

METODOLOGIA PER L'INDIVIDUAZIONE E VALUTAZIONE DEI POSSIBILI IMPATTI SU UN ECOSISTEMA FIUME, DERIVANTI DA INTERVENTI DI RIPRISTINO AMBIENTALE E DI RESTAURO DELLA CONTINUITA' FLUVIALE

Quarta Fase: Individuazione degli interventi di ripristino ambientale sulla base delle criticità definite per diminuire i fattori di pressione sulle biocenosi naturali. Definizione dello stato di alcune componenti biotiche utilizzate come indicatori delle qualità del corso d'acqua, in modo da considerare tali dati per le attività di monitoraggio, secondo quanto previsto dalla direttiva 2000/60/CE e per la tutela delle specie e degli habitat tutelati SIC (Sito di Interesse Comunitario)..

DICEMBRE 2008



rapporto tecnico

Direttore Progetto

Dott.ssa Linda Cingolani

Autori

Dott.ssa Linda Cingolani
Dott. Gianluca Lazzerini
Dott.ssa Rosalba Padula

Coordinatore

Dott. Giancarlo Marchetti

Collaborazione ai prelievi ed elaborazioni:

Bartoli Donatella

Charavgis Fedra

Notargiacomo Tatiana

Todini Barbara

In copertina: Madonna con Bambino
Autore: Anonimo
Borghetto di Trevi

INDICE

Premessa	5
I passi per la realizzazione di un intervento di ripristino	7
Identificazione del contesto e dei problemi.....	7
Definizione degli obiettivi di progetto.....	7
Proposizione delle soluzioni progettuali.....	7
Confronto e valutazione preventiva degli impatti potenziali	8
Fase attuativa e verifica dei risultati.....	8
L'importanza della definizione del quadro conoscitivo.....	9
Lo stato del contesto pre-intervento.....	9
I dati storici	11
Le condizioni di riferimento.....	11
L'identificazione e la valutazione preventiva degli impatti delle diverse scelte progettuali.....	13
Identificazione degli impatti	13
Stima degli impatti	22
Valutazione degli impatti	22
Il monitoraggio e la valutazione degli effetti e dei risultati	25
Fondamenti di un piano di monitoraggio e valutazione.....	25
Pianificazione del monitoraggio di un progetto di ripristino.....	28
Indagini sui caratteri strutturali di un corso d'acqua	34
Riassunto dei passi della valutazione	40
BIBLIOGRAFIA.....	41

PREMESSA

Gli interventi di ripristino ambientale e restauro della continuità fluviale, comportando modificazioni più o meno profonde delle condizioni di un ecosistema fluviale, necessiterebbero, al pari di qualsiasi altro intervento antropico, una valutazione accurata degli impatti prevedibili sulle diverse componenti ambientali, biotiche ed abiotiche. I risultati, spesso insoddisfacenti dal punto di vista ecologico degli interventi di 'riabilitazione' dei corsi d'acqua, seppur condotti con tecniche di ingegneria naturalistica e con materiali teoricamente rispettosi dell'ambiente, sono quasi sempre riconducibili ad una valutazione insufficiente delle caratteristiche peculiari dell'ecosistema fluviale oggetto degli interventi e delle sue diverse componenti e degli effetti prevedibili nel breve come nel lungo periodo.

Sulla base delle constatazioni precedenti, il presente lavoro ha lo scopo di fornire alcune indicazioni metodologiche di base finalizzate all'impostazione di procedure di valutazione appropriate ed efficaci dei possibili impatti su un ecosistema fiume, derivanti da interventi di ripristino ambientale e di restauro della continuità fluviale.

I PASSI PER LA REALIZZAZIONE DI UN INTERVENTO DI RIPRISTINO

Identificazione del contesto e dei problemi

Qualsiasi intervento di recupero o ripristino ambientale di un fiume o di restauro della sua continuità, il cui scopo sia l'ottenimento di soluzioni efficaci e compatibili dal punto di vista ecologico, deve necessariamente prendere le mosse dall'acquisizione preliminare di una conoscenza approfondita dell'ecosistema fluviale e delle sue componenti, funzioni e dinamiche, sia nello stato attuale che in quello passato, nonché dalla identificazione precisa dei problemi, delle cause e dei fattori di disturbo, alterazione e degrado esistenti e a cui deve essere data soluzione. Tutto ciò a livello di corridoio fluviale ma anche alla più ampia scala del bacino idrografico da esso sotteso. E' evidente, infatti, come molte delle problematiche connesse alle condizioni idrologiche, del trasporto dei sedimenti, dei fenomeni geomorfologici in atto in un corso d'acqua, siano funzione in buona parte dello stato del bacino idrografico di competenza. Una corretta individuazione della natura dei problemi esistenti e che necessitano di essere risolti, della loro precisa localizzazione e delle modalità con cui hanno effetto sul corridoio fluviale, rappresenta un elemento indispensabile per il successo di un intervento di ripristino ambientale.

Definizione degli obiettivi di progetto

Solo una volta definito un quadro conoscitivo completo ed esauriente dovrebbero quindi essere individuate le condizioni ecologiche e funzionali desiderate e da perseguire attraverso l'intervento di recupero o di ripristino (condizioni di riferimento). E' importante, in questa fase, quindi prima della elaborazione di un qualsiasi progetto, un'analisi approfondita di come le pratiche gestionali attualmente adottate per il corso d'acqua e nell'ambito del bacino idrografico sotteso possano condizionare lo stato del corso d'acqua stesso, se esse possano, cioè, essere annoverate fra i fattori causali delle condizioni di alterazione o di degrado e, in questo caso, se sia possibile la loro modifica e, attraverso questa, il risanamento delle condizioni di disturbo. Un esempio può essere rappresentato dall'aumento dell'erosione spondale di un tratto fluviale, causato da un aumento delle portate e del trasporto solido a loro volta conseguenti all'accresciuto ruscellamento, e conseguente erosione superficiale, sul bacino idrografico; il cambio verso una gestione conservativa dei suoli rappresenta probabilmente la soluzione ecologicamente più efficace rispetto ad interventi di difesa spondale che lascino inalterate le condizioni di disturbo.

Proposizione delle soluzioni progettuali

Individuato lo stato attuale e passato del corso d'acqua, definite le condizioni complessive ricercate, verificata la impossibilità di ottenere tali condizioni attraverso la sola modifica delle modalità gestionali a livello del corso d'acqua e del bacino ad esso sotteso, dovranno essere definiti gli obiettivi dell'intervento, e sulla base di questi, elaborate e poste a confronto le diverse soluzioni alternative fino alla scelta ed alla stesura del progetto finale.

La definizione precisa delle condizioni ecologiche e funzionali da perseguire, nonché degli obiettivi parziali e complessivi dell'intervento di ripristino, è essenziale per guidarne la progettazione e l'attuazione. E' sulla base di essi, inoltre, che devono essere previsti, in sede di progetto, e poi messi in atto i metodi più adeguati per misurare, valutare, monitorare i risultati ottenuti.

La scelta fra diverse alternative tecnicamente possibili, in grado di risolvere efficacemente i problemi esistenti e gli obiettivi ricercati, è un processo in genere complesso che coinvolge numerose variabili (scala d'intervento, fattibilità, analisi dei costi, analisi dei rischi, analisi degli impatti ambientali, etc.).

Confronto e valutazione preventiva degli impatti potenziali

Un passaggio essenziale del meccanismo di selezione del progetto finale dovrebbe comunque essere costituito da una approfondita analisi degli impatti delle diverse soluzioni alternative, con lo scopo di identificare quelli potenzialmente significativi esercitati in ogni fase applicativa, vale a dire di analisi conoscitiva e preparazione del sito, di esecuzione delle opere, di gestione operativa e di manutenzione dell'intervento, e dovrebbero esserne previsti e valutati gli effetti prodotti, attraverso l'applicazione di opportuni metodi di stima e valutazione.

Il semplice fatto che lo scopo di un intervento sia il ripristino di condizioni ambientali favorevoli o simili a quelle precedenti un disturbo non costituisce affatto una garanzia che esso sia privo di effetti negativi di breve o lungo periodo sull'ecosistema fluviale oggetto dell'intervento stesso. Alcuni semplici esempi possono essere utili in merito: le attività di sterro, frequentemente necessarie e spesso condotte con pesanti macchinari, possono comportare un incremento temporaneo della sedimentazione lungo il corso d'acqua o la compattazione del suolo; il ripristino di un tipo determinato di habitat può andare a scapito di un altro favorendo allo stesso tempo l'insediamento di alcune specie vegetali ed animali a danno di altre; ad esempio, la ricostruzione di fasce ripariali vegetate può influenzare fortemente la vegetazione idrofita ed elofita sottostante, ma anche la fauna ittica, modificando vari elementi microclimatici come l'insolazione e l'ombreggiamento, la temperatura dell'acqua, l'apporto di sostanze chimiche (ad esempio attraverso la caduta delle foglie); allo stesso modo la ricostituzione del bosco igrofilo a spese del fragmiteto e dei megaforbieti favorisce la nidificazione di alcune specie ornitiche a spese di altre.

E' quindi fondamentale procedere, in questa fase, ad un'analisi accurata degli impatti potenziali positivi e negativi, diretti ed indiretti, di breve e di lungo periodo, oltre che delle misure di mitigazione possibili.

Fase attuativa e verifica dei risultati

La stesura del progetto è seguita dalla realizzazione delle opere, delle attività e degli interventi previsti. L'attuazione del progetto non conclude l'intervento di ripristino. E' essenziale, infatti, poter procedere ad una valutazione dell'efficacia e dei risultati dell'intervento. E' necessaria, a tale scopo, la definizione di un piano di monitoraggio che copra tutte le fasi di intervento e che consenta la raccolta delle informazioni necessarie ad operare valutazioni corrette ed esaurienti dei risultati ottenuti; che permetta, cioè, di verificare che le azioni intraprese funzionino come previsto e permettano il raggiungimento degli scopi e degli obiettivi fissati, di individuare i problemi imprevisi, di eseguire le azioni correttive necessarie. L'intensità e la complessità delle varie fasi operative dovranno necessariamente essere modulate in funzione delle dimensioni e della complessità dei problemi affrontati e degli scopi e degli obiettivi perseguiti.

L'IMPORTANZA DELLA DEFINIZIONE DEL QUADRO CONOSCITIVO

La raccolta e l'analisi di dati e informazioni del contesto socio-ambientale costituisce un elemento fondamentale in ogni fase decisionale, progettuale e valutativa legata ad un intervento di ripristino di un ecosistema fluviale. In genere lo stesso tipo di dati e gli stessi metodi analitici sono utilizzati nell'identificazione dei problemi esistenti, nella formulazione degli scopi e degli obiettivi di intervento, nella selezione e valutazione delle alternative, nella stesura del progetto e nella messa in opera degli interventi, nel monitoraggio mirato alla valutazione degli effetti, dei risultati e degli impatti.

Quanto esposto costituisce, dunque, l'elemento essenziale per definire lo stato attuale e quello di riferimento di un corso d'acqua, per identificare le cause di alterazione o di degrado e per sviluppare una corretta definizione dei problemi che devono essere affrontati e risolti e dei benefici e dei risultati che devono essere ottenuti.

Preliminarmente è necessario procedere all'individuazione dei dati potenzialmente necessari in base alle esigenze tecniche ed istituzionali. I dati oggetto di raccolta dovrebbero fornire informazioni complete, di tipo fisico, chimico e biologico, sulle condizioni strutturali, ecologiche e funzionali attuali e passate del corso d'acqua, del corridoio fluviale e del bacino idrografico sotteso, così come è possibile che esista, in alcuni casi, la necessità di integrare tale tipo di dati con informazioni sulle caratteristiche sociali, culturali ed economiche dei medesimi ambiti. I dati possono essere raccolti con l'ausilio di un'ampia varietà di tecniche, comunque di preferenza mediante l'uso di metodi di campo standardizzati e modelli di valutazione riconosciuti ed ampiamente accettati.

Lo stato del contesto pre-intervento

Nessun intervento di ripristino dovrebbe essere realizzato senza una conoscenza approfondita dello stato attuale del corso d'acqua e del corridoio fluviale; non è ragionevolmente possibile, in caso contrario, definirne in modo proficuo le finalità e gli obiettivi e valutarne gli impatti. A causa della natura dinamica dei sistemi idrologici è necessario indagare e monitorare, di norma, un'ampia serie di fattori che andranno a costituire anche il punto di riferimento con cui comparare e misurare i cambiamenti futuri. I dati da raccogliere sono costituiti dalle caratteristiche strutturali e funzionali del corso d'acqua, del corridoio fluviale e degli ecosistemi limitrofi, raccolti alle diverse scale (paesaggio, bacino, reticolo idrografico, tratto fluviale, ecc.), così come dai fattori di disturbo associati. Essi devono essere definiti caso per caso a seconda delle condizioni e caratteristiche specifiche.

Non vi possono essere regole rigide circa i parametri più utili a caratterizzare tali condizioni, tuttavia, un quadro conoscitivo esaustivo dovrebbe interessare componenti quali:

- le caratteristiche idrologiche ed idrauliche;
- i processi geomorfologici in atto a livello di bacino idrologico e di asta fluviale;
- le caratteristiche chimico-fisiche e microbiologiche dell'acqua;
- la vegetazione acquatica e ripariale;
- le specie animali e vegetali e gli habitat ad esse connessi;

-le funzioni ecologiche svolte (connettività, filtro, barriera, etc.).

Soprattutto, è importante caratterizzare i parametri significativi relativi alle componenti sopra ricordate, che misurino o permettano valutazioni esaustive sul raggiungimento delle condizioni ecologiche desiderate e sulle alterazioni e gli impatti prodotti. Una trattazione più approfondita sulle metodologie utilizzabili è riportata in altro rapporto del progetto. A titolo indicativo, alcuni di tali parametri sono elencati a seguire, per componente, fattore o processo ambientale.

Idrologia: deflusso totale annuo; deflusso mensile o stagionale; deflusso minimo vitale; portate di piena; portata minima; pluviometria; regime idrologico; dimensioni e forma del bacino idrologico; etc.

Processi geomorfologici a livello di bacino idrologico: processi erosivi dominanti; tasso di erosione superficiale e di massa; apporto dei sedimenti e tasso di sedimentazione; funzioni di trasporto del sedimento; copertura del bacino idrologico; etc.

Processi geomorfologici a livello di asta fluviale: caratteristiche del deflusso; dimensioni, profilo, forma e struttura del corso d'acqua; composizione del substrato; incisione o deposizione di sedimenti; erosione spondale; re incisione; processi di avulsione; meandricizzazione; interconnessione; caratteristiche di posizionali; trasporto del sedimento sospeso e di fondo; etc.

Caratteristiche chimico-fisiche e microbiologiche dell'acqua: colore; temperatura; ossigeno disciolto (BOD, COD, TOC, etc.); carico sospeso; sostanze disciolte; sostanze pericolose; *Escherichia coli*; etc.

Vegetazione acquatica e ripariale: specie; tipo; esigenze ecologiche; composizione; distribuzione; copertura; dinamica e meccanismi successionali delle comunità vegetali; etc.

Specie e comunità animali ed habitat connessi: specie animali acquatiche e riparie ed habitat associati; esigenze ecologiche; presenza di specie alloctone ed infestanti; rischi per le specie autoctone; specie a rischio; indici basati su specie indicatrici (macroinvertebrati, vertebrati, etc.); etc.

Funzioni ecologiche: grado di frammentazione del mosaico territoriale; ampiezza e connettività del corridoio fluviale; continuità fluviale; connettività ecologica della vegetazione ripariale; etc.

Va sottolineato che per l'identificazione delle cause di alterazione e degrado è essenziale un'analisi non limitata alla scala del semplice corso d'acqua ma estesa anche ai fattori che condizionano lo stato ecologico del corridoio fluviale alla scala di paesaggio o di bacino idrografico.

Alla scala di bacino idrografico sono attivi, principalmente, disturbi connessi alle variazioni nel ruscellamento e nell'erosione superficiale e di massa, che comportano modificazioni negli apporti idrici e del trasporto solido, ed alla presenza di fonti di inquinamento civile, industriale e agricolo. Anche gli interventi di sfruttamento delle risorse idriche (invasi artificiali, opere di presa, etc.) devono essere analizzati sotto l'aspetto delle modificazioni idrologiche a livello di bacino.

I disturbi alla scala di corridoio o tratto fluviale possono essere indotti da molti importanti tipi di attività effettuate nel loro ambito, riconducibili in buona parte alle seguenti categorie:

-attività che alterano o degradano le sponde e la vegetazione ripariale (ad es. urbanizzazione, agricoltura, taglio forestale, pascolamento), il cui risultato è la modificazione della stabilità spondale, del ruscellamento e del trasporto di contaminanti, della qualità dell'acqua, delle caratteristiche degli habitat acquatici e ripari;

-attività (canalizzazione, costruzione di opere di difesa spondale, apertura di piste di accesso, escavazione di ghiaia) che alterano fisicamente la morfologia del corso d'acqua, delle sponde, delle zone riparie, il cui risultato è la modificazione, fino alla distruzione, degli habitat acquatici e ripari e lo scompaginamento dei flussi di energia dei materiali e delle biocenosi;

-modificazioni dell'alveo (costruzione di dighe, barriere, interventi incoerenti di ripristino di habitat) che alterano i flussi idraulici, la velocità delle acque, le caratteristiche del trasporto solido, gli habitat acquatici e la qualità dell'acqua.

I dati storici

I corsi d'acqua si modificano nel corso del tempo in risposta ai processi naturali esistenti ed ai disturbi antropici. E' importante identificare le condizioni e le attività passate, al fine di comprendere le condizioni attuali del corridoio fluviale. Un dato stato ecologico riscontrato nel passato può essere il modello di riferimento per il ripristino. Spesso, l'obiettivo di un intervento non consiste nel ritorno alle condizioni naturali precedenti i disturbi antropici, tuttavia la loro comprensione risulta utile nel guidare gli indirizzi verso una almeno parziale riqualificazione. Nella raccolta dei dati dovrebbe essere posta particolare attenzione ai cambiamenti nell'uso del suolo e nel mosaico territoriale in cui si snoda il tracciato del corridoio fluviale, nella composizione delle specie floristiche e faunistiche presenti, nella diffusione delle comunità vegetali e nella modificazione di altri parametri chimico-fisici e microbiologici. Fonti informative utili per definire i cambiamenti nel corridoio fluviale e negli ecosistemi associati ed i principali perturbamenti antropici e naturali verificatisi sono costituite da articoli tecnici e scientifici, mappe, fotografie, fotografie aeree, interviste a residenti di lunga data. Questi dati saranno essenziali per la comprensione delle condizioni presenti, per l'identificazione delle condizioni di riferimento e per la determinazione dei trend futuri.

Le condizioni di riferimento

E' utile descrivere le condizioni attuali del corridoio fluviale in confronto ad una condizione di riferimento che rappresenta, il più strettamente possibile, il risultato desiderato del ripristino. Le condizioni di riferimento potrebbero essere quelle che il corridoio fluviale avrebbe avuto se fosse rimasto relativamente inalterato; tuttavia, più realisticamente, esse possono rappresentare uno stato meno ideale di questo ma comunque sostanzialmente migliore di quello attuale. La definizione delle condizioni di riferimento può costituire un compito non facile, ma essenziale a condurre una buona analisi dei problemi esistenti e delle opportunità offerte da un intervento di ripristino.

Possono essere utili alla definizione delle condizioni di riferimento molte fonti informative, ad esempio la letteratura tecnica e scientifica, i dati storici sul corso d'acqua, il confronto con tratti del corso d'acqua considerati indicativi della sua naturalità potenziale, il confronto con corridoi fluviali vicini in situazioni fisiografiche simili, se essi sono soggetti solo in minima parte agli impatti dei disturbi naturali ed antropici.

L'IDENTIFICAZIONE E LA VALUTAZIONE PREVENTIVA DEGLI IMPATTI DELLE DIVERSE SCELTE PROGETTUALI

Come detto, un passaggio essenziale del meccanismo di selezione del progetto finale dovrebbe essere rappresentato da una approfondita analisi degli impatti potenzialmente significativi delle diverse soluzioni alternative, in ogni loro fase applicativa, dall'analisi conoscitiva, alla preparazione del sito, all'esecuzione delle opere, alla gestione operativa e di manutenzione dell'intervento.

L'individuazione e la valutazione dell'entità *ex ante* degli impatti ambientali di un qualsiasi progetto di riqualificazione fluviale è, in genere, un problema complesso, a causa dell'ampiezza dei campi di studio interessati e delle difficoltà insite nel confronto di elementi eterogenei tra loro. L'approccio utilizzato è spesso di tipo multicriteriale e consiste nel porre a confronto le alternative progettuali secondo un insieme di molteplici e diversi criteri di valutazione, pertanto non quantificabili con una stessa unità di misura. Tale approccio permette di rendere espliciti i vantaggi e gli svantaggi che ogni alternativa progettuale comporterebbe, se realizzata.

Nel processo di previsione degli impatti potenzialmente significativi di un progetto sono individuabili tre fasi: una di identificazione degli impatti stessi, una di stima della loro entità ed una di valutazione della loro significatività nel contesto interessato dall'intervento, in rapporto agli altri.

Identificazione degli impatti

L'identificazione degli impatti consiste in una serie di operazioni finalizzate ad individuare le interazioni certe o probabili tra le azioni causali elementari del progetto e le componenti ambientali caratteristiche del contesto territoriale interessato dall'intervento. Esistono vari metodi e strumenti per tali operazioni (*check-list*, matrici, grafi, mappe sovrapposte, etc.), spesso utilizzati in modo combinato. A monte è necessario un accurato lavoro di scomposizione e selezione delle azioni elementari di progetto ed un'accurata analisi delle componenti ambientali significative per l'ambito territoriale di riferimento.

Check-list

L'impiego di *check-list* (liste di controllo) rappresenta uno dei metodi più vecchi e diffusi nell'identificazione (ma anche valutazione) degli impatti. Le *check-list* costituiscono uno strumento semplice e molto flessibile, attraverso il quale è possibile definire gli elementi del progetto che influenzano le componenti ed i fattori ambientali e l'utilizzazione delle risorse esistenti. Esse sono sostanzialmente elenchi selezionati di parametri, relativi alle componenti ambientali, ai fattori di progetto ed ai fattori di disturbo. In definitiva, costituiscono la guida di riferimento per l'individuazione degli impatti, consentendo di predisporre un quadro informativo sulle principali interrelazioni che devono essere analizzate (ambientali e di progetto). Esistono in letteratura cinque tipi principali di *check-list*:

- liste semplici consistenti in elenchi di componenti ambientali, in genere standardizzati per tipo di progetto (infrastrutture di trasporto, attività estrattive, settore energia, etc.) o di ambito territoriale (ambiente marino, costiero, etc.);

- liste descrittive consistenti in elenchi che forniscono per ogni componente presa in considerazione una guida e dei criteri metodologici per la valutazione della loro qualità e per la previsione degli impatti;
- liste di quesiti, elenchi di domande relative alle attività di progetto e agli effetti conseguenti sulle componenti ambientali;
- liste pesate, elenchi che forniscono le tecniche per la misurazione, la ponderazione e l'aggregazione degli impatti elementari in indici sintetici di impatto;
- liste di soglie di attenzione, elenchi di parametri delle diverse componenti ambientali e dei relativi valori di soglia, oltre i quali si determina un impatto.

I primi tre tipi di *check-list* sono liste di tipo qualitativo e funzionano essenzialmente come promemoria e guida al ragionamento analitico, con lo scopo di impedire che vengano trascurati aspetti fondamentali nella valutazione degli impatti. Si riporta qui a seguire una lista di controllo di tipo semplice degli impatti potenziali, positivi e negativi, sugli ambiti fluviali (rielaborazione da Federal Interagency Stream Restoration Working Group 2001):

- aumento/riduzione della diversità del paesaggio
- aumento dell'ordine del corso d'acqua
- inquinamento/riduzione dell'inquinamento da sorgente puntuale
- inquinamento/riduzione dell'inquinamento da sorgente diffusa
- compattazione del suolo/aumento della sofficià del suolo
- aumento/riduzione del deflusso superficiale a monte
- aumento/riduzione del ruscellamento e dell'erosione laminare, a rivoli, a solchi
- aumento/riduzione del livello di sedimenti fini e contaminanti nel corridoio fluviale
- aumento/riduzione della salinità del suolo
- aumento/riduzione dell'infiltrazione
- aumento/riduzione dei flussi laterali e sub-superficiali verso ed entro il corridoio fluviale
- aumento/riduzione della ricarica della falda e degli acquiferi
- aumento/riduzione della profondità della falda
- aumento/riduzione degli apporti idrici da parte della falda
- aumento/riduzione delle velocità della corrente
- aumento/riduzione dell'andamento meandriforme
- aumento/riduzione della stabilità del corso d'acqua
- aumento/riduzione della migrazione laterale del corso d'acqua
- erosione/riduzione dell'erosione laterale e verticale dell'asta fluviale
- aumento/riduzione della pendenza della corrente e della dissipazione dell'energia
- aumento/riduzione della portata di massima piena
- aumento/riduzione dell'energia fluviale
- aumento/riduzione dei tempi di ritorno delle portate di piena
- aumento/riduzione delle durate delle portate
- aumento/riduzione della capacità della pianura alluvionale e delle aree declivi di accumulare, conservare e filtrare materiali ed energia
- aumento/riduzione del livello di sedimenti e contaminanti che raggiungono il corso d'acqua
- aumento/riduzione della capacità del corso d'acqua di accumulare, conservare e filtrare materiali ed energia
- aumento/riduzione della capacità del corso d'acqua di assimilare nutrienti/pesticidi
- asta fluviale confinata con ridotte possibilità per lo sviluppo di habitat/miglioramento dell'asta fluviale con maggiori possibilità per lo sviluppo di habitat

- aumento/riduzione dell'erosione spondale e di fondo
- aumento/riduzione dell'indebolimento delle sponde
- acquisto/perdita di sostanza organica e delle relative attività di decomposizione del corso d'acqua
- aumento/riduzione dei sedimenti sospesi, della salinità e della torbidità del corso d'acqua
- aumento/riduzione dell'arricchimento in nutrienti, sedimenti e contaminanti
- elevata frammentazione del corridoio fluviale con riduzione della distribuzione lineare di habitat e di effetti di bordo/connessione del corridoio fluviale con aumento della distribuzione lineare di habitat e di effetti di bordo
- acquisto/perdita di habitat interni al corridoio fluviale e di bordo
- aumento/riduzione della connettività (e della larghezza) del corridoio e verso gli ecosistemi associati
- aumento/riduzione degli spostamenti di specie floristiche e faunistiche per migrazione stagionale, dispersione, colonizzazione
- aumento/riduzione di specie opportunistiche e parassiti
- aumento/riduzione dell'esposizione alla radiazione solare, agli eventi meteorici e alle temperature estreme
- aumento/riduzione degli estremi in temperatura ed umidità lungo il corridoio fluviale
- acquisto/perdita di vegetazione ripariale
- acquisto/perdita di vegetazione acquatica
- aumento/riduzione delle fonti di ombra, detriti, cibo, copertura nel corso d'acqua
- miglioramento/peggioramento nella composizione, nella struttura e nella diversità della vegetazione
- aumento/riduzione della temperatura dell'acqua
- degrado della diversità degli habitat acquatici/miglioramento degli habitat acquatici
- aumento/riduzione della popolazione invertebrata nel corso d'acqua
- acquisto/perdita di funzioni associate alle zone umide
- aumento/riduzione della concentrazione di ossigeno nel corso d'acqua
- invasione di specie esotiche/riduzione di specie esotiche
- aumento/riduzione della riserva genetica di specie autoctone
- aumento/riduzione della diversità di specie (animali, vegetali, etc.)
- aumento/riduzione del grado di tutela delle specie a rischio

Le liste pesate e le liste di soglie di attenzione implicano anche un criterio di punteggio per una descrizione più dettagliata dell'impatto rispetto ad altri della stessa lista o rispetto ad altre soluzioni progettuali. Le *check-list* di questo tipo sono strumenti utili quindi non solo in fase di identificazione ma anche di valutazione dell'entità degli impatti. Un esempio classico è costituito dalla lista Battelle (Dee *et al.* 1972), che considera quattro categorie ambientali principali (ambiente naturale o ecologia, inquinamento ambientale, fattori estetici, interessi umani), all'interno delle quali si collocano in tutto 18 componenti; in queste componenti sono compresi in tutto 78 parametri chimico-fisici e indici di varia natura. Per poter esprimere delle valutazioni e dei confronti quantitativi, i singoli 78 parametri sono pesati con un diverso grado di importanza tra loro, equivalente a un punteggio valutato di volta in volta in relazione allo specifico problema da indagare, tale per cui la somma totale è pari a 1000. L'attribuzione dei coefficienti di ponderazione esprime la scala di importanza assoluta degli impatti singoli tra loro e all'interno delle quattro categorie ambientali. Dopo aver attribuito i coefficienti di ponderazione, vengono rilevati o stimati i dati disponibili di tutti i 78 parametri considerati e trasformati in coefficienti di qualità ambientale su una scala omogenea normalizzata compresa tra i valori 0 e +1. Moltiplicando infine tra loro, per ogni singolo parametro, i coefficienti di ponderazione e i coefficienti di qualità ambientale, si ottengono 78 indici di qualità ambientale, la cui somma è un valore compreso tra 0 (impatto massimo) e 1000 (impatto minimo) che esprime la qualità ambientale derivante dall'impatto del progetto sull'ambiente.

A fronte della semplicità e della buona flessibilità, il limite più importante delle *check-list* è riconducibile al fatto che, a causa del vasto numero di variabili prese in considerazione, non consentono una buona definizione delle relazioni causa-effetto.

Check-list Battelle. I coefficienti di ponderazione sono solo esemplificativi e devono essere pesati di volta in volta in relazione allo specifico problema da indagare.

<i>parametri</i>	<i>coeff. di pond.</i>	<i>parametri</i>	<i>coeff. di pond.</i>
ECOLOGIA	240	domanda biochimica di ossigeno	25
<i>Specie e popolazioni terrestri</i>		ossigeno disciolto	31
erbivori	14	colibacilli	18
colture	14	carbonio inorganico	22
vegetazione naturale	14	azoto inorganico	25
specie nocive	14	fosforo inorganico	28
avifauna	14	antiparassitari	16
<i>Specie e popolazioni acquatiche</i>		pH	18
pesca commerciale	14	variazioni di portata	28
vegetazione naturale	14	temperatura	28
specie nocive	14	sostanze solidi sospese	25
pesca sportiva	14	sostanze tossiche	14
uccelli acquatici	14	torbidità	20
<i>Habitats e comunità terrestri</i>		<i>Qualità dell'aria</i>	
indice della catena alimentare	12	monossido di carbonio	5
uso del suolo	12	idrocarburi	5
specie minacciate	12	ossido di azoto	10
diversità delle specie	14	polveri	12
<i>Habitats e comunità acquatici</i>		ossidanti fotochimici	5
indice della catena alimentare	12	anidridi solforose e solforiche	10
caratteristiche dei corsi d'acqua	12	altre sostanze	5
specie minacciate	12	<i>Inquinamento del suolo</i>	
diversità delle specie	14	uso del suolo	14
<i>Ecosistemi (solo elementi descrittivi)</i>		erosione	14
FATTORI ESTETICI	153	<i>Inquinamento acustico</i>	
<i>Suolo</i>		rumore	4
rocce superficiali	6	FATTORI UMANI E SOCIALI	205
caratteristiche topografiche e dei rilievi	16	<i>Fattori educativi e scientifici</i>	
geometria e riferimenti spaziali	10	archeologia	13
<i>Aria</i>		ecologia	13
odori e visuali	3	geologia	11
suoni	2	idrologia	11
<i>Acqua</i>		<i>Fattori storici</i>	
aspetto	10	architettura e monumenti	11
rive e spiagge	16	fatti	11
odori e materiali galleggianti	6	personaggi	11
caratteristiche degli specchi d'acqua	10	religioni e cultura	11
geologic e vegetazione costiera	10	frontiera dell'ovest*	11
<i>Esseri viventi</i>		<i>Fattori culturali</i>	
animali domestici	5	popolazioni indiane*	11
animali selvatici	5	altri gruppi etnici	14
associazione vegetazionali	9	minoranze religiose	7
diversità nelle associazioni vegetazionali	5	<i>Atmosfera</i>	
<i>Manufatti</i>		capacità di influenzare stati d'animo	7
Manufatti	10	senso di rispetto, ispirazione	11
<i>Scenario</i>		isolamento, solitudine	11
effetto d'insieme	15	senso di mistero	4
caratteri di eccezionalità	15	fusione con la natura	11
INQUINAMENTO	402	<i>Qualità della vita</i>	
<i>Qualità dell'acqua</i>		offerte di lavoro	13
perdite del bacino idrologico	20	disponibilità di abitazioni	13
		interazioni sociali	11

* componenti ambientali strettamente riferite alla situazione degli Stati Uniti

Matrici

Le matrici sono tabelle a doppia entrata nelle quali la lista delle attività elementari previste per la realizzazione dell'intervento è messa in relazione con la lista delle componenti ambientali interessate, spesso suddivise e raggruppate in categorie, al fine di identificare le potenziali aree di impatto. In genere le attività di progetto sono riportate nelle colonne e le componenti ambientali nelle righe ed ogni incrocio della matrice rappresenta una potenziale relazione di impatto tra di esse secondo un rapporto di causa-effetto.

Tali matrici sono dette *matrici azioni-componenti* e possono essere di tipo qualitativo, semi-quantitativo e quantitativo. Le prime si limitano ad evidenziare se esiste o meno una relazione causa-effetto. Le seconde individuano gli impatti e ne definiscono la rilevanza tramite un'apposita notazione, secondo parametri quali positività o negatività, intensità, reversibilità o irreversibilità dell'impatto. Le matrici quantitative consentono di valutare, tramite un punteggio numerico, gli impatti di ogni azione elementare su ogni componente ambientale individuata e si costruiscono attribuendo ad ogni punto di incrocio un coefficiente numerico che esprime l'importanza di quell'interazione rispetto alle altre.

Le matrici possono essere preparate attraverso successivi livelli di approfondimento conoscitivo. E' difficile infatti arrivare senza errori alla determinazione specifica di tutte le interrelazioni tra azioni ed impatti che si vengono a creare.

La matrice di tipo quantitativo più nota è quella di Leopold (1971), che incrocia 100 possibili azioni elementari, suddivise in 11 categorie riguardanti la fase di costruzione e di esercizio, con 88 componenti ambientali, per un totale di 8.800 incroci di impatto potenziale, secondo una relazione causa-effetto. Nelle celle d'intersezione vengono riportati due numeri: la grandezza dell'impatto della data azione sulla data componente (in una scala da +10, molto positivo, a -10, molto negativo) e la rilevanza dell'impatto (in una scala da 10, molto rilevante, a 1, irrilevante) nei confronti degli altri impatti e del contesto generale. La sommatoria orizzontale e verticale di tali dati permette di giungere ad una valutazione delle azioni più o meno impattanti, delle componenti più o meno soggette ad impatto, nonché ad una valutazione globale dell'intervento.

La matrice di Leopold è di facile comprensione, può essere applicata a molti casi ed è indicata per gli impatti di tipo diretto. I parametri considerati possono essere ridotti o disaggregati ulteriormente, a seconda dell'entità del progetto e della necessità di assumere particolari informazioni. Di contro, nonostante l'alto numero di incroci, non si elimina però il rischio di omissioni di impatti, a causa del suo rigido formato, che crea intersezioni già prestabilite. Ha inoltre lo svantaggio di non prendere in considerazione le interazioni fra le diverse attività e gli effetti secondari. Si riportano di seguito gli elenchi delle azioni elementari e delle componenti ambientali previste da Leopold.

MATRICE DI LEOPOLD – PROJECT ACTIONS

A. MODIFICATION OF REGIME

- a) Exotic flora or fauna introduction
- b) Biological Controls
- c) Modification of habitat
- d) Alteration of ground cover
- e) Alteration of ground-water hydrology
- f) Alteration of drainage
- g) River control and flow codification
- h) Canalization
- i) Irrigation
- j) Weather modification
- k) Burning
- l) Surface or paving
- m) Noise and vibration

B. LAND TRANSFORMATION AND CONSTRUCTION

- a) Urbanization
- b) Industrial sites and buildings
- c) Airports
- d) Highways and bridges
- e) Roads and trails
- f) Railroads
- g) Cables and lifts
- h) Transmission lines, pipelines and corridors
- i) Barriers, including fencing
- j) Channel dredging and straightening
- k) Channel revetments
- l) Canals
- m) Dams and impoundments
- n) Piers, seawalls, marinas, & sea terminals
- o) Offshore structures
- p) Recreational structures
- q) Blasting and drilling
- r) Cut and fill
- s) Tunnels and underground structures

C. RESOURCE EXTRACTTION

- a) Blasting and drilling
- b) Surface excavation
- c) Sub-surface excavation and retorting
- d) Well drilling and fluid removal
- e) Dredging
- f) Clear cutting and other lumbering
- g) Commercial fishing and hunting

D. PROCESSING

- a) Farming
- b) Ranching and grazing
- c) Feed lots
- d) Dairying
- e) Energy generation
- f) Mineral processing
- g) Metallurgical industry
- h) Chemical industry
- i) Textile industry
- j) Automobile and aircraft
- k) Oil refining
- l) Food
- m) Lumbering
- n) Pulp and paper
- o) Product storage

E. LAND ALTERATION

- a) Erosion control and terracing
- b) Mine sealing and waste control
- c) Strip mining rehabilitation
- d) Landscaping
- e) Harbour dredging
- f) Marsh fill and drainage

F. RESOURCE RENEWAL

- a) Reforestation
- b) Wildlife stocking and management
- c) Ground-water recharge
- d) Fertilization application
- e) Waste recycling

G. CHANGES IN TRAFFIC

- a) Railway
- b) Automobile
- c) Trucking
- d) Shipping
- e) Aircraft
- f) River and Canal traffic
- g) Pleasure boating
- h) Trails
- i) Cables and lifts
- j) Communication
- k) Pipeline

H. WASTE EMPLACEMENT AND TREATMENT

- a) Ocean dumping
- b) Landfill
- c) Emplacement of tailings, spoil and overburden
- d) Underground storage
- e) Junk disposal
- f) Oil-well flooding
- g) Deep-well emplacement
- h) Cooling-water discharge
- i) Municipal waste discharge including spray irrigation
- j) Liquid effluent discharge
- k) Stabilization and oxidation ponds
- l) Septic tanks, commercial &. domestic
- m) Stack and exhaust emission
- n) Spent lubricants

I. CHEMICAL TREATMENT

- a) Fertilization
- b) Chemical deicing of highways, etc.
- c) Chemical stabilization of soil
- d) Weed control
- e) Insect control (pesticides)

J. ACCIDENTS

- a) Explosions
- b) Spills and leaks
- c) Operational failure

OTHERS

- a)
- b)

ENVIRONMENTAL 'CHARACTERISTICS' AND 'CONDITIONS'

A. PHYSICAL AND CHEMICAL CHARACTERISTICS

<p>1. <i>Earth</i></p> <ul style="list-style-type: none"> a) Mineral resources b) Construction material c) Soils d) Landform e) Force fields & background radiation f) Unique physical features <p>2. <i>Water</i></p> <ul style="list-style-type: none"> a) Surface b) Ocean c) Underground d) Quality e) Temperature g) Snow, Ice & permafrost 	<p>3. <i>Atmosphere</i></p> <ul style="list-style-type: none"> a) Quality (gases, particulates) b) Climate (micro, macro) c) Temperature <p>4. <i>Processes</i></p> <ul style="list-style-type: none"> a) Floods b) Erosion c) Deposition (sedimentation, precipitation) d) Solution e) Sorption (ion exchange, complexing) f) Compaction and settling g) Stability (slides, slumps) h) Stress-strain (earthquake) i) Recharge j) Air movements
--	--

B. BIOLOGICAL CONDITIONS

<p>1. <i>Flora</i></p> <ul style="list-style-type: none"> a) Trees b) Shrubs c) Grass d) Crops e) Microflora f) Aquatic plants g) Endangered species h) Barriers i) Corridors 	<p>2. <i>Fauna</i></p> <ul style="list-style-type: none"> a) Birds b) Land animals including reptiles c) Fish & shellfish d) Benthic organisms e) Insects f) Microfauna g) Endangered species h) Barriers i) Corridors
--	---

C. CULTURAL FACTORS

<p>1. <i>Land use</i></p> <ul style="list-style-type: none"> a) Wilderness & open spaces b) Wetlands c) Forestry d) Grazing e) Agriculture f) Residential g) Commercial h) Industrial i) Mining & quarrying <p>2. <i>Recreation</i></p> <ul style="list-style-type: none"> a) Hunting b) Fishing c) Boating d) Swimming e) Camping & hiking f) Picnicing g) Resorts <p>3. <i>Aesthetics & Human Interest</i></p> <ul style="list-style-type: none"> a) Scenic views and vistas b) Wilderness qualities 	<ul style="list-style-type: none"> c) Open space qualities d) Landscape design e) Unique physical features f) Parks & reserves g) Monuments h) Rare & unique species or ecosystems i) Historical or archaeological sites and objects j) Presence of misfits <p>4. <i>Cultural Status</i></p> <ul style="list-style-type: none"> a) Cultural patterns (life style) b) Health and safety c) Employment d) Population density <p>5. <i>Man-Made Facilities and Activities</i></p> <ul style="list-style-type: none"> a) Structures b) Transportation network (movement, access) c) Utility networks d) Waste disposal e) Barriers f) Corridors
--	---

D. ECOLOGICAL RELATIONSHIPS SUCH AS:

<ul style="list-style-type: none"> a) Salinization of water resources b) Eutrophication c) Disease-insect vectors d) Food chains 	<ul style="list-style-type: none"> e) Salinization of surficial material f) Brush encroachment g) Other
--	--

OTHERS

<ul style="list-style-type: none"> a) b) 	
--	--

Allo scopo di ovviare ai difetti del tipo di matrice sopra citato, comunque sempre valido se utilizzato con le debite precauzioni, sono stati sviluppati metodi che utilizzano più matrici contemporaneamente o in modo sequenziale.

Un esempio di tale tipo è rappresentato dalla *matrice degli effetti indotti* (CNYRP&DB, 1972) costituita da due matrici in sequenza. La prima mette in relazione le condizioni e le risorse iniziali dell'ambiente con le azioni di progetto e permette l'identificazione degli impatti diretti. La seconda pone in relazione tra loro gli impatti primari individuati nella prima matrice al fine di identificare le modificazioni secondarie frutto della interazione o cumulazione di più effetti elementari. La valutazione degli impatti primari e secondari si basa essenzialmente sull'importanza, maggiore o minore, dell'impatto identificato e sul carattere, diretto o indiretto, della relazione individuata.

Un altro esempio di metodo a matrici sequenziali è rappresentato dalle *matrici cromatiche* (Cossu 1986). Il metodo generale si basa su quattro schemi matriciali che mettono in evidenza le interazioni tra cause, elementi di impatto e categorie ambientali. Per quantificare l'entità delle interazioni tra le diverse liste di controllo presenti in ognuna delle matrici, si utilizza una rappresentazione cromatica. Vengono utilizzate due differenti scale cromatiche, una per gli effetti positivi, l'altra per quelli negativi, comprendenti quattro livelli di valutazione, espressi da diverse tonalità.

IMPATTO DEL PROGETTO DI RISANAMENTO, RECUPERO, ecc.				
NEGATIVO	Trascurabile	Basso	Medio	Alto
POSITIVO	Trascurabile	Basso	Medio	Alto
Da Cossu (1986)				

Figura 1: Scala cromatica degli impatti utilizzata da Cossu (1986).

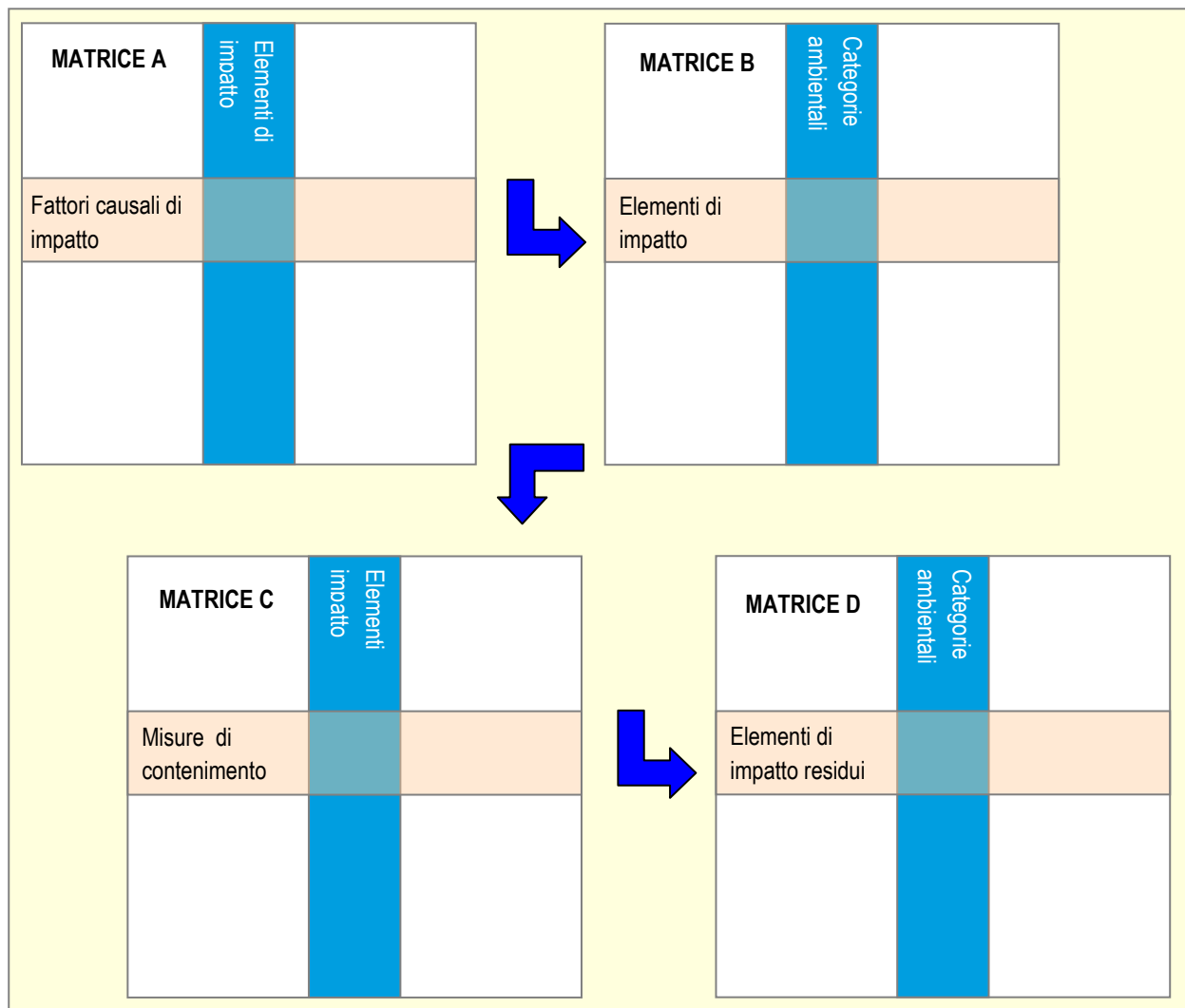
Le quattro tonalità cromatiche corrispondono ai seguenti livelli qualitativi: trascurabile, basso, medio, alto. La rappresentazione cromatica degli impatti consente una immediata e sintetica individuazione degli elementi critici di impatto su cui eventualmente intervenire. Le matrici utilizzate sono di seguito descritte:

-*matrice A (delle cause e degli elementi di impatto)*: mette in evidenza le attività di un intervento che sono origine (cause) degli elementi di impatto e ne pesa l'incidenza. Mediante questa prima matrice si individuano le parti dell'opera o le attività connesse alla sua gestione, che sono suscettibili di creare fonti (elementi) di impatto;

-*matrice B (degli impatti potenziali)*: presenta come liste di controllo gli elementi di impatto individuati con la matrice A e le categorie ambientali che potenzialmente possono risentire degli effetti generati dagli elementi di impatto. Dall'intersezione di queste due voci si possono individuare gli impatti potenziali che l'opera manifesta nei confronti dell'ambiente circostante. Con questa matrice si individuano i punti verso i quali dovranno essere indirizzati gli interventi di contenimento;

-*matrice C (delle misure di contenimento)*: prende in considerazione, sulla base degli impatti potenziali negativi individuati dalla matrice B, gli interventi e le misure adottabili per contenere (eliminare o ridurre a livelli accettabili) gli impatti negativi. La loro azione deve andare ad incidere sulle cause che maggiormente contribuiscono all'insorgere degli elementi di impatto negativi e pertanto la loro individuazione non può prescindere da un attento esame della matrice A. E' necessario avere chiare tutte le interrelazioni possibili, in quanto uno stesso elemento di impatto può essere interessato da più di una misura di contenimento. Gli stessi interventi di contenimento possono inoltre produrre, accanto ad effetti positivi su taluni elementi, anche effetti negativi su altri;

-*matrice D (degli impatti contenuti)*: è la matrice di valutazione degli impatti residui, una volta messi in atto gli interventi di contenimento. E' analoga alla matrice B di valutazione degli impatti potenziali, ma, a differenza di questa, il suo esame consente di esprimere un giudizio definitivo sulla compatibilità o meno di un'opera nei confronti dell'ambiente circostante. L'esame congiunto della matrice B e D consente un apprezzamento visivo dell'efficacia attesa per gli interventi di contenimento previsti.



Grafi

I grafi (o *networks*) sono costituiti da diagrammi di flusso o catene di relazioni multiple che mettono in rapporto le azioni di progetto con le componenti suscettibili di subire modificazioni.

Allo scopo di identificare il complesso di impatti di un'attività, i grafi ricostruiscono la catena di eventi, o potenziali effetti, indotti da specifiche azioni di progetto sulle condizioni iniziali dell'ambiente, i potenziali cambiamenti nelle condizioni ambientali, gli effetti multipli di impatto ed i possibili interventi correttivi da proporre.

Il metodo dei grafi tenta, cioè, di individuare non solamente le relazioni causa-effetto per gli impatti diretti di un'opera o un intervento sulle componenti ambientali, ma anche l'esistenza di effetti secondari e indiretti, di relazioni multiple, di concomitanza di cause e di cumolazione di effetti, tenendo anche conto della dimensione temporale.

Le fasi della creazione di un grafo sono:

- suddivisione del progetto in attività elementari che possono interferire con le componenti ambientali;
- individuazione dei fattori d'impatto generati dalle attività elementari;
- individuazione di come i fattori d'impatto possano dare luogo ad effetti di primo ordine (o effetti diretti);
- individuazione di come gli effetti di primo ordine possano dare luogo, successivamente, ad effetti di ordine superiore (effetti secondari, terziari, etc.) (effetti indiretti).

Esempi classici di utilizzo dei grafi nella individuazione delle componenti ambientali e degli impatti sono i metodi di Sorensen (1971) e di Bereano (1972).

Il metodo di Sorensen utilizza un sistema a matrice bidimensionale per l'individuazione degli impatti primari (correlazione tra le azioni connesse agli elementi del progetto e le modificazioni introdotte da queste nel sistema ambientale) e i grafi per l'analisi degli impatti di grado superiore e per la loro correlazione con le misure di attenuazione.

Il metodo di Bereano utilizza tre differenti grafi degli effetti di impatto ambientale di vario ordine, prodotti da elementi originatori, relativi rispettivamente alla costruzione del progetto, al suo funzionamento ed alle attività connesse alla realizzazione del progetto (infrastrutture, servizi, etc.) e agli incidenti probabili e/o prevedibili.

Stima degli impatti

La stima degli impatti consiste nella previsione della loro entità, vale a dire nella stima delle variazioni prevedibili delle diverse componenti ambientali interessate, a seguito dell'esecuzione delle diverse azioni di progetto.

La previsione dell'entità degli impatti può essere eseguita:

-in termini qualitativi, sulla base di un giudizio fornito da esperti;

-in termini quantitativi, sulla base di calcoli previsionali che si appoggiano a modelli che simulano la realtà (modelli matematici semplici e complessi, modelli fisici, analisi dei sistemi, analisi input-output, etc.).

I metodi quantitativi possono essere applicati, in genere, in modo relativamente semplice ai sistemi chimico-fisici, ma con assai minore facilità ai sistemi biologici e socio-economici. Il loro uso richiede comunque che siano disponibili dati quantitativi adeguati sui fattori oggetto di indagine.

Valutazione degli impatti

La valutazione degli impatti consiste in una serie di operazioni finalizzate ad aggregare i diversi impatti stimati, secondo una scala comune di giudizio, con lo scopo di poter porre a confronto gli effetti complessivi delle diverse alternative progettuali. Tale scala è riconducibile ad una delle seguenti tipologie:

-scala qualitativa o simbolica: gli impatti vengono classificati in base a parametri qualitativi (ad esempio alto/medio/basso, positivo/negativo, reversibile a breve termine/reversibile a lungo termine/irreversibile, etc.) oppure con una simbologia grafica (ad esempio, cerchio per impatti negativi, quadrato per impatti positivi, piccolo, medio, grande a seconda dell'entità dell'impatto) oppure ancora con dei più o dei meno per impatti positivi o negativi;

-scala numerica: gli impatti stimati vengono trasformati in valori numerici riferiti ad una scala convenzionale (per esempio tra 0 e 1, 0 e 5, 0 e 100, dove 0 indica la qualità peggiore della componente ambientale considerata e 1, 5, 100, la qualità migliore; oppure tra -1 e +1, in cui 0 indica l'assenza di impatto, -1 l'impatto negativo massimo e +1 quello positivo massimo);

-scala ordinale: per ogni fattore di impatto stimato, le diverse alternative esaminate vengono collocate in ordine di importanza crescente o decrescente degli impatti (per esempio, di tre alternative, avrà rango 1 l'alternativa migliore, rango 2 l'intermedia, rango 3 la peggiore); procedendo in questo modo per tutti gli impatti previsti, si potranno eliminare alcune alternative che appaiono dominate, cioè non migliori di almeno un'altra in nessun caso.

Qualunque sia il tipo di scala adottato, per attribuire un dato valore si possono utilizzare curve di trasformazione, cioè specifiche funzioni che mettano in relazione la stima effettuata con la scala in cui si vuole calcolare l'impatto. Tali curve sono costruite riportando in ordinata la scala convenzionale prescelta (ad esempio 0-1) e in ascissa la scala in base alla quale si è effettuata la stima (ad esempio, la concentrazione di un dato inquinante). Si traccia, quindi, la funzione che si ritiene adatta a rappresentare il fenomeno e si rilevano in ordinata i valori normalizzati delle diverse stime effettuate (la forma della funzione può essere definita da esperti o desunta dalla letteratura tecnica e scientifica in merito).

Effettuate tali operazioni di trasformazione, è possibile disporre di valori omogenei e confrontabili di impatto per le diverse componenti ambientali. Qualora nella fase di individuazione degli impatti siano stati utilizzati i metodi matriciali, tali valori possono essere riportati nelle matrici stesse per consentire un primo confronto tra l'entità dei diversi impatti (è il caso, ad esempio, della matrice di Lepold sopra citata). In questo modo si dispone di una matrice di valori che rappresentano l'entità degli impatti di ciascuna alternativa di progetto su ciascuna componente ambientale.

Va tuttavia tenuto presente che le componenti ambientali coinvolte, in base alle caratteristiche del contesto di intervento e dell'opera da realizzare, non hanno lo stesso grado di importanza. Da qui nasce la necessità di effettuare una ponderazione degli impatti, che può essere operata in vario modo:

-distribuendo un ammontare fisso di pesi (ad esempio pari a 100) fra le diverse componenti ambientali considerate e moltiplicando i punteggi di impatto delle singole componenti per i pesi. In questo modo si ottiene un ordinamento ponderato delle alternative;

-utilizzando schemi di giudizio predefiniti dell'importanza delle risorse. Si potranno classificare, ad esempio, le risorse secondo coppie di caratteristiche (rinnovabili/non rinnovabili, comuni/rare, non strategiche/strategiche), attribuendo poi 1 punto per ogni caratteristica 'inferiore' (rinnovabile, comune, non strategica) e 2 punti per ogni caratteristica 'superiore' (non rinnovabile, rara, strategica) e moltiplicando fra loro i punti assegnati alle tre caratteristiche: il totale, compreso tra 1 e 8, è il peso da attribuire a quella risorsa. Nell'attribuzione dei pesi si può naturalmente tenere conto anche della variabile temporale (breve termine/lungo termine).

IL MONITORAGGIO E LA VALUTAZIONE DEGLI EFFETTI E DEI RISULTATI

La valutazione dei risultati è un passaggio molto importante degli interventi di ripristino. Senza una verifica formale del successo di un progetto è difficile migliorare le tecniche utilizzate, poiché non è possibile sapere se sono necessari dei miglioramenti. Attraverso una valutazione accurata, basata su un piano di monitoraggio corretto, è, inoltre, possibile conoscere meglio aspetti poco noti dei sistemi fluviali, come ad esempio gli habitat preferiti dalle diverse specie ittiche o di invertebrati. In questa relazione si è tenuto conto dell'esperienza e dei suggerimenti contenuti nel rapporto redatto nel 2000 da Ian D. Rutherford, Kathryn Jerie e Nicholas Marsh: *A Rehabilitation Manual for Australian Streams - Evaluation*, Volume 2.

Un monitoraggio regolare inserito nei processi valutativi può segnalare con un buon grado di attendibilità danni o difetti di progetto, cosa che non avverrebbe in sua assenza.

Sebbene non vi sia alcun dubbio sull'estrema utilità della valutazione, tale pratica è a tutt'oggi molto rara. Ciò è spesso dovuto al fatto che a nessuno piace constatare il fallimento del proprio lavoro, soprattutto pubblicamente. Se anche questo ostacolo fosse superato, tuttavia, una valutazione completa richiederebbe tempo, alti costi e difficoltà nell'esecuzione.

C'è da considerare che un progetto di ripristino di un ecosistema fluviale dovrebbe essere visto come un esperimento (Kondolf, Micheli 1995). Non c'è, pertanto, nessun disonore nell'ammettere che uno o tutti gli obiettivi sono stati falliti. Anche da un fallimento si possono imparare molte cose. Inoltre, non tutte le valutazioni devono necessariamente essere rese difficoltose e costose (anche se ciò costituisce la tendenza dei piani di monitoraggio più articolati). Limitando le ambizioni è possibile elaborare una valutazione facile e veloce.

Fondamenti di un piano di monitoraggio e valutazione

Anche se si decide di scegliere un tipo di valutazione semplice, è buona regola essere consapevoli delle ragioni per le quali una valutazione completa non può essere praticata (mancanza di personale, mezzi di trasporto, complicazioni economiche). Tale consapevolezza aiuterà anche a comprendere i limiti di ogni valutazione.

Le due domande di base di ogni valutazione sono: *qualcosa è veramente cambiato? Il cambiamento registrato è effettivamente dovuto alle azioni intraprese o è stato causato da qualcos'altro?*

I sistemi naturali sono sempre in mutazione, in ragione della loro continua risposta ai cambiamenti di numerose pressioni ambientali (ad es. temperatura, pioggia, insolazione, etc.). Ogni impatto delle azioni umane si sovrappone a questo background in costante cambiamento.

Pianificare un lavoro sperimentale per identificare quali cambiamenti sono in relazione con un intervento di recupero della funzionalità o continuità fluviale è un compito specialistico e laborioso che occupa il tempo di molti ricercatori. Per una discussione più ampia di un progetto sperimentale vedere Meredith, Mantel (1995).

Gli scopi principali di questa sezione sono: a) introdurre alcuni principi che aiuteranno a comprendere come mai gli scienziati siano molto cauti nel formulare progetti di monitoraggio estremamente accurati; b)

incoraggiare a definire il progetto di monitoraggio con estrema cura sperimentale prima di essere tentati di misurare qualcosa.

C'è differenza fra monitoraggio e valutazione? Sì. Il monitoraggio è la raccolta di informazioni sulla efficacia di un intervento. La valutazione è l'analisi dei dati raccolti con il monitoraggio al fine di giudicare il successo o il fallimento del progetto. Molti progetti sono monitorati ma non valutati perché nessuno fa qualcosa con le informazioni ottenute dal monitoraggio.

Variazioni naturali

I sistemi naturali sono sempre in uno stato di mutamento. Esistono fluttuazioni regolari come i mutamenti giornalieri e stagionali e variazioni più casuali, in risposta ad eventi anch'essi casuali, come una inondazione o un inverno particolarmente caldo. Variazioni si verificano anche spazialmente. Per esempio, le specie arboree dei tratti superiori di un bacino idrografico sono solitamente differenti da quelle dei tratti inferiori. Alcune specie di macroinvertebrati vivono su rocce larghe e pulite, mentre altre dello stesso corso d'acqua vivono nei sedimenti più fini fra le rocce. E' la variabilità spaziale e temporale intrinseca nei sistemi naturali che rende il piano di controllo sperimentale fondamentale per una valutazione efficace di un progetto. Se il piano di controllo è lo scheletro del piano di valutazione, la metodologia di campionamento ne è la muscolatura.

Variabilità spaziale

Idealmente, se si desidera conoscere quali macroinvertebrati sono presenti in un corso d'acqua o la tessitura di una barra di ghiaia, dovrebbero venire contati o misurati ogni macroinvertebrato ed ogni sasso. Questo metodo consentirebbe di essere certi che il risultato dello studio rappresenta ciò che realmente è presente nel corso d'acqua. Ovviamente ciò sarà quasi sempre impossibile. Sarà invece necessario prelevare dei campioni, con un retino per gli invertebrati, con una benna per la ghiaia e contare gli individui ed i sassi dei campioni ed assumere che i campioni siano rappresentativi dell'intera popolazione di invertebrati o dell'intera barra di ghiaia. Ciò va bene finché i macroinvertebrati sono distribuiti uniformemente lungo il corso d'acqua e le dimensioni della ghiaia non variano lungo la barra. I macroinvertebrati, però, non sono distribuiti uniformemente, specie diverse vivono in habitat diversi ed anche nei medesimi habitat alcune aree possono essere popolate più densamente di altre. La ghiaia non è distribuita uniformemente lungo la barra, la parte a monte è più grossolana ed è possibile la presenza di massi e grandi lastre di pietra. La soluzione al problema è prelevare molti sub-campioni in differenti punti del corso d'acqua in quel determinato sito. Da essi è possibile calcolare una media (o altre funzioni statistiche) che si assumerà rappresentativa dell'intera popolazione invertebrata o dell'intera barra di ghiaia in quel sito. Questo consentirà anche di calcolare quanta variabilità esiste nelle specie di invertebrati e nella granulometria in quel determinato sito.

Se non si gestisce ciò in modo corretto, la variabilità casuale fra i diversi campioni può mascherare le modificazioni avvenute nel corso d'acqua in seguito ad un intervento di ripristino o viceversa.

Per continuare l'esempio sui macroinvertebrati, le variazioni di portata e nelle dimensioni e nel tipo delle rocce comportano che i macroinvertebrati non siano distribuiti uniformemente lungo il corso d'acqua. Se un giorno si raccoglie, accidentalmente, un campione da una sezione a flusso rapido e la settimana seguente un campione da una sezione a flusso lento si ottengono campioni probabilmente molto diversi. Ciò non dipenderà dal fatto che il tipo e la densità dei macroinvertebrati è mutata ma dal fatto di avere accidentalmente campionato popolazioni differenti. Ciò significa che la raccolta di un solo campione o anche di pochi sub-campioni può non dare una fotografia corretta della situazione dell'intero corso d'acqua.

Dove la variabilità è prevedibile si può procedere ad una stratificazione del campione: campionamento dei macroinvertebrati in *pools* e *riffles*, perché in ciascuno dei due habitat individuati saranno presenti animali differenti.

Quando si procede ad un campionamento o ad un sub-campionamento è molto importante l'estrazione casuale o randomizzata. E' quasi impossibile per una persona essere completamente oggettiva. Quando si sta scegliendo un sito 'rappresentativo', si può essere inconsapevolmente indotti a raccogliere dati più orientati a mostrare gli effetti che ci interessa presentare. Ciò non implica una deliberata falsificazione dei risultati ma

una umana tendenza a vedere ciò che si desidera vedere. Il campionamento casuale è uno dei postulati di base di molti test statistici, pertanto è particolarmente importante in caso di pianificazione di uno studio. E' anche importante che il grado tassonomico di riconoscimento sia il più possibile a livello di specie, perché un riconoscimento a livello di famiglia o di genere potrebbe non bastare ad evidenziare le modificazioni subite dalla comunità (caso del nostro studio sperimentale sul Clitunno).

Variabilità temporale

Consideriamo la valutazione di un nuovo habitat per pesci, consistente nell'esame dei risultati di una indagine condotta mediante elettropesca nel tratto fluviale prima e dopo la conclusione dei lavori. Se nella seconda indagine sono stati rilevati più pesci che nella prima possiamo affermare che il lavoro di creazione del nuovo habitat ha avuto successo? Non necessariamente. La popolazione ittica, infatti, può variare di anno in anno per cause del tutto naturali. Se tali variazioni non sono state valutate, non si possono trarre conclusioni sull'efficacia dell'intervento. In questo caso occorrerebbe un programma di monitoraggio molto lungo, in base al quale possa essere definita la tendenza generale della variabilità delle popolazioni ittiche. Se le variazioni naturali sono molto grandi, si potrebbe essere indotti a concludere, in seguito ad un solo campionamento, che l'intervento non ha incrementato il numero di pesci, quando questo è in realtà avvenuto.

A causa della complessità dei sistemi naturali un intervento pensato per la fauna estiva può probabilmente avere effetti anche sulla fauna invernale. Si può stratificare il campione in estate ed inverno (o primavera ed autunno) come anche spazialmente in *pools* e *riffles*. In questo modo si possono misurare gli effetti del progetto sulle comunità minimizzando la variabilità complessiva. Similmente, alcune caratteristiche variano con la portata. In questo caso, può essere richiesto un campionamento a diversi livelli di portata.

Come tener conto della variabilità temporale nel piano di valutazione

Ci sono due approcci per superare il problema della variabilità temporale:

- replicare il campione: prelevare campioni replicati nel corso del tempo sia prima (per misurare la variabilità di fondo) che dopo l'intervento (per misurare il risultato del ripristino più la variabilità di fondo). Comparando il risultato del monitoraggio ante e post è possibile separare la risposta all'intervento dalla variabilità di fondo, in modo tanto migliore quanto il monitoraggio ante sia stato condotto per un tempo sufficientemente lungo.

- usare un sito di controllo. Il sito di controllo è un tratto fluviale, di solito situato a monte dell'intervento, che è simile quanto più possibile al tratto ripristinato e soggetto alle stesse influenze eccettuato l'intervento di ripristino. Il sito di controllo deve essere campionato nello stesso modo e negli stessi tempi del tratto ripristinato. In questo modo è possibile stabilire in che modo il sito di controllo si rapporti al sito del ripristino prima dell'intervento. Una volta eseguito l'intervento, se il sito di controllo è rimasto inalterato, i cambiamenti registrati sono da considerare il risultato dell'intervento. Senza il sito di controllo è difficile essere sicuri che le variazioni osservate siano il risultato del progetto, a meno che non si disponga di una nutrita bibliografia ante intervento. Pertanto, un buon piano di valutazione deve fare uso di repliche ante e post intervento e di un sito di controllo.

La scelta della dimensione appropriata del campione (*analisi della potenza statistica; si vuole essere in grado di rilevare un cambiamento quanto piccolo?*)

Quando si deve decidere quanti campioni prelevare, vincoli di tempo e di soldi suggeriscono di contenerne il numero. C'è, tuttavia, un problema. Più ridotto è il numero di campioni, più ridotta è la probabilità di rilevare tutti i cambiamenti indotti dall'intervento, soprattutto se è elevata la variabilità fra i campioni. Comparando solo due campioni, le differenze sono nascoste dalla media, ma la media di quattro campioni è più rappresentativa della situazione reale e le differenze sono più esplicite. Così la potenza statistica di una valutazione (la probabilità di rilevare un cambiamento dato) dipende da quanti campioni vengono prelevati e da quanta variabilità esiste fra essi. Naturalmente è possibile ed utile calcolare la potenza statistica, sempre che vi siano i mezzi per farlo.

Cosa rende solida una valutazione?

Il bisogno di un approccio pratico alla valutazione, in grado di registrare la variabilità naturale, ha indotto allo sviluppo del BACI (Before-After/Control-Impact). Si tratta di un programma di valutazione con due siti (ripristino e controllo), con campioni replicati raccolti nel corso del tempo e sub-campioni replicati raccolti nel corso di ogni campionamento. Tale piano di campionamento conduce ad una tecnica di valutazione molto robusta. Tuttavia, vi è ancora la possibilità che le differenze fra il sito di controllo ed il sito di ripristino siano dovute ad eventi casuali non connessi all'esperimento e che la conclusione che l'intervento abbia prodotto le differenze sia sbagliata. Infatti, è la regola e non l'eccezione che circostanze estranee si verifichino durante il periodo di valutazione (ad es., un proprietario a valle del controllo costruisce un guado e blocca il passaggio dei pesci; viene iniziata una attività per l'escavazione di ghiaia nel sito di controllo che innalza la torbidità; al bestiame è consentito di pascolare lungo il sito di controllo a causa di una forte siccità). La soluzione a questo problema è di considerare più tratti di controllo (controlli del controllo).

Alcune regole di valutazione:

- avere sempre un sito di controllo per verificare le fluttuazioni naturali
- tenere conto della variabilità spaziale attraverso stratificazione e raccolta di sub-campioni
- tenere conto della variabilità temporale attraverso repliche e inclusione di almeno un controllo

Quali informazioni può fornire la valutazione

Lo scopo più importante della valutazione è dire se il progetto di ripristino abbia avuto o meno successo in relazione agli obiettivi fissati. Tuttavia, una valutazione ben programmata procurerà informazioni anche sui motivi che hanno permesso il raggiungimento del risultato. Questa parte della valutazione è la più ricca di contenuto informativo; verranno, infatti, esaminati quali aspetti del processo di ripristino hanno funzionato (ad es. i pesci utilizzano l'habitat LWD -grossi detriti legnosi-) e quali no (le specie target di pesci sono ancora rare nel tratto perché contrastate dalla carpa). E' questo tipo di informazioni ad aiutare a migliorare ed affinare le tecniche di intervento.

Pianificazione del monitoraggio di un progetto di ripristino

La pianificazione di un progetto di monitoraggio a fini valutativi non è necessariamente difficile, ma è importante ragionare sulle questioni coinvolte.

In questa sede, per essere sicuri di avere considerato tutti gli aspetti importanti, vengono presentati 11 passi su cui lavorare. Ogni passo consiste nel rispondere ad una domanda. Il passaggio 4 si applica solo se si sceglie la valutazione di tipo 4 o 5 (valutazione dei risultati fisici o biologici).

Passo 1: quali sono gli obiettivi del progetto?

La prima regola della valutazione è avere molto chiaro quale sia l'oggetto della valutazione. E' necessario che nelle fasi iniziali sia stata data una definizione chiara degli obiettivi del ripristino. Il successo di un progetto di ripristino, infatti, è legato a quanto le condizioni del corso d'acqua ripristinato si avvicinano strettamente a quelle specificate negli obiettivi.

Si consideri un progetto finalizzato ad incrementare la popolazione di pesci attraverso la costituzione di un habitat LWD (*large woody debris*; grossi detriti legnosi) in un tratto fluviale che ne è privo. L'obiettivo dovrebbe essere più specifico possibile. Piuttosto che porsi l'obiettivo di incrementare indiscriminatamente tutti i pesci, potrebbe essere più agevole cercare di ripristinare un ambiente adatto ad alcune specie adatte per la pesca con la lenza, oppure, in un sito di importanza naturalistica, ripristinare habitat per macroinvertebrati scomparsi.

Gli obiettivi possono spesso essere espressi in termini di probabilità. Se, per esempio, una struttura deve sopravvivere ad una piena, con tempo di ritorno di 10 anni, è ragionevole attendere che si verifichi la piena attesa prima di poter dichiarare il successo od il fallimento di un progetto.

In breve, gli obiettivi dovrebbero specificare quanto segue:

- quanto cambiamento si vuole come risultato del ripristino;
- quanto deve essere lungo il tratto del corso d'acqua che si vuole migliorare;
- quanto tempo si vuole attendere prima di effettuare la valutazione.

Si dovrebbe anche considerare se gli obiettivi sono riferiti ai prodotti (il completamento di un'azione di progetto) o ai risultati (gli effetti sul corso d'acqua delle azioni intraprese).

Passo 2: quale tipo di valutazione è necessaria?

Si svilupperà un piano di valutazione diverso in funzione dei tipi di obiettivi che si hanno. Esistono vari tipi di valutazione che debbono corrispondere alle esigenze degli obiettivi. Essi sono in parte descritti sotto, presentati in ordine di complessità.

I diversi tipi di valutazione non si escludono l'un l'altro. La maggior parte dei progetti hanno una serie di obiettivi che si rapportano a diversi prodotti e risultati. Può essere utile, dunque, integrare i diversi tipi di valutazione. Ciò significa che contemporaneamente si possono valutare le condizioni delle strutture di ripristino (ed essere pronti al mantenimento necessario), così come valutare gli effetti che esse hanno sulle caratteristiche fisiche e biologiche del corso d'acqua. I diversi tipi di valutazione hanno, naturalmente, differenti tempistiche, come discusso al passo 7. La valutazione dell'esecuzione dei lavori può essere fatta subito alla fine dei lavori, ma è probabile dover attendere 10 anni per valutare gli effetti biologici dell'intervento. In ragione di ciò, il ricorso a diversi tipi di valutazione implica una rendicontazione regolare dei progressi e una continua vigilanza sul progetto.

Tipo 1: verifica dell'esecuzione dell'intervento

Gli enti di finanziamento spesso valutano l'efficacia dell'opera a seconda se i lavori sono stati eseguiti secondo quanto previsto dal piano. Vale a dire, se i soldi sono stati spesi per fare le cose previste. Questo semplice livello di rendicontazione non va confuso con le valutazioni più congrue.

Tipo 2: verifica della persistenza delle opere realizzate

L'intervento è sopravvissuto? Anche questa è una delle forme più comuni di valutazione e certamente il minimo che ci si dovrebbe attendere. E' una estensione della valutazione precedente, assumendo che l'esistenza delle strutture implica il raggiungimento degli obiettivi. Ad esempio, dopo le piene del 1993 nel NE di Victoria, Australia, il successo di diverse strutture fu misurato in base al fatto se esse erano ancora presenti dopo la piena. Tale tipo di valutazione richiede indagini ripetute per verificare la persistenza delle opere realizzate.

Tipo 3: risultati estetici

In molti casi gli obiettivi di un progetto di ripristino sono fortemente correlati a motivazioni estetiche, come dare un 'migliore' aspetto o un aspetto più 'naturale' ad un tratto fluviale. Tali obiettivi sono i più facili da valutare. E' facile raggiungere un consenso nei giudizi tra la popolazione rivierasca. Non sempre ciò vale per interventi che prevedono il rimpiazzo di vegetazione esotica infestante con vegetazione autoctona. Nel caso del Fiume Clitunno, da noi studiato nel tratto di interesse naturalistico, le piante acquatiche e le elofite venivano tagliate continuamente col consenso o disinteresse di enti, popolazione e turisti; la produzione di atlanti fotografici e schede di confronto con i dati rilevati da almeno un secolo, riuscirà a mantenere una memoria storica che speriamo venga, prima o poi, rispettata.

Tipo 4: risultati fisici e chimici

Benché l'obiettivo di un ripristino sia spesso il miglioramento delle condizioni ecologiche di un corso d'acqua, ciò è spesso perseguito mediante il miglioramento delle condizioni strutturali e fisiche (ad es., habitat idraulici, densità degli LWD, buche di fondo, composizione del substrato, qualità dell'acqua, etc.). Questi cambiamenti fisici sono più economici e più facili da misurare dei sistemi biologici che dovrebbero

salvaguardare. Molte valutazioni sono orientate su tali cambiamenti, mentre viene dato per scontato che una risposta biologica comunque seguirà.

Tipo 5: risultati ecologici

I miglioramenti ecologici sono l'obiettivo strategico che guida quasi tutti i progetti di ripristino. Tuttavia, la valutazione dei risultati ecologici non è così semplice come si potrebbe pensare. Spesso la valutazione dello stato ecologico di un corso d'acqua viene basato su misurazioni delle condizioni fisico-chimiche del corso d'acqua. Il monitoraggio dei cambiamenti ecologici, infatti, può essere difficile e richiedere tempi molto più lunghi di quelli necessari ad altri tipi di valutazione. Le valutazioni ecologiche solitamente misurano i cambiamenti nel tipo, nell'abbondanza e nella diversità delle specie presenti (ad es., sono presenti macroinvertebrati? Quanti ne sono presenti? Quante specie?). E' molto importante assicurare che i cambiamenti che si stanno misurando siano dovuti all'intervento e non ad altre cause. In questo tipo di rilevamento si ribadisce la necessità di classificare a livello di specie, con sub campioni e tutte le accortezze già citate nella seconda relazione da noi redatta.

Passo 3: quale grado di confidenza è necessario?

Quale sicurezza ho che ciò che sto valutando sia giusto? Chi devo convincere con la valutazione?

Il livello di accuratezza del piano di monitoraggio e valutazione è funzione della validità dei risultati.

Che sicurezza si ha?

La valutazione è realmente proporzionale alla fiducia. Quanta fiducia si ha che il ripristino produca un cambiamento e che qualcun altro ottenga il medesimo risultato? La regola generale è che minore è la fiducia, più rigorosa deve essere la valutazione.

Non esiste la verità in una valutazione ma esistono solo dei livelli diversi di fiducia. Nella scienza questi livelli di fiducia sono espressi in termini statistici. Le domande corrette sono: che grado di confidenza è necessario per convincere qualcuno e che grado di confidenza ci si può permettere di ottenere con le risorse disponibili?

Una domanda molto importante è: chi si deve convincere con questa valutazione? Me stesso? La stampa? I politici? Il pubblico? Gli enti finanziatori? I proprietari locali? I responsabili della gestione di altri corsi d'acqua? La comunità scientifica?

La valutazione dovrebbe essere effettuata secondo un livello adeguato a convincere la gente appropriata.

Si considerino gli esempi seguenti.

1- Si sta pianificando la rimozione di uno sbarramento per permettere il passaggio dei pesci. Si è estremamente sicuri che questo incrementerà fortemente il numero di pesci a monte perché si sa che le specie target sono migratrici e che si ammassano sotto lo sbarramento. Poiché si è sicuri di un buon risultato si desidererebbe rimuovere anche altre barriere a monte. Per fare questo è necessario fornire all'autorità competente l'evidenza degli effetti che producono le strutture di sbarramento. Pertanto è necessario intraprendere una valutazione dettagliata del numero di pesci sopra e sotto lo sbarramento e prima e dopo la sua rimozione.

2- Si ha un corso d'acqua rettificato privo di vegetazione ripariale. Il progetto è avviato da una comunità locale con lo scopo di migliorare l'aspetto del corso d'acqua rivegetandolo. L'obiettivo del lavoro è esclusivamente di tipo estetico-paesaggistico. La valutazione deve convincere l'ente finanziatore del successo, cosa che può essere ottenuta con la semplice documentazione fotografica prima e dopo l'intervento.

3- Il vostro capo ha chiesto di fare un intervento sul fiume che voi giudicate sbagliato. Farete una valutazione dettagliata per convincervi e convincere il vostro capo dell'inefficacia del progetto.

4- Leggete un articolo straniero da cui arguite che restituendo LWD (grossi detriti legnosi) ad un corso d'acqua sabbioso si possono incrementare le popolazioni di macroinvertebrati ed il numero di uccelli. Desiderate tentare lo stesso sul vostro corso d'acqua. Non siete troppo fiduciosi che l'intervento trasferito da noi possa funzionare ed il vostro capo è scettico ma vuole lasciarvi provare, in modo che possiate valutare

l'intervento. Volendo voi pubblicare anche un articolo scientifico decidete di applicare una valutazione BACI completa dell'esperimento.

Passo 4: quale livello del progetto di valutazione è necessario?

Solitamente vengono adottati cinque schemi base di campionamento utilizzati per dettagliate valutazioni fisiche od ecologiche con grado di confidenza, impegno e costi crescenti.

Livello 1: prove senza replicazione e senza controllo, osservazioni aneddotiche dopo il ripristino

Qualcuno intimamente implicato nel progetto, magari con un interesse concreto nel suo successo, esegue le osservazioni dei cambiamenti senza misurare alcunché. Questo è il tipo più comune di valutazione dei progetti. Per es., un responsabile di progetto riferisce che dei pescatori hanno detto che hanno notato un incremento nel numero di pesci subito dopo il completamento degli interventi. Altro esempio comune è quando il responsabile di progetto afferma: 'avreste dovuto vedere questo tratto prima del progetto, era terrificante, adesso si presenta benissimo. Spiacente ma non abbiamo nessuna foto o indagine o altra evidenza'. L'approccio migliore alle osservazioni aneddotiche dei risultati di un progetto di ripristino è farne uso per elaborare una ipotesi verificabile in altro modo.

Da questo momento si assume che le persone che conducono gli esperimenti siano oggettive e non abbiano interessi concreti nei risultati. Per la verità, un programma di valutazione disegnato accuratamente può ridurre la soggettività specificando come, dove e quando fare le misure. Ma l'oggettività può essere meglio raggiunta se la valutazione è condotta da persone senza interessi diretti per i risultati. Ciò può voler dire un gruppo non implicato nella pianificazione e nella realizzazione del progetto (ad es., un gruppo di ricercatori universitari o una Agenzia per la Protezione Ambientale).

Livello 2: prove senza replicazione e senza controllo, campionamento dopo il ripristino

Questo è il tipo più comune di campionamento ed uno degli schemi più deboli, in grado di produrre solo una bassa fiducia nei risultati. Il metodo si basa sulla speranza che l'effetto del ripristino possa essere identificato da una tendenza evolutiva del corso d'acqua nel corso del tempo. Purtroppo è difficile essere sicuri dell'esistenza di un cambiamento, a causa della mancanza di dati campionari precedenti all'intervento. Inoltre, la mancanza di un controllo significa che non si può essere certi che un cambiamento sia stato causato non dall'intervento ma da altre cose.

Questo approccio può funzionare se si ha la possibilità di campionare abbastanza a lungo ed abbastanza frequentemente da separare le tendenze evolutive dalle fluttuazioni. Questo tipo di schema può produrre risultati, soprattutto quando vi è una risposta molto elevata al ripristino, ma probabilmente richiederà un campionamento più lungo per raggiungere un livello accettabile di confidenza. Tuttavia, lo schema è debole per sistemi caratterizzati da alta variabilità. Per es., si immagina di avere rivegetato un tratto fluviale e di voler vedere se l'intervento ha diminuito la torbidità. Questa varia spesso di un centinaio di volte durante i picchi di piena. Tale livello di variazione significa che è praticamente impossibile determinare una tendenza alla diminuzione della torbidità dopo la rivegetazione. E' necessaria, quindi, qualche idea della variazione in torbidità prima dell'intervento per poter vedere se vi è stato un miglioramento.

Nel caso sperimentale più semplice, l'intervento produce un nuovo habitat non esistente in precedenza. Se tale habitat è colonizzato dalla specie target l'intervento ha avuto successo. Cambiamenti radicali come questo sono facili da identificare e possono non necessitare di valutazioni sofisticate.

Questo tipo di monitoraggio post-intervento può essere migliorato di molto attraverso il campionamento in contemporanea di un tratto di controllo a monte del sito di ripristino, permettendo di isolare gli effetti dovuti all'intervento dalle variazioni di fondo.

Livello 3: prove senza replicazione e senza controllo, campionamento prima e dopo il ripristino / prove senza replicazione e con controllo, campionamento dopo il ripristino

Questi schemi di campionamento non sono molto solidi ma consentono un'analisi statistica dei dati.

Nel primo schema il tratto di intervento è campionato una o più volte prima dell'intervento e nel medesimo modo dopo di esso. Questo schema è più rigoroso dei precedenti perché fornisce un riferimento nei confronti del quale comparare i cambiamenti intercorsi.

Un problema fondamentale con tale schema è l'assenza di un controllo. Ciò rende impossibile dire se un cambiamento osservato sia il risultato del ripristino o della variazione di una condizione di fondo.

Nel secondo tipo di schema il problema è opposto. Qui esiste un controllo ma non un campionamento su entrambi i siti prima dell'intervento. Il risultato è che si può dire se il sito d'intervento ed il resto del corso d'acqua (rappresentato dal controllo) stanno funzionando diversamente ma, non avendo dati precedenti l'intervento, non vi è certezza che questo abbia funzionato. I due siti potevano funzionare diversamente anche prima.

Livello 4: prove senza replicazione e con controllo, campionamento prima e dopo il ripristino

Questo è lo schema di rilevamento BACI (Before-After/Control-Impact) standard. E' uno schema valutativo solido, consistente nel campionamento prima e dopo l'intervento del sito di ripristino e di un sito di controllo. In questo modo il rapporto esistente fra il sito di controllo ed il sito di ripristino viene stabilito prima dell'intervento. Ogni nuova differenza esistente fra il controllo ed il sito di ripristino può essere assunto come causato dall'intervento. Vi sarà usualmente un'analisi statistica dei dati.

Livello 5: prove con replicazione e con controlli, campionamento prima e dopo il ripristino

Questo è lo schema di rilevamento 'beyond BACI'. E' lo schema valutativo più solido. L'analisi statistica dei dati sarà quasi sempre parte dello schema. Il campionamento con replicazioni significa che le differenze prima e dopo l'intervento possono essere rilevate con maggiore accuratezza e l'uso di più tratti controllo significa che i cambiamenti possono essere attribuiti con un elevato grado di confidenza all'intervento. Se il progetto di ripristino riguarda molti tratti fluviali, l'incorporazione di tutti questi nella valutazione comporterà ulteriormente una crescita del grado di affidabilità. Se i siti di controllo e d'intervento coprono più di un corso d'acqua, i risultati saranno più largamente applicabili. Purtroppo questo schema, che pure è il più solido nei confronti di qualsiasi critica, tende ad essere così costoso da essere adottato raramente.

Passo 5: cosa deve essere misurato?

Il primo scopo della valutazione è capire se il progetto ha centrato o meno gli obiettivi fissati. Così, ovviamente, le misure da eseguire saranno mirate a questo scopo. Per esempio, se l'obiettivo è incrementare le popolazioni di pesci, dovrà essere indagato il numero e la tipologia delle specie ittiche eventualmente presenti.

A questo punto è importante considerare quali altre informazioni possono essere rilevate con il monitoraggio. La determinazione del successo o del fallimento di un intervento non è di per sé un'operazione estremamente utile. La cosa più importante di una valutazione è cercare di individuare il perché del risultato ottenuto e, sulla base di questo, migliorare le tecniche d'intervento per il futuro. La ricerca di informazioni può richiedere l'effettuazione di ulteriori misurazioni per tutto ciò che può influenzare il progetto. Ad esempio, siccità ed inondazioni possono avere effetti molto negativi su parecchi progetti di ripristino; in tal caso sarebbe utile rilevare le portate in continuo, anche per lungo tempo.

Quando si considera che cosa, quando e dove campionare, la lista di informazioni raccogliabili è pressoché infinita. Non esiste nessuno standard universalmente applicabile di cosa misurare, cosicché per ogni singolo caso va ritagliato uno specifico piano, sulla base delle esigenze della valutazione. Alcune indicazioni generali sono le seguenti:

- minimizzare il numero di cose da misurare. I costi possono lievitare se le misurazioni per la valutazione non sono strettamente necessarie o effettuate approssimativamente. Nel nostro caso di studio, ad esempio, i dati chimici sono risultati pressoché inutili (in quanto i valori delle sostanze esaminate rientravano sempre nella norma, non fornendo alcuna informazione alla comprensione dei fenomeni che si stavano innescando); riguardo alla presenza del macrobenthos, invece, è risultato estremamente utile arrivare alla determinazione di specie, dato che l'ambiente Fonti del Clitunno ne conteneva di molto particolari prima degli interventi di palificazione delle sponde; tra gli indici analizzati nella seconda relazione, per le ragioni sopra spiegate, l'Indice Biotico Esteso sembrava il meno utile, tra i vari indici confrontati, ai fini della valutazione della perdita di biodiversità subita dall'ecosistema fluviale proprio a causa del progetto.
- acquisire, se esistenti, misure routinarie (ad es. di qualità dell'acqua da parte degli enti preposti) o

informazioni provenienti da altri soggetti ad integrazione dei propri. Va tenuto bene in conto che le procedure di analisi dei vari parametri chimici e biologici debbono essere validate per essere utilizzate.

- tenere in considerazione la morfologia del corso d'acqua, i sedimenti di fondo e la presenza di grossi detriti legnosi, elementi strutturali che influenzano l'ambiente idraulico;
- verificare l'andamento delle portate, delle caratteristiche di profondità, velocità e stress da attrito, che caratterizzano l'ambiente idraulico;
- considerare i parametri relativi alla qualità dell'acqua, come torbidità, temperatura, salinità, etc.

La verifica dell'efficacia degli interventi effettuati di solito viene effettuata seguendo diverse prassi, elencate di seguito per metodologia adottata.

Tipo 1: verifica dell'esecuzione dell'intervento

La valutazione individua se è stato eseguito ciò che è stato previsto.

Tipo 2: verifica della persistenza delle opere realizzate

Tale valutazione è una estensione della precedente, in cui il sito di intervento è visitato ripetute volte per verificare la persistenza o meno delle opere realizzate.

Tipo 3: risultati estetici

Una ripresa fotografica rappresenta il modo ideale di documentare le modificazioni estetiche di un corso d'acqua e dovrebbe costituire la valutazione minima di ogni progetto. Anche punti di ripresa a terra possono essere fondamentali. Il punto essenziale è essere in grado di acquisire le foto esattamente dagli stessi punti, ogni volta.

Tipo 4: risultati fisici e chimici

L'obiettivo di lungo termine di un ripristino è, solitamente, l'incremento della biodiversità del corso d'acqua. Tuttavia, gli habitat fisici sono più semplici da misurare dei parametri ecologici del corso d'acqua (non cercano di mordere o di scappare e non sono difficili da identificare). Spesso i controllori meno attenti partono dall'assunto che se si realizzano cambiamenti chimico-fisici conseguentemente si saranno realizzati anche cambiamenti nelle comunità viventi. E' nostra opinione che un progetto di recupero, ripristino o rinaturazione non possa prescindere dal valutare le modificazioni subite dagli organismi animali e vegetali tipici degli habitat, che comunque saranno influenzati dalle operazioni del progetto. Quando si traccia un progetto basato su interventi fisici sugli habitat, bisogna tener conto delle piante e degli animali che si cerca di favorire. Gli obiettivi del progetto debbono riflettere i bisogni di questi organismi (la cosa può essere difficile ed ingannevole se tali bisogni non sono ben noti).

Tipo 5: risultati ecologici

L'elemento essenziale della verifica dei risultati ecologici è l'identificazione di piante ed animali ad un livello tassonomico appropriato (famiglia, genere, specie). A seconda della precisione di identificazione e degli organismi interessati può essere richiesto un grado di professionalità molto elevato. Ovviamente le piante sono le più facili da studiare. Le alghe macroscopiche allo stesso modo sono semplici da campionare ma richiedono strumenti adeguati (microscopio) e professionalità. I macroinvertebrati possono essere raccolti con retini. Vi sono atlanti che aiutano l'identificazione dei più comuni ordini di animali, ma identificazioni più dettagliate richiedono un esperto. I pesci possono essere catturati con reti e retini (ma vi è il rischio di ferite e di uccidere qualche esemplare) o con l'elettropesca. L'identificazione delle forme giovanili è molto difficile. Mammiferi, uccelli ed anfibi possono essere rilevati con osservazioni accurate a specifiche ore del giorno.

Individuati gli organismi appropriati, si può:

-misurare la diversità e l'abbondanza di diversi gruppi tassonomici (ad es. la proporzione delle specie presenti indica un incremento della salute del corso d'acqua?);

-verificare la presenza di differenti stadi vitali (ad es., è stata recintata un'area fuori della zona ripariale, vi è rigenerazione di specie ripariali?) (l'identificazione delle forme giovanili può essere molto difficile);

-indagare le differenze comportamentali degli animali (ad es., i pesci identificati sono presenti intorno ai nuovi habitat costruiti?). Esiste una vasta gamma di strumenti per elaborare i dati di un largo e complesso archivio. Tali strumenti includono misure della diversità, modelli basati su dati empirici, analisi statistiche più complesse. E' nostro parere che sia più che utile produrre atlanti che riportano le specie ritrovate nel sito, sia animali che vegetali; la loro compilazione è relativamente semplice, offre la possibilità di confrontare i diversi rilevamenti effettuati nel tempo e permette di notare immediatamente la perdita di specie.

Indagini sui caratteri strutturali di un corso d'acqua

In questa sezione vengono indicate, in breve, le metodologie per descrivere i caratteri strutturali di un corso d'acqua.

Caratteristiche chimico-fisiche

Si basano su indagini ripetute, di solito sia su sezioni trasversali che longitudinali. E' importante picchettare o segnare il punto di rilievo per posizionarsi nello stesso punto e poter comparare i rilievi.

Morfologia dell'asta fluviale

Si misurano generalmente: profondità media; modalità di variazione della profondità; presenza od assenza di particolari elementi come concavità da erosione o barre; la forma dell'asta fluviale. Vi sono tecniche statistiche per caratterizzare le variazioni registrate con tali indagini.

Caratteristiche dei sedimenti

La granulometria è la caratteristica dei sedimenti misurata più comunemente.

Grossi detriti legnosi (LWD Large Woody Debris)

In corsi d'acqua con piccole quantità di detriti legnosi di grosse dimensioni, un parametro semplice da rilevare è rappresentato dal conteggio del numero di elementi reperiti, eventualmente integrato dalle dimensioni e dal tipo. In corsi d'acqua più densamente invasi da detriti, il metodo più semplice di misurare la loro abbondanza consiste in un campionamento con il metodo del transetto (Gippel *et al.* 1996a).

Tipi morfologici

I tipi morfologici (*pools, riffles, etc.*) di un corso d'acqua possono essere caratterizzati attraverso il conteggio del loro numero e della loro abbondanza o attraverso la misura della superficie per tipo. Rowntree e Wadson (1996) hanno definito 11 differenti tipi morfologici e una tecnica statistica per caratterizzare la complessità morfologica di un tratto fluviale. A una scala inferiore è possibile misurare i micro-habitat idraulici, caratterizzati per velocità e profondità, e così calcolare la diversità idraulica del tratto fluviale (Stewardson 2003).

Habitat

Spesso nel monitoraggio di un corso d'acqua si finisce con il raccogliere un ampio numero di dati di diverso tipo. Sarebbe utile ridurre questi ad un solo numero, il che significa avere una chance in più per poter interpretare i risultati. Il metodo della *Weighted Useable Area (Area Disponibile Ponderata)*, è un buon metodo per determinare la disponibilità di habitat per determinate specie o stadi vitali (Nestler *et al.* 1989).

Qualità dell'acqua

Molti progetti hanno come obiettivo un miglioramento della qualità dell'acqua. In questo caso ci si indirizza verso il ritrovamento di scarichi di varia natura, se ne misura l'impatto e si procede ad identificare le procedure di intervento per ridurre o eliminare almeno i carichi più pesanti.

Altre informazioni che può essere necessario raccogliere

Come già detto, una buona valutazione deve dire non solo se un progetto ha avuto o meno successo, ma anche quali fattori abbiano contribuito al risultato e come le tecniche possano essere migliorate per i progetti futuri. Per ottenere questi elementi dal processo di valutazione è necessario cercare altre informazioni su quello che ha avuto influenza sui risultati del progetto.

Spesso è buona cosa incorporare tecniche di misura da livelli di valutazione più bassi. Ad esempio, una valutazione ecologica di *tipo 5* può includere anche rilievi di caratteri fisici (persistenza delle strutture, corretta esecuzione dei lavori e rilievi di tipo fotografico). Questo tipo di informazioni permetterà di dare visibilità allo sviluppo del progetto. E' improbabile che i risultati ecologici programmati si verifichino se, per qualche ragione, i lavori non vengono completati come previsto o se vengono danneggiati dalle piene o se i parametri fisico-chimici desiderati con l'intervento non si verificano.

Si dovrebbero raccogliere anche i dati relativi alle condizioni generali del corso d'acqua e del bacino idrografico. Ad es., è quasi sempre utile avere qualche misura di deflusso riguardante il tratto fluviale di progetto. Ciò può essere fornito da uno strumento di misura o stimato sulla base di misure effettuate su bacini vicini. I dati di deflusso forniscono molte informazioni sulle forze che indirizzano i cambiamenti del tratto fluviale. Ad esempio, si può rilevare un generale aumento della profondità del corso d'acqua, ma ciò potrebbe essere legato ad un periodo di portate invernali particolarmente lungo piuttosto che alle strutture costruite. Questi cambiamenti a livello di bacino dovrebbero essere identificati comparando i dati del sito con il sito di controllo; tuttavia, anche una misura del deflusso permetterà di spiegare i cambiamenti avvenuti. Mantenere una sensibilità generale per i cambiamenti nel bacino, sicuramente, può aiutare nell'interpretazione di dati. Per esempio, i cambiamenti osservati possono essere spiegati dalla ripulitura a monte di grandi sezioni del corso d'acqua o dalla riduzione dei reflui di una porcilaia, sempre a monte. I cambiamenti a volte sono, cioè, spiegabili da modificazioni a livello di bacino e non di semplice corso d'acqua.

Passo 6: con che frequenza vanno effettuati i rilievi?

Vi sono due strategie base di campionamento: in risposta ad un evento o con una frequenza predeterminata. La prima è particolarmente rilevante per lavori strutturali in un corso d'acqua, quando si vogliono osservare gli effetti di un intervento, ad esempio, dopo piene più abbondanti di una certa grandezza. La frequenza di campionamento predeterminata si ha quando i tempi del campionamento sono predefiniti dalla definizione del piano di monitoraggio e non sono vincolati al verificarsi di una piena o un evento eccezionale. Le due strategie di intervento possono essere integrate in funzione dei problemi che si presentano.

Campionamento in risposta ad un evento

Alcuni (Kondolf, Micheli 1995) raccomandano un periodo di monitoraggio di 10 anni per valutare con profitto un progetto. Le misurazioni non necessitano di essere effettuate ogni anno ma ci dovrebbe essere una serie di almeno 5 eventi da monitorare in un periodo di 10 anni. Il monitoraggio potrebbe essere condotto negli anni 1°, 2°, 4°, 7° e X° o dopo ogni piena che superi una soglia come il picco di portata con tempo di ritorno di 2 o 5 anni (Kondolf, Micheli 1995). Perciò, se si verifica una piena durante l'anno 6°, il rilievo verrà eseguito in quell'anno (e non al 7°) e poi al 10° (o quando si verifica un nuovo evento di piena eccedente la soglia). Questo programma di campionamento è buono per progetti riguardanti la stabilità del corso d'acqua, che sono influenzati dalla dimensione delle portate.

Campionamento con frequenza predeterminata

Esistono due domande da porsi in merito al campionamento a frequenza predeterminata: in che periodo dell'anno si è interessati al campionamento e se è necessario campionare ogni anno. La risposta alla prima domanda dipende da ciò che interessa. Se, per es., si è deciso di monitorare come gli animali dell'ecosistema fluviale rispondono al ripristino, si deve considerare se si è interessati alla fauna estiva o invernale o ad entrambe. In particolare nel caso dei macroinvertebrati è probabile trovare specie diverse in stagioni diverse. Se si vuole indagare la vegetazione ripariale è preferibile estendere i campionamenti a tutto l'anno, specie se si campionano anche muschi, epatiche e alghe. Nel monitoraggio della qualità delle acque le concentrazioni estive possono differire di molto da quelle invernali in relazione al variare delle portate (in linea di massima, in inverno si diluiscono le sostanze chimiche ed aumenta il trasporto dei sedimenti). Ciò che può variare stagionalmente dovrebbe essere misurato nello stesso periodo dell'anno. Se, ad esempio, si sono rilevati gli invertebrati in inverno prima del ripristino ed in estate dopo la sua realizzazione, le differenze registrate possono essere dovute alle variazioni stagionali e non agli interventi eseguiti.

La risposta alla seconda domanda dipende da quanto deve durare il monitoraggio, a cosa servono i dati e da quanto è variabile il corso d'acqua. Di base, più grande è la variabilità più esteso e frequente deve essere il campione.

Passo 7: per quanto tempo deve essere effettuato il monitoraggio?

Per quanto tempo si deve monitorare?

E' molto importante che, all'esordio di un progetto, siano definiti i tempi per il completamento dell'esame dei risultati e della valutazione finale del progetto. Senza la definizione di queste tempistiche l'interesse può esaurirsi e la valutazione potrebbe restare incompiuta.

Quanto lungo dovrebbe essere il periodo per la valutazione? In questo caso la domanda chiave è: quanto tempo dovrà passare prima di ottenere un responso chiaro dalle variabili che si stanno misurando? Esistono due questioni in merito: esiste una fase di *lag* fra la realizzazione dell'intervento e la sua risposta, e questa sarà durevole nel tempo? I campionamenti di piante ed animali dovranno comunque proseguire nel tempo fino a quando si manterrà l'interesse degli ecologi alle variazioni naturali o indotte.

Quale tipo di valutazione si sta usando?

In conseguenza dei differenti processi di ripristino attivati, differenti tipi di valutazione avranno differenti tempi di monitoraggio. La realizzazione dell'opera può essere valutata al momento stesso del termine dei lavori. Tuttavia, per valutare la resistenza di un manufatto nel fiume bisognerà attendere il verificarsi dell'evento di massima (piena) prestabilito.

Per valutare un progetto basato su valori estetici, sarà indispensabile dare alle piante il tempo necessario per crescere. Gli effetti biologici possono richiedere ancora molto tempo, poiché sono dipendenti dai cambiamenti fisici, chimici, stagionali, dal verificarsi di eventi straordinari, dalla gestione della vegetazione acquatica e spondale. Ciò significa che se si vuole condurre un tipo di valutazione molto complesso e il più possibile esaustivo, si possono seguire i progressi dell'intervento di riqualificazione valutando immediatamente la correttezza delle realizzazioni eseguite, ma attendendo lo sviluppo degli effetti fisici e biologici. Il monitoraggio regolare ha il vantaggio di consentire la rilevazione pressoché immediata di eventuali danni alle strutture realizzate o alle comunità viventi, così da intervenire con provvedimenti utili immediati o cambiamenti di rotta.

Inoltre, i regolari aggiornamenti sui progressi aiuteranno a tenere costantemente alta l'attenzione della comunità scientifica interessata sulla procedura di ripristino.

C'è una fase di lag fra la realizzazione dell'intervento e la sua risposta?

La prontezza con cui i sistemi fisici e biologici rispondono agli interventi di riqualificazione dipende in parte dal regime delle portate e, in generale, dalla gestione del bacino. Ciò significa che la verifica della tenuta di un'opera di tipo fisico può essere procrastinata fino al verificarsi di una piena di dimensioni sufficienti, mentre un ripristino di tipo biologico può essere molto lento, almeno fino a quando le condizioni minime di portata necessarie alle specie target non siano acquisite. In alcuni casi il recupero partirà con calma, guadagnando velocità gradualmente. Ad esempio, una popolazione vegetale o animale crescerà lentamente, finché vi saranno pochi individui in grado di riprodursi; quando, però, l'incremento del loro numero sarà apprezzabile anche il tasso di crescita aumenterà velocemente. Trimble (1997) programmò una valutazione a lungo termine di un piano di ripristino degli habitat per le trote negli USA. La valutazione ebbe inizio con un monitoraggio triennale precedente all'installazione delle opere di ripristino e proseguì per i sette anni successivi. Il risultato di tale valutazione mostrò che il numero massimo e la biomassa più elevata di trote non si raggiunse che cinque anni dopo la realizzazione dell'intervento. Il riconoscimento del successo del progetto di ripristino fu conseguito solo attraverso una effettiva valutazione di lungo periodo con una definizione accurata delle condizioni di partenza.

Le fasi di *lag* di un sistema fluviale possono implicare l'attesa di decenni per la verifica della risposta agli interventi realizzati. Un esempio classico è dato dalla definizione di un legame fra gli interventi di controllo dell'erosione a livello di bacino e l'apporto solido. I principali interventi di controllo dell'erosione alla scala di bacino negli USA, non hanno prodotto nessun decremento nell'apporto solido se non dopo decenni (Trimble 1997). La ragione è da ricondursi al fatto che i sedimenti raramente percorrono una via semplice dal

bacino allo sbocco. Al contrario essi vengono trattenuti in vari punti lungo la via fluviale (ad es. barre, letti fluviali, terrazzi, etc.). Movimenti di sedimenti da questi depositi possono mantenere un elevato apporto solido per decenni, nonostante la diminuzione dell'erosione sul bacino. Molti processi hanno fasi di lag simili prima della risposta ad un intervento. Un altro esempio di sistemi naturali con fasi di lag è costituito dall'enorme volume di nutrienti già stoccati nei sedimenti depositati nei sistemi fluviali. Anche bloccando l'immissione di nutrienti da parte dell'agricoltura e degli scarichi civili, questo grande deposito di nutrienti bloccati nei sedimenti resterà disponibile per molti decenni.

La risposta sarà durevole?

E' frequente avere fluttuazioni marcate nella risposta degli ecosistemi. Ad esempio, sono molti i casi in cui, realizzando la costruzione di habitat artificiali in un corso d'acqua (ad es. riffles), si rileva una vera e propria esplosione iniziale delle popolazioni di macroinvertebrati, seguita da un rapido declino, causato da una successiva deposizione graduale di sedimenti fini.

Il risultato di queste incertezze è che, come una risposta limitata dopo un anno o due non può essere considerata un fallimento, così un risultato inizialmente incoraggiante non può essere considerato un successo, a meno che non sia stato mantenuto per molti anni. La lunghezza del periodo di monitoraggio dipenderà probabilmente dal sistema che deve essere studiato.

Passo 8: chi è il responsabile?

Sta crescendo la spinta affinché il monitoraggio venga condotto da gruppi di volontari.

In un mondo ideale, in cui i volontari non agiscano per finalità politiche e siano dotati di attrezzature e competenze adeguate, il fatto non dovrebbe costituire un problema. Lo schema sperimentale dovrebbe essere così chiaro che chiunque può condurre il lavoro. Tuttavia, in realtà i controlli dovrebbero essere effettuati dagli enti preposti alle valutazioni, oltre che dagli stessi che hanno progettato e realizzato l'intervento, allo scopo di migliorare le loro capacità di progettazione.

E' importante che chi conduce la valutazione mantenga professionalità, costanza ed obiettività.

Professionalità

Non tutti possono fare tutto. Ad esempio, la valutazione del numero di larve di pesci in un corso d'acqua è un lavoro altamente specialistico. La loro cattura è difficile ma dei non professionisti possono imparare l'uso delle attrezzature necessarie al campionamento in un vasto ambito di habitat. Il problema è l'identificazione delle larve e dare un senso ai risultati ottenuti. Anche il monitoraggio della salute biologica dei corsi d'acqua attraverso l'uso di biondicatori è un'attività altamente specialistica che, raramente, un'associazione di semplici cittadini è in grado di condurre.

Questo, naturalmente, è stato fonte di dibattito costante in molte sedi, in cui i membri della comunità monitorano la qualità dell'acqua. L'opinione generale, in questo caso, è che i dati forniscono informazioni descrittive utili su una vasta area, che il processo è utile per la crescita della consapevolezza e per la copertura di problematiche locali non coperte da altre azioni di monitoraggio, ma che il valore scientifico e gestionale dei dati ottenuti è limitato. Il contrario accade per la raccolta di dati di elevato grado di confidenza. I dati ottenuti con procedure di monitoraggio di alto livello ('beyond BACI') possono essere comparati con dati presi da altri gruppi, solo se anche tali dati derivino dallo stesso tipo di procedura, se si vuole mantenere una valutazione di buona qualità.

Anche alcune delle tecniche di monitoraggio più semplici non possono essere usate facilmente da gruppi di semplici cittadini, in ragione dell'attrezzatura specialistica e del grado di professionalità richieste. Per esempio, la pesca elettrica, che è il metodo più comune di campionamento dei pesci, può essere condotta solo da personale altamente specializzato.

Costanza

Un monitoraggio dettagliato è spesso un'attività noiosa e ripetitiva. Le tecniche devono essere applicate con costanza e bisogna essere disposti ad uscire per prelievi o sopralluoghi indipendentemente dal tempo. Il monitoraggio deve essere continuato anche quando sembra che non stia succedendo niente o quando i risultati non sono quelli desiderati. E spesso deve continuare per anni.

E' raro trovare volontari che abbiano la forza e la costanza per gestire il rigore di programmi di monitoraggio di lungo periodo. Tuttavia, se il monitoraggio comporta protocolli semplici (ad es., fotografie ripetute, conteggio di elementi facili da contare, identificazione della presenza o dell'assenza di qualcosa), i volontari saranno gli operatori ideali. In ogni caso ogni persona deve essere consapevole della responsabilità per la qualità dei dati raccolti.

Obiettività

Il punto fondamentale della valutazione è l'obiettività. Chi opera deve misurare e riportare le notizie cattive come quelle buone. L'etica dei ricercatori è ricercare la verità ed assicurare che i propri pregiudizi non influenzino i risultati di un esperimento (questa etica è, di solito, garantita dalla revisione critica dei colleghi). La valutazione da parte di persone deluse da un particolare risultato non è, talvolta, completamente oggettiva. Ciò non dipende tanto da una questione di onestà, ma piuttosto dal fatto che la gente tende a vedere e misurare ciò che si aspetta con fiducia, piuttosto che ciò che risulta dai dati oggettivi. Per tali motivi è necessario che un progetto venga valutato anche da persone diverse da quelle che lo hanno realizzato.

D'altro canto, ci sono anche forti argomenti perché una valutazione venga eseguita anche dagli stessi che hanno proposto, pianificato e realizzato il progetto; costoro potrebbero conseguire i migliori risultati in termini di apprendimento.

Conclusioni sulla responsabilità

La maggior parte dei monitoraggi di lungo periodo saranno condotti da ricercatori scientifici. Se alcuni tipi di monitoraggio possono essere eseguiti da non professionisti, tuttavia dovrà essere nominata una persona come responsabile della continuità e della qualità dei dati.

Un importante punto critico risiede nella semplicità di lettura o esame dei protocolli e delle procedure di monitoraggio da parte di chi voglia esaminarli. Ciò è essenziale nel caso di turnover del personale, come è prevedibile nel caso di monitoraggi di 5-10 anni. Per la stessa ragione, la collocazione di tutti i transetti, delle sezioni trasversali e dei punti di misura dovrebbero essere registrati accuratamente e segnati sul terreno. Vi sono numerosi esempi di progetti di valutazione abortiti per la difficoltà incontrate dal nuovo staff nel terminare quanto già fatto.

Passo 9: quale tecnica di registrazione deve essere impiegata?

Molti programmi di valutazione non sono mai completati perché, alla fine del progetto, i dati raccolti vengono registrati in modi differenti; i vecchi dati sono andati perduti ed il lavoro finale di mettere insieme l'intero set di dati non sembra molto proficuo. Vi sono poche regole chiave quando si fa riferimento alla raccolta dei dati ed alla produzione di report:

- preparare sempre un modello di scheda di registrazione con uno spazio per ogni tipo di informazione richiesta (non dimenticare dati semplici come data ed ora);
- ogni spazio di registrazione della scheda deve essere riempito anche solo con SI o NO. Uno spazio bianco può voler dire 'l'ho dimenticato', 'non ero sicuro' o 'è ovvio'. Il fatto è che le cose non sono mai ovvie per qualcuno che non era presente o anche per se stessi, 12 mesi dopo, al momento di rimettere insieme i dati;
- non fidarsi della memoria; anche la cosa più ovvia deve essere documentata perché la si può dimenticare e l'informazione andrà perduta.

Passo 10: come verranno analizzate le informazioni raccolte?

Quando si giunge all'analisi dei risultati ci sono due approcci possibili. Più semplicemente si possono 'esaminare' i dati e vedere se ci sono cambiamenti abbastanza grandi, dopo l'intervento, da soddisfare gli obiettivi. Con difficoltà piuttosto maggiore, ma anche con maggiore accuratezza, si può usare qualche test statistico. Come nel caso dei diversi livelli di schema di campionamento, la scelta dell'analisi dipende dal grado di confidenza desiderato nell'interpretazione finale.

Esaminare i risultati (per semplice comparazione)

Esaminare i risultati può essere veloce ed efficace, specialmente nel caso di piccoli *data set*. Spesso occorre solo una modesta elaborazione dei dati, come il calcolo di valori medi da confrontare. Per esempio, si può comparare il numero medio di famiglie di macroinvertebrati trovate in uno studio prima della costruzione di *riffles* artificiali, con quello trovato dopo. Tale operazione può essere semplice come confrontare due numeri. Se tale procedimento risulta carente, si possono ricercare le tendenze, i modelli di cambiamento. Ad esempio, si possono comparare profili longitudinali del tratto prima della costruzione di *riffles*, dopo la costruzione e dopo una piena con tre anni di tempo di ritorno. Si rilevarebbe che i *riffles* diventano sempre meno profondi mentre le *pools* fra i *riffles* sempre più profondi.

Esaminare i risultati è generalmente veloce, facile ed intuitivo e può essere convincente quando la riqualificazione ha causato un grande cambiamento nel corso d'acqua. Tuttavia, non si adatta a tutti i dati o tutti gli scopi. E' difficile essere realmente oggettivi. Si è posto un grande impegno nel progetto di riabilitazione ed il corso d'acqua sembra molto migliore con questi *riffles* e le *pools* fra di essi. E' molto difficile impedire che la speranza e la fiducia di avere migliorato le condizioni influenzi il nostro giudizio, anche se si è cercato di evitarlo. Inoltre, è quasi impossibile interpretare *database* ingenti e complessi senza un aiuto matematico. Come si gestiscono molti dati puntuali, ognuno dei quali sembra variare in modo diverso? Per esempio, se si studiano i macroinvertebrati in un corso d'acqua relativamente in buona salute, si possono trovare anche più di 50 specie. Come si può dare un senso ai risultati quando, dopo la riqualificazione, qualcuna ha incrementato la propria abbondanza, altre l'hanno diminuita, altre sono sparite e nuove specie sono comparse? Ancora una volta ci sentiamo di ribadire che il grande limite di un semplice esame dei dati è l'incapacità di prendere in considerazione la variabilità dei sistemi naturali.

L'esame dei dati può essere molto utile, ma a causa della difficoltà di tener conto della variabilità, questo tipo di analisi è realmente convincente solo quando il cambiamento causato dal progetto è sufficientemente ampio.

Elaborazione statistica

L'elaborazione statistica è complessa ed onerosa in termini di tempo, richiede molta più cura nella raccolta dei dati e, spesso, richiede più dati. Tuttavia, consente di gestire una grossa base di dati, è in grado di tenere in conto variazioni anche piccole, è oggettiva ed è, normalmente, più corretta. L'oggettività è la caratteristica più importante. L'esecuzione di un test statistico comporta la seguente domanda: che grado di fiducia posso avere che il lavoro fatto sul corso d'acqua abbia prodotto realmente una differenza nelle cose misurate, oltre ogni variazione naturale?

I test statistici richiedono di decidere il grado di confidenza necessario per affermare che il progetto ha conseguito un successo. I ricercatori vogliono, abitualmente, essere certi, con il 95% di probabilità, che un cambiamento è realmente avvenuto. Tuttavia, per scopi gestionali, può a volte essere accettabile lavorare con un livello inferiore di confidenza. Per esempio quando si considera se usare o meno qualche strumento di riqualificazione, molti manager accettano una probabilità di successo del 75%. In questo caso si deve considerare di adottare tale livello di confidenza.

L'analisi statistica è una forma di matematica complessa e non c'è alcun dubbio che essa richieda molto tempo e fatica per padroneggiare la materia. In effetti, non si sta suggerendo di operare sempre in questo modo. Se si decide di gestire dati complessi è bene parlare con un esperto. E' essenziale fare ciò nella fase di pianificazione dell'elaborazione, poiché una tale decisione influenzerà lo schema del programma di monitoraggio.

Conclusioni sull'analisi statistica

Nelle fasi iniziali di pianificazione della valutazione si deve pensare a cosa deve essere il risultato del monitoraggio. Si attende una risposta molto grande all'intervento, tale da essere facilmente determinata senza un'elaborazione statistica? I risultati possono venir condensati in poche cifre facili da comparare? Noi stessi e le persone interessate nella valutazione saremo convinti da dati non elaborati statisticamente? Se sì, si può operare senza fare ricorso a test statistici. Tuttavia, se si vuole evitare il rischio di incertezze sul significato dei risultati, o se si desidera monitorare elementi complessi come la diversità degli habitat o delle popolazioni di macroinvertebrati, è più saggio optare per l'analisi statistica.

Passo 11: qual'è il costo?

Il costo di una valutazione deriva dall'acquisto e dal noleggio di attrezzature e dal lavoro (particolarmente costoso se è necessaria l'assistenza di esperti). Ciò significa che le forme più semplici di valutazione (esecuzione, sopravvivenza, estetica) possono essere abbastanza economiche. In ogni caso ogni valutazione che richiede che delle persone visitino con regolarità un sito per effettuare misurazioni è costosa. Può anche necessitare di attrezzatura costosa (ad es. l'elettropesca). Ogni progetto che richiede la raccolta ed il processamento di campioni da parte di personale specializzato può essere molto costoso. Il progetto ha previsto e coperto questi costi? Una volta deciso il livello del monitoraggio ed il rigore del progetto il costo del monitoraggio tende ad essere abbastanza costante indipendentemente dalla dimensione del progetto. Ciò significa che al crescere del costo di un progetto, il monitoraggio diventa relativamente più economico. E' estremamente importante che ogni componente del monitoraggio di un progetto sia accuratamente stimato fin dal principio e coperto finanziariamente per tutta la durata del progetto stesso. E' facilmente immaginabile lo scenario di un progetto completato, in cui il monitoraggio continua per un anno o due, ed in cui un capo vede i soldi spesi 'senza far niente'. La sfida è assicurare che sia i soldi che il personale coprano le necessità del monitoraggio per quanto previsto.

Riassunto dei passi della valutazione

Ogni progetto dovrebbe essere, in qualche modo, sottoposto a valutazione, anche se questa dovesse limitarsi alla sola raccolta di foto dettagliate ed alla mappatura dei tipi vegetazionali. Ma sarebbe sbagliato pensare di poter valutare tutti i progetti ad un livello di confidenza in grado di soddisfare gli scienziati. Il costo sarebbe troppo elevato; inoltre, procedure di valutazione troppo rigide possono comportare che modificazioni (cioè migliorie) al progetto confondano la valutazione.

Ogni progetto di ripristino dovrebbe essere visto come un esperimento. Sarà possibile progredire solo quando la gente ammetterà apertamente che c'è sempre qualcosa da migliorare e che alcuni approcci passati non hanno avuto successo. Gruppi che pubblicizzano diffusamente i loro 'fallimenti' dovrebbero essere riccamente ricompensati perché salveranno molte altre persone dagli stessi, costosi, errori.

Le due domande chiave da porre nel pianificare un approccio valutativo sono:

- quanto voglio essere sicuro di avere individuato una risposta?
- chi sto cercando di convincere del risultato?

La valutazione dovrebbe essere condotta solo al livello necessario. Molte delle insoddisfazioni e dei problemi con il processo di valutazione derivano dalla mancata specificazione di che cosa i proponenti considerano convincente evidenza di successo.

BIBLIOGRAFIA

Valutazione degli impatti

- AA.VV. (2000) – *Valutazione di Impatto Ambientale: un approccio generale*. Quaderni della valutazione di impatto ambientale, n. 4, Regione Toscana, Giunta Regionale.
- Bereano A. (1972) – *A Proposed Methodology for Assessing Alternative Technologies*. Ithaca (NY).
- Bettini V., Falqui E., Alberti M. (1984) – *Il bilancio di impatto ambientale*. CLUP.
- CNYRP&DB. (1972) – *Environmental Resources Management*. Central New York Regional Planning & Development Board, New York.
- Conti F., Manzi A., Pedrotti F. (1997) – *Liste rosse regionali delle piante d'Italia*. WWF Italia, Società Botanica Italiana, TIPAR Poligrafica Editrice, Camerino, 139 pp.
- Cossu R. (1986) – *Metodo di valutazione degli impatti degli impianti di disinquinamento con lo schema a matrici cromatiche*. Atti Convegno, <http://www.image.unipd.it/cossu>.
- Dee N., Baker J., Drobny N., Duke K., Whitman I., Fahringer D. (1972) – *An Environmental Evaluation System for Water Resource Planning*. Battelle-Columbus Laboratories.
- Federal Interagency Stream Restoration Working Group (2001) – *Stream Corridor Restoration: Principles, Processes, Practices*. U.S.A., www.usda.gov/stream_restoration.
- Kondolf G.M., Micheli E.M. (1995) – *Evaluating stream restoration projects*. "Environmental Management Geology". v. 19, pp. 1-15.
- Leopold L.B., Clark F.E., Hanshaw B.B., Balsley J.R. (1971) – *A procedure for evaluating environmental impacts*. US Geological Survey Circular 645, Washington D.C.
- Meredith J.R., Mantel S.J. (1995) – *Project Management: A Managerial Approach*. John Wiley and Son ed., New York.
- Polelli M. (1987) – *Valutazione di impatto ambientale*. REDA.
- Rutherford I.D., Jerie K., Marsh N. (2000) – *A Rehabilitation Manual for Australian Streams (vol. 2)*. LWRRDC & CRCCH.
- Segale A. (1993) – *L'uso degli indicatori ambientali*. In Polelli M. (a cura di) – *L'impatto delle agro-tecnologie nel Bacino del Po. Metodologie di valutazione: primo contributo*. FrancoAngeli.
- Sorensen J.C. (1971) – *A Framework for Identification and Control of Resources Degradation and Conflict on the Multiple Use in the Coastal Zone*. Berkeley.
- Stewardson M.J. (2003) – *River Research and Applications*. Wiley Online Library.
- Trimble S.W. (1997) – *Stream channel erosion and change resulting from riparian forests*. "Geology", v. 25, pp. 467-469.

Indice di Funzionalità Fluviale (IFF)

- AA.VV. (2007) – *IFF 2007. Indice di Funzionalità Fluviale*. APAT.

Assetto del mosaico territoriale e funzioni ecologiche svolte

AA.VV. (2005) – *Manuale per la gestione dei siti Natura 2000*. Ministero dell’Ambiente e della Tutela del Territorio - Direzione Protezione della Natura, Roma.

Fiduccia A. (2001) – *Rapporto finale relativo allo studio per la realizzazione di una metodologia idonea all’individuazione degli elementi di connessione ecologica territoriale attraverso l’ausilio delle tecniche di analisi spaziale supportate da tecnologie GIS*. MondoGIS srl & Ministero dell’Ambiente.

Forman R.T.T., Godron M. (1986) – *Landscape ecology*. John Wiley and Sons, New York.

Odum E.P. (1959) – *Fundamentals of ecology*. W.B. Saunders Co., Philadelphia.