

# Previsione degli effetti sull'ecosistema fluviale delle opere di riduzione del rischio idrogeologico: una ipotesi metodologica basata sull'Indice di Funzionalità Fluviale

Giulio Conte\*, Anacleto Rizzo

*Iridra S.r.l., Via La Marmora 51 – 50121, Firenze (FI), Italia*

\* Referente per la corrispondenza: [conte@iridra.com](mailto:conte@iridra.com)

*Pervenuto il 24.2.2017; accettato il 15.5.2017*

## Riassunto

La Regione Lombardia ha ritenuto opportuno dotarsi di uno strumento di supporto decisionale multi-obiettivo, che permetta di confrontare vantaggi e svantaggi dei progetti di difesa idraulica e idrogeologica sotto il profilo della sicurezza idraulica, dei processi geomorfologici, dello stato ecologico del corso d'acqua e delle condizioni ambientali più in generale. Nell'ambito dell'elaborazione di tale più ampio strumento è stato sviluppato il metodo oggetto di questa comunicazione. In particolare il metodo cerca –in modo più semplice e speditivo possibile per non richiedere il contributo di specialisti– di prevedere gli effetti potenziali dell'intervento sullo "stato ecologico" del corpo idrico.

Il metodo è basato sull'Indice di Funzionalità Fluviale (IFF), di cui è prevista l'applicazione "ex-ante" sul tratto di corso d'acqua interessato dall'intervento. In base alle caratteristiche del progetto viene poi effettuata una previsione della variazione solo di alcuni dei descrittori (le domande) che compongono l'indice, mentre per gli altri si assume che restino invariati. Dal confronto tra l'IFF calcolato "ex-ante" e "ex-post" viene poi calcolato un indicatore che varia al cambiamento di classe dell'IFF. Il metodo permette così di attribuire all'intervento un valore positivo, se potenzialmente in grado di migliorare la classe del corso d'acqua, o negativo se ci si attende un suo peggioramento. Questa stima della variazione dello stato ecologico –ovviamente un "proxy" dello "stato ecologico" reale– può essere confrontata e integrata con gli altri criteri (sicurezza, assetto geomorfologico, ecc.) per una valutazione integrata delle opere di difesa idraulica.

PAROLE CHIAVE: riqualificazione fluviale / impatto ambientale / opere idrauliche / strumento di supporto decisionale

## Forecasting the effects on the river ecosystem of flood protection works: an approach based on IFF

Regione Lombardia needs a multi-objective decision supporting tool to assess flood protection projects. The tool is expected to compare advantages and disadvantages of different projects, taking into account people safety, natural geomorphological processes, ecological status of the water bodies involved and possible impacts on the environment and landscape. In the framework of such tool, the method object of the present communication has been developed. The method is aimed at predicting –in a simple and quick way not requiring specific expertise– possible effects of flood protection works on the ecological status of the involved water body.

The method is based on the IFF (river functionality index), that has to be applied "ex-ante" on the stretch of water body object of the flood protection works. Then, the expected variation due to the project of a few "attributes" composing the IFF are forecasted, while others remain unchanged by assumption. An indicator varying according to the change of IFF classes is calculated comparing the value of the IFF index before and after the expected works. The method, therefore, predicts the effect of the expected works that could be positive whereas it allows an increase of the IFF class, or negative if the IFF class is expected to decrease.

Such estimation of the expected changes of the ecological status of the water body –in reality a "proxy" of the true "ecological status"– can be compared with other criteria (people safety, geomorphological processes, etc.) for an integrated assessment of the flood protection works.

KEY WORDS: river restoration / flood protection / River functionality index / decision support system (DSS)

## INTRODUZIONE

Le opere di difesa dalle esondazioni e dall'erosione sono state, e spesso ancora sono, tra i principali fattori di impatto sui corsi d'acqua. Oggi un nuovo approccio al problema del rischio idraulico e geomorfologico ac-

cesce l'interesse dei decisori pubblici verso soluzioni che permettano di ridurre il rischio per le popolazioni esposte, favorendo al tempo stesso la riqualificazione dei corsi d'acqua e il recupero –laddove possibile– dei

naturali processi geomorfologici fluviali. Per la pubblica amministrazione non è però semplice prevedere già in fase progettuale se un determinato intervento sia destinato a peggiorare o migliorare le condizioni dell'ecosistema fluviale e quindi quali interventi siano preferibili o prioritari rispetto ad altri. La procedura di valutazione di impatto ambientale (VIA) infatti, prevede la valutazione di un singolo progetto, ma non permette di confrontarlo con altri. La valutazione ambientale strategica (VAS) del piano/programma degli interventi non dispone delle informazioni (e in genere neanche delle risorse e del tempo) necessarie per valutare l'impatto dell'insieme dei singoli interventi previsti. Regione Lombardia ha ritenuto quindi opportuno dotarsi di uno strumento di supporto decisionale multi-obiettivo, che permetta di confrontare vantaggi e svantaggi dei progetti di difesa idraulica e idrogeologica sotto il profilo della sicurezza idraulica, dei processi geomorfologici, dello stato ecologico del corso d'acqua e delle condizioni ambientali più in generale. Il definitivo ambito valutativo di applicazione dello strumento è tuttora in discussione da parte del Committente.

### Il sistema di valutazione multi-obiettivo

Il sistema di valutazione multi-obiettivo, elaborato da un team di esperti di diversi settori, ha diversi scopi. Deve permettere innanzitutto di valutare in modo integrato e multi-obiettivo i progetti di difesa idraulica e idrogeologica. La valutazione deve tenere conto dell'approccio generale introdotto dall'articolo 7, comma 2 del Decreto Legge 133/2014 (convertito in Legge 164/2014), che dà priorità agli interventi integrati che migliorino sia l'ecosistema fluviale sia le condizioni di rischio (che chiameremo nel seguito progetti multi-obiettivo), ma anche dei criteri di ammissibilità e di determinazione di priorità individuati nel dettaglio dal DPCM 28 Maggio 2015 (con particolare attenzione ai progetti cosiddetti win-win).

Una seconda finalità dello strumento consiste nel fornire linee guida per i progettisti (ma implicitamente anche per le stazioni appaltanti che elaborano i bandi di progettazione) per orientarli ad elaborare progetti di mitigazione del rischio di tipo multi-obiettivo.

Una terza finalità è quella di evidenziare se un progetto di difesa idraulica-idrogeologica rischia di pregiudicare il raggiungimento dell'obiettivo di qualità fissato per un determinato corpo idrico ai sensi della Direttiva 2000/60 o comunque di provocare un deterioramento rispetto allo stato attuale. Questa terza funzione dello strumento non è del tutto sovrapponibile con la prima, in quanto non deve tener conto dei criteri di ammissibilità al finanziamento e di determinazione di priorità individuati dal DPCM 28 Maggio 2015.

Per raggiungere tali obiettivi è stato predisposto uno strumento di valutazione multi-obiettivo che permette

di valutare le "prestazioni" di un progetto rispetto a 4 "macro-temi": sicurezza idraulica, aspetti idromorfologici, stato ecologico, rete natura e aspetti paesaggistici. Tale strumento è costituito da un software che permette la valutazione mediante l'immissione di una serie di dati predefiniti corredato da una guida per l'utilizzatore. Lo strumento di valutazione predisposto risponde a due delle finalità indicate sopra (la prima e la terza): può essere usato sia per valutare il rischio di deterioramento dello stato ambientale del corpo idrico, utilizzando a tal fine la prestazione riferita allo "stato ecologico", sia per valutare il progetto nel suo complesso, valutando insieme tutti i criteri. Per rispondere alla seconda finalità sono invece state elaborate delle linee guida per la progettazione delle tipologie di opere idrauliche più frequentemente previste dai Piani di gestione del rischio alluvioni. Tali linee guida si propongono di fornire le indicazioni essenziali per permettere che le opere idrauliche siano il più possibile compatibili con il "buono stato" del corpo idrico sotto il profilo ecologico, geomorfologico, paesaggistico e di tutela degli habitat. Si configurano come semplici "check-list" che suggeriscono gli elementi essenziali di cui tener conto in fase di progettazione.

La presente comunicazione riguarda unicamente la metodologia sviluppata per valutare le possibili variazioni dello stato ecologico.

### MATERIALI E METODI

Lo strumento di *Valutazione e previsione dello Stato Ecologico (SE)* si propone di conoscere la variazione dello stato ecologico del corpo idrico interessato da un intervento di difesa idraulica: permettere quindi di prevedere la variazione degli EQB (Elementi di Qualità Biologica) in seguito all'intervento. Si tratta di un'operazione estremamente complessa, poiché il valore delle metriche di misura degli EQB è influenzato da moltissime variabili (condizioni morfologiche, qualità dell'acqua, possibilità di ricolonizzazione dopo un evento traumatico, ecc.), variabili che sarebbe estremamente difficile modellizzare per fare una previsione attendibile (Nilsson *et al.*, 2003). Una previsione speditiva degli effetti di un'opera idraulica sullo Stato Ecologico deve quindi necessariamente ricorrere ad un *proxy* (Nardini, 2005), cioè ad un'altra grandezza che non misura direttamente lo Stato Ecologico ma è ad esso correlata, e la cui variazione prima e dopo l'intervento sia più facilmente prevedibile. Abbiamo quindi rivolto l'attenzione verso schemi che valutano non le funzioni dell'ecosistema fluviale ma la sua struttura, che rendano quindi possibile il confronto tra le condizioni strutturali dell'ecosistema ex-ante e le condizioni attese in seguito all'intervento. Uno schema di valutazione siffatto offre infatti notevole "robustezza" e riduce l'arbitrarietà del giudizio. La scelta è caduta sull'Indice di Funzionalità

Fluviale (IFF, Siligardi *et al.*, 2007), un sistema semplice perché basato su domande univoche (per rispondere alle quali esiste una guida molto chiara) –utilizzato da molti anni e revisionato abbastanza recentemente– che permette di valutare alcuni attributi del corso d’acqua allo stato attuale (ed i relativi punteggi) e stimare la loro variazione (in positivo o in negativo) in seguito all’intervento.

Nel rilevamento dell’IFF infatti, oltre a fornire una serie di metadati (p.es. località, larghezza dell’alveo di morbida, etc.), l’operatore deve rispondere a 14 domande che riguardano le principali caratteristiche funzionali del corso d’acqua; per ogni domanda è possibile esprimere una sola delle quattro risposte predefinite per le due sponde sinistra e destra. Ad ogni risposta l’IFF assegna un peso (minimo 1, massimo 40) che esprime le differenze funzionali tra le singole risposte. Sommando i punteggi parziali di tutte le singole risposte si ottiene un punteggio complessivo dell’IFF, con valore minimo 14 e massimo 300. Il punteggio finale viene tradotto in 5 livelli di funzionalità (LF), espressi con numeri romani (dal I che indica la situazione migliore al V che indica quella peggiore), ai quali corrispondono i relativi giudizi di funzionalità (GF); sono inoltre previsti livelli intermedi, al fine di meglio graduare il passaggio da una classe all’altra.

Considerata la necessità di utilizzare lo strumento non solo per la valutazione dello stato “ex-ante” ma anche per fare previsioni sulla variazione del valore dei parametri in seguito alla realizzazione delle opere previste, per la stima dell’indicatore SE si è deciso di considerare solo alcune “domande” dell’IFF. Le domande selezionate sono:

- Stato del territorio circostante
- Vegetazione fascia perifluviale primaria o secondaria: un unico criterio con due scale di punteggi da applicare a seconda delle caratteristiche del corpo idrico (CI)
- Ampiezza e continuità delle formazioni presenti in fascia perifluviale (due criteri distinti)
- Efficienza di esondazione
- Substrato alveo e strutture di ritenzione
- Sezione trasversale
- Idromorfologia

Le domande sono state scelte in quanto sono rilevabili in modo speditivo, senza richiedere competenze specialistiche. Inoltre, per ciascuna delle domande selezionate, è possibile fare una previsione della variazione in seguito alla realizzazione dell’opera. In altre parole l’operatore, sulla base del progetto dell’opera, può “immaginare” come risponderà alle domande sulla base dell’assetto del corso d’acqua previsto una volta realizzata l’opera.

Si è ritenuto invece di non considerare le seguenti 6 domande richieste dal metodo IFF: (i) condizioni idriche (valori da 20 a 1); (ii) erosione (valori da 20 a 1); (iii) idoneità ittica (valori da 25 a 1); (iv) componente

vegetale in alveo bagnato (valori da 15 a 1); (v) detrito (valori da 15 a 1); (vi) comunità macrobentonica (valori da 20 a 1). La scelta di escludere alcune domande muove da un lato dalla necessità di rendere semplice il metodo per una sua applicazione speditiva, dall’altro dal particolare uso “predittivo” dei criteri dell’IFF, uso per cui l’IFF non è stato concepito; la previsione delle condizioni future del corso d’acqua in seguito all’intervento è praticabile –con livelli accettabili di arbitrarietà– solo per alcune domande e non per tutte. La domanda 5 (condizioni idriche) è stata trascurata perché è un aspetto che non viene di norma alterato dalle opere di difesa ed è comunque considerato nella stima dell’indice “Aspetti idromorfologici - IM”, che compone il sistema di valutazione multi-obiettivo (e non discusso in questo lavoro). Il criterio erosione (domanda 8 dell’IFF) non viene considerato in quanto soggetto facilmente a interpretazioni erronee nel suo significato relativo alla funzionalità fluviale; inoltre, anche in questo caso, tale aspetto viene già considerato nella stima dell’indice “Aspetti idromorfologici - IM”. L’idoneità ittica (domanda 11), la componente vegetale in alveo bagnato (domanda 12), il detrito (domanda 13) e la comunità macrobentonica (domanda 14) vengono escluse in quanto si ritiene che sia impossibile fare una previsione attendibile delle condizioni attese in seguito alla realizzazione dell’intervento.

Per valutare gli effetti sullo stato ecologico (SE) si chiede quindi all’operatore di rispondere a 8 delle 14 domande dell’IFF nella condizione prima dell’intervento (ex-ante) e dopo l’intervento (ex-post). Ognuna delle 8 domande rappresenta un sub-indice di SE. Gli 8 sub-indici dell’indicatore SE risultano quindi essere: (i) stato del territorio circostante (SE1); (ii) vegetazione presente nella fascia perifluviale (SE2); (iii) ampiezza delle formazioni funzionali presenti in fascia perifluviale (SE3); (iv) continuità delle formazioni funzionali presenti in fascia perifluviale (SE4); (v) efficienza di esondazione (SE5); (vi) substrato dell’alveo e strutture di ritenzione degli apporti trofici (SE6); (vii) sezione trasversale (SE7); (viii) idromorfologia (SE8). Per approfondire gli obiettivi e i principi di tali sotto-criteri si rimanda al manuale IFF (Siligardi *et al.*, 2007).

Per una corretta valutazione è necessario innanzitutto individuare i tratti di corso d’acqua che potranno subire impatti in seguito alla realizzazione delle opere. Se ad esempio si prevede la costruzione di un argine, il tratto interessato corrisponderà alla lunghezza dell’argine. È necessario però che il tratto interessato dall’opera sia omogeneo in termini di funzionalità fluviale: se l’opera riguarda un tratto di corso d’acqua disomogeneo in termini di funzionalità (perché ad esempio una parte presenta un alveo naturale ed un’altra un alveo ristretto e risagomato), la valutazione dovrà essere operata sui due tratti distinti, che saranno quindi valutati separatamente.

Analogamente se il progetto prevede opere e interventi di diversa natura su tratti diversi di corpo idrico (ad es. un tratto interessato da una cassa di espansione e un altro da una riqualificazione vegetazionale), la valutazione sarà fatta separatamente sui due tratti. Il valore finale dell'indice è proporzionale alla lunghezza del tratto fino ad un massimo di 1000 metri: quindi per tratti di fiume inferiori ai 1000 metri il miglioramento/peggioramento non potrà essere massimo.

Per mantenere la coerenza interna delle classi di valore dell'IFF nella formulazione matematica dell'indice si ipotizza che, per le 6 domande escluse, la condizione post intervento resti immutata rispetto allo stato precedente l'intervento. Lo stato attuale viene determinato "di default" ad un valore medio pari a 55, corrispondente ai seguenti valori dei 6 indicatori: (i) condizioni idriche 10; (ii) erosione 10; (iii) idoneità ittica 10; (iv) componente vegetale in alveo bagnato 7; (v) detrito 8; (vi) comunità macrobentonica 10. Una futura evoluzione del metodo prenderà in considerazione la possibilità di inserire come input i valori dei 6 criteri esclusi (ad esempio nel caso in cui sia già presente una valutazione IFF del corso idrico), mantenendoli uguali sia per la situazione ex-ante che ex-post.

Ad ogni sub-indice corrisponde quindi una domanda dell'IFF e, quindi, un valore minimo ed uno massimo del punteggio che può essere assegnato alla situazione ex-ante ed ex-post, riassunti in Tab. I

Ne segue che –sommando il valore medio di 55 punti dovuto alle 6 domande dell'IFF escluse dalla procedura di valutazione ai punteggi minimo o massimo indicati in tabella I– il punteggio dell'IFF del corso d'acqua tra la condizione ex-ante ed ex-post può avere un valore minimo di 63, corrispondente al GF scadente, ed un valore massimo di 240, corrispondente al GF buono. In altre parole l'approccio adottato assume che il corso d'acqua –sia in condizioni ex-ante che ex-post– non possa mai avere un GF inferiore a scadente e superiore a buono. Tale limitazione non rappresenta un problema in quanto lo strumento di valutazione messo a punto utilizza la differenza ante/post.

L'operatore si trova quindi a dover rispondere alle

**Tab. I.** Punteggi minimi e massimi attribuibili ai sub-indici dell'indicatore SE, basati sui valori punteggi delle domande dell'IFF (Siligardi *et al.*, 2007).

Sub-indice	Minimo	Massimo
SE1: Stato del territorio circostante	1	25
SE2: Vegetazione presente nella fascia perifluviale	1	40
SE3: Ampiezza delle formazioni funzionali presenti in fascia perifluviale	1	15
SE4: Continuità delle formazioni funzionali presenti in fascia perifluviale	1	15
SE5: Efficienza di esondazione	1	25
SE6: Substrato dell'alveo e strutture di ritenzione degli apporti trofici	1	25
SE7: Sezione trasversale	1	20
SE8: Idromorfologia	1	20
<b>Totale</b>	<b>8</b>	<b>185</b>

domande dei sub-indici da SE1 a SE8 sia ex-ante che ex-post. Sommando il valore medio costante di 55 al risultato ottenuto dalle risposte, si ha quindi una stima dell'IFF ex-ante ed una ex-post, a cui si fanno corrispondere i GF in accordo coi punteggi del metodo IFF. Per ogni possibile GF ex-ante si è definita una Funzione di Valore (FdV) che dia un punteggio compreso tra -1 e +1 all'indicatore SE; sulla base dell'IFF ex-post stimato, viene attribuito un valore positivo di SE da 0 a 1 nel caso di miglioramento della GF, e un valore negativo di SE da 0 a -1 per un peggioramento del GF.

Le FdV sono state costruite dando un valore di SE per ogni salto di GF in modo non lineare ma in base ai "salti di classe" previsti dalla struttura dell'indice IFF. La metodologia di calcolo delle FdV si basa sulla scelta arbitraria dei pesi dei cambiamenti più sfavorevoli, da cui poi derivano tutti gli altri: a titolo d'esempio, i valori scelti per la FdV di un corpo idrico con IFF buono sono riassunti in tabella II.

Le altre FdV sono state ottenute partendo dai valori della FdV con condizione ex-ante Buono di tabella II, dando lo scarto corrispondente a passare da un GF all'altro e variando il segno nel caso di miglioramento in positivo o in negativo del GF; ad esempio nella FdV per GF ex-ante Buono-Mediocre il valore di SE dato al caso di salto alla classe Buono ( $SE_{BM-B}$ ) è risultato:

$$SE_{BM-B} = -(SE_{B-BM} - SE_{B-B}) = -(0,35 - 0) = 0,35$$

dove  $SE_{B-BM}$  e  $SE_{B-B}$  sono i valori dati dalla FdV inerente a GF ex-ante Buono per il passaggio a GF ex-post Buono-Mediocre e Buono, rispettivamente (fissati in

**Tab. II.** Valori assegnati in modo arbitrario per la costruzione della FdV dell'indicatore SE nel caso di valore di IFF ex-ante pari a Buono.

IFF ex-ante	IFF ex-post	SE
Buono	Buono	0
Buono	Buono - Mediocre	-0,35
Buono	Mediocre	-0,63
Buono	Mediocre - Scadente	-0,85
Buono	Scadente	-1

Tab. II). Le FdV per tutti i valori di GF ex-ante assunti dal metodo e costruite seguendo la metodologia esposta in precedenza sono riportate in Fig. 1.

**RISULTATI**

Il metodo è stato sperimentato su 10 interventi di difesa idraulica che presentavano livelli di progettazione più o meno avanzati (dal livello di fattibilità fino al progetto esecutivo) e ad alcune opere già realizzate (per cui la valutazione è stata fatta sul progetto ma poi verificata in campo). Per brevità si riportano qui i risultati dell'applicazione del metodo ottenuti su due casi significativi:

- Riqualficazione e messa in sicurezza della valle del torrente Guisa – *intervento ancora non realizzato, valutazione sulla base del progetto esecutivo.*
- Interventi di regimazione della valle dell'Oro-Toscio (Civate) – *intervento realizzato, valutazione sulla base di osservazioni di campo.*

Il primo intervento prevede la realizzazione di due aree golenali confinate che consentono la laminazione delle onde di piena del Guisa limitando le portate in transito a valori compatibili con l'alveo e le infrastrutture esistenti. L'intervento di maggiore interesse riguarda un tratto rettificato di 440 metri, dove è prevista la creazione di un nuovo alveo morfologicamente e idraulicamente connesso con la piana alluvionale, ed è a questo intervento che si riferiscono i valori di SE riportati in tabella III.

Il secondo intervento è invece un "classico" interven-

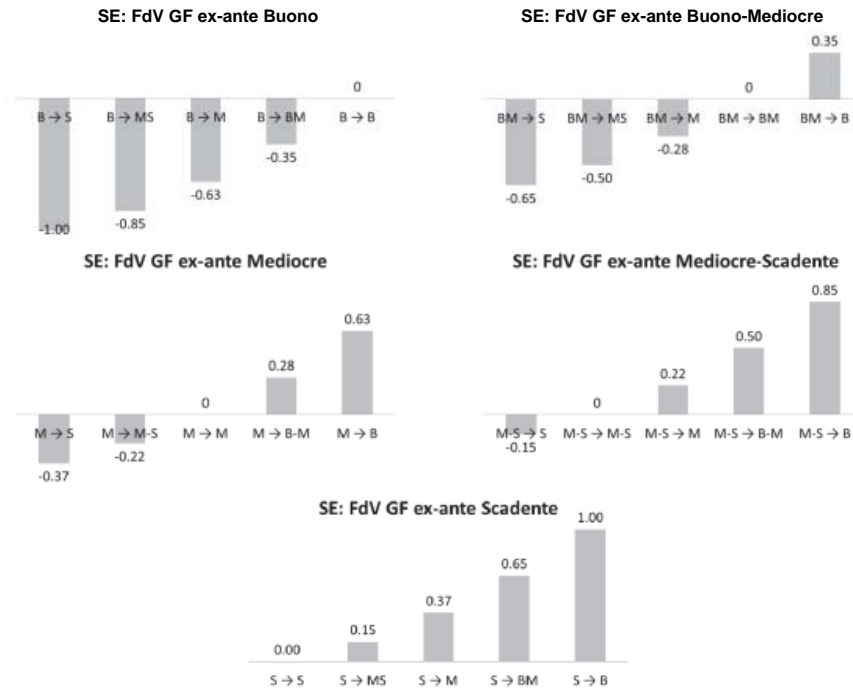
to di regimazione previsto su un torrente montano ad elevata energia, che presenta una condizione di buona naturalità anche se sono visibili a tratti alcune vecchie opere di consolidamento: il tratto interessato dai lavori è di circa 630 metri. Gli interventi previsti per la regimazione idraulica prevedono:

- riprofilatura dell'alveo con la disposizione di 4 briglie in massi per ridurre le velocità dei flussi di piena;
- risagomatura dell'alveo tramite regolarizzazione e livellamento del fondo e sistemazione delle sponde con massi ciclopici;
- rimozione della vegetazione che ricopre le sponde e parzialmente ostruisce l'alveo.

In tabella III sono riportati i valori dell'IFF di due tratti omogenei interessati dagli interventi sui corsi d'acqua, i valori previsti "post intervento" e i valori dell'indice "stato ecologico" calcolati dal sistema di valutazione.

**DISCUSSIONE**

L'intervento previsto sul torrente Guisa riguarda un tratto fortemente artificializzato (rettificato, privo di golene, vegetazione di sponda costituita da una fascia monofilare di *Robinia pseudacacia*, circondato da coltivazioni intensive) che presenta un valore di IFF corrispondente ad una classe "scadente". L'intervento previsto determinerà un miglioramento per alcuni sotto-criteri –stato del territorio circostante, ampiezza delle formazioni funzionali (soprattutto in destra), efficienza di esondazione, substrato, sezione, idromorfologia–



**Fig. 1.** Funzioni di Valore (FdV) per ogni giudizio funzionale (GF) ex-ante: Buono (B); Buono-Mediocre (BM); Mediocre (M); Mediocre-Scadente (MS); Scadente (S).

**Tab. III.** Valori dell'IFF (prima e dopo gli interventi) e variazione dell'indice di Stato Ecologico sui due tratti di fiume interessati dagli interventi.

Intervento	IFF ex-ante (D/S)	IFF ex-post (D/S)	Indice SE
Riqualficazione e messa in sicurezza della valle del torrente Guisa (metri 440)	94/90 (scadente)	155/180 (medio)	+ 0,16
Interventi di regimazione della valle dell'Oro-Toscio (metri 630)	225/225 (buono)	91/100 (scadente)	- 0,63

mentre altri sottocriteri resteranno invariati (vegetazione) o peggioreranno (continuità). Il valore atteso dell'IFF sulle due sponde permette un salto di classe. Considerata la limitata estensione dell'intervento il risultato finale –in termini di miglioramento dell'indice SE– è modesto e pari 0,16.

Il secondo intervento riguarda un tratto del torrente Oro in condizioni seminaturali. Ancorché interessato da sistemazioni precedenti (in particolare alcune soglie in alveo) –grazie alla notevole energia e alla mobilità del substrato– il torrente mantiene la struttura dell'alveo e delle sponde tipica dei corsi d'acqua montani, con strutture di ritenzione importanti in alveo e una vegetazione di sponda costituita prevalentemente da salici arbustivi e ontani, seguita immediatamente da specie mesofile di climi freschi (frassino, acero campestre, faggio). Il valore dell'IFF prima dell'intervento equivale ad un giudizio "buono". L'intervento previsto impatta drasticamente sia sull'alveo che sulle sponde, interessate –tra l'altro– da una pista per la manutenzione che si sviluppa parte in sponda destra e parte in sinistra, con l'effetto di peggiorare la condizione della vegetazione riparia su entrambe. Vi è quindi un peggioramento drastico di quasi tutti i sotto-criteri usati per valutare lo stato ecologico, che dà luogo a valori dell'IFF ex-post che corrispondono alla classe "scadente"; il valore dell'indice di Stato Ecologico esprime il massimo peggioramento possibile, pari a -0,63 considerata la lunghezza del tratto interessato. Il giudizio di funzionalità espresso sulla base dell'analisi del progetto ha coinciso con quello espresso attraverso una verifica in campo degli effetti delle opere realizzate: le risposte alle 8 domande dell'IFF sono state le stesse, confermando che –almeno per progetti in stato avanzato– la previsione degli effetti è affidabile.

## CONCLUSIONI

Il metodo sviluppato appare adeguato agli scopi per cui è stato concepito: permettere una valutazione preliminare e speditiva dei possibili impatti sullo stato ecologico dei corsi d'acqua delle opere di riduzione del rischio idrogeologico. Nell'applicazione sperimentale il metodo è apparso in grado di rappresentare la probabilità che le condizioni ambientali del corso d'acqua migliorino o peggiorino e anche di quantificare, con approssimazione accettabile, l'intensità di tale cambiamento.

Nella configurazione attuale, il metodo è di facile applicazione da parte di operatori esperti: infatti alle domande dell'IFF che costituiscono i sottocriteri del metodo è possibile rispondere attraverso semplici osservazioni da remoto e in campo, mentre le domande che richiederebbero indagini più complesse e specialistiche sono escluse dal metodo. Ovviamente la semplicità di applicazione va a discapito della accuratezza della rappresentazione, che potrebbe essere migliorata prevedendo un'applicazione completa dell'IFF nella valutazione ex-ante, includendo anche i 6 sottocriteri che nella versione attuale del metodo presentano valori attribuiti arbitrariamente, che non variano tra situazione ex-ante ed ex-post. È opportuno però ricordare che per tali sottocriteri è estremamente difficile fare una previsione affidabile delle variazioni attese dopo la realizzazione dell'opera, per cui un'applicazione completa dell'IFF migliorerebbe la rappresentazione solo per la situazione ex-ante, ma non per quella ex-post. Quindi, a fronte di un aumento considerevole dell'impegno da parte dell'operatore, si avrebbe un miglioramento dell'accuratezza complessiva piuttosto modesto.

## BIBLIOGRAFIA

Nardini A., 2005. *Decidere l'Ambiente con l'approccio partecipativo*. CIRF-Mazzanti Editore, Venezia, 441 pp.  
 Nilsson C., Pizzuto J.E., Moglen G.E., Palmer M.A., Stanley E.H., Bockstael N.E., Thompson L.C., 2003. Ecological Forecasting and the Urbanization of Stream Ecosystems: Challenges for Economists, Hydrologists, Geomorphologists, and Ecologists. *Ecosystems*, 6 (7): 659-674.

Siligardi M., Avoli F., Baldaccini G., Bernabei S., Bucci M.S., Cappelletti C., Chierici E., Ciutti F., Floris B., Franceschini A., Mancini L., Minciardi M.R., Monauni C., Negri P., Pineschi G., Pozzi S., Rossi G.L., Sansoni G., Spaggiari R., Tamburro C., Zanetti M., 2007. *IFF 2007: indice di funzionalità fluviale: nuova versione del metodo revisionata e aggiornata*. Lineagrafica Bertelli Editori snc, Trento, 325 pp.