^(a)
	Valori, attributi	No
	Linee di azione	Solo per gli obiettivi depurazione e scarico
	Spazio delle decisioni	Si
	Opzioni di soluzione	Solo per interventi di depurazione e scarico
	Fattibilità	Si, tramite il gruppo di esperti
	Strategia (coerenza e priorità)	In modo confuso (il processo si è ampliato per gradi)
	Scenari	No
	Alternative di piano	Si, ma solo per interventi di depurazione e scarico
	Identificazione impatti e scelta criteri di valutazione	Si, ma solo per interventi di depurazione e scarico
	Modello relazioni causa-effetto	Molto elementare e parziale
Analisi per valutare	Indici di valutazione	Solo ambientali
	Previsione effetti	Molto elementare e parziale
Decidere	Analisi comparata alternative di piano	Si, ma solo per interventi di depurazione e scarico (non si tratta di una vera Analisi Multicriterio, ma di una semplice comparazione qualitativa)
	Valutazione, negoziazione e scelta	Molto elementare e parziale
Specificare	Adozione del piano	Adottato
	Definizione di monitoraggio e di valutazione in itinere ed ex-post	Predisposto un osservatorio per il monitoraggio ^(b)

(a) Sono stati individuati: (1) Obiettivi di piano: buon servizio idrico e tutela del consumatore; tutela qualitativa della rete idrica del territorio; (2) Obiettivi del processo: coinvolgimento dei soggetti interessati; risoluzione dei conflitti emersi; effettiva attuazione del piano.

(b) Questa attività dovrebbe permettere la costruzione di una base dati che contenga gli interventi realizzati e l'aggiornamento rispetto allo stato iniziale, con la definizione di indicatori di prestazione per valutare l'operato.

17.5 Valutazione del processo

Il Gruppo Tecnico Operativo (GTO) si è posto il problema di dare un giudizio sulla bontà sia del processo sviluppato sia dell'interazione tra i diversi attori, con il duplice obiettivo di valutare i risultati di un'esperienza innovativa e, soprattutto, di individuare errori e possibili miglioramenti da apportare al processo proprio durante la sua attuazione. A tal fine ha deciso, per questioni di risorse finanziarie ed umane, di tempo e, anche, per coerenza con l'evoluzione quasi spontanea di

17. Caso studio 9 - ATO BACCHIGLIONE: un Piano d'Ambito partecipato

Attività	Tipo di indicatore	Valore	Punteggio
Attività di Crescita Consapevolezza	N° eventi	3	3
Workshop	N° eventi	3	5
	N° eventi per Unità di Tempo	1 ogni 5 mesi	
	Presenze in n° assoluto	90-130	
	Presenti/invitati	Dal 48% al 58%	
FORUM Tavole Rotonde Tematiche	N° eventi Presenze in n° assoluto	4* 15 (per tavolo)	3
GTA	N° eventi N° eventi per Unità di Tempo Presenze	5+3* 1 ogni 2mesi 15-24	4
GTO	N° eventi N° eventi per Unità di Tempo Presenze	7+8* 1 al mese 5-8	5
SITO WEB FORUM INTERATTIVO	N° Attori attivi N° mail ricevute	10* 100*	2 3/4

* Aggiornato al giugno 2003
NB: Il processo partecipato inizia nell'Aprile 2003 e finisce nell'Ottobre 2004 (Tempo di osservazione 16 mesi)

Tab. 17.10. Schema adottato per la valutazione del processo. I punteggi vanno da 1= pessimo a 5= ottimo.

tutto il processo decisionale del PA Bacchiglione, di costruire una metodologia di valutazione interna, specifica per il caso Bacchiglione.

Tale metodologia si basa su un sistema di valutazione dei processi decisionali ideato e utilizzato dalla UE, in cui il giudizio finale è espresso attraverso classi di performance in una scala che varia da 1 (pessimo) a 5 (ottimo) (Tab. 17.10).

Il GTO ha anche utilizzato strumenti di comparazione dei risultati ottenuti dalle varie iniziative, sia per evidenziarne i punti di debolezza, in modo da modificare l'approccio e migliorare così la strategia complessiva, sia per sottolinearne i punti

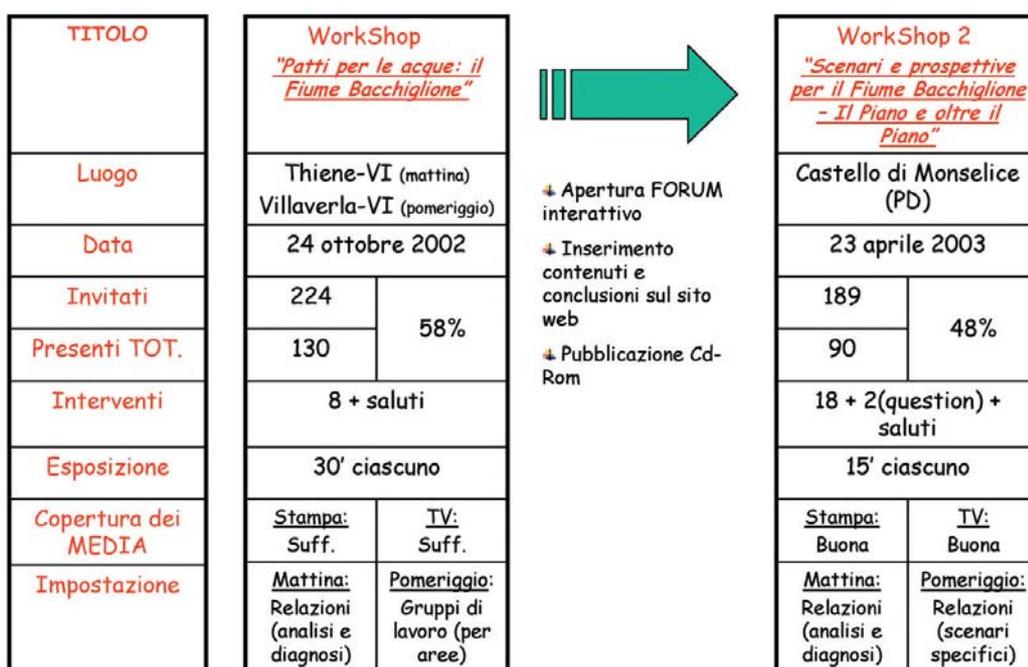


Fig. 17.3. Tabella per la valutazione e comparazione dell'efficacia dei workshop (il secondo, a destra, vede una partecipazione numericamente inferiore, ma molto maggiore in termini di ricchezza di informazione -più di 18 interventi- e di diffusione sui media.

Fig. 17.4. Grafo T_0 : posizionamento relativo iniziale degli attori (punti rossi) nel piano “apertura all’innovazione (asse orizzontale) ed effettiva partecipazione (asse verticale)”. Gli attori sono stati divisi e classificati in categorie, in base alla natura ed al ruolo svolto; ad ogni categoria è stato associato un colore: blu per gli Enti, giallo per gli Esperti, verde per l’Associazione, arancio per i Settori privati.

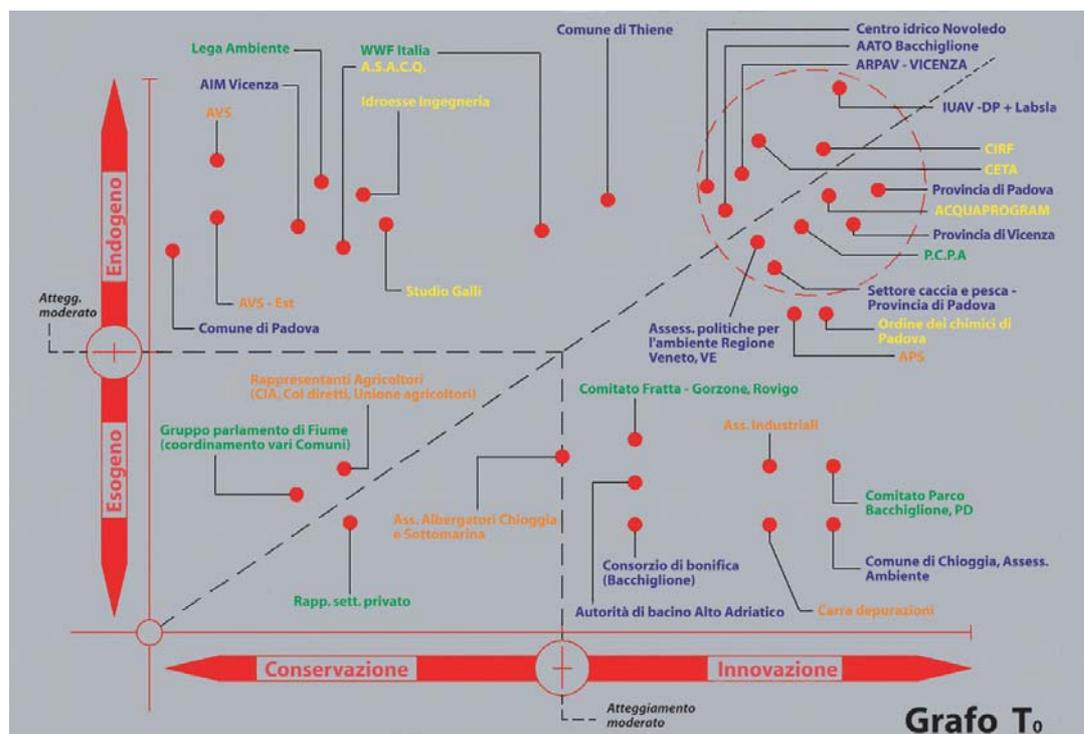
Nota sulla costruzione dei grafi: l’asse orizzontale rappresenta l’elemento “conservazione-innovazione”, cioè la disponibilità dell’attore a partecipare al mutamento (in pratica se ha “frenato-ostacolato” o “agevolato” il processo). L’asse verticale rappresenta il grado con cui un attore ha effettivamente partecipato all’evoluzione dello stato delle cose, collaborando all’organizzazione, gestione, ecc. (endogeno), o interagendo solo dall’esterno (esogeno). I valori di riferimento introdotti per facilitare la valutazione dei grafi sono:

- *atteggiamento moderato*: valore medio di ciascun asse, corrispondente ad un atteggiamento intermedio tra gli attori posizionati ai due estremi;
- *atteggiamento ideale*: (cerchio tratteggiato in alto a destra) massima predisposizione all’innovazione e massima disponibilità partecipativa⁵.

di forza, da incentivare e riproporre successivamente. Tale confronto è stato particolarmente utile per l’organizzazione dei Workshop, gli eventi più complessi da gestire e che hanno maggior evidenza per l’opinione pubblica (Fig. 17.3).

Un altro valido strumento di tipo comparativo ideato dal GTO per comprendere la trasformazione che il processo ha messo in atto è il *Grafo di posizionamento degli Stake/Right holders* (“gruppi di interesse” e “portatori di diritti”), che permette di visualizzare le posizioni, e quindi l’atteggiamento, dei singoli attori coinvolti nel processo partecipato, prima (*grafo T_0* , Fig. 17.4) e dopo il Workshop 1 (*grafo T_1* , di Fig. 17.5). Naturalmente il posizionamento di ogni attore è relativo a quello degli altri: ciò che interessa è la visione d’insieme e, quindi, la possibilità di confrontare contemporaneamente la posizione di ciascun soggetto coinvolto nel processo. Dal confronto dei due grafi è possibile notare che alcuni attori non hanno modificato il proprio atteggiamento dopo il Workshop 1, mentre altri lo hanno modificato sensibilmente.

Questi ultimi sono riportati nel terzo grafo, chiamato *grafo netto $T_0 - T_1$* (Fig. 17.6): il Comitato Parco Bacchiglione PD è divenuto più partecipativo e leggermente meno aperto all’innovazione, mentre gli altri gruppi (già partecipativi) sono divenuti sensibilmente più aperti all’innovazione.



⁵ Si noti che, per la valutazione degli atteggiamenti, sono stati adottati valori di riferimento relativi: in altre parole, l’atteggiamento ideale riscontrato nel caso Bacchiglione comprende gli attori più disponibili a partecipare e all’innovazione, rispetto agli altri (perciò, potenzialmente, anche quelli in realtà non molto partecipativi e/o innovativi). È ovvio che sarebbe stata preferibile una valutazione assoluta dell’atteggiamento degli attori.

17. Caso studio 9 - ATO BACCHIGLIONE: un Piano d'Ambito partecipato

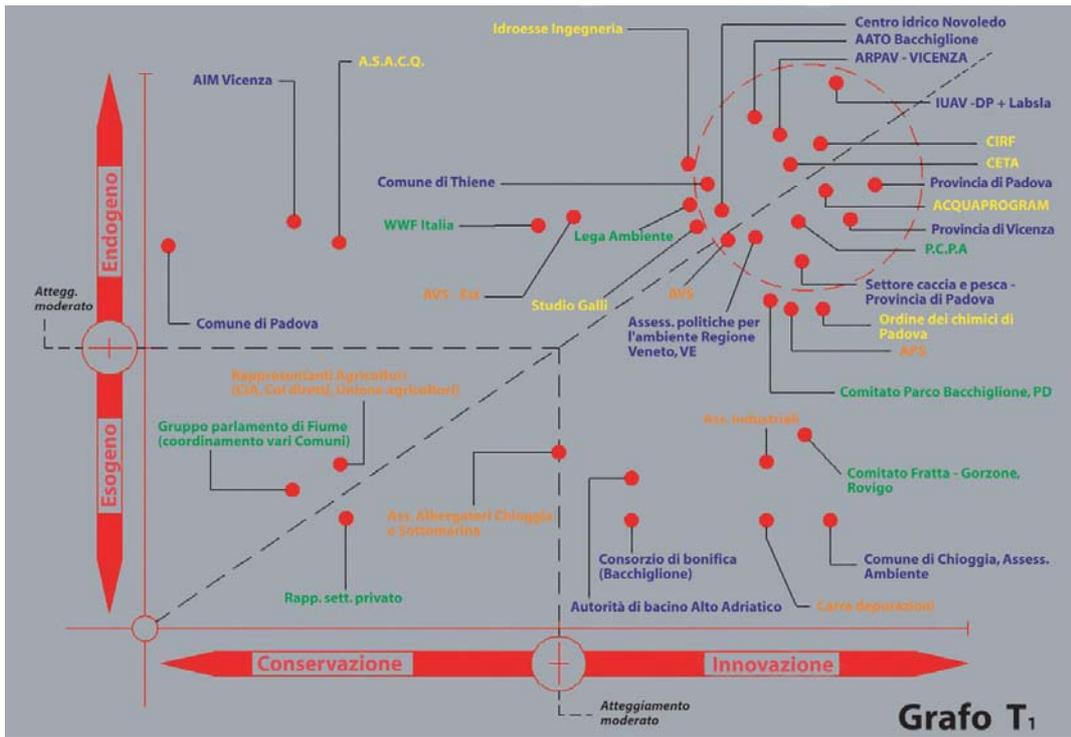


Fig. 17.5.
Grafo T1: posizionamento relativo degli attori (punti rossi) dopo il primo Workshop, nel piano “apertura all’innovazione (asse orizzontale) ed effettiva partecipazione (asse verticale)”. Per il significato degli altri dettagli si veda la didascalia della figura 17.4.

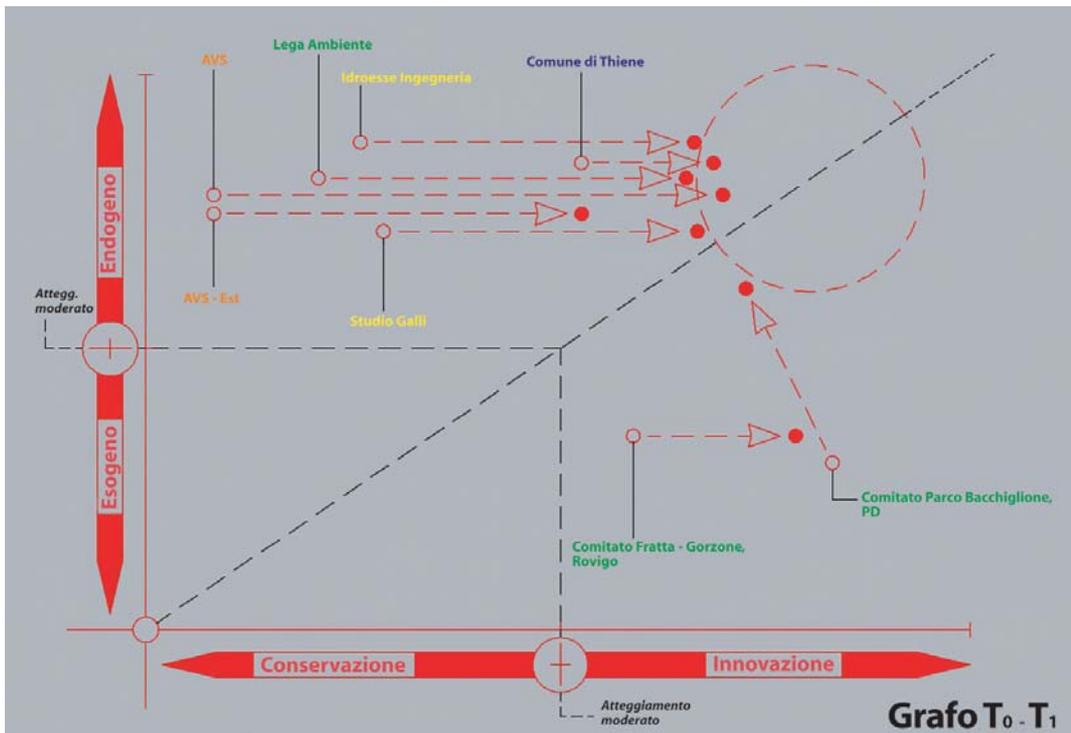


Fig. 17.6.
Grafo di posizionamento netto $T_0 - T_1$: sono riportati solo gli attori che hanno modificato la loro posizione in seguito al Primo Workshop. Per il significato degli altri dettagli si veda la didascalia della figura 17.4.

17.6 Lezioni apprese: potenzialità e limiti dell'approccio adottato nella soluzione del caso Bacchiglione

Aspetti positivi

Oltre ai risultati di contenuto, cioè il Piano d'Ambito, si sono ottenuti anche importanti e positivi risultati culturali e sociali (relazionali) che sicuramente avranno influenza durante la successiva attuazione del Piano (Tab. 17.11).

La soluzione tecnica adottata dal Piano d'Ambito è stata l'affinamento dello scarico dei depuratori di Thiene e di Schio, prima dell'immissione nel Bacchiglione, mediante fitodepurazione e impianto di fasce tampone boscate, salvaguardando così sia l'alimentazione delle risorgive che il Bacchiglione stesso e sbloccando un conflitto che si protraeva da lunghissimo tempo. Sono già stati acquisiti, mediante "contratti di depurazione", venti ettari di terreno agricolo per l'impianto delle fasce tampone boscate, già iniziato. In sintesi, con soddisfazione di tutti, la soluzione del "tubone" è stata ritirata a favore di un "tubino" che apporta al Bacchiglione scarichi che hanno subito un trattamento più spinto.

Tab. 17.11.
Risultati conseguiti attraverso la partecipazione sviluppata per il PA.

Elemento	Risultato
Il processo decisionale	
Rapporti	Sbloccata una situazione conflittuale e statica. Le fasi successive al primo Workshop si sono dimostrate relativamente veloci ed efficienti, in virtù anche di una fiducia più consolidata tra le parti interessate.
Risorse	Non ha comportato difficoltà di finanziamento grazie alla disponibilità di cofinanziamenti all'AATO stessa che lo ha gestito
Tempistica	Il processo attivato si è inserito e raccordato nel programma di definizione del PA, dilatando solo di pochi mesi la sua adozione
La partecipazione nel processo	
Concertazione e confronto	Ha riunito "attorno ad un unico tavolo" molti attori e messo a confronto interessi diversi e conflittuali, permettendo un positivo confronto
Atteggiamento degli attori	Cambiato apprezzabilmente dopo il primo Workshop: più coscienti dei problemi reali e delle opportunità e più disponibili a collaborare grazie alla percezione di poter effettivamente incidere sulle decisioni
Soddisfazione degli attori	Aumentata dopo il primo Workshop; ciò ha permesso la continuazione del processo.

Limiti

Nonostante l'esito complessivamente positivo, l'approccio adottato per la soluzione del caso Bacchiglione presenta alcuni limiti dovuti principalmente al ritardo con il quale si è deciso di attivarlo, alla necessità di approvare il PA in tempi certi e rapidi e a un contesto socio-culturale ancora immaturo per comprendere l'iniziativa; a valle di questa esperienza un processo di questo tipo sarà probabilmente apprezzato maggiormente sia dai decisori che dagli attori e tecnici coinvolti (Tab. 17.12).

17. Caso studio 9 - ATO BACCHIGLIONE: un Piano d'Ambito partecipato

Elemento	Limite
Il processo decisionale	
Tempistica	I passi chiave sono apparsi discontinui, a causa dell'inserimento di momenti di partecipazione a processo già avviato. Ne è anche conseguito un rallentamento, pur se accettabile
Approfondimento	Sono mancati tempo, risorse e volontà di affrontare tutti i molteplici aspetti oggetto della pianificazione dell'ATO (ad es. il difficile tema della tariffazione!)
Estensione spaziale	Il processo è partito dall'Alto-Vicentino (problema "tubone") e con difficoltà e scarsi risultati è stato esteso a tutto l'ATO. Impossibilità di estendere il processo a zone esterne all'ATO, ma coinvolte nei medesimi problemi ^(a)
La partecipazione nel processo	
Copertura	La componente di educazione verso il grande pubblico è stata intrapresa soltanto in "corso d'opera", soprattutto per le difficoltà legate ad un territorio molto esteso e popolato. L'aspetto dell'informazione al grande pubblico è stato sviluppato principalmente attraverso Internet, limitando il bacino d'utenza a chi ha accesso e sa utilizzare tale strumento.

Tab. 17.12.
Limiti del processo partecipato attivato per il PA Bacchiglione.

- (a) Le zone di Arzignano, di Padova nord-est e del torrente Fratta Gorzone contribuiscono all'inquinamento delle acque dell'ATO; analogamente, le aree della foce del Bacchiglione in Chioggia subiscono le conseguenze di un cattiva gestione degli scarichi civili e industriali, in quanto tutte ricadono nel territorio del bacino del Fiume Bacchiglione.

18. Caso studio 10

Amendolea: convivere con la fiumara

Estensori caso studio: *Fabio Scionti, Marco Monaci, Andrea Nardini*

INQUADRAMENTO DEL CASO STUDIO

Tipologia corso d'acqua	Corso d'acqua a carattere torrentizio estremo (fiumara) con eventi idrologici molto concentrati, morfologia peculiare (ampio letto, dislivello notevole –più di mille metri– in pochi km, sedimenti grossolani), dinamica morfologica molto attiva.
Territorio	Regione: Calabria. Il gruppo montuoso dell'Aspromonte, con la vetta di Montalto a quota 1955 m.s.l.m., confina a nord-est con la catena delle Serre, a nord con la grande piana costiera di Gioia Tauro, mentre a sud, sud-est ed est ripidi versanti sono bordati da una larga fascia di basse colline, prima delle piane costiere del mar Ionio.
Problematica	Difficile convivenza uomo-fiumara: il regime idrologico è estremo, il trasporto solido enorme, la valle instabile e soggetta ad importanti frane; gli insediamenti umani a valle si sono appropriati di aree di pertinenza della fiumara, ma si scontrano con il problema dell'ingente trasporto solido; i ponti ostruiscono il deflusso di acque e sedimenti e la costa subisce una sensibile erosione. D'altra parte, la fiumara e il suo territorio offrono peculiarità ambientali di straordinario valore.
Messaggio	Le fiumare e il loro contesto fisico e socio-economico-culturale hanno caratteristiche del tutto peculiari rispetto agli altri corsi d'acqua italiani. Anche le soluzioni possono pertanto essere molto diverse e richiedono una buona dose di fantasia..
Approccio	Approccio tecnico integrato.
Linee di azione	<ul style="list-style-type: none"> • <u>Contro il rischio idraulico e il dissesto idrogeologico</u> <ul style="list-style-type: none"> - Evitare ed eliminare la presenza di beni a rischio - Restituire spazio ai fiumi per esondare e divagare - Recuperare condizioni geomorfologiche più naturali - Convivere con il rischio • <u>Per soddisfare ricreazione e fruizione</u> <ul style="list-style-type: none"> - Mantenere ed aumentare il valore natura del fiume - Ripristinare, conservare, valorizzare gli elementi naturali, storico-architettonici e socio-culturali • <u>Per l'obiettivo "natura" (integrità ecologica)</u> <ul style="list-style-type: none"> - Ripristinare un assetto fisico più naturale
Tecniche e Strumenti	<ul style="list-style-type: none"> • Gestione dei sedimenti • Monitoraggio morfologico e idrologico della fiumara e della costa • Regolamentazione e monitoraggio delle attività estrattive • Assicurazioni per gli insediamenti • Sviluppo compatibile delle attività economiche
Livello	Analisi conoscitiva, pianificazione, progettazione

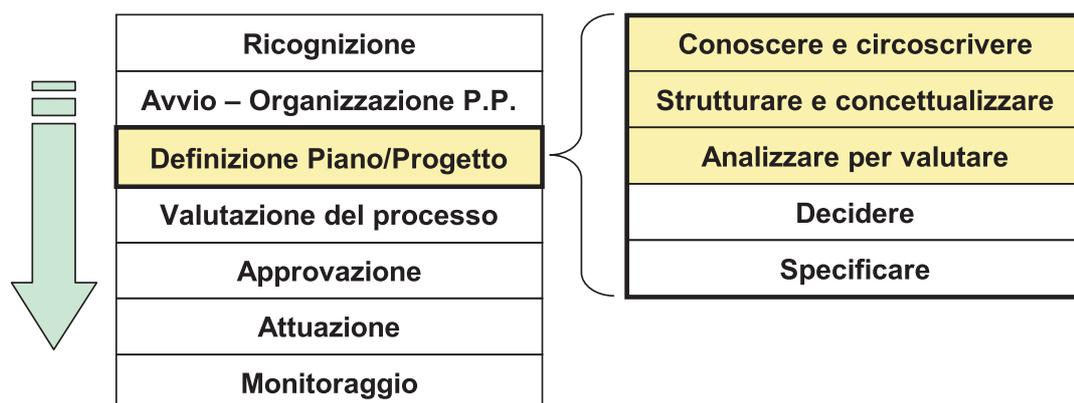


Fig. 18.1. A sinistra le FASI del Processo Decisionale Partecipato (P.P.); a destra i PASSI CHIAVE per lo sviluppo della fase "Definizione di un piano/progetto". In giallo sono evidenziate le parti sviluppate nel presente caso studio.

18.1 In pillole

Questo caso studio analizza il possibile rapporto uomo-fiumara, una sfida particolarmente difficile sia per le enormi forze della natura in gioco e la scarsità di conoscenza tecnico-scientifica in merito, sia per l'attuale assetto che pone problemi di convivenza molto seri: diversi insediamenti sono già stati abbandonati nel tempo a causa della fiumara; la realizzazione e manutenzione di opere (argini, briglie, ponti, ecc.) è particolarmente impegnativa e onerosa; l'accumulo di sedimenti nell'entroterra rende problematiche le attività umane e sembra contribuire, di riflesso, all'erosione costiera.

Questo capitolo non espone i risultati di un progetto, bensì le riflessioni sugli stimoli emersi durante un viaggio studio del CIRF (maggio 2003). Non si tratta quindi di un vero e proprio caso studio, ma solo di una analisi SWOT preliminare (punti di forza e di debolezza, rischi e opportunità) e di una prima idea (*vision*) di "come possiamo convivere con questa fiumara".

18.2 Conoscere la fiumara

Calabria: "... uno sfasciume pendulo sul mare..."

(Giustino Fortunato)⁽¹⁾

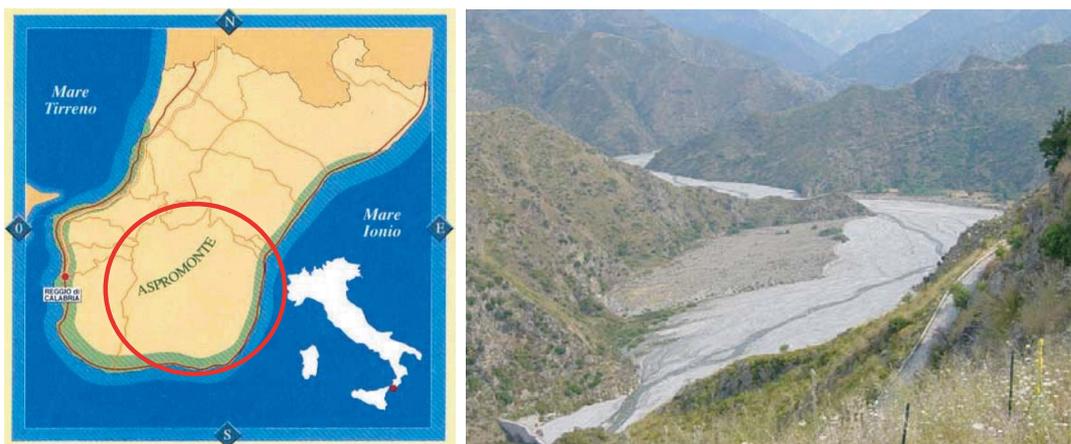
18.2.1 La Nuova Zelanda ... in Italia

Non è necessario sobbarcarsi 24 ore di volo verso la Nuova Zelanda per poter ammirare corsi d'acqua impetuosi, "energetici", dall'alveo spettacolare, che trasmettono subito l'impressione di esser davanti a qualcosa di "diverso" rispetto a quanto solitamente si trova in Italia: basta raggiungere l'Aspromonte, in Calabria, e avvicinarsi ad una *fiumara*, tipologia di corso d'acqua tanto caratteristica in questa regione (e in Sicilia) quanto anomala nel resto d'Italia (Fig. 18.2).

¹FORTUNATO G. (senza data).

Fig. 18.2.

A sinistra:
l'Aspromonte, il
regno delle
fiumare. A destra:
l'Amendolea, tipica
fiumara ionica,
vista dall'alto.
(Foto: F. Scionti)



Si tratta di corsi d'acqua relativamente brevi ed impetuosi, con piene ordinarie concentrate in autunno-inverno e periodi di secca (totale o quasi) nei mesi estivi; con alvei caratterizzati nel tratto montano da una pendenza elevata (superiore al 20%), incassati tra ripidi versanti e con un enorme trasporto solido, alimentato dalle frane dei versanti e dall'intensa incisione dell'alveo. Più a valle, invece, la pendenza diminuisce rapidamente, sino a non permettere più il trasporto dell'enorme quantità di materiale solido giunto sin lì; questo viene perciò depositato creando alvei larghissimi, rispetto alla superficie del bacino e alla portata abituale.

Durante le piene significative lo scenario cambia e la fiumara si trasforma in un gigantesco "nastro trasportatore", fatto quasi più di terra, ghiaia e massi che di acqua!

Caratterizzare dal punto di vista ambientale una fiumara e misurarne il *valore natura*, secondo lo schema logico illustrato nel *Par. 7.7* e nel *Cap. 9*, non è un'operazione semplice né scontata: le differenze rispetto alla maggior parte dei corsi d'acqua italiani sono talmente marcate da rappresentare una vera sfida per l'applicabilità alla situazione calabrese dell'albero del *valore natura* proposto nel presente volume (Fig. 7.41 e 7.42).

Come misurare, infatti, la qualità dell'acqua se l'alveo è asciutto per rilevanti frazioni dell'anno? Quali comunità di macroinvertebrati e quali popolamenti ittici possono vivere in tali condizioni? Come valutare un regime idrologico così estremo? Che valore attribuire ad indicatori volti a stimare elementi (es. raschi e buche, eterogeneità granulometrica, non geometricità della sezione trasversale) finalizzati a valutare l'idoneità dell'ambiente agli organismi acquatici?

La sfida è ardua, e in questo capitolo –trattandosi di un esercizio di individuazione di possibili strategie di convivenza uomo-fiumara, più che di un vero caso studio– questa problematica è solo accennata. Essa può essere affrontata ricordando che il *valore natura* di un corso d'acqua non è un valore assoluto, ma relativo al suo *stato di riferimento* (si veda il *Par. 7.7.2*). Il nostro criterio è perciò misurare la vicinanza dello stato attuale a quello di riferimento.

È evidente, ad esempio, che già in condizioni naturali le fiumare sono ambienti inospitali per molti organismi acquatici; l'assenza di questi ultimi non comporta pertanto una riduzione del *valore natura* della fiumara. O ancora, ad esempio, la qualità dell'acqua può essere misurata, quando è presente un flusso (escludendo le punte di piena), sulla sola base dei parametri chimici e fisici generali e della eventuale presenza di inquinanti, ma non sui macroinvertebrati bentonici (al più, su quelli interstiziali di subalveo).

Anche per gli altri aspetti, come quelli legati alla *qualità idromorfologica*, la faccenda è complicata.

In particolare, è assai ostico applicare gli attributi di tipo geomorfologico: è possibile e sensato definire una *fascia di mobilità fluviale* se questa praticamente coincide con l'intera valle? Ha senso porsi l'obiettivo di ristabilire un *equilibrio morfologico*, quando si ha davanti uno dei pochi casi di letto in sensibile sedimentazione?

Sicuramente saranno necessari molti approfondimenti per rispondere a queste prime domande.

18.2.2 La Fiumara Amendolea

Il bacino dell'Amendolea, situato sul versante meridionale del rilievo dell'Aspromonte, presenta una forma allungata, abbastanza regolare, con sviluppo prevalente secondo la direttrice Nord-Sud.

Dopo i primi 12 km di percorso, la fiumara arriva a monte dell'abitato di Roghudi (627 metri s.l.m.), dove termina il letto di erosione e l'alveo comincia ad allargarsi. Roghudi, adagiato sul crinale di una collina con forti problemi di stabilità, pare quasi messo di guardia nel mezzo dell'Amendolea e, come ogni sentinella, esposto ai suoi attacchi (Fig. 18.3). Durante gli anni '70 la zona subì un'alluvione che minacciò la solidità strutturale dell'intera collina: il paese, a rischio di precipitare da un momento all'altro nella fiumara, venne abbandonato e, per motivi di sicurezza, tutti i suoi abitanti furono trasferiti in un altro sito presso la costa, in cui oggi sorge la nuova Roghudi.



Fig. 18.3.
A sinistra: il bacino della fiumara Amendolea. A destra: l'abitato di Roghudi, completamente abbandonato dagli anni '70 per l'instabilità della collina, minacciata dalle piene della fiumara (visibile a destra). (Fonte: a sinistra, Centro Cartografico Regione Calabria; a destra: F. Scionti)

Le principali caratteristiche dell'Amendolea sono riportate nella figura 18.4. Come quasi tutte le fiumare calabresi, anche l'Amendolea è caratterizzata da un regime idrologico che può definirsi impulsivo, poiché le precipitazioni e le associate portate di piena si verificano in generale in un periodo specifico dell'anno (autunno-inverno) con piogge di forte intensità e breve durata; si tenga presente che queste piene annuali occupano solo una piccola porzione dell'alveo, mentre solo molto raramente si hanno vere alluvioni capaci di occupare l'intero alveo².

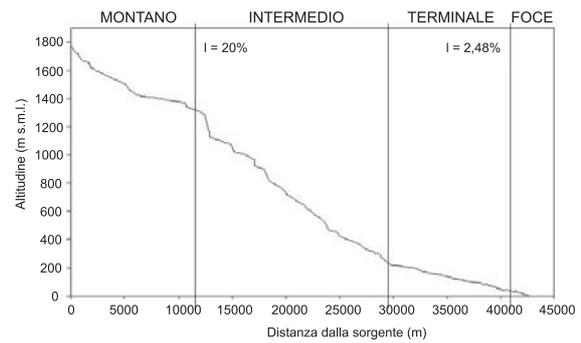
² Le portate delle piene con tempo di ritorno 200 e 500 anni –calcolate a chiusura di bacino con la procedura VAPI, modello TCEV a doppia componente– sono rispettivamente 1478 e 1719 m³/s (VERSACE *et al.*, 1987). Durante l'ultimo secolo, sono stati però solo due gli eventi davvero eccezionali: nel 1952 e nel 1971.

18.2 Conoscere la fiumara

Fig. 18.4.

A sinistra, le principali caratteristiche della fiumara Amendolea. A destra, il suo profilo altimetrico longitudinale (I = pendenza). È evidente il brusco calo di pendenza nel passaggio dal tratto intermedio a quello terminale.

Area bacino	150,4 km ²
Altitudine media s.m.l.	835 m
Perimetro bacino	67,6 km
Pendenza media	24,80%
Lunghezza asta principale	31 km
Lunghezza totale aste	805 km
Densità di drenaggio	5,35 km/km ²
Max ordine secondo Horton	6



Gli intensi fenomeni di trasporto solido, governati in parte dalle leggi dell'idrodinamica fluviale e in parte da quelle dei movimenti di massa, specialmente in associazione a grandi frane, assumono in tali circostanze le sembianze di *debris flow*⁽³⁾, anche in più ondate sovrapposte.

L'immane trasporto solido dell'Amendolea si genera in gran parte dalle rocce cristalline del *Vallone Colella*, affluente di destra della fiumara, dove ha luogo uno dei più estesi e gravi fenomeni franosi in atto della Calabria (Fig. 18.5).

Fig. 18.5.

Foto aerea della frana Colella (cerchio) nel tratto montano del Vallone Colella, affluente della fiumara Amendolea. (Foto: Centro Cartografico Regione Calabria)



Tutto il materiale disgregato e dislocato dai versanti confluisce, prima sotto forma di ondate di *debris flow* e poi come trasporto idraulico, nell'alveo del Vallone Colella per raggiungere poi l'Amendolea, alimentata successivamente anche da altri apporti solidi laterali lungo il percorso.

³ Il *debris flow* ("colata detritica") è un movimento in massa di falde di detriti grossolani sciolti.



Fig. 18.6.
Fiumara Amendolea, località Borgo Amendolea, vista dall'alto. A sinistra: prima della piena del dicembre 2003. A destra: ingrandimento dell'area riquadrata nella foto di sinistra, ripreso nel 2004. La freccia indica la direzione della corrente. La piena del dicembre 2003 ha provocato una rottura dell'argine (la cui posizione è segnalata dalla linea tratteggiata), depositando nella piana ingenti quantitativi di detriti solidi. (Foto: F. Scionti)

Nel tratto medio-basso e terminale l'alveo dell'Amendolea è in fase di spiccata sedimentazione, con uno spessore dei depositi alluvionali della paleovalle che, in prossimità della foce, si stima raggiungere ben 150 m⁽⁴⁾.

A questo proposito, non si può non ricordare che, storicamente, tutta la regione pare essere stata soggetta a plurime, estesissime azioni di disboscamento (in epoca romana, poi sotto i Borboni e poi, dopo la fine della seconda guerra mondiale) per realizzare le traversine per le vie ferrate o per appropriarsi poi del territorio ed intraprendere attività produttive (ma ben poco sostenibili). È decisamente probabile che i disboscamenti abbiano accentuato la produzione di sedimenti e conseguentemente il tasso di sedimentazione dell'alveo. Pare addirittura che in epoca romana la fiumara Amendolea fosse navigabile con imbarcazioni da carico (dell'epoca), almeno per il primo tratto.

In ogni caso, i fenomeni descritti sono una realtà che minaccia costantemente di modificare l'assetto fisico della valle in modo significativo, anche in poche ore (Fig. 18.6).

18.2.3 SWOT Uomo-Fiumara: punti di forza e debolezza, rischi e opportunità

Punti di forza

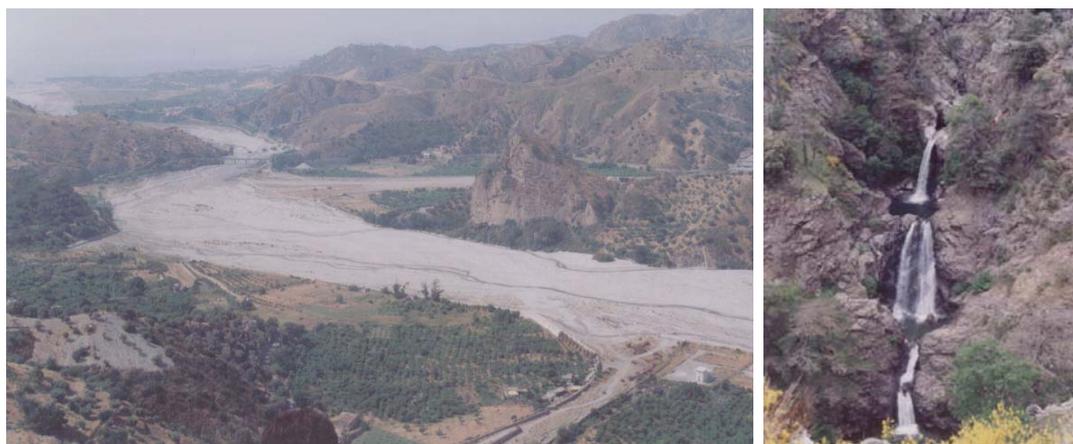
- *Paesaggio unico e di enorme forza*

Come disse Norman Douglas *“l'Aspromonte merita il nome che porta. È una agglomerazione incredibilmente aspra di colli e valloni, e la geologia del distretto... rivela un caos assoluto di rocce di ogni età, contorte e aggrovigliate da terremoti ed altri cataclismi del passato”*.

Il paesaggio tipico della fiumara, con l'asprezza che comunica immediatamente la sensazione di *forza della natura* e un alveo largo anche centinaia di metri –formato da immensi materassi di massi, ciottoli, ghiaia e sabbia– è unico in Italia e impressiona per la bellezza. E risalendo la fiumara, fin nel cuore dell'Aspromonte, si riesce ad assaporare una natura selvaggia, ancora incontaminata (Fig. 18.7).

⁴ GUERRICCHIO *et al.*, 1996.

Fig. 18.7.
Fiumara Amendolea. A sinistra, lo spettacolare paesaggio della fiumara; a destra, le cascate Maisano, nell'alto bacino. (Foto: F. Scionti)



- *Presenza di coltivazioni pregiate: il bergamotto*
Nella zona delle fiumare viene coltivato il bergamotto (*Citrus bergamia* Risso), un agrume della famiglia delle Rutacee che, prevalentemente sotto forma di olio essenziale (con i suoi oltre 350 componenti), è largamente impiegato nell'industria profumiera internazionale. L'essenza di bergamotto è impiegata nell'industria farmaceutica per il suo potere antisettico, nonché nell'industria alimentare e dolciaria come aromatizzante di liquori, bevande, caramelle, canditi. L'habitat ottimale e quasi esclusivo del bergamotto è costituito dalla sottile striscia di terra, lunga poco più di cento chilometri, compresa tra le propaggini estreme dell'Aspromonte e i mari Ionio e Tirreno, tra Villa San Giovanni e Monasterace (Provincia di Reggio Calabria). Il 90% della produzione mondiale di bergamotto proviene proprio da qui.
- *Prossimità ad una costa e ad un mare splendidi, quasi incontaminati*
La costa ionica calabrese è un susseguirsi di ampie spiagge, solo raramente compresse verso il mare dai rilievi retrostanti, ma spesso interrotte dalle foci delle numerose fiumare che dalla dorsale montuosa della regione scendono verso lo Ionio (Fig. 18.8).
Il tratto più meridionale della costa ionica è l'unico in cui si alternano spiagge, famose scogliere (Capo Bruzzano, Copanello e Stalretti, Capo Rizzuto) e le foci delle fiumare che scendono dall'Aspromonte e sfociano nello Ionio meridiona-

Fig. 18.8.
A sinistra, gli aspri rilievi delle montagne selvagge nel parco nazionale dell'Aspromonte. A destra, uno scorcio della costa calabra di Melito. (Foto: F. Scionti)



le (Amendolea, La Verde, Buonamico). Anche se fortemente trasformata dall'uomo, in piccoli ambiti –purtroppo tuttora a rischio– la costa ionica ospita ancora una flora e una fauna terrestre e marina di notevole interesse, soprattutto nei fondali, nei piccoli lembi di macchia mediterranea, nelle paludi, nelle foci dei fiumi, sulle scogliere dei rari promontori rocciosi, sui tratti di arenile meno frequentati dall'uomo.

- *Presenza di insediamenti antichi di valenza storico-architettonica e socio-culturale*

I ruderi che s'incontrano risalendo l'Amendolea rimandano al ricordo malinconico della quasi scomparsa presenza umana e della civiltà greco-bizantina che, fino a pochi decenni fa, la fiumara ha lasciato sopravvivere.

L'Amendolea lambisce infatti numerosi paesi particolari per le memorie storiche e le tradizioni ellenofone, come ad esempio nell'area *grecanica*, dove ancora vive una popolazione di lingua greca, i *Greci di Calabria* (Bova Superiore, l'incantevole Gallicianò). Nell'epoca in cui la fiumara era navigabile, come citano antichi storici e geografi (Tucidide, Plinio, Stradone, Polibio), l'Amendolea ha costituito per tali paesi fonte di vita e, nello stesso tempo, di disgrazia. Le sue acque fertilizzavano i terreni vicini alle sponde e offrivano la forza motrice a numerosi mulini; la sua foce, dentro la quale il mare si insinuava per un ampio tratto, rappresentava un'importante via di penetrazione e uno strategico punto di approdo per i commerci di legname e di pece dell'epoca greca e romana (ma le stesse acque si sono rivelate anche fonte di sciagure continue: le alluvioni hanno così provocato il lento e continuo spopolamento dei villaggi e dei borghi che sorgevano lungo le sue rive e su rupi emergenti all'interno del suo greto, quali i vecchi abitati di Amendolea e di Roghudi. La sola alluvione del 1971 ha decretato il definitivo, quasi completo, abbandono dei borghi di Amendolea, Chorio, Roghudi, Roccaforte del Greco e Gallicianò e, con esso, la creazione dei loro insediamenti sostitutivi lungo la costa).

Punti di debolezza

- *La fiumara ha bisogno di molto spazio per l'evoluzione geomorfologica*
La fascia di divagazione della fiumara è costituita dall'intera valle, precludendo la possibilità di insediamenti consistenti; la presenza dell'uomo deve perciò essere quanto più attenta, prudente e rispettosa possibile.
- *Il regime idrologico è estremo (risorsa idrica scarsa)*
Il territorio calabrese è caratterizzato da una forte variabilità pluviometrica: si passa infatti, nel corso dell'anno, dal periodo ottobre-marzo durante il quale cade il 70-80% delle precipitazioni annue, al periodo giugno-agosto nel quale ne cade il 6-10%.
A fini antropici la fiumara offre quindi ben poche opportunità di sfruttamento della risorsa idrica, se non a prezzo di costruire dighe per accumulare l'acqua che cade in modo discontinuo, impetuoso e concentrato nel tempo; a causa però dell'elevatissimo trasporto solido, le opere subiscono ingenti danni (Fig. 18.9) e l'invaso delle dighe è destinato ad un rapido interrimento.
- *Convivenza difficile dell'uomo che cerca di strappare fasce marginali alla fiu-*

Fig. 18.9.

Una briglia dissestata da un evento alluvionale: un fatto frequente lungo le fiumare. Buona parte della briglia (più di cento metri) è stata divelta dal trasporto solido e solo una piccola parte (quella qui visibile) è rimasta in sito, danneggiata e quasi colma di sedimenti. (Foto: F. Scionti)



mara, ma deve costruire e mantenere imponenti e massicce arginature, non contro l'acqua, bensì contro i sedimenti!

L'esiguità dello spazio a disposizione dell'uomo ha portato, di fatto, a sfruttare ogni lembo di terra apparentemente disponibile, ad esempio realizzando coltivazioni in alveo che, ad ogni piena, rischiano di esser spazzate via.

Soprattutto nella parte pianeggiante della fiumara, pochi chilometri a monte della foce, da sempre l'uomo cerca di appropriarsi di zone limitrofe al fiume e quindi appartenenti alla sua fascia di mobilità, per creare "giardini", cioè zone coltivabili sottratte alla furia della fiumara. La presenza di un alveo sostanzialmente non occupato dall'acqua per molti anni favorisce tale opera di "reclusione" della fiumara, essendo scarsa e non suffragata da un'esperienza continuativa la percezione degli spazi realmente necessari per il fluire delle portate (liquide e, soprattutto, solide).

Due sono le tecniche principali adottate ancora oggi (in combinazione tra loro) per tale appropriazione di terreni:

- opere di difesa (muri, arginature) che separano la zona destinata a "giardino" dal letto vero e proprio; ciò spesso comporta, a causa del progressivo deposito di sedimenti, l'innalzamento dell'alveo rispetto al "giardino" (alveo pensile) che rende tale tecnica difficilmente sostenibile nel lungo termine;
- tecnica delle "colmate": si effettua una prima preparazione dell'area estraendo gli inerti grossolani; si realizza poi un repellente (muro) che devia il flusso principale della corrente –con il suo carico di sedimenti grossolani trasportati durante le piene– e permette un'esonazione meno irruenta, che riempie progressivamente ("colmata") la zona di interesse con materiali più fini (sabbia, limo); tali sedimenti divengono poi il terreno su cui si effettua la coltivazione (Fig. 18.10).

Si noti che con la prima tecnica il "giardino" viene ben presto a trovarsi ad un livello inferiore all'alveo (come nella foto di destra della figura 18.11), mentre



Fig. 18.10. “Giardino” realizzato per “colmata”: l’argine (linea gialla tratteggiata, ora demolito dalla successione di piene e mancata manutenzione) è servito a deviare verso il centro dell’alveo l’acqua ed i sedimenti grossolani trasportati durante le piene, permettendo l’esonazione dei soli materiali fini: questi, riempita progressivamente l’area di interesse, hanno creato il substrato su cui è possibile effettuare la coltivazione (area verde). (Foto: F. Scionti)

con la colmata il giardino viene a trovarsi ad una quota superiore o di pari livello. Talora il giardino ottenuto per colmata viene successivamente difeso da alti muri.

L’Amendolea, come la maggior parte delle fiumare calabre, ha dunque subito ingenti opere di rettificazione, arginatura e canalizzazione del tratto di foce, al fine di “guadagnare” terreno, ad esempio per le coltivazioni d’ulivo e di agrumi.

La particolarità di questa situazione sta nel fatto che le opere per “contenere” la fiumara, devono trattenere non tanto la portata liquida quanto piuttosto quella solida e devono perciò essere realizzate tenendo conto delle immani forze cui sono sottoposte in caso di piena (Fig. 18.11).

- *Ponti con luci anguste, inadeguate al flusso di sedimenti*

Caratteristica (antropica) tipica delle fiumare calabresi è il restringimento della zona di foce a causa della presenza di ponti stradali e ferroviari con luce inadeguata che inducono non solo il rigurgito delle acque di piena, ma anche un’ingente sedimentazione degli apporti solidi che, a sua volta, aumenta il rischio di collasso dei ponti alla piena successiva (Fig. 18.12).

Tale situazione accresce anche il rischio idraulico delle zone urbanizzate limitrofe, soggette a continui allagamenti nel caso di eventi superiori alle normali piene stagionali.

- *Erosione costiera manifesta, sensibile e diffusa*

La linea di costa negli ultimi decenni è sensibilmente arretrata in diversi tratti (Fig. 18.12). Esiste dunque un problema di ripascimento della costa che pare non

Fig. 18.11.

A sinistra, la fiumara Amendolea il cui alveo è stato rettificato (e fortemente ristretto) per dar spazio a coltivazioni di ulivo; la linea continua segnala la posizione dell'argine, l'area chiara alla sua sinistra, sottratta alla fiumara è oggi coltivata; la linea tratteggiata indica la posizione proposta per un nuovo argine. Al centro, coltivazioni di ulivo (freccia) all'interno dell'alveo, che occupa l'intero fondovalle, dal piede dei rilievi presenti sullo sfondo sino al piede del pendio vegetato in primo piano (sullo sfondo un affluente dell'Amendolea e, al centro della foto, una strada in prossimità delle coltivazioni). A destra, argine a protezione del "giardino" sottostante. La freccia bianca indica la direzione della corrente, mentre quella gialla mostra il dislivello di 8 metri tra l'alveo (a sinistra nella foto) e il territorio circostante (a destra). (Foto: F. Scionti)



ricevere più una quantità di materiale sufficiente per bilanciare l'erosione marina. Non è chiaro quali siano le cause, ma è sensato inferire che la presenza di opere trasversali in alveo (briglie, traverse, restringimenti dovuti ai ponti), gli interventi di difesa idraulico-forestale uniti forse anche a cause naturali siano i principali responsabili, contribuendo a ridurre il volume di materiale solido trasportato. Questa gestione del bacino avrebbe dunque accentuato la dinamica dei sedimenti della fiumara –già estrema– creando e amplificando un duplice problema: accumulo di sedimenti nell'entroterra (e conseguente rischio idraulico e geomorfologico) ed erosione della costa (fatto veramente paradossale in bacini caratterizzati da apporti solidi di tale entità)⁵.

- *Sassi e ... malavita?*

Questo è un punto dolente: è noto che in molte zone le attività estrattive hanno i connotati tipici dell'illegalità e molte volte legami con la malavita. Attività estrattive che avrebbero dovuto chiudersi da tempo, si trascinano da anni arrivando a prelevare quantitativi di inerti molto superiori alle concessioni (quando queste siano state rilasciate), con un controllo pubblico scarso o nullo. Anche gli argini realizzati per creare i "giardini" per colmata vengono talora appositamente danneggiati, in modo da permettere ripetutamente l'invasione dell'area da parte di materiali grossolani e "giustificare" così l'attività estrattiva necessaria alla loro rimozione. Non sappiamo affatto se nel caso particolare dell'Amendolea sia effettivamente questa la situazione, ma resta il fatto che la regolamentazione e il controllo pubblico in realtà simili a questa sono perlomeno problematici.

Opportunità

Come sfruttare i punti di forza di cui sopra e farne delle vere opportunità? Si riportano le indicazioni scaturite da una prima riflessione.

L'impressione intuitiva data da questo paragrafo che offre ... ben poche opportunità, riflette la situazione reale: è un territorio difficile, dove agire e innovare è una vera sfida.

⁵ Il condizionale è d'obbligo perché scarse sono le certezze; si potrebbe per esempio pensare che oggi il sistema si sta in un certo senso "riequilibrando", "dimenticando" progressivamente l'impatto legato alla presunta estesissima deforestazione di cui si è detto alla quale, probabilmente, era seguito un avanzamento della costa (dovuto quindi a cause antropiche!). Ma anche la documentata progressiva e veloce (geologicamente parlando: 2 mm/anno) elevazione dei rilievi affacciati al versante Tirrenico potrebbe avere una parte in causa.



Fig. 18.12. Foto aerea della fiumara Amendolea nel tratto subito a monte della foce: è molto evidente il restringimento dell'alveo causato sia dagli argini che, nell'ovale giallo, dal ponte (le cui pile lato monte sono tra l'altro state travolte, durante un'alluvione, dall'onda d'urto del materiale solido trasportato dall'acqua). In rosso vengono indicate le aree costiere erose dagli anni '50 ad oggi (in verde un tratto accresciuti, nonostante globalmente il bilancio sedimentario sia deficitario. (Fonte: Autorità di Bacino della Calabria, elaborato PAI)

- *Spettacolare meta turistica*

Una vacanza in un agriturismo sito in questo ambiente particolarissimo, dove assaporare sapori tradizionali dal carattere forte e selvaggio, partecipare a danze sfrenate a base di tarantella, lasciarsi trasportare da reminiscenze lontane, udire parlare il greco e inseguire su piste improbabili vecchi monasteri inaccessibili, se non a piedi e a dorso di mulo, vale decisamente la pena, anche considerando il mare splendido a due passi.

- *Impressionante palestra di studio (educazione, ricerca)*

Essendo la fiumara un ambiente così anomalo e particolare, dove i processi naturali sono decisamente estremi, è possibile immaginare di organizzare in modo sistematico viaggi studio per studenti di scuole di vari livelli fino, naturalmente, a viaggi più selezionati per studenti universitari e ricercatori. In fondo, come si accennava, ... non serve andare in Nuova Zelanda! Ma la palestra di studio potrebbe non limitarsi alle passeggiate, ma svilupparsi con esercizi di rilevamento e monitoraggio geomorfologico (si veda ad esempio il punto seguente).

- *Disponibilità "infinita" di inerti*

Questo è forse il punto più anomalo e per certi versi promettente. Sebbene in generale sull'estrazione di inerti in alveo vi siano diverse perplessità (si veda il box *Estrazione di inerti* nel Par. 2.2), nel caso specifico potrebbe esservi l'opportunità di attività estrattive che apportino notevoli benefici. Vi è però una precondizione ineludibile: prima di procedere è necessario conoscere e misurare in modo approfondito i fenomeni in atto, in particolare le dinamiche d'erosione, trasporto, sedimentazione nell'entroterra, e quelle di ripascimento ed erosione del litorale, con le associate dinamiche costiere; il quadro conoscitivo acquisito potrebbe dimostrare la fattibilità di ricostituire le condizioni per il ripascimento naturale del litorale, eliminando gli ostacoli (in particolare l'insufficiente luce dei ponti allo sbocco della valle); solo in un secondo momento, nel caso in cui l'alveo si dimo-

strasse ancora in sedimentazione, e comunque sempre sotto costante e attento monitoraggio, si potrebbe intraprendere un prelievo graduale in alveo, trasformando così la fiumara in una fonte di reddito e garantendo al contempo una maggior sicurezza per gli insediamenti antropici.

Rischi

- *Presenza della frana attiva nel Vallone Colella e di briglie discutibili*

Sebbene tutte le fiumare presentino situazioni analoghe di ingentissimo trasporto solido, letti amplissimi, ecc., l'Amendolea è speciale per la presenza della frana nel Vallone Colella (si riveda la figura 18.5) che, occasionalmente, rilascia enormi quantità di sedimenti. Questa peculiarità costituisce un rischio per gli usi antropici (i "giardini", le infrastrutture, le case, ecc.), sebbene dal punto di vista della fiumara stessa... sia un suo tratto distintivo.

Altrettanto degna di nota è la presenza di enormi briglie presenti lungo la fiumara: molte di queste non sono oggi più visibili perché sepolte dai sedimenti accumulatisi nel corso degli anni o perché divelte dalle piene (generando improvvisi, giganteschi e devastanti flussi di detriti dovuti anche ai sedimenti depositati a monte).

Questo comportamento, e cioè il funzionare come desiderato (intrappolando sedimenti, rialzando il letto e quindi diminuendo la pendenza dell'alveo e la sua energia)... fino al momento in cui –per obsolescenza, per l'eccezionalità dell'evento, o per entrambe– un evento più intenso porta al crollo di una o più briglie, genera evidenti rischi per le attività antropiche di valle e solleva il tema della sostenibilità tecnica ed economica di tali opere, sia di quelle realizzate in passato che di quelle proposte per il prossimo futuro. Un aspetto di particolare interesse, in questa analisi di sostenibilità, è il confronto tra l'*alternativa zero* (il "non far nulla") e la realizzazione di nuove opere.

- *Tentativi di appropriarsi di spazi crescenti per attività agricole: una scelta difficile tra sviluppo, gestione e ... ancora malavita*
 - *Vale la pena?* I costi delle opere per appropriarsi di aree di pertinenza della fiumara probabilmente non sono giustificati dai benefici derivanti dalle attività agricolo-forestali che vi si insediano; tuttavia, vanno considerati anche altri benefici di tipo sociale, come l'occupazione e il mantenimento dell'identità culturale. Decidere è quindi un tipico problema di scelta multiobiettivo da affrontare secondo l'approccio (partecipato, multiobiettivo...) e i metodi già presentati nel *Cap. 6*.
 - *Quale impatto sul fiume?* Occorre tener presente gli effetti, soprattutto di tipo geomorfologico, che opere idrauliche come gli argini possono provocare. Nel caso specifico, pare sensato ipotizzare che –ammesso che le attuali strozzature al flusso di sedimenti vengano eliminate– la realizzazione di arginature nel tratto planiziale, soprattutto se a debita distanza e di altezza moderata, non provocherebbe sensibili effetti negativi, anche se dal punto di vista dell'equilibrio morfologico (oltre che da quello estetico e fruitivo) comporterebbe comunque un disturbo. In relazione all'erosione costiera potrebbe addirittura essere un vantaggio, perché forse convoglierebbe più sedimenti al mare, men-

tre durante le piene più rilevanti l'argine verrebbe comunque superato, permettendo così l'espansione delle acque e dei sedimenti fini. Dal punto di vista antropico, l'argine permetterebbe l'appropriazione di un'area, ma a condizione di accettare di "convivere con il rischio" e di attivare appositi meccanismi –ad esempio assicurativi– per far fronte agli eventuali danni e, naturalmente, facendosi carico dei relativi costi (a carico dei privati o, viceversa, del pubblico se così fosse ritenuto socialmente desiderabile nel processo decisionale). La realizzazione di arginature richiederebbe un'azione di gestione continua nel tempo (estrazione o almeno movimentazione di inerti) per contrastare il progressivo e rilevante innalzarsi del letto. Dovrebbe però essere vietata la realizzazione di ulteriori infrastrutture ed edificazioni in tali zone, per non esporre nuovi beni al rischio.

- *Malavita*

Come già ricordato, nella realtà calabra (ma non solo) le attività estrattive –con l'immane superamento dei quantitativi concessi e il rischio di trasformare l'intero alveo in un perenne cantiere selvaggio– comportano il rischio di alimentare la malavita. Dunque, qualsiasi forma di gestione innovativa o tradizionale dei sedimenti deve prepararsi a fare i conti con questa indebitata dimensione.

• *Gli incendi per il pascolo*

Gli incendi dolosi, principalmente per favorire il pascolo, sono purtroppo una costante del territorio e una minaccia continua all'ecosistema, all'uomo e al paesaggio che –ad eccezione di alcuni valloni e angoli incantati di ombra e verde– assume in estate un aspetto particolarmente brullo.

18.3 Strutturare e concettualizzare. Una strategia per l'Amendolea

18.3.1 Vision

Potremmo immaginarci così la fiumara dopo un progetto-processo di riqualificazione, fornendo almeno una direzione verso cui tendere.

Una fiumara più o meno come è oggi, con il suo letto ricco di sedimenti, ma privo di strozzature che ne impediscano il flusso a mare e con un dislivello ridotto (rispetto all'attuale) tra quota del letto e quota delle (poche) zone laterali sfruttate per colture ("giardini"); aree di nicchia utilizzate con coltivazioni particolari; una vegetazione in equilibrio, non più distrutta da incendi dolosi; una fascia costiera più ampia rispetto all'attuale; emergenze storico-architettoniche preservate e fruibili anche grazie a percorsi e sentieri adeguati.

18.3.2 Strategia

I primi abbozzi della strategia ipotizzata possono essere così sintetizzati: *convive-*

re con la fiumara, cogliendone il buono e mitigando la sua ostile aggressività, senza però ambire a bloccarla e facendo i conti con le umane attitudini alla non-cooperazione o all'illegalità.

Obiettivi

Gli obiettivi di un progetto/piano di riqualificazione della fiumara potrebbero essere:

- *natura*: conservare il *valore natura* e ripristinare la salute morfologica e vegetazionale;
- *permettere le attività antropiche e favorire lo sviluppo sostenibile*: favorire lo sviluppo di agricoltura di pregio, turismo naturalistico, educazione e ricerca scientifica, recupero di valenze storico-architettoniche-culturali;
- *sicurezza*: arrestare ed invertire il processo di erosione della costa; mantenere costante (o quasi) la quota dell'alveo contrastando il processo di innalzamento;

Linee di azione

- Per ridurre la velocità di innalzamento del letto (e quindi la pericolosità nei confronti delle attività antropiche):
 - instaurare un sistema di monitoraggio geomorfologico⁶ e idrologico della fiumara e della costa, per cercare di comprendere quanto le portate liquida e solida incidano sulla dinamica della costa stessa.
 - ripristinare il naturale deflusso dei sedimenti;

Per questo, compatibilmente con le informazioni generate dal monitoraggio e da studi appropriati:

- eliminare le strozzature al deflusso di sedimenti (aumentare le luci dei ponti critici);
 - trasferire ingenti quantità di sedimenti da aree nel tratto mediano e di monte della fiumara –dove ora sono bloccati dalle briglie– verso la foce (per arrestare l'erosione costiera), prelevandone eventualmente anche una quantità necessaria a ritrovare un profilo compatibile con le attività antropiche;
 - attivare una regolamentazione ferrea delle attività estrattive, con concessioni limitate nel tempo e soggette a valutazione rigorosa prima di poter essere eventualmente rinnovate e con l'eliminazione delle infiltrazioni malavitose;
 - mettere in atto un coerente ed efficace monitoraggio sia morfologico (il medesimo di cui sopra), sia dell'estrazione vera e propria (conteggio elettronico/manuale e pesatura dei veicoli, utilizzo di foto aeree periodiche, coinvolgimento di soggetti neutrali esterni, ecc.).
- Per consentire e favorire lo sviluppo antropico:
 - attivare uno strumento assicurativo a protezione delle attività già insediate;
 - fornire incentivi di vario tipo per organizzare/potenziare le attività economi-

⁶ Un'indagine preliminare potrebbe essere realizzata rilevando la quota altimetrica delle briglie esistenti oggi sepolte, così da stimare il tasso di sedimentazione ed i volumi intrappolati in alveo.

che: escursionismo, turismo rurale, reti di commercializzazione dei prodotti locali;

- intraprendere eventuali nuovi sfruttamenti di aree perifluviali, ma solo in base a una valutazione trasparente e integrando le opportunità.

18.4 Qualche osservazione conclusiva

Alcune delle indicazioni fornite, in particolare l'estrazione di sedimenti e l'eventuale occupazione di nuove zone perifluviali a fini agricoli, sono particolarmente critiche (contrastanti con le dinamiche naturali) e in controtendenza con quanto indicato in altre parti del volume; va però ricordato che il contesto della fiumara calabrese è particolarmente "anomalo" e che tali linee di azione sono accompagnate da una serie di accorgimenti e precauzioni da tener ben presenti (necessità di vincolare l'azione ad un serio monitoraggio; decisioni prese a valle di un processo partecipato, ecc.).

È anche interessante osservare che attualmente si sta procedendo in direzione opposta rispetto a tali indicazioni: si sta infatti realizzando (da circa 20 anni) una diga sul Menta (affluente dell'Amendolea). Tale diga ridurrà il trasporto solido verso valle (anche se probabilmente in modo poco significativo, vista l'ubicazione montana, in una zona dove il bacino mobilizza pochi sedimenti) e potrà quindi avere alcuni effetti positivi per gli insediamenti antropici nella zona perifluviale (riducendo le portate solide), ma anche negativi per la dinamica delle coste (accentuando l'erosione costiera). La diga ha lo scopo di deviare parte delle acque verso Reggio Calabria a scopo idropotabile, sottraendole dal bacino originario e incidendo in modo negativo sul bilancio idrico e sui deflussi di magra, oltre che sul regime delle cascate di Malsano presenti nel bacino in studio.

Questa riflessione non è una presa di posizione pregiudizialmente contraria alla diga, ma esprime il rammarico per l'assenza di una valutazione integrata che potrebbe motivare una conclusione ponderata (sia essa favorevole o sfavorevole). In direzione contraria a quanto qui ipotizzato va anche la proposta di realizzare ulteriori arginature per rendere disponibile a vari usi antropici altro territorio.

Per procedere operativamente e trasformare questo primo inquadramento in un piano/progetto, occorrono perlomeno le seguenti informazioni:

- foto aeree e mappe storiche a supporto dell'analisi geomorfologia, così da individuare la fascia di mobilità fluviale;
- foto aeree e dati sulle dinamiche marine (correnti e trasporto litoraneo) per analizzare le tendenze evolutive della linea di costa;
- geometria delle sezioni dell'alveo, granulometria;
- storia, posizione, geometria originale, costi e stato attuale delle briglie;
- censimento degli eventi di piena storici;
- censimento dei beni storico-architettonici-culturali;
- fattibilità agronomico-commerciale di colture specifiche;
- mappa pedologica e catastale.

Quanto è estendibile ad altri casi

Sebbene, come si è detto, l'Amendolea presenti una peculiarità dovuta alla frana

18.4 Qualche osservazione conclusiva

Colella, e il suo carattere “in sedimentazione” sia forse davvero ad essa peculiare (per esempio la fiumara del Torbido mostra apparenti forti segni di sofferenza da sottrazione di sedimenti con tratti in incisione e la presenza di un’intensa attività di sfruttamento di inerti), le riflessioni e le indicazioni qui sviluppate sono probabilmente applicabili anche ad altre fiumare calabre e, forse, anche a quelle di altre regioni (ad esempio: Sicilia nord-orientale, Monti Peloritani).

BIBLIOGRAFIA

- AA.VV., senza data. *La pesca fumarola e il mercato ittico a Roma*. Amministrazione Provinciale di Roma, Ufficio Pesca.
- AA.VV., 1993. *Manuale tecnico di ingegneria naturalistica*. Assessorato all'Ambiente della Regione Emilia Romagna e Assessorato Agricoltura e Foreste della Regione Veneto, Bologna.
- ABBE T.B., MONTGOMERY D.R., 1996. Large woody debris jams, channel hydraulics and habitat formation in large rivers. *Regul. Rivers*, **12**: 201-221.
- ABELE L. (curatrice), 2000. ... *Tre, quattro, cinque, ... pronti, via. L'educazione ambientale nella scuola dell'infanzia*. Pracatinat quaderno n. 5. Regione Piemonte, Rete Regionale dei Servizi per l'Educazione Ambientale, I.R.R.S.A.E. Piemonte, Consorzio Pracatinat (Località Prà Catinat, Fenestrelle -TO)
- ADAMUS P.R., STOCKWELL L.T., CLAIRAIN E.J., MORROW M.E., ROZAS L.P., SMITH R.D., 1991. *Wetland Evaluation Technique (WET). Vol. I: Literature Review and Evaluation Rationale*. WRP-DE-2. U.S. Army Corps of Engineers Waterways Experiment Station. Vicksburg, MS, U.S.A.
- AGENCE DE L'EAU, 2003. SEQ Evaluation System of River Physical Quality. In: Kondolf G.M. and H. Piégay (Eds.), *Tools in Fluvial Geomorphology*. Wiley.
- AIEL, 2004. *Conferenza mondiale sulle Biomasse*. Roma 10-14 Maggio 2004.
- ALLAN J.D., 1995. *Stream Ecology: structure and function of running waters*. Chapman & Hall, London, 388 pp.
- AMBIENTE ITALIA, 2000. *Linee guida per Agenda 21 locale*. ANPA, Roma.
- AMBIENTE ITALIA, 2004. *Ambiente Italia 2004: rapporto annuale di Legambiente*. Istituto di Ricerche Ambiente Italia.
- AMBIENTE ITALIA, 2005. *Ambiente Italia 2005: rapporto annuale di Legambiente*. Istituto di Ricerche Ambiente Italia.
- ANTONINETTI M., 1991. *Un'oasi per tutti. Guida per la progettazione del verde extraurbano senza barriere*. Coop. Libreria Borgo Aquileia.
- APAT, INU, 2003. *Gestione delle aree di Collegamento Ecologico Funzionale - indirizzi e modalità operative per l'adeguamento degli strumenti di pianificazione del territorio in funzione della costruzione di Reti Ecologiche a scala locale*.- APAT, Manuali e linee guida 26/2003, Roma, 104 pp.
- APAT, 2004. *Linee guida per la progettazione e gestione di zone umide artificiali per la depurazione dei reflui civili*. APAT (CTN AIM), AIM_T_LGU_03_01-R01, Roma, 108 pp.
- ARMITAGE, P.D., PETTS, G.E., 1992. Biotic score and prediction to assess the effects of water abstractions on river macroinvertebrates for conservation purposes. *Aquatic Conservation*, **2**: 1-17.
- ARRIGNON J., 1976. *Aménagement écologique et piscicole des eaux douces*. Gauthier-Villars, Paris, 340 pp.
- ATV (Abwassertechnische Vereinigung – German association for the water environment), 1998. *Principles for the dimensioning, construction and operation of plant beds for communal wastewater with capacities up to 1000 total number of inhabitants and population equivalents*. ATV-A-262E (DE).

- AUTORITÀ BACINO MAGRA, 2000. *Piano stralcio "Tutela dei corsi d'acqua interessati da derivazioni idriche"*. Adottato dall'Autorità di bacino con Delib. Com. Istituz. n. 65 del 24.2.2000. Autorità Bacino Magra, Sarzana (La Spezia).
- AUTORITÀ BACINO MAGRA, 2002. Studio su modello idraulico bidimensionale delle esondazioni del Fiume Magra nel tratto compreso tra la confluenza con il Vara e l'inizio del tratto navigabile (Loc. Falaschi). In: *"Definizione degli ambiti normativi relativi alle fasce di inondabilità in funzione di tiranti idrici e velocità di scorrimento"*. Autorità Bacino Magra, Sarzana (La Spezia).
- AUTORITÀ BACINO MAGRA, 2004. *Progettazione preliminare con studio di fattibilità ambientale degli interventi di messa in sicurezza idraulica e recupero conservativo di ambienti fluviali e alluvionali nel tratto del fiume Vara compreso fra Piana Battola e la confluenza con il fiume Magra*. Autorità Bacino Magra, Sarzana (La Spezia).
- BADINO G., 1994. Phenomenology and first numerical simulations of the phreatic drainage network inside glaciers. *Actes 3° symposium international Cavités glaciaires et cryo-karst en régions polaires et de haute montagne*, Chamonix-France 1-6/9/1994.
- BARBER D. G., HOCHHEIM K. P., DIXON R., McMULLAN M.J., 1996. The role of earth observation technologies in flood mapping: a Manitoba case study, *Canadian Journal of Remote Sensing*, **22** (1): 137-143.
- BARBERI M., 1989. *Ecologia al gabinetto*. Macro Edizioni e AAM Terra Nuova, Firenze, 110 pp.
- BARTELLETTI A., AMORFINI A., ZOCCA PISANA L., 1997. Dissesto idrogeologico e nuovi assetti forestali nel Parco delle Alpi Apuane. *Rivista del Coordinamento Nazionale dei Parchi e delle Riserve Naturali*, n. 20, febbraio 1997.
- BARTON J.R., WINGER P.V., 1973. *A study of the channelization of the Weber River, Summit County, Utah*. Utah Div. of Wildlife Resources and Utah State Dept. of Highways Report.
- BARUFFI F., RUSCONI A., SURIAN N., 2004. Le fasce di pertinenza fluviale nella pianificazione dei bacini idrografici: aspetti metodologici ed applicazioni. In: *Atti Convegno Interpraevent*, Riva del Garda, Maggio 2004, VIII/1-VIII/9.
- BAYLEY, P.B. 1995. Understanding large river-floodplain ecosystems. *BioScience*, **45** (3): 153-158.
- BEINAT E., 1995. *Multiattribute value functions for environmental management*. Book n.103 of the Tinbergen Inst. Res. Series, Free University, Amsterdam.
- BEINAT E., NIJKAMP P. (Eds.), 1998. *Multicriteria evaluation in land-use management: methodologies and case studies*, Kluwer Academic Press.
- BEINAT E., VAN DRUNEN M., 1998. Spatial conflicts in transport policies: an exploration of the perspectives of regional and local actors. In *"Multicriteria evaluation in land-use management: methodologies and case studies"*, E. Beinat e P. Nijkamp (eds.), Kluwer Academic Press.
- BELLMAN R.E., 1957. *Dynamic Programming*. Princeton University Press. Princeton, NJ.
- BENNET G., 1998. *Guidelines for the development of the Pan-European Ecological Network*. Project STRA-REP (98) 6, Revised 5. Council of Europe.
- BERTIN G., 1995. Valutazione e processo decisionale. In: G. Bertin (a cura di), *Valutazione e sapere sociologico. Metodi e tecniche di gestione dei processi decisionali*, Franco Angeli, Milano.
- BERTIN G., OPRANDI N.C., 2003. Integrative Group process e valutazione della qualità. In: R. Cinotti e C. Cipolla (eds.), *La qualità condivisa fra servizi sanitari e cittadini. Metodi e strumenti*. F. Angeli Ed., Milano, 382 pp.
- BERTSEKAS D.P., 1976. *Dynamic Programming and Stochastic Control*. Academic Press, New York. N.Y.
- BETTI L., 1997. *Tecniche di ingegneria naturalistica e rinaturalizzazione in ambito fluviale applicate alla gestione ittica e alla pesca*. Atti del convegno tenuto all'Istituto Agrario di San Michele all'Adige (TN) il 19 ottobre 1996. Ed. Associazione Pescatori Dilettanti Trentini, in collaborazione con AIPIN, 128 pp.
- BIEDENHARN D.S., THORNE C.R., SOAR P.J., HEY R.D., WATSON C.C., 2001. Effective discharge calculation guide. *Int. J. Sediment Res.*, **16** (4) : 445-459.
- BINDER W., KRAIER W., 1999. Gewässerstrukturgütekartierung Bundesrepublik Deutschland, Stand und Ausblick Wasserwirtschaft **89**.1, S. 32 – 25.
- BINDER W., 2000. River restoration in Bavaria. In *Proceedings of the Conference on River Restoration in Europe*. Ed. by H.J. Nijland and M.J.R. Cals, Wageningen, The Netherlands: 223-229.
- BION W., 1961. *Apprendere dall'esperienza*. Ed. Armando, Roma.

- BOITANI L., 2000. Rete ecologica nazionale e conservazione della biodiversità. *Parchi*, **29**: 66-74.
- BONNER J. 1994. Wildlife roads to nowhere. *New Scientist* vol 143 issue 1939 - 20 August, page 30
- BOON P.J., HOLMES N.T.H., MAITLAND P.S., ROWELL T.A., DAVIES J., 1997. A system for evaluating rivers for conservation (SERCON): development, structure and function. In: Boon P.J. & Howell D.L. (eds.), *Freshwater Quality: Defining the Indefinable*. Her Majesty's Stationary Office, Edinburg.
- BOON P.J., WILKINSON J., MARTIN J., 1998. The application of SERCON (system for evaluating rivers for conservation) to a selection of rivers in Britain. *Aquatic Conservation*, **8**: 597-616.
- BORGARELLO G., CHIESA A., GALETTO G., 1997. *Educazione e società sostenibile. Itinerari didattici per la scuola media superiore*. Laboratorio Didattico sull'ambiente Pracatinat. Quaderni di educazione ambientale n. 4. Regione Piemonte, Rete Regionale dei Servizi per l'Educazione Ambientale, I.R.R.S.A.E. Piemonte, Consorzio Pracatinat. Ed. M.S./Litografia s.r.l., Torino
- BOTTANI M., 2000. *Educazione ambientale: l'esperienza dello scoutismo*. Ed. Scout agesci/nuova fiordaliso, Roma.
- BOZ. B., GOLTARA A., POLAZZO A., 2004. *Aree umide e fitodepurazione nella Regione Veneto*. Regione Veneto, Venezia, 102 pp.
- BRANDON T.W. (ed.), 1989. Part II Structures and coastal defence works. *River Engineering* (8) IWEM, London.
- BRATH A., 2003. Effetti dell'antropizzazione e dei cambiamenti climatici sul rischio alluvionale. In *Primo Forum Nazionale sul rischio idraulico e assetto della rete idrografica nella pianificazione di bacino*, a cura di E. M. Ferrucci, Maggioli Ed.: 207-228.
- BRATRICH C., TRUFFER B., 2001. *Green Electricity Certification for Hydropower Plants - Concept, Procedure, Criteria*. EAWAG Green Power Publications, Issue 7, Svizzera.
- BRATRICH C., TRUFFER B., JORDE K., MARKARD J., MEIER W., PETER A., SCHNEIDER M., WEHRLI B., 2004. Green hydropower: a new assessment procedure for river management. *River Research and Applications* **20** (7): 865-882.
- BRAVARD J.P., KONDOLF G.M., PIEGAY H., 1999. Environmental and societal effects of channel incision and remedial strategies. In: Darby, S.E. & Simon, A. (Eds), *Incised River Channels. Processes, Forms, Engineering and Management*. John Wiley & Sons Ltd, 303-341.
- BRICE J.C., 1975. *Airphoto interpretation of the form and behaviour of alluvial rivers*. Report to the U.S.Army Research Office.
- BRINSON M.M., 1996. Assessing wetland functions using HGM. *National Wetlands Newsletter*, **18**: 10-16.
- BRIX J., 1993. Wastewater treatment in constructed wetlands: system design, removal processes, and treatment performance. In: *Constructed wetlands for water quality improvement* (Moshiri G.A., ed.), pp. 9-22. Lewis Publishers, Boca Raton, Ann Arbor, London, Tokyo.
- BRIX J., 1996. Design Criteria for a two-stage constructed wetland. In: *Preprints of Proceedings of the 5th International Conference on Wetland Systems for Water Pollution Control*, IX/6, 15-19 Sept. 1996, Vienna, Austria.
- BROOKES A., 1988. *Channelized Rivers. Prospectives for Environmental Management*. John Wiley & Sons, 326 pp.
- BROOKES A., SHIELDS F.D., Jr. (Eds), 1996. *River Channel Restoration*. Wiley, Chichester, England.
- BROWN R. M., MCCLELLAND N. I., DEININGER R. A., TOZER R. G., 1970. A water quality index. Do we dare? *Water Sewage Works*, October: 339-343.
- BULC T., SAJN-SLAK A., 2002. Performance of vegetated biofilters for highway runoff treatment. V: *Waste stabilisation ponds [conference papers]. Vol 1, Vol 2*. Auckland: NZ Water & Wastes Association, pp. 485-492.
- BULL W.B., SCOTT K.M., 1974. Impact of mining gravel from urban stream beds in the southwestern United States. *Geology*, **2**: 171-174.
- BUNTE K., ABT S.R., 2001. *Sampling surface and subsurface particle-size distributions in wadable gravel- and cobble-bed streams for analyses in sediment transport, hydraulics, and streambed monitoring*. U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Rocky Mountain Research Station, General Technical Report RMRS-GTR-74, 428 pp.
- BUNZEL-DRÜKE M., HAUSWIRTH L., SCHARF M., 2002 - Die Klostermersch: ein Fluss erobert

seine Aue zurück In *Das Lippenauenprogramm*, Staatliches Umweltamt Lippstadt (Hrsg.), Lippstadt.

- CAMPOSTRINI S., 2003. Surveillance systems and data analysis. In: D.V. McQueen & P. Puska (eds.) *Global Behavioral Risk Factor Surveillance*, Kluwer, New York: 47-55.
- CAPELLI G., MICCADEI E., RAFFI R., 1997. Fluvial dynamics in the Castel di Sangro plain: morphological changes and human impact from 1875-1992. In: *International Symposium on Dynamics of Fluvial-Coastal System and Environmental Changes* – S. Benedetto del Tronto – Italy, 1993, Elsevier, Catena **30**: 245-309.
- CARTER G.A., 1993. Responses of leaf spectral reflectance to plant stress. *American Journal of Botany* **80** (3): 239-243.
- CARTER G.A., MILLER R.L., 1994. Early detection of plant stress by digital imaging within narrow stress-sensitive wavebands. *Remote Sens. Environ.* **50**: 295-302.
- CASSATELLA C., 2003. Ecoestetica, un paradigma emergente. In Atti Convegno Pratolino (FI).
- CASSESE S., 2002. *La crisi dello stato*. Editori Laterza, Bari.
- CASTANY G., 1982. *Principes et méthodes de l'hydrogéologie*. Dunod, Paris.
- CELLERINO R., 2004. *L'Italia delle Alluvioni. Un'analisi economica*. Ed. Franco Angeli, Milano.
- CHANDLER J.H., 1999. Effective application of automated digital photogrammetry for geomorphological research. *Earth Surface Processes and Landforms*, **24**: 51-63.
- CHIESA G., 1984. *Inquinamento delle acque sotterranee*. Assoc. Naz. Imprese Pozzi Acqua, Milano.
- CHOVANEC A., RAAB R., 1997. Dragonflies (Insecta, Odonata) and the ecological status of newly created wetlands – examples for long term bioindication programmes. *Limnologica*, **27**: 381-392.
- CHURCH M.A., 1992. Channel Morphology and Typology. In: P. Callow & G.E. Petts (eds), *The Rivers Handbook*, Oxford, Blackwell.
- CIRF, 2001a. Atti del corso di *Dozza Dall'approccio decisione-annuncio-difesa, all'approccio partecipato per decidere l'ambiente: corsi d'acqua e territorio*. Castello di Dozza Imolese, Bologna, Italia, 13-15 giugno 2001 (disponibili in CD ROM).
- CIRF, 2001b. *Manuale di riqualificazione fluviale. Le esperienze pioniere della rinaturalizzazione in Europa*. Mazzanti Ed., Mestre (VE).
- CIRF, 2003. *Decidere l'ambiente con l'approccio partecipativo*. Atti del corso CIRF sul fiume Taro: CD Rom con un testo sui processi decisionali contenente gli atti del corso CIRF sul fiume Taro. Editore CIRF, Centro Italiano Riqualificazione Fluviale (www.cirf.org), CIREA - Università di Parma, Parco del Taro.
- CIRF, 2004. *L'obiettivo naturalistico-ambientale ed elementi dell'approccio integrato multicriterio a supporto dello studio di fattibilità per la rinaturalizzazione del tratto canalizzato del fiume Sangro*. Relazione inedita.
- CLAIRE E.W., 1980. Stream habitat and riparian restoration techniques; guidelines to consider in their use. In *Proc. of Workshop for Design of Fish Habitat and Watershed Restoration Projects*, County Squire, Oregon, March 10-14, 1980.
- CNEL, 1994. *Il sistema idrico in Italia*. Documenti CNEL, Roma, 174 pp.
- CNR, 1982. *Guida alla utilizzazione in agricoltura dei fanghi derivanti dai trattamenti biologici delle acque di scarico urbane*. Consiglio Nazionale Ricerche, AQ/2/13, Roma.
- COGLIATI DEZZA V. (curatore), 1993. *Un Mondo tutto attaccato. Guida all'educazione ambientale*, Lega Ambiente. Ed. Franco Angeli, Milano.
- COLLINS B., DUNNE T., 1990. *Fluvial geomorphology and river-gravel mining: a guide for planners, case studies included*. California Department of Conservation, Division of Mines and Geology, Special Publication 98, 29 pp.
- COMITATO DIFESA E RIVALUTAZIONE PO, ITALIA NOSTRA, LEGA PER L'AMBIENTE, PRO NATURA, WWF PIEMONTE, 1988. *I fiumi italiani e le calamità artificiali*. Reg. Piemonte, Ente Riserve naturali Garzaia di Valenza e di Garzaia di Bosco Marengo, 98 pp.
- COMMISSIONE EUROPEA, 2002. Linee Guida sulla Partecipazione Pubblica in relazione alla Direttiva Quadro sulle Acque. Coinvolgimento attivo, consultazione e accesso pubblico all'informazione". Working Group on PP, Commissione Europea.
- CONNOR D.M., 1997. *Participación Pública: un Manual. Cómo prevenir y resolver los conflictos públicos*. Development Press, Connor Development Services Ltd, Victoria BC (www.connor.bc.ca/connor).
- CONSIGLIO D'EUROPA, 2000. *Convenzione Europea Del Paesaggio*. Firenze, 20 ottobre 2000.
- CONTI L., 1977. *Che cos'è l'ecologia. Capitale, lavoro e ambiente*. Mazzotta, Milano, 148 pp.
- COOPER C.O., WESCHE T.A., 1976. Stream Channel Modification to Enhance Trout Habitat Under Low Flow Conditions. *Water Resources Series N. 58*. Laramie: University of Wyoming.

- CORREL D.L., 1997. Buffer zones and water quality protection: general principles. In: *Buffer zones: Their processes and potential in water protection*. Haycock N.E., Burt T.P., Goulding K.W.T. and Pinay G. (eds.), Quest Environmental: 7-20.
- CORREL D.L., WELLER D.E., 1989. Factors limiting processes in freshwater wetlands: an agricultural primary stream riparian forest. In: *Freshwater Wetlands and Wildlife*, Tennessee USDOE Office of Scientific and Technical Information: 9-23.
- COVICH A.P., 1993. Water and ecosystems. In: *Water in crisis*, ed. P.H. Gleick. New York, Oxford University Press: 40 -55.
- CROONQUIST M.J., BROOKS R.P., 1991. Use of avian and mammalian guilds as indicators of cumulative impact in riparian-wetland areas. *Environmental Management*, **15**: 701-714.
- CUMMINS K.W., 1988. The study of stream ecosystem: a functional view. In Pomeroy L.R. & Albert J.J. (Eds.) *Ecosystem Process*, Springer-Verlag, New York.
- CURRAN P.J., NOVO E.M.M., 1988. The relationship between suspended sediment concentration and remotely sensed spectral radiance: A review. *Journal of Coastal Research*, **4** (3): 351-368.
- DALKMANN H., JILIBERTO R., BONGARDT D., 2002. Analytical Strategic Environmental Assessment (ANSEA) - Developing a new approach of SEA. In: *New concepts in Strategic Environmental Assessment Towards Better Decision Making*. Ed. Fondazione Enrico Mattei, Milano.
- DARBY S.E., VAN DE WIEL M.J., 2003. Models in fluvial geomorphology. In: Kondolf G.M. & Piegay H. (eds), *Tools in Fluvial Geomorphology*, Wiley: 503-537.
- DE CARLI A., MASSARUTTO A., PACCAGNAN V., 2003. La valutazione economica delle politiche idriche: dall'efficienza alla sostenibilità. *Economia delle Fonti di Energia e dell'Ambiente*, 1-2/2003
- DECLER K., DE RYCKE A., VERMEERSCH S., VANDENBUSSCHE V., 2000. "Zoning plans", a new policy tool for integrated water management of Flemish waterways (Belgium), designating areas of different levels of priority for nature conservation and nature restoration. In: H.J. Nijland and M.J.R. Cals (eds.) *River Restoration In Europe - Practical approaches*, Proceedings of Conference on River Restoration (ECRR), Wageningen, the Netherlands 2000.
- DEL FURIA L., NARDINI A., 2001: Assessment of the Satisfaction of Water users in the Po basin: a synthetic index approach. *Journal of Geographic Information and Decision Analysis* (www.geodec.org) **5** (1): 32-48.
- DELWICHE C.C., 1983. Il ciclo dell'azoto. In: Tabacco E., Torti G. (a cura di) *I cicli della biosfera*. Le Scienze Quaderni, n. 6.
- DEKKER A.G., MALTHUS T.J., HOOGENBOOM H.J., 1995. The remote sensing of inland water quality. In: Danson F.M. and S.E. Plummer (Eds.), *Advances in Remote Sensing*. Chichester: John Wiley and Sons: 123-142.
- DESAIGUES B., POINT P., 1990. Les méthodes d'indicateurs de valeur ayant la dimension de prix pour les composantes du patrimoine naturel. *Revue Economique*, **2**.
- DIEZ, J.R., ELOSEGI, A., POZO, J., 2001. Woody debris in North Iberian Streams: influence of geomorphology, vegetation, and management. *Environmental Management*, **28** (5): 687-698.
- DILLAHA T.A., INAMDAR S.P., 1997. Buffer zones as sediment traps or sources. In: *Buffer zones: Their processes and potential in water protection*. Haycock N.E., Burt T.P., Goulding K.W.T. and Pinay G. (eds.), Quest Environmental: 33-42.
- DIXON J., HUFSCHEMIDT M., 1986. *Economic valuation techniques for the environment*. Baltimore, Maryland: The Johns Hopkins University Press.
- DLCW-NSW, 1998. *The Constructed Wetlands Manual*. Department of Land and Water Conservation – New South Wales – Australia.
- DOYLE M.W., MILLER D.E., HARBOR J.M., 1999. Should river restoration be based on classification schemes or process models? Insights from the history of Geomorphology. *ASCE International Conference on Water Resources Engineering*, Seattle, Washington, 1-9.
- DTLR (Dept. for Transport, Local Government and the Regions, UK), 2002. *Preparing for Floods*, 100 pag. (scaricabile dal sito http://www.environment-agency.gov.uk/sub-jects/flood/826674/882909/483622/352975/?version=1&lang=_e).
- DUBGAARD A., KALLESØE M.F., PEDERSEN M.L., LADENBURG J., 2002. *Cost-Benefit Analysis of the Skjern River Restoration Project*. Social Science Series (10). Department of Economics and Natural Resources. Royal Veterinary and Agricultural University. Copenhagen.

- DUBGAARD A., KALLESØE M.F., LADENBURG J., PEDERSEN M.L., 2004. Cost-benefit analysis of the Skjern river restoration in Denmark. In: R. Brouwer & D. Pearce (Eds.): *Cost-Benefit Analysis and Water Resources Management*, Edward Elgar Publishing, Cheltenham, UK.]
- DYNESIUS M., NILSSON C., 1994. Fragmentation and flow regulation of river systems in the northern third of the world. *Science*, **266** (nov.):753-762.
- EDWARDS R.T., 1998. *The hyporheic zone*. In: www.fiu.edu/~mclainm/watershed/readings/Edwards_1998.pdf
- EDWARDS C.J., GRISWOLD B.L., TUBB R.A., WEBER E.C., WOODS L.C., 1984. Mitigating Effects of artificial riffles and pools on the fauna of a channelized warm water stream. *North American Journal of Fisheries Management* **4**: 194-203.
- EDWARDS P.J., KOLLMANN J., GURNELL A.M., PETTS G.E., TOCKNER K., WARD J.V., 1999. A conceptual model of vegetation dynamics on gravel bars of a large Alpine river. *Wetlands Ecol. Manage.*, **7**: 141-153.
- ELLIOT, S., MASON P.K., 1985. Salmon run. *Landscape Architecture* **75**: 82-85.
- EPA, 1993. *Subsurface flow constructed wetlands for wastewater treatment: a technology assessment*. US-Environmental Protection Agency, 832-R-93-001.
- FEMA (FEDERAL EMERGENCY MANAGEMENT AGENCY), 1999. *Protecting buildings utilities from flood damage: principles practices for the design and construction of flood resistant building utility systems*. U.S.A., 192 pp. (scaricabile dal sito http://www.fema.gov/pdf/hazards/pbuffd_complete_book.pdf).
- FERRARA G., 1997a. *Dall'analisi alle scelte di progetto del paesaggio*. Intervento al seminario tenutosi il 2.07.1997 presso l'Università degli Studi di Genova – Facoltà di Architettura.
- FERRARA G., 1997b. *Piano e progetto del paesaggio - proposta di definizione*. Lezione tenuta all'interno del Corso di Architettura del Paesaggio, Anno Accad. 1996-1997, Facoltà di Architettura – Università degli Studi di Firenze.
- FERRUCCI E.M., (Ed.) 2003. *Primo Forum Nazionale sul rischio idraulico e assetto della rete idrografica nella pianificazione di bacino*. Maggioli Ed., Collana Ambiente & Territorio.
- FISCHETTI M., 2001. Drowning New Orleans. *Scientific American*, October 2001.
- FISRWG, 2000. *Stream corridor restoration. Principles, processes and practices. Part I-II-III*. Federal Interagency Stream Corridor Restoration Working Group. Ripubblicato in: *Biologia Ambientale*, n. 1/2001, 2/2001 e 2/2002.
- FLORINETH F., 1990. Interventi di ingegneria naturalistica in alta montagna. *ACER* **6**, S.: 95-97.
- FLORSHEIM J., GOODWIN P., 1995. *Russian River enhancement plan: Geomorphology and Hydrology*. Unpublished report prepared for the California State Coastal Conservancy, Philip Williams and Associates, Corte Madera, California.
- FLORSHEIM J.L., MOUNT J. F., 2002. Restoration of floodplain topography by sand-splay complex formation in response to intentional levee breaches, Lower Cosumnes River, California. *Geomorphology* **44**: 67-94.
- FORE S.L., PAULSEN K., O'LAUGHLIN K., 2001. Assessing the performance of volunteers in monitoring streams. *Freshwater Biology* **46**: 109-123.
- FORTUNATO G., (senza data). Povertà naturale del Sud (da La questione meridionale e la riforma tributaria), in: *Il Mezzogiorno e lo Stato Italiano*, Collezioni di Studi Sociali Meridionali, Vallecchi, Firenze.
- FRANCEYS R., PICKFORD J., REED R., 1995. *Guide de l'assainissement individuel*. Ed. OMS, Genève, 258 pp.
- FRANCIS R.A., GURNELL A.M., PETTS G.E., 2004. Large Wood Distribution, Tree Establishment And River Island Formation Along The River Tagliamento. Atti del *Corso di Ecologia Fluviale: Per una gestione sostenibile*. Cornino, Forgia Del Friuli, 2004.
- FRANKEL O.H., 1974. Genetic Conservation: our evolutionary responsibility. *Genetics*, **78**: 53-65.
- FRANS K., VAN BUUREN M., VAN ROOIJ S.A.M., 2004. Flood-risk management strategies for uncertain future: living with Rhine river floods in the Netherlands. *AMBIO*, **33** (3): 141-147.
- FRECHEN F.B., SHIER W., FELMEDEN J., 2004. *Plant cover Retention Soil Filter (RSF) – Treatment for stormwater overflow from combined sewer systems*. IWA Constructed Wetland Specialist Group Conference. Avignon 26th of September-1st October 2004.
- FRENCH S., 1988. *Decision theory: an introduction to the mathematics of rationality*. Ellis Horwood. Chichester, England, UK.
- FRISSELL C.A., NAWA R.K., 1992. Incidence and causes of physical failure of artificial habitat

- structures in streams of western Oregon and Washington. *North American Journal of Fisheries Management*, **12**: 182-197.
- FRY J., STEINER F.R., GREEN D.M., 1994. Riparian evaluation and site assessment in Arizona. *Landscape & Urban Planning*, **28**: 179-199.
- GAMBINO R., 2003. Difesa idrogeologica e pianificazione territoriale. In: *Primo Forum Nazionale: rischio idraulico e assetto della rete idrografica nella pianificazione di bacino. Questioni, metodi, esperienze a confronto*, Erminio M. Ferrucci (a cura di), Maggioli Editore, Milano, 120 pp.
- GERHARD M., REICH M., 2000. Restoration of streams with large wood: effects of accumulated and built-in wood on channel morphology, habitat diversity and aquatic fauna. *Internat. Rev. Hydrobiol.*, **85** (1): 123-137.
- GHETTI P.F., 1993. *Manuale per la difesa dei fiumi*. Ed. Fondazione Giovanni Agnelli, Torino.
- GHETTI P.F., 1997. *Indice Biotico Esteso (I.B.E.). I macroinvertebrati nel controllo della qualità degli ambienti di acque correnti*. Manuale di applicazione. Prov. Aut. di Trento, 222 pp.
- GHETTI P.F., 2002. *Elementi di ecologia*. CLUEP Editrice, Padova.
- GIARDINI L., 2002. *Agronomia generale*. Patron Ed., Bologna.
- GLAND C.H., 1991. "Caring for the Earth" - *Strategia per un vivere sostenibile*. Rapporto IUCN (The World Conservation Union), UNEP (United Nations Environment Programme), WWF (World Wildlife Found).
- GLEIK P.H. (ed.), 1993. *Water in Crisis: A Guide to the World's Fresh-Water Resources*. Oxford University Press.
- GONZÁLEZ DEL TÁNAGO M., GARCÍA DE JALÓN D., 2000. Spanish experience on river restoration. In: H.J. Nijland and M.J.R. Cals (eds.) *River Restoration In Europe - Practical approaches*, Proceedings of Conference on River Restoration (ECRR), Wageningen, the Netherlands 2000.
- GORE, J.A., 1994. Hydrological Change. In: *The Rivers Handbook*. Edited by P. Calow and G.E. Petts, Blackwell, Printing publications: Vol. II: 33-54.
- GORE J.A., SHIELDS F.D. JR., 1995. Can large rivers be restored? *BioScience* **45**: 142-152.
- GOVI M., MARAGA F., 1995. Gli eventi catastrofici del Fiume Po in epoca storica: esperienze ed insegnamenti. *Acc. Sc. Torino – Quaderni*, **1**: 35-48, 3 tavv.
- GOVI M., TURITTO O., 2000. *Casistica storica sui processi d'interazione delle correnti di piena del Po con arginature e con elementi morfotopografici del territorio adiacente*. Istituto Lombardo Accademia di Scienze e Lettere, Milano: 105-160.
- GREGORY K.J., 1992. Vegetation and river channel processes. In *River Conservation and Management*, Boon P.J., Calow P., Petts G.E. (eds). Wiley: Chichester: 255-269
- GUERRICCHIO, MELIDORO, RONCONI, 1996. *Sorgenti e modalità del trasporto solido negli alvei delle fiumare calabre e suo significato geologico*. Società geologica italiana, Roma.
- GUNKEL, G. (HRSG.), 1996. *Renaturierung kleiner Fließgewässer*. Gustav Fischer-Verlag, Jena. Mainz, 471 pp.
- GURNELL A.M., PETTS G.E., HANNAH D.M., SMITH B.P.G., EDWARDS P.J., KOLLMANN J., WARD, J.V., TOCKNER K., 2000. Riparian vegetation and island formation along the gravel-bed Fiume Tagliamento, Italy. *Earth Surf. Proc. Land.*, **26**: 31-62.
- GURNELL A.M., PETTS G.E., 2002. Island-dominated landscapes of large floodplain rivers, a European perspective. *Freshwat. Biol.*, **47**: 581-600.
- GURNELL A.M., PIÉGAY H., SWANSON F.J., GREGORY S.V., 2002. Large wood and fluvial processes. *Freshwat. Biol.*, **47**: 601-619.
- HANSEN H.O., 1996. *River Restoration. Danish experience and examples*. Ministry of Environment and Energy - National Environmental Research Institute, Silkeborg.
- HAYCOCK N.E., PINAY G., WALKER C., 1993. Nitrogen retention in river corridors: European perspective. *Ambio*, **22** (6): 340-346.
- HAYCOCK N.E., BURT T.P., GOULDING K.W.T., PINAY G., 1997. *Buffer zones, their processes and potential in water protection*. Quest Environmental, Environment Agency.
- HOLMES T.P., BERGSTROM J.C., HUSZAR E., KASK S.B., ORR F., 2004. Contingent valuation, net marginal benefits, and the scale of riparian ecosystem restoration. *Ecological Economics*, **49**: 19-30, Elsevier (disponibile on-line sul sito www.sciencedirect.com).
- HORTON R.E., 1945. Erosional development of streams and their drainage basins; hydrophysical approach to quantitative morphology. *Bulletin of the Geological Society of America* **56**: 275-370.
- HOUSE R.A., 1996. An evaluation of stream restoration structures in a coastal Oregon stream, 1981–1993. *North American Journal of Fisheries Management*, **16**: 272-281.
- HOUSE R.A., BOEHUE P.L., 1985. Evaluation of instream enhancement structures for salmonid

- spawning and rearing in a coastal Oregon stream. *North American Journal of Fisheries Management*, **5**: 283-295.
- HOUSE R., CRISPIN V., 1990. *Economic analyses of the value of large woody debris as salmonid habitat in coastal Oregon streams*. U.S. Bureau of Land Management Technical Note T/N OR-7.
- HUDSON W.E. (ed.), 1991. *Landscape linkages and biodiversity*. Island Press.
- HUNT R.L., 1976. A long-term evaluation of trout habitat development and its relation to improving management related research. *Transactions of the American Fisheries Society*, **105**(3): 361-364.
- HUPP C.R., 1988. Plant ecological aspects of flood geomorphology and paleoflood history. In: V.R. Baker, R.C. Koonel & P.C. Petton (eds), "*Flood Geomorphology*", John Wiley & Sons, 335-356.
- ILLICH I., 1988. *H₂O e le acque dell'oblio*. Macro Edizioni, Umbertide (PG), 104 pp.
- INSTITUTION OF CIVIL ENGINEERS, 2001. *Learning to live with rivers*. Institution of Civil Engineers, London, 87 pp.
- IÖV, 1994. *Behandlung von haeuslichem abwasser in pflaenzenklaeanlagen*. IÖV (Ingenieur oekologische Vereinigung Deutschland)–Arbeitsblatt W1/94. 16 S., Argsburg (DE).
- IRSA-CNR, 1999. *Un futuro per l'acqua in Italia*, Roma.
- IWA SPECIALIST GROUP ON USE OF MACROPHYTES IN WATER POLLUTION CONTROL, 2000. *Constructed Wetlands For Pollution Control - Processes, performance, design and operation*. Scientific and Technical Report n° 8. IWA Publishing, London.
- JAEGGI M., ZARN B., 1999. Stream channel restoration and erosion control for incised channels in Alpine environments. In: Darby, S.E. & Simon, A. (Eds), *Incised River Channels. Processes, Forms, Engineering and Management*, Wiley: 343-369.
- JAKOB C., ROBINSON C.T., UEHLINGER U., 2003. Longitudinal effects of experimental floods on stream benthos downstream from a large dam. *Aquatic Sciences* **65** (3): 223-231.
- JANSSEN, R., 1992. *Multiobjective Decision Support for Environmental Management*. Kluwer Academic Publishers.
- JENSEN J.R., 1995. *Remote Sensing of the Environment and Earth Resource Perspective*, Prentice Hall.
- JOHNSON L.B., BRENNEMAN, D.H., RICHARDS C., 2003. Macroinvertebrate community structure and function associated with large wood in low gradient streams. *River Res. Applic.*, **19**: 199-218.
- JORMOLA J., 2000. Finland - problems and possibilities of lowland river restoration in boreal circumstances. In: H.J. Nijland and M.J.R. Cals (eds.) *River Restoration In Europe - Practical approaches*, Proceedings of Conference on River Restoration (ECRR), Wageningen, the Netherlands 2000.
- KADLEC R.H., KNIGHT R.L., 1996. *Treatment wetlands*. Lewis Publisher, Boca Raton (USA).
- KANALY J., 1971. *Stream improvement evaluation in the Rock Creek Fishway, Carbon County*. Admin. Report of Project 0571-08-6602. Cheyenne: Wyoming Game and Fish Dept.
- KARR J.R., DUDLEY D.R., 1981. Ecological perspective on water quality goals. *Environ. Manag.*, **5** (1): 55-68.
- KEENEY R., 1992. *Value Focused Thinking*. Harvard University Press, Cambridge, Massachusetts.
- KEENEY R., RAIFFA H., 1976. *Decisions with Multiple Objectives: preferences and value trade-offs*. Wiley, N.Y.
- KELLER E.A., 1975. Channelization: a search for a better way. *Geology*, **3**: 246-248.
- KELLER E.A., 1978. Pools, riffles and channelization. *Environmental Geology*, **2**: 119-127.
- KELLER E.A., 1992. *Environmental Geology*. Macmillan Publishing Company, New York.
- KELLERHALS R., CHURCH M., BRAY D.I., 1976. Classification and analysis of river processes. *J. Hydraul. Div.*, ASCE, **102**, No. HY7.
- KESSLER E., 1997. Introduction. *Ambio* N. 5, August.
- KICKUTH, 1977. *Degradation and Incorporation of Nutrients from Rural Waste Waters by Plant Rhizosphere under limnic Conditions. Utilization of Manure by Land spreading. Coordination of Agricultural research*. Comm. of the Europ. Communities: 335-343.
- KLASSAN G.J., LAMBECK J., MOSSELMAN E., DUIZENDSTRA H.D., NIEUWENHUIJZEN M.E., 1998. Renaturalization of the Meuse River in Netherlands. In: Klingeman P.C., Beschta R., Komar P. & Bradley J. (Eds), *Gravel Bed Rivers in the Environment*, Water Resources Publications, Littleton: Colorado, 655-674.
- KLEYNHANS C.J., 1996. A qualitative procedure for the assessment of the habitat integrity of the Luvuvuhu River (Limpopo System, South Africa). *Journal of Aquatic Ecosystem*

- Health*, **5**: 41-54.
- KLIJN F., DUEL H., VIS M., 2000. Combining ecological rehabilitation of rivers with strategies for flood management in the Netherlands. In: H.J. Nijland and M.J.R. Cals (eds.) *River Restoration In Europe - Practical approaches*, Proceedings of Conference on River Restoration (ECRR), Wageningen, the Netherlands 2000.
- KOEHN J.D., 1987. *Artificial Habitat Increases Abundance of Two-spined Blackfish ('Gadopsis bispinosis') in the Ovens River, Victoria*. Technical Report Series, 56. Arthur Rylab Institute for Environmental Research, Department of Conservation and Lands, Victoria, Australia.
- KOLLMANN J., VIELI M., EDWARDS P.J., TOCKNER K., WARD J.V., 1999. Interactions between vegetation development and island formation in the Alpine river Tagliamento. *Applied Veg. Sci.*, **2**: 25-36.
- KONDOLF G.M., 1994. Geomorphic and environmental effects of instream gravel mining. *Landscape and Urban Planning*, **28**: 225-243.
- KONDOLF G.M., 1995. Geomorphological stream channel classification in aquatic habitat restoration: uses and limitations. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems*, **5**: 127-141.
- KONDOLF G.M., 1996. A cross section of stream channel restoration. *Journal of Soil and Water Conservation* **51**:119-125.
- KONDOLF G.M., 1997. Hungry water: effects of dams and gravel mining on river channels. *Environmental management*, **21**(4): 533-551.
- KONDOLF G.M., PIEGAY, H. (Eds), 2003. *Tools in Fluvial Geomorphology*, John Wiley & Sons, 696 pp.
- KONDOLF G.M., PIEGAY H., SEAR D., 2003. Integrating geomorphological tools in ecological management studies. In: Kondolf, G.M. & Piegay, H. (Eds), *Tools in Fluvial Geomorphology*, John Wiley & Sons: 633-660.
- KUMAR L., SCHMIDT K.S., DURY S., SKIDMORE A.K., 2001. Review of Hyperspectral Remote Sensing and Vegetation Science. In: van der Meer, F. (editor), *Hyperspectral Remote Sensing*, Kluwer Academic Press.
- LA CAMERA, 2003. *Sviluppo sostenibile*. Editori Riuniti, Roma.
- LAGASSE P.F., WINKLEY B.R., SIMONS D.B., 1980. Impact of gravel mining on river system stability. *J. Waterway, Port, Coastal and Ocean Div.*, ASCE, **106**: 389-404.
- LAMBERTI A., 1993. Le modificazioni recenti verificatesi nell'asta principale del Po e problemi connessi. *Acqua-Aria*, **6**: 589-592.
- LANCERIN L., 2003. *Il verde è di tutti. Schede tecniche per la progettazione e realizzazione di aree verdi accessibili e fruibili*. Regione Veneto, Padova.
- LANE S.N., RICHARDS K.S., CHANDLER J.H., 1998. *Landform Monitoring, Modelling and Analysis*. John Wiley & Sons, 454 pp.
- LANIADO E., BOTTA M., CAPPIELLO A., DI GUARDO A., 2004. Environmental information systems for land planning. Lavoro presentato a ENVIROINFO 2004, 18ª Conferenza Internaz. "Informatics for Environmental Protection", Ginevra, 21-23 ottobre 2004.
- LEMLY A.D., HILDERBRAND R.H., 2000. Influence of large woody debris on stream insect communities and benthic detritus. *Hydrobiologia*, **421**: 179-185.
- LEOPOLD L.B., MADDOCK T., 1953. *The hydraulic geometry of stream channels and some physiographic implications*. US Geological Survey Professional Paper 252, Washington, DC.
- LEOPOLD L.B., WOLMAN M.G., 1957. *River channel patterns: braided, meandering and straight*. US Geological Survey Professional Paper 282-B: 39-85.
- LIÉBAULT F., CLÉMENT P., PIÉGAY H., 2001. *Analyse géomorphologique de la recharge sédimentaire des bassins versants de la Drôme, de l'Eygues et du Roubion*. Unpublished technical report, ONF Service Départemental de la Drôme and CNRS - UMR 5600, 182 p.
- LILLESAND T.M., KIEFER R.W., 1999. *Remote Sensing and Image Interpretation*, John Wiley and Sons Ltd, New York.
- LINDSTROM C. 2000. *Greywater: what it is ... how to treat it ... how to use it*. www.greywater.com
- LOPEZ A., NARDINI A., RODRIGUEZ A., VIDAL J., 1995. Un modello dinamico del Sistema Antropico con decisioni di allerta durante eventi di piena. Sperimentazione nel fiume Biobio. In: *Atti XII Congresso Cileno di Ingegneria Idraulica* (Novembre, 8-10, 1995, Universidad de Concepción, (Chile).
- LOWRANCE R., 1997. The potential role of riparian forests as buffers zones. In: *Buffer zones:*

- Their processes and potential in water protection.* Haycock N.E., Burt T.P., Goulding K.W.T. and Pinay G. (eds.), Quest Environmental: 128-133.
- LUENBERGER D.G., 1979. *Introduction to Dynamic Systems.* John Wiley & sons. New York.
- LUINO F., 2001. Raccogliamo ciò che abbiamo seminato... *NIMBUS* (Organo ufficiale della Società Meteorologica Italiana onlus, www.nimbus.it), n° 21-22, anno IV (3-4): 100-112.
- LUINO F., BASSI M., FASSI P., BELLONI A., PADOVAN N., 2002. L'importanza delle notizie pregresse quale supporto allo studio geomorfologico per l'individuazione delle aree potenzialmente inondabili ai fini urbanistici: il fondovalle del Torrente Pioverna (Valsassina, Lombardia). *Italian Journal of Engineering Geology and Environment*, 1: 95-109.
- LWRRDC, CRCCH, 2002. *The Rehabilitating Australian Streams* (CD-ROM). Land and Water Resources Research and Development Corporation (LWRRDC) and CRCCH (Cooperative Research Centre for Catchment Hydrology), Canberra, Australia.
- MACKIN J.H. 1948. Concept of the Graded River. *Bulletin of the Geological Society of America*, 59 (5): 463-512.
- MADSEN B.L., 1995. *Danish watercourses. Ten years with the New Watercourses Act.* Denmark Ministry of Environment and Energy, Danish Environmental Protection Agency. Kobenhavn (DK), 208 pp.
- MAIYO S., 1996. Stream and riparian restoration: South Fork of Little Butte Creek. *Streamline. British Columbia's stream Restoration Technical Bulletin*, 1(1): 3-5.
- MAKSIMOVIC C., TEJADA-GUIBERT J.A. (eds.), 2001. *Frontiers in Urban Water Management. Deadlock or Hope*, TJ International Ltd, Padstow, Cornwall.
- MALAVOI J.R., BRAVARD J.P., PIEGAY H., HEROIN E., RAMEZ P., 1998. *Determination de l'espace de liberté des cours d'eau.* Bassin Rhone Mediterranee Corse, Guide Technique N°2, 39 pp.
- MALCEVSCI S., BISOGNI L.G., GARIBOLDI A., 1996. *Reti ecologiche ed interventi di miglioramento ambientale*, Il Verde Editoriale, Milano.
- MALLEN-COOPER M., STUART I.T., HIDES-PEARSON F., HARRIS J.H., 1995. *Fish Migration in the Murray River and Assessment of the Torrumbarry Fishway.* Natural Resources Management Strategy Project N002. Murray-Darling Basin Commission, Canberra.
- MANN R.H.K., MILLS C.A., 1986. Biological and climatic influences on the dace *Leuciscus leuciscus* in a southern chalk stream. *Freshwater Biological Association Annual Report*, 54: 123-136.
- MARA D., CAIRNCROSS S., 1991. *Guide pour l'utilisation sans risques des eaux résiduaires et des excreta en agriculture et aquaculture. Mesures pour la protection de la santé publique.* Bibliothèque de l'OMS, Genève, 205 pp.
- MARAGA F., 1990. Delimitazione di aree inondabili secondo criteri geomorfologici. *Mem. Soc. Geol. It.*, 45: 247-252.
- MARAGA F., TURITTO O., 1996. *Diagnosi geomorfologica d'inondabilità in casi di studio sull'idrografia padana.* In: Luino F. (Ed.), *La prevenzione delle catastrofi idrogeologiche: il contributo della ricerca scientifica*, Convegno Internazionale Alba, 1996, Vol. II, CNR IRPI Torino: 313-334.
- MARCHETTI R. (a cura di), 1993. *Ecologia Applicata.* Società Italiana di Ecologia. Ed. CittàStudi, Torino, 1055 pp.
- MARIDET L., 1995. *Rôle des formations végétales riveraines. Recommandations pour una gestion régionalisée.* Ministère de l'environnement, Cemagref, Lyon, 59 pp.
- MARTINET F., DUBOST M., 1992. *Gli ultimi fiumi naturali delle Alpi.* CIPRA Piccola documentazione, n. 11/92.
- MASER C., SEDELL J.R., 1994. *From the Forest to the Sea: The Ecology of Wood in Streams, Rivers, Estuaries and Oceans.* Florida: St. Lucie Press.
- MASOTTI I., 1993. *Depurazione delle acque: tecniche di trattamento delle acque di rifiuto.* Calderini, Bologna.
- MASSARUTTO A., 2003. Water pricing and irrigation water demand: economic efficiency versus environmental sustainability. *Eur. Env.* 13: 100-119.
- MATTHEWS R.A., BUIKEMA A.L., CAIRNS J., RODGERS J.H., 1982. Biological monitoring. Part IIA. Receiving system functional methods, relationships and indices. *Water Research*, 16: 129-139.
- MEFFE G.K., CARROLL C.R., 1994. *Principles of Conservation biology.* Sauer
- MERCALLI L., 2001. Alluvioni inevitabili. *NIMBUS* (Rivista della Società Meteorologica Italiana ONLUS, www.nimbus.it), a. VI (3/4), (n. 21/22-1998).
- MESICK C.F., 1995. Response of brown trout habitat to streamflow, temperature, and habitat

- restoration in a degraded stream. *Rivers* **5**: 75-95.
- MEZZALIRA G. (coordinatore), 2005. Dossier colture energetiche. *Alberi e territorio*, **II** (sett.): 15-39.
- MID-ATLANTIC COASTAL STREAMS WORKGROUP, 1997. *An Ecological Assessment of the United States Mid-Atlantic Region: A Landscape Atlas*. U.S. Environmental Protection Agency, Office of Research and Development, Washington, D.C. 20460 EPA-600-R-97-130.
- MILLER JR., G. TYLER, 1990. *Living in the Environment. An Introduction to Environmental Science*, 6th Edition. Wadsworth Publishing Co.
- MINISTERO DELL'AMBIENTE, SCN, 1999a. *La valorizzazione delle risorse ambientali nelle politiche di sviluppo. "La rete ecologica nazionale"*. Note informative, Roma, novembre 1999.
- MINISTERO DELL'AMBIENTE, SCN, 1999b. *Natura 2000 in Italia*. Roma, dicembre 1999.
- MINISTRY PWWR, 2003. *III World Water Forum (CD-ROM)* (2003). Ministry of Transport, Public Works and Water Management. The Netherlands.
- MINSHALL G.W., PETERSEN R.C., CUMMINS K.W., BOTT T.L., SEDELL J.R., CUSHING C.E., VANNOTE R.L., 1983. Interbiome comparison of stream ecosystem dynamics. *Ecological Monographs*, **35**: 1-25.
- MINTZBERG H., RAISINGHANI D., THÉORET A., 1976. The structure of unstructured decision processes. *Administrative Science Quarterly*, **21**: 246-275.
- MOLLARD J.D., 1973. *Air photo interpretation of fluvial features*. Proceedings of the Symposium on Fluvial Processes and Sedimentation, Hydrology Symposium No.9, Inland Waters Directorate, Canada Department of the Environment.
- MONAGHAN M.T., 2002. Habitat Fragmentation and Genetic Diversity, *EWAG news*, **54**: 24-26.
- MONTGOMERY D. R., Buffington J. M., 1997. Channel-reach morphology in mountain drainage basins. *Geological Society of America Bulletin*, **109**(5): 596-611.
- MORIN E., 2001. *I sette saperi necessari all'educazione del futuro*. Raffaello Cortina Editore, Milano.
- MORISAWA T. L., 1999. *Weed Notes: Hedera helix*. The Nature Conservancy. Arlington. VA.
- MOSCHINI R., 2000. La legge sulle aree protette dieci anni dopo: un bilancio dei risultati, una riflessione sui problemi aperti e sul futuro. *Speciale Parchi*, suppl. al n. 31.
- MUF RHEINLAND-PFALZ, 1998. *Hochwasserhandbuch. Leben, Wohnen und Bauen in hochwassergefährdeten Gebieten*. Mainz, 51 pp.
- MUNNÉ A., PRAT N., 2003. *Characterization of the river basin according to the WFD. The Catalan Basins a case of small Mediterranean water district*. Catalan Water Agency. EPRO, Steiermark Regional Office (Brussels) (4th June 2003).
- NARDINI A., 1997. A proposal for integrating EIA, CBA and MCA. *Project Appraisal*, **12** (3): 173-184.
- NARDINI A., 2002. Un Modello Quali-Logico della Qualità dell'acqua in una Rete Fluviale, ideale per Autorità d'ambito ed altri Enti Territoriali. *Ingegneria Ambientale*, **XXXI** (2), febbraio 2002 (ed. CIPA, Milano).
- NARDINI A., 2003. QUALI-LOGICAL: a water quality model for surface water systems to support sanitation and land-use planning. *European Water Management on line (EWMO)*, April 22, 2003, Vol. 1 (http://www.ewaonline.de/journal/2003_01.pdf).
- NARDINI A., 2004. A Systematic Approach to Build Evaluation Indices for Environmental Decision Making with Active Public Involvement. *Rivista di Economia delle fonti di Energia e dell'Ambiente*, **XLVI** (1-2): 189-215 (IEFE, Bocconi, Milano).
- NARDINI A., 2005. *Decidere l'ambiente con l'approccio partecipato. Una visione globale e indicazioni operative con enfasi sulla problematica acqua e un'esemplificazione sul fiume Taro*. Prodotto dal CIRF, Edito da Mazzanti (VE).
- NARDINI A., Bacci M., 2000. *Dalla valutazione di Impatto Ambientale alla valutazione integrata partecipativa: Studio per la localizzazione di una cassa di espansione sul torrente Arbia (Siena)*. Provincia di Siena, Ed. Cantagalli, Siena.
- NARDINI A., FAHMY H., 2005. Integrated evaluation of Egypt's Water Resources plans. A framework to cope with sustainability. *Water International*, **30** (3): 314-328.
- NARDINI A., LÓPEZ A., 1995. Un modello dinamico del Sistema Antropico con decisioni di allerta durante eventi di piena. Impostazione. In: *Atti XII Congresso Cileno di Ingegneria Idraulica* (Novembre, 8-10, 1995, Universidad de Concepción, Chile).
- NARDINI A., MONTOYA D., 1993. Remarks on a Min-max Optimization Technique for the Management of a Single Multiannual Reservoir Aimed at Hydroelectric Generation and Water Supply. *Water Resources Research*, **31** (4): 1129-1135.
- NARDINI A., MONTOYA D., 1994. Sulla definizione di un indicatore di soddisfazione per un

- sistema idrico con molti utenti. *Rivista di Ingegneria Agraria* **XXV** (4): 225-229.
- NARDINI A., BACCI M., SONCINI-SESSA R., 1990a. *Inquinamento Fluviale: Realizzazione e uso di Modelli Matematici. Uno Studio di Caso sull'Arno*. Marsilio Ed., Venezia.
- NARDINI A., PICCARDI C., SONCINI-SESSA R., 1990b. Ottimizzazione parametrica e funzionale: due tecniche a confronto nella gestione del Lago di Como. Atti XXII Congresso Nazionale di Idraulica e Costruzioni Idrauliche (Ottobre 1990), Cosenza, Italia.
- NARDINI A., SONCINI-SESSA R., 2003a. River Quality Models [1]: Criteria for the Design of Data Collection Campaigns Aimed at Model Calibration. *European Water Management on line (EWMO)*, Vol. 1, September 1, 2003, (http://www.ewaonline.de/journal/2003_06.pdf).
- NARDINI A., SONCINI-SESSA R., 2003b. River Quality Models [2]: Design of Data Collection Campaigns for Model Calibration According to the Method of Characteristics. In pubblicazione su *European Water Management* (disponibile sul sito del CIRF www.cirf.org per i soci).
- NARDINI A., SONCINI-SESSA R., 2003c. River Quality Models [3]: the Use of Raw Data. In pubblicazione su *European Water Management*. (disponibile sul sito del CIRF www.cirf.org per i soci).
- NATIONAL ENVIRONMENTAL RESEARCH INSTITUTE, 1997. *River Restoration '96: Plenary Lectures*. National Environmental Research Institute, Ministry of Environment and Energy, Denmark.
- NATURE CONSERVANCY, 1999. *Site Weed Management Plan Template*. Arlington, VA. Online.
- NELSON S.M., ANDERSON D.C., 1994. An assessment of riparian environmental quality by using butterflies and disturbance susceptibility scores. *The Southwestern Naturalist*, **39**: 137-142.
- NELSON R.W., HORAK G.C., OLSON J.E., 1978. *Western reservoir and stream habitat improvements handbook*. USDI FWS/OBS - 78/56. Western Energy and Land Use Team, Fort Collins, CO.
- NEWBURY R.W., GABOURY M., 1993. *Stream Analysis and Fish Habitat Design—a Field Manual*. Newbury Hydraulics Ltd, British Columbia.
- NIERENBERG D., 2001. Toxic fertility. *Worldwatch Magazine*, **14** (2).
- NIJKAMP P., BEINAT E. (eds.), 1998. *Multicriteria Analysis for Land-Use management*. Kluwer Academic Publishers.
- NUNNALLY N.R., SHIELDS F.D. JR., 1985. *Incorporation of environmental features in flood control channel projects*. Technical Report E-85-3, Environmental and Water Quality Operational Studies, US Army Engineer Waterways Experiment Station, Vicksburg, Mississippi.
- OCCHIPINTI A., SACCHI C.F., 1999. Invasioni di organismi esotici. In: *Biodiversità, Estinzione e Conservazione* (Massa R., Ingegnoli V. eds). UTET ed., Torino: 126-144.
- O'GRADY M., 2000. Salmonid riverine habitat restoration in the Republic of Ireland. In: H.J. Nijland and M.J.R. Cals (eds.) *River Restoration In Europe - Practical approaches*, Proceedings of Conference on River Restoration (ECRR), Wageningen, the Netherlands 2000.
- OLSSON E., KARLGRÉN L., TULLANDER V., 1968. *Household Wastewater*. Report 24:1968. The National Swedish Institute for Building Research, Stockholm, Sweden.
- OMS, 1984. *La technologie appropriée au traitement des eaux usées dans les petites localités rurales*. Rapports et Etudes EURO 90, OMS, 69 pp.
- OMS, 1994. *Directives de qualité pour l'eau de boisson. 2e éd., v. 1. Recommandations*. Genève, 202 pp.
- ÖNORM, 1998. *Bepflanzte Bodenfilter (Pflanzen Klaranlagen)*. Önorm B2505 (Austria).
- OREGON DEPARTMENT OF ENVIRONMENTAL QUALITY, 2000. *Remote Sensing Survey of the Upper Klamath River Basin (Thermal Infrared and Color Videography), FINAL REPORT*.
- ØSTDAHL T., TAUGBØL T., ANDERSEN O., VITTESSØ J., 2000. Stakeholder attitudes to river modification and restoration. In: H.J. Nijland and M.J.R. Cals (eds.) *River Restoration In Europe - Practical approaches*, Proceedings of Conference on River Restoration (ECRR), Wageningen, the Netherlands 2000.
- OTIS R.J., 1999. *Establishing Risk-Based Performance Standards*. Presented at the National Environmental Health Association Onsite Wastewater Systems Conference, Nashville, TN.
- PAIERO P., SEMENZATO P., URSO T., 1996. *Biologia vegetale applicata alla tutela del territorio*. Dip. Territorio e Sistemi Agro-Forestali. Università di Padova. Ed. Progetto Padova.

352 pp.

- PARIS E., PRETI F., 1992. Conoscenza dell'ambiente fluviale. In: N. Martino (curatore) *Tutela e Gestione degli Ambienti Fluviali*, Atti e Studi n° 8 WWF, Promopress, Roma: 165-186.
- PATASSINI D., 2002. *Laboratorio Urban Waters*. Introduzione al sito www.iuav.it/lablsa/labla.html
- PETER A., BUNDI U., KAENEL B., WILLI H.P., 2000. Stream rehabilitation in Switzerland. In: H.J. Nijland and M.J.R. Cals (eds.) *River Restoration In Europe - Practical approaches*, Proceedings of Conference on River Restoration (ECRR), Wageningen, the Netherlands 2000.
- PETERSEN R.C. Jr., 1992. The RCE: a riparian, channel, and environmental inventory for small streams in the agricultural landscape. *Freshwater Biology*, **27**: 295-306.
- PETERSEN R.C., PETERSEN L. B-M., LACOURSIÈRE J., 1992. A building-block model for stream restoration. In: Boon P.J., Calow P. and Petts G.E. (Eds.) *River Conservation and Management*. John Wiley and Sons: 293-309.
- PETTS G.E., 2000. A perspective on the abiotic processes sustaining the ecological integrity of running waters. *Hydrobiologia*, **422/423**: 15-27.
- PIÉGAY H., BRAVARD J.P., DUPONT P., 1994. The French water Law: a new approach for alluvial hydrosystem management, French alpin et perialpin stream examples. In: Annual summer symposium of the American Water Resources Association, *Effects of human-induced changes on hydrologic systems*. R.A. Marston and V.R. Hasfurther (eds.), American Water Resources Association, Jackson Hole, Wyoming, USA: 371-383.
- PIÉGAY H., BARGE O., LANDON N., 1996. Streamway concept applied to river mobility/human use conflict management. In: *First international conference on new/emerging concepts for rivers*. Proceedings Rivertech 96, International Water Resources Association: 681-688.
- PIMENTEL D., DRITSCHLO W., KRUMMEL J., KUTZMAN J., 1975. Energy and land constraints in food protein production. *Science* **190**:754-761.
- PIMENTEL D., HOUSER J., PREISS E., WHITE O., *et al.*, 1997. Water Resources: Agriculture, the Environment, and Society. An assessment of the status of water resources. *Bioscience*, **47** (2).
- PINAY G., 1986. Impact of a riparian forest on the nitrogen content of phreatic water in the Garonne basin. In: Lauga J., Decamps H. and Holland M.M. (eds.), *Land use impacts on aquatic ecosystems*, MAB.UNESCO, PIREN-CNRS: 303-317.
- PIZZUTO J.E., 2003. Numerical modelling of alluvial landforms. In: Kondolf G.M. & Piegay H. (eds), *Tools in Fluvial Geomorphology*, Wiley: 577-595.
- PRANZINI E., 1989. A model for cusped delta erosion. *Proceedings of Sixth Symposium on Coastal and ocean management*, ASCE, July 11-14, 1989, Charleston, SC.
- PRETI F., BRESCI E., 2001. *Variazioni dell'uso del suolo e risposta idrologica*. Convegno AIIA, Vieste, 11-14 settembre 2001, 12 pp.
- PROVINCIA MILANO, 2001. *Un mondo da scoprire*. 3 vol. (1. L'ambiente acquatico; 2. Piante e invertebrati; 3. Fiumi e rogge).
- PUMA F., 2003. Gli interventi per la mitigazione del rischio idraulico nella media e bassa Pianura Padana nella pianificazione di bacino del Po, in *Primo Forum Nazionale sul rischio idraulico e assetto della rete idrografica nella pianificazione di bacino*, a cura di E. M. Ferrucci, Maggioli Ed.: 413-426.
- RAVEN P.J., HOLMES N.T.H., NAURA M., DAWSON F.H., 2000. Using river habitat survey for environmental assessment and catchment planning in the U. K. In: Jungwirth M., Muhar S. & Smutz S. (eds.), *Assessing the Ecological Integrity of Running Waters*, Kluwer Academic Publishers: 359-367.
- REED S.C., CRITES W., MIDDLEBROOKS E.G.J., 1995. *Natural systems for waste management and treatments*. McGraw-Hill, (USA).
- REGGIANI G., AMORI G., MASI M., BOITANI L., 2000. *Studio finalizzato all'individuazione di una metodologia d'indagine sperimentale per il monitoraggio degli elementi critici delle reti ecologiche, relativamente alle specie di vertebrati, attraverso l'osservazione di casi studio*. Relazione finale dell'Istituto di Ecologia Applicata per l'ANPA.
- REGGIANI G., BOITANI L., AMORI G., 2001. I "contenuti" ecologici di una rete ecologica. In *Reti Ecologiche - Azioni locali di gestione territoriali per la conservazione dell'ambiente*. Quaderni di Gargnano, n. 4: 74-83. Centro Studi Valerio Giacomini.
- REGIONE EMILIA ROMAGNA, 1977. *Carta pedologica: significato, metodiche analitiche e cartografia tematica dei microelementi nei suoli*. Pitagora, Bologna.

- REGIONE TOSCANA, 1998. *Criteri e metodi per l'analisi dei fenomeni alluvionali*. Regione Toscana, Collana Fiumi e Territorio. Regione Toscana Ed.
- REGIONE TOSCANA, 2000. *Principi e linee guida per l'ingegneria naturalistica. Vol. 1 - Processi territoriali e criteri metodologici*. Collana Fiumi e Territorio. Regione Toscana Ed.
- REGIONE TOSCANA, 2001. *Principi e linee guida per l'Ingegneria Naturalistica. Vol. 2 - Sviluppo e applicazioni in Toscana*, Collana Fiumi e Territorio, Regione Toscana Ed.
- RENN O., 1995. Public Participation in Impact Assessment: a social learning perspective. *Environmental Impact Assessment Review*, **15** (5).
- RHEINHEIMER G., 1980. *Aquatic microbiology*. J. Wiley & Sons, 235 pp.
- RICHARDS K., 1982. *Rivers: form and process in alluvial channels*. Methuen, London and New York.
- RINALDI S., 1974. *Teoria dei Sistemi*. CLUP, Milano.
- RINALDI M., 2003. Recent channel adjustments in alluvial rivers of Tuscany, Central Italy. *Earth Surface Processes and Landforms*, **28** (6): 587-608.
- RINALDI M., CASAGLI N., 1999. Stability of streambanks formed in partially saturated soils and effects of negative pore water pressures: the Sieve River (Italy). *Geomorphology*, **26** (4): 253-277.
- RINALDI M., JOHNSON P.A., 1997. Stream meander restoration. *Journal of American Water Resources Association*, **33** (4): 855-867.
- RINALDI M., SIMON A., 1998. Bed-level adjustments in the Arno River, Central Italy. *Geomorphology*, **22** (1): 57-71.
- RITCHIE J.C., SCHIEBE F.R., 2000. Water Quality, pp. 287-303, 351-352. In: G.A. Schultz and E.T. Engman (eds.), *Remote Sensing in Hydrology and Water Management*, Springer-Verlag, Berlin, Germany.
- ROBINSON T., 2002. Stream Response to Experimental Floods. *EAWAG news*, **54**: 27-29.
- ROBINSON C.T., MOLINARI P., MÜRLE U., ORTLEPP J., SCHEURER T., UEHLINGER U., ZAHNER M., 2003a. Experimental floods to improve the integrity of regulated rivers. *Gaia* **13** (3): 186-190.
- ROBINSON C.T., UEHLINGER U., MONAGHAN M.T., 2003b. Effects of a multi-year experimental flood regime on macroinvertebrates downstream of a reservoir. *Aquatic Sciences* **65** (3): 210-222.
- ROBINSON C.T., UEHLINGER U., 2003. Using artificial floods for restoring river integrity. *Aquatic Sciences* **65** (3): 181-182.
- ROBINSON C.T., UEHLINGER U., MONAGHAN M.T., 2004. Stream ecosystem response to multiple experimental floods from a reservoir. *River Research And Applications*, **20**: 359-377
- ROSENBERG K., NOON B., MESLOW E., 1997. Biological corridors: form, function and efficacy. *Bioscience*, vol. **47** (10): 677-687.
- ROSGEN D.L., 1994. A classification of natural rivers. *Catena*, **22**: 169-199.
- ROSGEN D., 1996. *Applied River Morphology*. Wildland Hydrology, Pagosa Springs, Colorado.
- ROYAL SOCIETY FOR THE PROTECTION OF BIRDS, 1994. *The New Rivers and Wildlife Handbook* under the autorship of the RSPB, The Royal Society for the Protection of Birds, NRA The National Rivers Authority, RSNC The Royal Society for Nature Conservation. Ed. by Wad D., Holmes N., Josè P., 426 pp.
- RRC, 1996. *River Cole*. River Restoration Centre (http://www.therrc.co.uk/projects/cole_brochure.pdf)
- RRC, 1998. *River Skerne*. River Restoration Centre (http://www.therrc.co.uk/projects/skerne_brochure.pdf)
- RRC, 1999. *Manual of River Restoration Techniques*. M. Janes, N. Holmes, N. Haycock (eds.), The River Restoration Centre, Bedford (UK). (Tradotto in italiano dal CIRF come *Manuale di riqualificazione fluviale. Le esperienze pioniere della rinaturalizzazione in Europa*, Ed. Mazzanti, Mestre, 2001).
- RUFFINONI C., GAZELLE F., DECONCHAT M., 1994. Rôle des boisements riveraines dans la préservation des pollutions azotées diffuses. *Revue de l'Agence de l'Eau Adour Garonne*, numéro spécial, **60**: 39-44.
- RUTHERFURD I. D., JERIE K., MARSH N., 1999. Evaluation tools. In: *A Rehabilitation Manual for Australian Streams*, vol. 2. Land and Water Resources Research and Development Corporation, Canberra: 180-264 (CD-ROM).
- SAATY T., 1980. *The Analytic Hierarchy Process*. McGraw Hill, NY.
- SANSONI G., 1991. *Il bacino del Magra. Mappaggio biologico del reticolo idrografico, sintesi ecologica, problematiche ambientali, proposte di risanamento*. Tesi di laurea in Sc. Naturali, Univ. di Pisa.

- SANSONI G., 1993a. *La rinaturalizzazione degli ambienti fluviali*. Lezione tenuta presso l'Istituto Agrario di S. Michele all'Adige (TN), 78 pp.
- SANSONI G., 1993b. Una nuova cultura idraulica ed ambientale. In: G. Sansoni, P.L. Garuglieri, *Il Magra. Analisi, tecniche e proposte per la tutela del fiume e del suo bacino idrografico*. Ed. WWF Italia, 95 pp.
- SANSONI G., 1995. *Idee per la difesa dai fiumi e dei fiumi: il punto di vista ambientalista*. Cooperativa centro di documentazione Pistoia, 98 pp.
- SANSONI G., 1999. Ingegneria naturalistica fluviale: strumento per la gestione idraulico-naturalistica del territorio o cosmesi ambientale? In: Atti Seminario di Studi "I biologi e l'ambiente ... oltre il duemila", Venezia 22-23 nov. 1996. G.N. Baldaccini & G. Sansoni (eds.), CISBA, Reggio Emilia: 65-73.
- SAPER R.H., PULTZ T.J., HALLIDAY R.A., 1999. *A framework for using flood extent observation from space in hydraulic modelling and analysis*, Fourth International Airborne Remote Sensing Conference and Exhibition/21th Canadian Symposium on Remote Sensing, Ottawa, Ontario, Canada, 21-24 June 1999.
- SARTI F., INGLADA J., LANDRY R., PULTZ T., 2001. *Risk management using Remote Sensing data: moving from scientific to operational applications*, X SBSR, Brasil.
- SCHNEIDER-JACOBY M., BARBALIC D., 2000. Preservation and restoration of large alluvial wetlands in Croatia. In: H.J. Nijland and M.J.R. Cals (eds.) *River Restoration In Europe - Practical approaches*, Conference on River Restoration (ECRR), Wageningen, the Netherlands 2000.
- SCHIECHTL H.M., 1991. *Bioingegneria forestale. Biotecnica naturalistica*. Ed. Castaldi, Feltre (Belluno), 263 pp.
- SCHIPANI I., 2003. Studio di un corso d'acqua cementificato e proposte per la sua rinaturalizzazione: il caso del Sangro in Abruzzo. *Biologia Ambientale* **17** (2): 3-18.
- SCHROEDER R.L., ALLEN A.W., 1992. *Assessment of habitat of wildlife communities on the Snake River, Jackson, Wyoming*. U.S. Department of the Interior, Fish and Wildlife Service, Resource Publication 190. Washington, D.C.
- SCHUMM S.A., 1963. *A tentative classification of alluvial river channels*. U.S. Geological Survey Circular 477. Washington, DC.
- SCHUMM S.A., LICHTY R.W., 1965. Time, space and causality in geomorphology. *American Journal of Science*, **263**: 110-119.
- SCHUMM S.A., HARVEY M.D., WATSON C.C., 1984. *Incised Channels: Initiation, Evolution, Dynamics, and Control*. Water Resources Publication, Littleton, Colorado, 200 pp.
- SEDELL J.R., EVEREST F.H., GIBBONS D.R., 1987. Streamside vegetation management for aquatic habitat. In: *Proc. of the National Silviculture Workshop*, Sacramento, California: 115-125.
- SEEBACHER P., 2002. Steter Strom. Ff extra Umwelt. ff *Südtiroler Wochenmagazin* **47** (21): 63.
- SEEHORN M.E., 1982. Trout stream improvements commonly used on southeastern National Forests. In *Proc. of Rocky Mt. Stream Habitat Management Workshop*. See Bailay 1982.
- SEIDEL, 1966. Reinigung von Gewässern durch höhere Pflanzen. *Die Naturwissenschaften* **53**: 289-297.
- SERENI E., 1961. *Storia del paesaggio agrario italiano*. Laterza.
- SHANNON C.E., 1949. Communication in the presence of noise. *Proc. Of the Institute of Radio Engineers* **37**: 10-21.
- SHIELDS F.D., BOWIE A.J. Jr., COOPER C.M., 1995. Control of streambank erosion due to bed degradation with vegetation and structure. *Water Resources Bulletin*, **31** (3): 475-489.
- SHIELDS F.D., BROOKES A., HALTINER J., 1999. Geomorphological approaches to incised stream channel restoration in the United States and Europe. In: Darby, S.E. & Simon, A. (Eds), *Incised River Channels. Processes, Forms, Engineering and Management*. John Wiley & Sons Ltd: 371-394.
- SHIELDS F.D. JR., COPELAND R.R., KLINGEMAN P.C., DOYLE M.W., SIMON A., 2003. Design for stream restoration. *Journal of Hydraulic Engineering*, **129** (8): 575-584.
- SILIGARDI M., BERNABEI S., CAPPELLETTI C., CHIERICI E., CIUTTI F., EGADDI F., FRANCESCHINI A., MAIOLINI B., MANCINI L., MINCIARDI M.R., MONAUNI C., ROSSI G., SANSONI G., SPAGGIARI R., ZANETTI M., 2000. *I.F.F. Indice di funzionalità fluviale*. ANPA Agenzia Nazionale per la Protezione dell'Ambiente, 223 pp.
- SILVA W., KLIJN F., DIJKMAN J., 2001. *Room for the Rhine Branches in The Netherlands*, Riza Report-Delft Hydraulics Report, JB&A Grafische, Delft.
- SIMON A., 1989. A model of channel response in disturbed alluvial channels. *Earth Surface*

- Processes and Landforms*, **14**: 11-26.
- SIMON A., DARBY S. E., 2002. Effectiveness of grade-control structures in reducing erosion along incised river channels: the case of Hotophia Creek, Mississippi. *Geomorphology* **42**: 229– 254 (www.elsevier.com/locate/geomorph).
- SMITH D.G., 1989. A new form of water quality index for the great lakes. *Water science & Technology*, **21** (2): 123-127.
- SMITH M.S., THOMAS G.W., WHITE R.E., RITONGA D., 1985. Transport of *Escherichia coli* through intact and disturbed soil columns. *J. Environ. Quality*, **14** (1).
- SONCINI-SESSA R., RIZZOLI A., VILLA L., WEBER E., 1999a. Twole: a software tool for planning and management of water reservoir networks. *Hydrological Sciences Journal*, **44**(4): 619-631.
- SONCINI-SESSA R., CANUTI D., COLORNI A., LANIADO E., LOSA F., RIZZOLI A., VILLA L., VITALI B., WEBER E., 1999b. Use of Multi-criteria Analysis to Resolve Conflicts in the Operation of a Transnational Multipurpose Water System, The Case of Lake Verbano (Italy-Switzerland). *Water International*, **25**(3): 334-346.
- SONCINI-SESSA R., CASTELLETTI A., WEBER E., 2003. A DSS for Planning and Managing Water Reservoir Systems. *Environmental Modelling & Software*, **18**: 395-404.
- SONCINI-SESSA R., 2004a. *Pianificazione e gestione delle risorse idriche: MODSS per decisioni integrate e partecipate*. McGraw-Hill, Milano.
- SONCINI-SESSA R., 2004b. *Pianificazione e gestione delle risorse idriche: modellistica integrata e decisioni partecipate in pratica: il progetto Verbano*. McGraw-Hill, Milano.
- SPARKS R., 1995. Need for ecosystem management of large rivers and their floodplains. *Bioscience*, **45** (3): 170.
- SRU, 2002. A Decision Support System based on Environmental balance for water resources planning in Egypt: I- *Conceptual Design of the DSS*. II- *Schematization of the Egyptian Water Resources and associated Socio-Economic, Environmental System (EWRSES)*. III- *DSS Models in Detail*. IV- *DSS Database and GIS*. V- *Software Architecture of the DSS*. VI- *Information and System Description*. VII- *Construction of Scenarios, Development Measures and Cases*. VIII- *Experimental Work to Assess Farmer's Quality of Life*. DSS Technical Report series. IAM-Bari (I), SRU-NWRC, Ministry of Public Works and Water Resources, Cairo, Egypt.
- STRAHLER A.N., 1957. Quantitative analysis of watershed geomorphology. *American Geophysical Union Transactions* **38**: 913-920.
- STREETER H.W., PHELPS E.B., 1925. *A study of the pollution and natural purification of the Ohio river*. Vol. III, Public Health Bulletin, n.146, United States Public Health Service. Reprinted by U.S. Dept. of Health, Education and Welfare, 1958.
- STUART T.A., 1959. The influence of land drainage works, levees, dykes, dredging, etc. on the aquatic environment and stocks. In *Proceedings of the International Union for the Conservation of Nature*, Technical Meeting, Athens, vol. 4: 337-345.
- SURIAN N., RINALDI M., 2003. Morphological response to river engineering and management in alluvial channels in Italy. *Geomorphology* **50**: 307-326.
- TCHOBANOGLIOUS C., 1998. *Small and decentralized wastewater management systems*. McGraw-Hill (USA).
- THORNE C.R., 1997. Channel types and morphological classification. In: Thorne C.R., Hey R.D. & Newson M.D. (Eds), *Applied Fluvial Geomorphology for River Engineering and Management*. John Wiley & Sons Ltd: 175-222.
- THORNE C.R., 1998. *Stream reconnaissance handbook. Geomorphological investigation and analysis of river channels*. John Wiley & Sons Ltd, Chichester, England, 133 pp.
- THORNE C.R., SIMON A., ALLEN R., 1996. Geomorphological river channel reconnaissance for river analysis, engineering and management. *Transactions of the Institute of British Geographers, New Series*, **21**: 469-483.
- TIETENBERG T., 1992. *Environmental and Natural Resources Economics*. Harper Collins Publishers.
- TOCCOLINI A., FUMAGALLI N., SENES G., 2004. *Progettare i percorsi verdi. Manuale per la realizzazione di greenways*. Maggioli Editore, San Marino.
- TROPEANO D., GOVI M., MORTARA G., TURITTO O., SORZANA P., NEGRINI G., ARATTANO M., 1999. Eventi alluvionali e frane nell'Italia settentrionale. CNR-Gruppo Nazionale per la Difesa dalle Catastrofi Idrogeologiche, Pubblicazione n. 1927.
- TROPEANO D., TURCONI L., 2001. Alluvione del 14-15 ottobre 2000 nell'Italia nord-ovest: cronaca di sintesi e commenti. *NIMBUS* (Organo ufficiale della Società Meteorologica Italiana onlus, www.nimbus.it), n° **21-22**, anno IV (3-4): 53-85

- TRUMBO J., 1999. *Giant Cane Arundo donax Control and Herbicide/Surfactant Impacts to Larval Frogs and Fish*. CalEPPC Symposium Proceedings.
- TURRI E., 2002. *La conoscenza del territorio*, Marsilio Editore, Venezia.
- USDA FOREST SERVICE, 1997. Riparian buffers for agricultural land. *Agroforestry Notes*, n. 3: 1-4.
- US BUREAU OF LAND MANAGEMENT, 1968. *Stream preservation and improvement*. Section 6760 of USDI, BLM Manual.
- US DEPARTMENT OF AGRICULTURE, 1992. *Integrate riparian evaluation guide: intermountain region*. Forest service. Ogden, UT.
- US ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY, 1998. *Wetland Bioassessment Fact Sheets*. EPA 843-F-98-001. Office of Wetlands, Oceans, and Watersheds, Office of Water, USEPA, Washington D.C.
- US FOREST SERVICE, 1969. *Wildlife Habitat Improvement Handbook*. FSH 2609. 11. Washington, D.C.: U.S. Government Printing Office.
- UUSI-KÄMPPIÄ J., TURTOLO E., HARTIKAINEN H., YLÄRANTA T., 1997. The interactions of buffer zones and phosphorus runoff. In: *Buffer zones: Their processes and potential in water protection*. Haycock N.E., Burt T.P., Goulding K.W.T. and Pinay G. (eds.), Quest Environmental: 43-53.
- VANNOTE R.L., MINSHALL G.W., CUMMINS K.W., SEDELL J.R. CUSHING C.E., 1980. The River Continuum Concept. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Science*, **37**: 130-137.
- VERSACE P., FERRARI E., FIORENTINO M., GABRIELE S., ROSSI F., 1987. *Valutazione delle piene in Calabria*. Cartografia CNR-IRPI, Geodata 30, Cosenza.
- VINSON M.R., 2001. Long term dynamics of an invertebrate assemblage downstream of a large dam. *Ecological Applications*, **11**: 711-730.
- VYMAZAL J., BRIX H., COOPER P.F., GREEN M.B., HABERL R. (eds), 1998. *Constructed wetlands for wastewater treatment in Europe*. Backhuys Publishers, Leiden (UK).
- WACKERNAGEL M., REES W.E., 1996. *L'impronta ecologica*. Edizioni Ambiente, Milano.
- WALLACE D., 1997. Give the floodplain a break – A waterbreak. *Inside Agroforestry*, (USDA), fall: 3-7.
- WARD J.V., TOCKNER K., UEHLINGER U., MALARD F., 2001. Understanding natural patterns and processes in river corridors as the basis for effective river restoration. *Regul. Rivers: Res. Manage.*, **17**: 311-323.
- WASHINGTON STATE, 1998a. *TFW monitoring program method manual for stream segment identification*. Prepared by A.E. Pleus, D. Schuett-Hames for the Washington State Dept. of Natural Resources under the Timer, Fish, and Wildlife Agreement. TFW-AM9-98-001. DNR #103. (Scaricabile dal sito www.nwifc.wa.gov).
- WASHINGTON STATE, 1998b. *TFW monitoring program method manual for the reference point survey*. Prepared by A.E. Pleus, D. Schuett-Hames for the Washington State Dept. of Natural Resources under the Timer, Fish, and Wildlife Agreement. TFW-AM9-98-002. DNR #104. (Scaricabile dal sito www.nwifc.wa.gov).
- WASHINGTON STATE, 1999a. *TFW monitoring program method manual for the habitat unit survey*. Prepared by A.E. Pleus, D. Schuett-Hames, L. Bullchild for the Washington State Dept. of Natural Resources under the Timer, Fish, and Wildlife Agreement. TFW-AM9-99-003. DNR #105. (Scaricabile dal sito www.nwifc.wa.gov).
- WASHINGTON STATE, 1999b. *TFW monitoring program method manual for the large woody debris survey*. Prepared by D. Schuett-Hames, A.E. Pleus, J. Ward, M. Fox, J. Light for the Washington State Dept. of Natural Resources under the Timer, Fish, and Wildlife Agreement. TFW-AM9-99-004. DNR #106. (Scaricabile dal sito www.nwifc.wa.gov).
- WASHINGTON STATE, 1999c. *TFW monitoring program method manual for the stream temperature survey*. Prepared by D. Schuett-Hames, A.E. Pleus, E. Rashin, J. Matthews for the Washington State Dept. of Natural Resources under the Timer, Fish, and Wildlife Agreement. TFW-AM9-99-005. DNR #107. (Scaricabile dal sito www.nwifc.wa.gov).
- WASHINGTON STATE, 1999d. *TFW monitoring program method manual for the salmonid spawning gravel composition survey*. Prepared by D. Schuett-Hames, R. Conrad, A.E. Pleus, M. McHenry for the Washington State Dept. of Natural Resources under the Timer, Fish, and Wildlife Agreement. TFW-AM9-99-006. DNR #108. (Scaricabile dal sito www.nwifc.wa.gov).
- WASHINGTON STATE, 1999e. *TFW monitoring program method manual for the salmonid spawning habitat availability survey*. Prepared by D. Schuett-Hames, A.E. Pleus, D. Smith

for the Washington State Dept. of Natural Resources under the Timer, Fish, and Wildlife Agreement. TFW-AM9-99-007. DNR #109. (Scaricabile dal sito www.nwifc.wa.gov).

- WASHINGTON STATE, 1999f. *TFW monitoring program method manual for the salmonid spawning gravel scour survey*. Prepared by D. Schuett-Hames, R. Conrad, A.E. Pleus, K. Lutz for the Washington State Dept. of Natural Resources under the Timer, Fish, and Wildlife Agreement. TFW-AM9-99-008. DNR #110. (Scaricabile dal sito www.nwifc.wa.gov).
- WASHINGTON STATE, 1999g. *TFW monitoring program method manual for wadable stream discharge measurement*. Prepared by A.E. Pleus for the Washington State Dept. of Natural Resources under the Timer, Fish, and Wildlife Agreement. TFW-AM9-99-009. DNR #111. (Scaricabile dal sito www.nwifc.wa.gov).
- WASHINGTON STATE, 2002. *Integrated streambank protection guidelines*. Washington State, Dept. of Fish and Wildlife, Dept. of Transportation, Dept. of Ecology, 622 pp. (scaricabile dal sito <http://www.wdfw.wa.gov/hab/ahg/ispdoc.htm>)
- WESCHE T.A., 1985. Stream channel modifications and reclamation structures to enhance fish habitat. In *The restoration of rivers and streams. Theories and experience*. Gore J.A. (ed.). Butterworth Publisher, Ann Arbor Science Book, Stoneham, MA: 103-163.
- WHITE R.J., 1968. *So baut man Forellenunter stände: Ein Schwerpunkt der Bachpflege (Creating shelters for trout: a stream management)*. Paul Parey Verlag, Berlin.
- WHITE R.J., BRYNILDSON O.M., 1967. *Guidelines for Management of Trout Stream Habitat in Wisconsin*. Technical Bulletin N. 39. Madison: Wisconsin Dept. of Natural Resources.
- WILKINSON J., MARTIN J., BOON P.J., HOLMES N.T.H., 1998. Convergence of field survey protocols for SERCON (system for evaluating rivers for conservation) and RHS (river habitat survey). *Aquatic Conservation*, **8**: 579-596.
- WOLMAN M.G., LEOPOLD L.B., 1957. *River floodplains: some observations on their formation*. U.S. Geol. Survey Prof., Paper 282-C, p. 87-109.
- WOLMAN M.G., MILLER J.P., 1960. Magnitude and frequency of forces in geomorphic processes. *Journal of Geology*, **68** (1): 54-74.
- WOLMAN M.G., 1971. Evaluating alternative techniques of floodplain mapping. *Water Resources Research*, **7**:1383-1392.
- WOOTON R.J., 1990. *Ecology of Teleost Fishes*. Chapman and Hall, London.
- WORLD COMMISSION OF DAMS, 2002. *Dams and development – a new framework of decision-making*. Earthscan Publications Ltd, London and Sterling VA, USA and World Commission of Dams, Cape Town, www.dams.org.
- WRC, 1996. *Reed beds and constructed wetlands for wastewater treatment*. P.F. Cooper, G.D. Job, M.B. Green, R.B.E. Shutes (eds.), WRc Plc., Medmenham (UK).
- WRIGHT J.P., FLECKER A.S., 2004. Deforesting the riverscape: the effects of wood on fish diversity in a Venezuelan piedmont stream. *Biol. Conser.*, in press.
- VYMAZAL J., BRIX H., COOPER P.F., GREEN M.B., HABERL R., 1998. *Constructed wetlands for wastewater treatment in Europe*. Backhuys publ. Leiden 1998.
- ZACHARIAS I., SKOULIKIDIS N., 2000. An alternative to conventional river management in Greece. In: H.J. Nijland and M.J.R. Cals (eds.) *River Restoration In Europe - Practical approaches*, Proceedings of Conference on River Restoration (ECRR), Wageningen, the Netherlands 2000.
- ZALAKEVICIUS M., 2000. Lithuanian rivers: on the road from degradation towards restoration. In: H.J. Nijland and M.J.R. Cals (eds.) *River Restoration In Europe - Practical approaches*, Proceedings of Conference on River Restoration (ECRR), Wageningen, the Netherlands 2000.
- ZANE, 2003. *Analisi e proposte per la manutenzione della vegetazione erbacea nei canali di bonifica*. Tesi di laurea, Anno accad. 2002-03, Università degli Studi di Padova, Facoltà Di Agraria, Dip. Territorio e sistemi agro-forestali – Prof. R. Cavalli.
- ZAUNER R., 1998. Aspetti ecologici dello sfruttamento dell'energia idroelettrica. *CIPRA-Info* n° 51.
- ZEH H., 1985. Ingenieurbiologische Uferstabilisierung. *Ingenieur -von Architekten-Zeitschrift*.
- Zerunian S., 2002. *Condannati all'estinzione? Biodiversità, biologia, minacce e strategie di conservazione dei pesci di acqua dolce indigeni in Italia*. Il sole 24 ore Edagricole, Bologna, 220 pp.

Finito di stampare nel mese di aprile 2006
presso Litrocenter snc, Limena (PD)