

Valutazione del rischio di mancato conseguimento degli obiettivi di qualità dei corsi d'acqua interessati da progetti di captazioni/ritenzioni idriche

Gilberto Forneris¹, Massimo Pascale², Gian Carlo Perosino^{2*}, Patrizia Zaccara²

¹ Dip. di Produzioni Animali, Epidemiologia ed Ecologia dell'Università di Torino. Via Leonardo da Vinci, 44 - 10095 Grugliasco (To).

² C.R.E.S.T., Centro Ricerche in Ecologia e Scienze del Territorio. Via Caprera, 15 - 10136 Torino.

* Referente per la corrispondenza: g.c.perosino@crestsnc.it

Pervenuto il 29.11.2010; accettato il 30.12.2011

Riassunto

L'esperienza maturata in oltre dieci anni nel settore degli studi dedicati alle conseguenze delle captazioni/ritenzioni idriche sui fiumi ha permesso di predisporre un sistema di valutazione del rischio di mancato conseguimento degli obiettivi di qualità ai sensi del D. Lgs. 152/06 nei corsi d'acqua interessati da progetti che comportano alterazioni dei regimi idrologici. Il modello proposto si basa essenzialmente sulla caratterizzazione dello stato iniziale (*ante-operam*) del corso d'acqua considerando pochi ma essenziali elementi (qualità fisico/chimica e biologica delle acque, funzionalità fluviale e ittiofauna), il valore del Deflusso Minimo Vitale e l'entità dell'alterazione del regime idrologico. Si è cercato, con la massima attenzione, di selezionare i sistemi di indagine più semplici e meno costosi, ma anche i più collaudati e conosciuti, nella convinzione che la semplicità di applicazione sia una delle caratteristiche più importanti di una qualunque metodologia.

PAROLE CHIAVE: Qualità dei corsi d'acqua / valutazione del rischio / risorse idriche

Risk assessment in failure to achieve quality goals in watercourses subject to water abstraction

The experience gained over more than ten years in the field on the effects of catchment/water retention on the rivers allowed us to introduce a system of assessing the risk of failure to achieve the quality goals required by the D. Lgs. 152/06 in streams affected by projects involving alteration of hydrological regimes. The proposed method relies primarily on the characterization of the initial state of the watercourse considering a few key elements (such as physical/chemical and biological water quality, river functionality and fish fauna), the value of the reserved flow and the extent of the alteration of the hydrological regime. We have tried very carefully, to select survey systems simpler and less expensive, but also the most proven and known. It is believed that the simplicity of application is one of the most important features of any methodology.

KEY WORDS: stream quality / risk assessment / water resources

INTRODUZIONE

Una delle sfide fondamentali per l'umanità di questo secolo è quella energetica. Aumenta l'interesse per tutte le fonti possibili, soprattutto quelle che permettono una minore dipendenza dai combustibili fossili, che utilizzano risorse rinnovabili e che non contribuiscono all'incremento di CO₂ in atmosfera. Tra queste l'acqua viene considerata con interesse crescente, anche se, nel settore idroelettrico, non sono possibili produzioni molto superiori rispetto allo sfruttamento attuale. Contemporaneamente in agricoltura l'uso irriguo è ritenuto

essenziale per garantire il mantenimento di un settore economico/produttivo fondamentale.

Gli usi idroelettrici ed irrigui sono i più importanti nella gestione delle risorse idriche in quanto sono quelli che comportano le maggiori sottrazioni d'acqua dagli ecosistemi acquatici superficiali naturali, con effetti spesso devastanti. Si può affermare che le captazioni/ritenzioni idriche costituiscono una delle principali cause di alterazione dei corsi d'acqua. Eppure, per le ragioni sopra ricordate e nonostante l'intenso attuale sfrutta-

mento, numerosi sono ancora i progetti relativi ad opere di captazioni/ritenzioni idriche per fini irrigui e soprattutto per fini idroelettrici.

I progetti vengono in genere sottoposti a studi di compatibilità ambientale o di valutazione di impatto ambientale o di valutazione di incidenza. Le relative istruttorie vengono condotte dai funzionari dei competenti settori delle Province e/o delle Regioni, spesso con la consulenza/collaborazione delle ARPA regionali.

Nei primi anni 2000 il Settore Risorse Idriche della Provincia di Torino, in collaborazione con il Dipartimento di Produzioni Animali, Epidemiologia ed Ecologia dell'Università di Torino e con il C.R.E.S.T. (Centro Ricerche in Ecologia e Scienze del Territorio - Torino), allo scopo di fornire un contributo tecnico scientifico sui sistemi di valutazione dei progetti, avviò una complessa ricerca che si concluse con una proposta metodologica operativa (PROVINCIA DI TORINO, 2006). Essa derivava dall'esperienza acquisita grazie agli studi di numerosi progetti negli anni precedenti; successivamente è stata applicata in numerose occasioni. In sintesi lo schema metodologico che proponiamo con questo contributo, con modifiche e adattamenti successivi, dipende da quanto acquisito in oltre un decennio di esperienze, principalmente sui seguenti corsi d'acqua: Arlens, Arneirone, Bersella, Chisone, Chiusella, Dora Baltea, Dora Riparia, Galambra, Gerardo, Gravio di Villarfochiardo, Malesina, Malone, Orco, Pellice, Piova, Ribordone, Sangone, Scaglione, Stura di Lanzo, Stura di Valgrande, Vercellina (Provincia di Torino), Acque Striate (Provincia di Alessandria), Bedale, Corsaglia, Maira, Melle, Stura di Demonte (Provincia di Cuneo), Mastallone, Sesia (Provincia di Vercelli), Oropa, Sessera (Provincia di Biella) e Boesio (Provincia di Varese).

Lo schema metodologico che proponiamo si può considerare valido ed applicabile per il bacino del Po. Esso fornisce indicazioni sul rischio di mancato conseguimento degli obiettivi di qualità (ai sensi del D. Lgs. 152/06) nei tratti fluviali interessati da progetti di captazioni/ritenzioni idriche e si basa su alcuni elementi fondamentali per la caratterizzazione *ante-operam* dell'ecosistema fluviale interessato che, secondo la nostra esperienza, sono i seguenti:

- A. idrologia
- B. qualità biologica delle acque
- C. qualità fisico/chimica delle acque
- D. funzionalità fluviale
- E. ittiofauna.

A. Idrologia

L'idrologia è l'elemento più importante: essa viene modificata dalla captazione/ritenzione idrica con conseguenti impatti su tutte le altre componenti dell'ecosistema

fluviale. Facendo riferimento alla sezione ove è prevista l'opera di presa (S1) ed a quella di restituzione dell'acqua (S2), si ritengono strettamente necessari i seguenti parametri:

- portata media annua (Q_{med});
- portate medie mensili (Q_{mese});
- portate di durata caratteristica (Q_{10} , Q_{91} , Q_{182} , Q_{274} e Q_{355}).

Essi si ottengono sulla base delle misure effettuate da una stazione idrometrica che abbia funzionato, nello stesso bacino (o comunque nella stessa area idrologica), per un periodo di osservazione significativo (non inferiore ad almeno 10÷15 anni) al fine di applicare il metodo della similitudine idrologica. In caso contrario, sulla base della conoscenza della superficie del bacino, della sua altitudine media (dati ottenibili da una breve analisi morfometrica su carta topografica) e dell'afflusso meteorico medio annuo (deducibile da una qualunque carta delle isoiete medie annue disponibile in letteratura) è possibile determinare i parametri succitati mediante l'applicazione della metodologia SIMPO (1980), attualmente il modello di regionalizzazione più valido per il bacino del Po. La caratterizzazione idrologica andrebbe effettuata anche per la sezione S2 se la superficie del bacino ad essa sottesa supera di almeno del 20 % quella sottesa ad S1.

In tal modo si ottiene una buona descrizione del *regime idrologico naturale* (Q_n) del tratto fluviale in studio che rappresenta la situazione *ante-operam*. Ciò a condizione che siano assenti, a monte di S1, altri sistemi di captazioni/ritenzioni idriche; altrimenti occorre ricavare gli stessi parametri succitati per descrivere l'*idrologia attuale* (Q_a), rappresentativa della reale disponibilità idrica; a tal fine occorre sottrarre dalle portate naturali quelle derivate che risultano dai disciplinari di concessione delle captazioni esistenti. L'ultimo passaggio, sulla base della portata massima derivabile da progetto, del Deflusso Minimo Vitale (DMV) previsto (oltre all'eventuale modulazione) e del periodo di derivazione (nel caso di fini irrigui), consiste nel ricavare i valori delle portate medie mensili ed annua e di durata caratteristica rappresentativi dell'*idrologia residua* (Q_r), cioè prevista nella situazione di esercizio (*post-operam*). Tutte le valutazioni vanno effettuate non solo per l'anno idrologico medio, ma anche per gli anni idrologici abbondante (QF20; frequenza di superamento del 20 %) e scarso (QF80; frequenza di superamento dell'80 %).

Dal confronto tra l'idrologia naturale/attuale (Q_n/Q_a ; *ante-operam*) e quella residua (Q_r ; *post-operam*) si possono ottenere interessanti risultati per la descrizione del tipo e dell'entità dell'alterazione idrologica.

B. Qualità biologica delle acque

Le analisi della qualità delle acque fanno riferimento ai risultati di appositi campionamenti presso una o più stazioni interessanti la porzione di ecosistema fluviale in studio. Le stazioni di campionamento, come numero e ubicazione, potrebbero essere individuate secondo quanto suggerito da BOANO *et al.* (2002):

1. una sola stazione nel caso di opere (es. briglie e/o qualunque altra opera di sistemazione idraulica o derivazioni per fini idroelettrici) interessanti un breve tratto di asta fluviale (inferiore a 10 volte la larghezza della sezione dell'alveo naturale inciso); in caso di elementi di disturbo antropico (es. una briglia o una traversa che interrompono la continuità biologica longitudinale o uno scarico inquinante) occorre prevedere due stazioni, una a monte e una a valle;
2. più stazioni nel caso di opere interessanti segmenti di asta fluviale (S1÷S2) di lunghezza superiore a quanto indicato dal punto precedente (2 stazioni fino a 1 km, 3 stazioni fino a 3 km, 4 stazioni fino a 5 km, 6 stazioni fino a 10 km, 7 e più stazioni per tratti fluviali più lunghi), prevedendo comunque una stazione poco a monte di S1 e disponendo le altre eventuali in funzione delle caratteristiche idrologiche, morfometriche e di eventuali impatti, in modo da ottenere un quadro generale rappresentativo;
3. nel caso di progetti che sottendono più corsi d'acqua occorre verificare la somma delle lunghezze dei tratti fluviali interessati e prevedere almeno una stazione per 1÷2 km di segmento fluviale e comunque una stazione immediatamente a monte della sezione di inizio di ogni segmento fluviale interessato; una stazione va posta comunque presso la sezione di valle della restituzione complessiva dell'acqua;
4. nel caso di progetti di realizzazione di invasi di ritenuta (dighe) o di derivazioni idriche senza restituzione a valle (es. usi irrigui e potabili), occorre prevedere una stazione in un tratto di corso d'acqua poco a monte del sito in progetto e quindi altre stazioni a valle, con i criteri di cui ai precedenti punti, fino alla sezione terminale presso la quale si ritengono poco significative le alterazioni indotte sul regime idrologico del corso d'acqua interessato (o del corpo idrico di cui il corso d'acqua è tributario) o comunque in gran parte attenuate dai contributi derivanti dall'interbacino a valle dell'opera di presa.

Merita sottolineare la necessità, come sopra evidenziato, di prevedere sempre una stazione immediatamente a monte dell'opera (o delle opere) di presa; tale stazione, oggetto di valutazione insieme alle altre, è importante quale sito di riferimento per i monitoraggi previsti in fase di esercizio.

Ciascuna delle stazioni così individuate è soggetta a due campionamenti riguardanti la qualità biologica del-

le acque, da effettuarsi nelle condizioni idrometeorologiche più opportune e tra loro distanziate almeno da un tempo di tre mesi. Si utilizzano le metodologie IBE (GHETTI, 1997) e/o STAR_ICMi (BUFFAGNI e ERBA, 2007; BUFFAGNI *et al.*, 2007). Per ogni stazione si ritiene maggiormente rappresentativo il risultato migliore tra i due campionamenti. In caso di spiccate differenze (per es. oltre un punto IBE), si ritiene necessario un terzo campionamento; quale risultato finale si ritiene di utilizzare la media tra i due migliori.

Allo scopo di fornire un'unica indicazione rappresentativa dell'intero tratto fluviale, nei casi in cui lungo esso (oltre 2 km) siano state individuate più stazioni e che hanno fornito risultati poco diversi, si procede al calcolo della media. Diversamente (caso molto raro) è inevitabile dividere il tratto fluviale in studio in segmenti omogenei, ciascuno oggetto di valutazioni separate.

C. Qualità fisico/chimica delle acque

Le stazioni individuate ai fini dei campionamenti sulla qualità biologica delle acque secondo quanto sopra descritto sono le stesse ai fini dei prelievi delle acque destinate alle analisi di laboratorio. I parametri da considerare sono quelli indicati dal D. Lgs. 152/99 per il calcolo del LIM (Livello Inquinamento Macroscrittore); essi comprendono anche quelli utili al calcolo del LIMeco secondo quanto indicato dal Decreto del Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare 260 dell'8 novembre 2010⁽¹⁾.

Come noto il LIM viene determinato mediante una procedura di calcolo che fa riferimento ad almeno una decina di campioni prelevati, presso una data stazione, nel periodo di osservazione di un anno. Tuttavia, a nostro parere, si tratta di un impegno temporale ed economico eccessivo rispetto alle necessità legate alla redazione di un rapporto di impatto ambientale. Sulla base delle esperienze da noi acquisite si ritiene sufficiente effettuare, per ciascuna stazione, quattro campionamenti, di cui almeno uno nella fase di magra invernale (spesso il minimo principale dei regimi idrologici nel bacino del Po) ed un altro nella fase di magra estiva (nelle aree montane spesso coincidente con il massimo flusso turistico). L'intervallo temporale minimo tra due campionamenti successivi dovrebbe essere di almeno due mesi.

Disponendo di soli quattro dati per ciascun parametro per stazione e non potendo quindi, per ovvi motivi, procedere all'individuazione del valore del 75esimo percentile nella serie crescente, per il calcolo del LIM si sceglie il valore peggiore dei quattro disponibili. Invece, per quanto riguarda il LIMeco, per ciascun parametro e per ciascuna stazione si calcola la media tra i quattro valori⁽²⁾.

Infine, nei casi in cui sono state individuate più

stazioni, per ottenere un dato sintetico della qualità fisico/chimica delle acque, rappresentativo dell'intero tratto fluviale interessato dal progetto di captazione ritenzione idrica, si procede al calcolo di un valore medio (oppure a valutazioni separate di tratti omogenei) analogamente a quanto sopra proposto per la qualità biologica delle acque.

D. Funzionalità fluviale

La valutazione della funzionalità fluviale nasce dalla considerazione che il sistema fiume non può essere ridotto alle sue componenti biotiche e/o idrauliche, pure se indispensabili alla sua caratterizzazione. La funzionalità di un corso d'acqua richiede la messa in relazione del sistema fluviale con l'ambiente circostante. L'Indice di Funzionalità Fluviale IFF (SILIGARDI *et al.*, 2007) permette di valutare l'insieme delle funzioni caratterizzanti un corso d'acqua. È un indice di sintesi, che combina informazioni ottenute da analisi di tipo biologico, come l'IBE, con osservazioni sulle condizioni idrauliche del corso d'acqua e sulla naturalità dell'ambiente circostante. Si tratta, a nostro parere, di un elemento fondamentale; pertanto l'I.F.F. va applicato, in modo continuo, su tutta la lunghezza del tratto fluviale interessato da un progetto di captazione/ritenzione idrica. Importante è il calcolo del valore medio ponderato in funzione delle lunghezze dei tratti omogenei di entrambe le sponde (IFF_{med})⁽³⁾.

F. Ittiofauna

Le stazioni interessate dalle analisi della qualità fisico/chimica e biologica delle acque sono utilizzate anche per i campionamenti relativi all'ittiofauna, prevalentemente mediante l'uso di elettrostorditore di potenza adeguata alla tipologia ambientale in esame. Essi vanno effettuati allo scopo di ottenere informazioni sulle consistenze demografiche e sulle strutture delle popolazioni delle specie costituenti la comunità ittica del tratto fluviale in studio. Si ritiene sufficiente effettuare un solo campionamento per stazione nella situazione idrologica più adatta ai fini della massima catturabilità dei pesci e della sicurezza degli operatori. Quale metodologia operativa per i campionamenti e per la valutazione dello stato delle singole popolazioni, può essere assunta, per esempio, quella proposta da FORNERIS *et al.* (2011). In pratica è necessario:

- applicare i metodi di valutazione di stato della comunità ittica, in particolare l'ISECI (ZERUNIAN *et al.* 2009) ed eventualmente gli Indici Ittici naturalistico ed ambientale (I.I.n e I.I.a; FORNERIS *et al.* 2011);
- effettuare campionamenti di tipo quantitativo quando le condizioni permettono di ottenere risultati significativi (cfr. PROVINCIA DI TORINO, 2006)⁽⁴⁾.

I metodi di valutazione di stato delle comunità itti-

che, ai sensi del D. Lgs. 152/06 (in recepimento della Direttiva 2000/60/CE), in particolare l'ISECI (previsto dal succitato D.M. 260/2010) non sono applicabili, con risultati utili, in tutti gli ambienti, per esempio nei corsi d'acqua dominati dalla presenza di specie alloctone, oppure in quelli che, per loro natura, come molti torrenti delle Alpi, dovrebbero essere privi di ittiofauna, spesso esclusivamente "abitati" da salmonidi di immissione (FORNERIS *et al.*, 2007, 2010, 2011).

I campionamenti di tipo quantitativo, quando possibili, forniscono precise indicazioni sulle biomasse delle diverse classi di lunghezza degli individui delle specie presenti; essi sono quindi sempre utili, anche per fornire dati significativi per meglio definire lo stato delle popolazioni ai fini dell'applicazione degli indici succitati. Soprattutto è importante conoscere dati relativi alle biomasse (espresse per unità di superficie e/o per unità di lunghezza del corso d'acqua) rappresentativi della situazione *ante-operam* da utilizzare, come confronto, con quelli ottenibili mediante i successivi monitoraggi nelle fasi di cantiere e di esercizio.

DEFINIZIONE DEI LIVELLI DI RISCHIO

Sulla base dello stato complessivo dell'ecosistema fluviale *ante-operam* definito dai parametri sopra descritti, si procede alla valutazione delle possibili conseguenze indotte dalla realizzazione dell'opera di captazione idrica. Ciò significa descrivere lo stato dell'ecosistema presunto nella situazione di esercizio. È una fase delicata, complessa e difficile, rispetto alla quale non sono ancora disponibili, dalla letteratura esistente, sufficienti informazioni, in particolare quelle riguardanti gli esiti di monitoraggi nelle fasi di esercizio di impianti di derivazioni che sono stati oggetto di studi/valutazioni di compatibilità/impatto ambientali. Sono ben note le gravi conseguenze (seppure descritte in termini qualitativi) dovute alle sottrazioni di portata dai fiumi; ma si tratta quasi sempre di situazioni eclatanti, relative a derivazioni gestite senza DMV e quindi poco confrontabili con quelle che invece prevedono portate minime di garanzia, rispetto alle quali, per quanto succitato, si hanno poche esperienze.

La previsione di impatto deve tenere conto di precisi obiettivi di tutela e di qualità. I tecnici pertanto devono considerare i rischi di eventuale mancato raggiungimento di tali obiettivi. Il nostro modello propone una scala dei possibili livelli di rischio in funzione dei valori degli elementi indicatori utilizzati per la descrizione dello stato dell'ambiente nella situazione *ante-operam*.

Nella tabella I si propongono 5 livelli di rischio (Lr1÷Lr5). Vengono nel seguito descritti i livelli estremi Lr1 (*rischio nullo o molto basso o irrilevante*) ed Lr5 (*rischio molto grave o molto elevato*) e quello medio Lr3 (*rischio medio*). I livelli Lr2 (*rischio basso*)

Tab. I. Descrizione dei livelli di rischio di mancato conseguimento degli obiettivi di qualità in tratti di corsi d'acqua interessati da progetti di captazione/ritenzione idrica in funzione delle condizioni *ante-operam* e dei caratteri idrologici dei progetti stessi.

Livello di rischio Lr = 1 (*nullo o molto basso o irrilevante*)

Stato complessivo dell'ecosistema fluviale, in fase *ante-operam*, caratterizzato da buona/ottima qualità delle acque. Comunità ittica paragonabile a quella di riferimento rispetto alla tipologia ambientale. Il tratto fluviale sotteso dall'impianto in progetto è poco o nulla condizionato da interruzioni della continuità longitudinale (per sbarramenti o per derivazioni idriche eccessive), anche a monte ed a valle dello stesso. Si prevede un DMV pari o superiore alla magra normale. In tali condizioni si ipotizza un rischio modesto di perdita del numero di Unità Sistematiche della fauna macrobentonica fra quelle più sensibili (es. Plecotteri), con abbassamento di non più di un punto dell'indice IBE, comunque senza che ciò pregiudichi il mantenimento nella seconda classe di qualità biologica delle acque, caratterizzata da una comunità macrobentonica sufficientemente ricca e strutturata, tale da garantire i normali processi dell'autodepurazione. La qualità fisico/chimica della matrice acquosa, in assenza di scarichi diretti nel tratto d'alveo sotteso, non subisce modificazioni (mantenimento dello stesso valore del LIM/LIMeco). Complessivamente dovrebbe risultare, con alta probabilità, una situazione *post-operam* coerente con uno stato ecologico buono, quale obiettivo di qualità previsto dal D. Lgs. 152/06, oppure (con qualche rischio in più) con giudizio elevato quando rilevato nel monitoraggio *ante-operam*. Gli interventi di cantiere per la realizzazione dell'impianto, salvo le sezioni ove sono previste le opere di presa (strutturata con un adeguato passaggio artificiale per l'ittiofauna ove necessario) e dell'eventuale restituzione, non condizionano la funzionalità fluviale; oppure la condizionano limitatamente alla fase di cantiere quale impatto reversibile. La comunità ittica, in termini di composizione delle specie autoctone e delle relative abbondanze mantiene le stesse caratteristiche fondamentali, salvo una riduzione della produttività/biomassa.

Nelle condizioni *ante-operam* relative a Lr2, ma con interventi significativi di recupero della funzionalità fluviale (ove si riscontrassero bassi valori dell'IFF) mediante interventi di ingegneria naturalistica nel tratto di alveo interessato dal progetto di derivazione idrica.

Livello di rischio Lr = 2 (*basso o poco rilevante*)

Condizioni intermedie tra Lr = 1 ed Lr = 3.

Nelle condizioni *ante-operam* descritte per Lr1, ma con $DMV < 0,8 \cdot Q_{355}$.

Nelle condizioni *ante-operam* descritte per Lr3, ma con interventi significativi di recupero della funzionalità fluviale (ove si riscontrassero bassi valori dell'IFF) mediante interventi di ingegneria naturalistica nel tratto di alveo interessato dal progetto di derivazione idrica.

Livello di rischio Lr = 3 (*medio*)

Stato complessivo dell'ecosistema fluviale, in fase *ante-operam*, caratterizzato da sufficiente/buona qualità delle acque. La comunità ittica presenta segni di alterazione in confronto a quella di riferimento. Il tratto fluviale sotteso dall'impianto in progetto è poco o nulla condizionato da interruzioni della continuità longitudinale (per sbarramenti o per derivazioni idriche eccessive), anche a monte ed a valle dello stesso. Si prevede un DMV pari o superiore alla magra normale. Si ipotizza un rischio moderato di perdita del numero di Unità Sistematiche della fauna macrobentonica fra quelle più sensibili, con probabile abbassamento di un punto dell'indice IBE; ciò pregiudicherebbe il mantenimento nella seconda classe di qualità biologica delle acque eventualmente diagnosticata con IBE = 8 in fase *ante-operam*, con passaggio alla terza (IBE = 7); oppure con mantenimento della terza classe, ma in condizioni più vulnerabili, vicine al declassamento in quarta; il passaggio alla classe inferiore, in fase di esercizio, è molto probabile con IBE = 6 in fase *ante-operam*. La qualità fisico/chimica della matrice acquosa, in assenza di scarichi diretti nel tratto d'alveo sotteso, non subisce modificazioni. Complessivamente, nella situazione *post-operam*, si ipotizza un rischio limitato di mancato mantenimento di uno stato ecologico sufficiente ed un rischio più elevato rispetto a quello buono. Gli interventi di cantiere per la realizzazione dell'impianto, salvo le sezioni ove sono previste le opere di presa (strutturata con un adeguato passaggio artificiale per l'ittiofauna) e dell'eventuale restituzione, non condizionano la funzionalità fluviale; oppure la condizionano limitatamente alla fase di cantiere quale impatto reversibile. La comunità ittica, in termini di composizione delle specie autoctone, oltre alla riduzione della produttività/biomassa (grosso modo entro i limiti previsti in fase di valutazione), potrebbe subire una ulteriore compromissione, soprattutto per l'eventuale riduzione o scomparsa delle specie più reofile.

Nelle condizioni *ante-operam* descritte per Lr2, ma con $DMV < 0,8 \cdot Q_{355}$.

Nelle condizioni *ante-operam* descritte per Lr4, ma con interventi significativi di recupero della funzionalità fluviale (ove si riscontrassero bassi valori dell'IFF) mediante interventi di ingegneria naturalistica nel tratto di alveo interessato dal progetto di derivazione idrica.

Livello di rischio Lr = 4 (*grave o elevato*)

Condizioni intermedie tra Lr = 3 ed Lr = 5.

Nelle condizioni *ante-operam* descritte per Lr3, ma con $DMV < 0,8 \cdot Q_{355}$.

(*segue*)

Livello di rischio Lr = 5 (molto grave o molto elevato)

Stato complessivo dell'ecosistema fluviale, nella fase *ante-operam*, caratterizzato da scadente/pessima qualità delle acque. La comunità ittica presenta evidenti segni di alterazione in confronto a quella di riferimento; talora l'ittiofauna è assente o con poche specie con popolazioni ridotte e/o male strutturate. Il tratto fluviale sotteso dall'impianto in progetto può essere condizionato da interruzioni della continuità longitudinale (per sbarramenti o per derivazioni idriche eccessive), anche a monte ed a valle dello stesso e spesso risultano situazioni di alterazioni del regime idrologico nel tratto sotteso dal progetto di derivazione in studio. Si ipotizza un rischio elevato di perdita del numero di Unità Sistematiche della fauna macrobentonica, con probabile abbassamento di uno o più punti dell'indice IBE; con alta probabilità ciò potrebbe pregiudicare il mantenimento della classe di qualità biologica delle acque eventualmente diagnosticata con IBE = 8 in fase *ante-operam*, con passaggio alla terza o addirittura alla quarta classe; oppure con mantenimento di classi inferiori, ma in condizioni più vulnerabili, vicine al declassamento. La qualità fisico-chimica della matrice acquosa, anche in assenza di scarichi diretti nel tratto d'alveo sotteso dall'impianto in progetto e pur garantendo elevati valori del DMV, può subire modificazioni (passaggio a classi inferiori del LIM/LIMEco). Data la situazione complessivamente negativa, allo stato attuale, già risulta complesso e difficile il conseguimento degli obiettivi di qualità; ulteriori sottrazioni d'acqua potrebbero vanificare le azioni di tutela e di recupero previste per il conseguimento anche solo dell'obiettivo di stato ecologico sufficiente. Anche prevedendo interventi di recupero della funzionalità fluviale (ove si riscontrassero bassi valori dell'IFF), mediante interventi di ingegneria naturalistica, difficilmente si possono ottenere mitigazioni significative, tali da ridurre il livello di rischio. Lo stato della comunità ittica, già compromesso, potrebbe aggravarsi ulteriormente.

Nelle condizioni *ante-operam* descritte per Lr4, ma con $DMV < 0,8 \cdot Q_{355}$.

poco rilevante) ed Lr4 (*rischio grave*) si collocano nelle situazioni comprese rispettivamente tra Lr1/Lr3 e tra Lr3/Lr5. Si ritiene inoltre utile la possibilità di esprimere anche valutazioni intermedie, per esempio $Lr = 1,5$ ($Lr = 1/2$) oppure $Lr = 3,5$ ($Lr = 3/4$), quando emergano incertezze rispetto a valutazioni per loro natura molto complesse e/o quando si ritenga opportuno esprimere una maggiore cautela senza tuttavia ipotizzare rischi della successiva classe inferiore.

VALUTAZIONE DEL RISCHIO

Deflusso Minimo Vitale (DMV). La portata di magra normale è il parametro più importante per descrivere le condizioni di maggiore stress idrologico naturale di un fiume. Per ottenere tale dato è necessaria l'elaborazione statistica dei minimi idrologici annuali relativi ad un periodo di osservazione significativo ed osservati presso una data stazione idrometrica. Non sempre tali dati sono disponibili; spesso, per molte stazioni idrometriche, si conoscono soltanto i parametri di sintesi, oppure mancano del tutto misure idrometriche. Il problema si supera considerando il valore della portata di durata pari a 355 giorni (Q_{355}); essa è rappresentativa delle condizioni di magra normale; il suo valore si può considerare come base fondamentale per la determinazione del Deflusso Minimo Vitale, in quanto ciò significherebbe evitare di imporre al corso d'acqua portate residue inferiori a quelle che normalmente si verificano in Natura (PEROSINO, 1990). È un ragionamento analogo a quello risultato dallo studio di HYDRODATA (Torino) su incarico dell'Autorità di Bacino del Fiume Po nell'ambito del Progetto Speciale PS 2.5, in applicazione dell'art.

3 della Legge 183/1989 (Piano Stralcio sul D.M.V.), da cui è scaturita la "regola" per il calcolo del Deflusso Minimo Vitale (Allegato "B" - "*criteri di regolazione delle portate in alveo*" - Parma, 21/11/01), organicamente inserita nei Piani di Tutela Regionali ai sensi del D. Lgs. 152/99. Nella formula dell'Autorità di Bacino infatti i valori del parametro "K" (che rappresenta la frazione della portata media annua) portano, nel calcolo, a quantità molto simili o un poco inferiori alla magra normale (o approssimativamente alla Q_{355}). Comunque a conclusioni analoghe si è giunti grazie a diversi altri studi (es.: LEONARD e ORTH, 1990; UBERTINI, 1997; UBERTINI *et al.*, 1994). Pertanto si sono individuate quattro possibili condizioni:

- A1.1 - prima condizione relativa alla magra per $DMV \geq 1,2 \cdot Q_{355}$;
- A1.2 - seconda condizione relativa alla magra per $0,8 \cdot Q_{355} \leq DMV < 1,2 \cdot Q_{355}$;
- A1.3 - terza condizione relativa alla magra per $0,5 \cdot Q_{355} \leq DMV < 0,8 \cdot Q_{355}$;
- A1.4 - quarta condizione relativa alla magra per $DMV < 0,5 \cdot Q_{355}$.

Alterazione del regime idrologico. Lo IARI (Indice di Alterazione del Regime Idrologico; BUSSETTINI *et al.*, 2011), previsto dal succitato D.M. 260/2010, è un sistema di valutazione delle conseguenze sull'ecosistema fluviale indotte dalle captazioni d'acqua; esso fornisce una misura dello scostamento del regime idrologico reale "Qr" (osservato) o previsto (a seguito delle sottrazioni d'acqua di una derivazione) rispetto a quello naturale "Qn" in assenza di pressioni antropiche. Le portate medie mensili osservate o previste "Qr" sono confrontate con l'intervallo che,

in assenza di alterazioni, si manifesta entro i limiti delle portate di riferimento con frequenza di superamento del 20 % (QF20) e dell'80 % (QF80). I limiti degli intervalli utilizzati per caratterizzare i differenti stati sono individuati sulla base dell'ipotesi che dallo stato elevato allo stato cattivo lo scostamento medio annuo dall'intervallo di riferimento (QF80÷QF20) della portata media mensile "Qr" sia non superiore rispettivamente al 5 %, 15 %, 30 % e 50 % dello stesso intervallo di riferimento. Utilizzando tale indice ed allo scopo di semplificare il modello previsionale da noi proposto si è ritenuto sufficiente individuare tre possibili condizioni:

- A2.1 - prima condizione alterazione idrologica per $0 \leq \text{IARI} \leq 0,20$;
- A2.2 - seconda condizione alterazione idrologica per $0,21 \leq \text{IARI} \leq 0,50$;
- A2.3 - terza condizione alterazione idrologica per $\text{IARI} > 0,50$.

Qualità delle acque. IBE/STAR_ICMi e LIM/LIMeco sono indici utili alla determinazione della qualità biologica e fisico/chimica delle acque secondo quanto previsto rispettivamente dai D. Lgs. 152/99 e D. Lgs. 152/06. L'ARPA Piemonte ha effettuato campionamenti su numerosi siti applicando i metodi STAR_ICMi e LIMeco. Molte di tali stazioni furono monitorate, nel periodo 2001÷2008, con determinazione dell'IBE e del livello LIM. È stato quindi possibile effettuare un confronto tra i metodi per arrivare alle seguenti conclusioni (FIORENZA *et al.*, 2010): *"il LIMeco ricade prevalentemente nelle classi di stato ecologico buono/elevato non risultando quasi mai determinante nell'attribuzione del caso peggiore; rispetto al LIM è tendenzialmente migliorativo"*; inoltre *"il macrobenthos (STAR_ICMi) risulta spesso la componente più determinante nell'attribuzione della classe di stato ecologico; rispetto all'IBE in alcuni casi è migliorativo in altri peggiorativo"*; inoltre *"...nei casi di risultati discordi..."* tra gli elementi fisico/chimici e biologici *"...praticamente è quasi sempre... il macrobenthos (STAR_ICMi) a determinare lo stato ecologico, risultando di fatto gli altri sostanzialmente ininfluenti"*. Situazione analoga risultò anche con il monitoraggio del biennio di riferimento 2001/2002 condotto ai sensi del D. Lgs. 152/99: sulla base del confronto tra LIM ed IBE, nel rapporto di sintesi della Relazione Generale del Progetto di Piano di Tutela delle Acque della Regione Piemonte⁽⁵⁾ si affermò che *"lo stato ambientale è certamente condizionato dalla qualità fisico-chimica della matrice acquosa, ma sembra condizionato in misura decisamente maggiore, dalla qualità biologica"* (REGIONE PIEMONTE, 2006). Dunque, rispetto alle corrispondenze tra le cinque classi di qualità

STAR_ICMi/IBE e soprattutto la tendenza del primo a fornire valutazioni tendenzialmente più "severe", si sono individuate le seguenti condizioni:

- B1 - prima condizione relativa alla qualità biologica con $\text{IBE} \geq 9$ e/o $\text{STAR_ICMi} \geq 0,80$;
- B2 - seconda condizione relativa alla qualità biologica con $\text{IBE} = 7 \div 8$ e/o $0,55 \leq \text{STAR_ICMi} < 0,80$;
- B3 - terza condizione relativa alla qualità biologica con $\text{IBE} \leq 6$ e/o $\text{STAR_ICMi} < 0,55$.

In modo analogo si procede per la componente relativa alla qualità fisico/chimica delle acque:

- C1 - prima condizione relativa alla qualità chimica con $\text{LIM} > 300$ e/o $\text{LIMeco} > 0,60$;
- C2 - seconda condizione relativa alla qualità chimica con $200 < \text{LIM} \leq 300$ e/o $0,45 < \text{LIMeco} \leq 0,60$;
- C3 - terza condizione relativa alla qualità chimica con $\text{LIM} \leq 200$ e/o $\text{LIMeco} \leq 0,45$.

Funzionalità fluviale. La funzionalità fluviale, valutata mediante il metodo dell'IFF (SILIGARDI *et al.*, 2007) è l'ultimo parametro considerato per il sistema di valutazione proposto con il presente contributo. A parità delle altre condizioni (modalità e intensità dell'alterazione idrologica e qualità fisico/chimica e biologica delle acque) il rischio di mancato conseguimento degli obiettivi di qualità è maggiore nelle situazioni di scarsa funzionalità morfologica del corso d'acqua. Nel sistema che proponiamo sono individuate due condizioni segnate dal valore limite pari a 225, cioè quello medio dell'intervallo 201÷250 che individua lo stato buono secondo la metodologia IFF:

- D1 - prima condizione relativa alla funzionalità fluviale $\text{IFF} \geq 225$;
- D2 - seconda condizione relativa alla funzionalità fluviale $\text{IFF} < 225$.

Ittiofauna. Come precedentemente osservato non sempre la fauna ittica si presta a fornire corrette informazioni sullo stato ecologico dei fiumi, soprattutto in riferimento alla qualità delle acque. Pertanto tale elemento non si inserisce direttamente nello schema di valutazione del livello di rischio. Quando vi sono le condizioni ambientali adatte per valutazioni di stato delle comunità ittiche e nei casi caratterizzati da insiemi di popolazioni relativamente vicini a quelli di riferimento ($\text{ISECI} \geq 0,75$ e/o $\text{I.I.a} \geq 0,70$), si può ipotizzare un rischio leggermente inferiore. Al contrario, con uno stato della comunità ittica appena sufficiente o più grave ($\text{ISECI} < 0,65$ e/o $\text{I.I.a} < 0,60$) si può ipotizzare un rischio leggermente superiore,

Quadro sinottico di valutazione

La descrizione dei livelli di rischio di impatto sopra riportata è utile per proporre uno schema (Tab. II) molto generale delle diverse situazioni che si possono determinare in funzione delle condizioni ambientali

Tab. II. Livelli di rischio (Lr) di mancato raggiungimento degli obiettivi di qualità, da Lr = 1 (*nulla o irrilevante*) a Lr = 5 (*molto grave o molto elevata*) sugli ecosistemi fluviali oggetto di derivazioni idriche in funzione dei valori possibili del DMV (A1.1 ÷ A1.4), dell'entità dell'alterazione del regime idrologico (IARI: A2.1 ÷ A2.3) e dei parametri "ante-operam" monitorati: IBE/STAR_ICMi (B1 ÷ B3), LIM/LIMeco (C1 ÷ C3) e IFF_{med} (D1/D2.).

Qualità delle acque e funzionalità fluviale		PARAMETRI IDROLOGICI (A1.1 ÷ A1.4 per il DMV e A2.1 ÷ A2.3 per lo IARI)												
		A1.1			A1.2			A1.3			A1.4			
IBE e/o STAR_ICMi	LIM e/o LIMeco	IFF	A2.1	A2.2	A2.3	A2.1	A2.2	A2.3	A2.1	A2.2	A2.3	A2.1	A2.2	A2.3
B1	C1	D1	1,0	1,3	1,6	1,3	1,6	1,8	1,6	1,8	2,0	1,8	2,0	2,3
B1	C2	D1	1,2	1,5	1,8	1,5	1,8	2,0	1,8	2,0	2,3	2,0	2,3	2,6
B1	C1	D2	1,4	1,7	2,0	1,7	2,0	2,3	2,0	2,3	2,6	2,3	2,6	2,8
B2	C1	D1	1,7	2,0	2,3	2,0	2,3	2,6	2,3	2,6	2,8	2,6	2,8	3,0
B1	C2	D2	2,0	2,3	2,6	2,3	2,6	2,8	2,6	2,8	3,0	2,8	3,0	3,2
B2	C2	D1	2,2	2,6	2,8	2,6	2,8	3,0	2,8	3,0	3,2	3,0	3,2	3,4
B2	C1	D2	2,4	2,7	3,0	2,7	3,0	3,2	3,0	3,2	3,4	3,2	3,4	3,6
B2	C3	D1	2,7	3,0	3,2	3,0	3,2	3,4	3,2	3,4	3,6	3,4	3,6	3,8
B2	C2	D2	3,0	3,2	3,4	3,2	3,4	3,6	3,4	3,6	3,8	3,6	3,8	4,0
B2	C3	D2	3,2	3,4	3,6	3,4	3,6	3,8	3,6	3,8	4,0	3,8	4,0	4,2
B3	C2	D1	3,4	3,6	3,8	3,6	3,8	4,0	3,8	4,0	4,2	4,0	4,2	4,4
B3	C3	D1	3,6	3,8	4,0	3,8	4,0	4,2	4,0	4,2	4,4	4,2	4,4	4,6
B3	C2	D2	3,8	4,0	4,2	4,0	4,2	4,4	4,2	4,4	4,6	4,4	4,6	4,8
B3	C3	D2	4,0	4,2	4,4	4,2	4,4	4,6	4,4	4,6	4,8	4,6	4,8	5,0
Deflusso Minimo Vitale (DMV)		A1.1 - DMV ≥ 1,2·Q355	Qualità biologica delle acque (IBE/STAR_ICMi)											
		A1.2 - 0,8·Q355 ≤ DMV < 1,2·Q355	B1 - IBE ≥ 9 e/o STAR_ICMi ≥ 0,80											
		A1.3 - 0,5·Q355 ≤ DMV < 0,8·Q355	B2 - IBE = 7 ÷ 8 e/o 0,55 ≤ STAR_ICMi < 0,80											
Indice di Alterazione del Regime Idrologico (IARI)		A1.4 - DMV < 0,5·Q355	B3 - IBE ≤ 6 e/o STAR_ICMi < 0,55											
		A2.1 - 0 ≤ IARI ≤ 0,20	C1 - LIM > 300 e/o LIMeco > 0,60											
		A2.2 - 0,21 < IARI ≤ 0,50	C2 - 200 < LIM ≤ 300 e/o 0,45 < LIMeco ≤ 0,60											
Ittiofauna		A2.3 - IARI > 0,50	C3 - LIM ≤ 200 e/o LIMeco ≤ 0,45											
		D1 - IFF ≥ 225												
		D2 - IFF < 255												

Nei corsi d'acqua potenzialmente in grado di ospitare comunità ittiche adatte alla valutazione di indici di stato, il livello I_r viene abbassato di 0,2 punti per valori ISECI ≥ 0,75 e/o I.I.a ≥ 0,70 > I.I.a ≥ 0,60 e viene alzato di 0,2 punti per ISECI < 0,65 e/o I.I.a < 0,60.

riscontrabili in fase di caratterizzazione ambientale *ante-operam*, tenendo conto del valore della portata di garanzia (DMV) e dell'alterazione del regime idrologico (prima entrata in verticale) e degli indicatori IBE/STAR_ICMi, LIM/LIMeco, IFF (seconda entrata in orizzontale) e talora dell'ittiofauna. Dall'incrocio tra le due entrate si ottiene un valore numerico $L_r = 1,0 \div 5,0$ rappresentativo del livello di rischio di mancato raggiungimento degli obiettivi di qualità in conseguenza della realizzazione dell'impianto in progetto.

CONCLUSIONI

Gli studi di impatto ambientale relativi a impianti di captazioni/ritenzioni idriche forniscono indicazioni sulle conseguenze sugli ecosistemi acquatici destinati a subire alterazioni del regime idrologico. Ciò che più interessa è il tentativo di stabilire se, con la realizzazione delle opere in progetto, sia possibile mantenere e/o conseguire gli obiettivi di qualità previsti dal D. Lgs. 152/06, possibilmente mediante valutazioni quantitative. Lo schema metodologico sopra illustrato e sintetizzato nella tabella II, è un tentativo allo scopo di rispondere a queste esigenze.

Il modello proposto si basa su un ricco insieme di esperienze maturate in questo ultimo decennio nel territorio piemontese, estendibile a tutto il bacino del Po. Gli elementi considerati per la descrizione delle condizioni ambientali *ante-operam* e i relativi metodi di indagine, sono quelli più ampiamente conosciuti e sperimentati ed anche poco impegnativi dai punti di vista economico e dei tempi di svolgimento. Sono caratteri molto importanti, in quanto gli studi di impatto ambientale possono anche costituire occasioni per la ricerca e per la sperimentazione, ma soprattutto vanno condotti mediante applicazione di sistemi di analisi ben conosciuti e collaudati e rispetto ai quali sono ben apprezzati pregi e limiti, condizione fondamentale per la corretta interpretazione dei risultati da essi forniti. In altri termini occorre distinguere tra ricerca vera e propria, nell'ambito della quale la sperimentazione è corretta e doverosa e l'applicazione nella gestione pratica delle risorse naturali, nell'ambito della quale occorre invece ricorrere a metodi ampiamente condivisi dalla comunità scientifica e soprattutto dopo essere stati sottoposti ad un severo "collaudo".

Supponiamo ora che il modello da noi proposto funzioni bene e risulti "convincente". Oppure potrebbe risultare migliore un altro sistema di valutazione (un esempio recente è quello proposto da SCHWEIZER e PINI PRATO, 2011), purché possa permettere una valutazione sintetica quantitativa, che risulterebbe molto utile alle pubbliche amministrazioni che hanno il gravoso compito di esprimere un parere definitivo di eventuale compatibilità ambientale di un determinato progetto. In

realtà quel numero potrebbe servire a molto poco in assenza di precise normative.

Per esempio se il livello di rischio risultasse pari a $L_r = 1,5$ (quindi molto limitato) risulterebbe logico pensare ad un giudizio positivo di compatibilità ambientale e l'impianto in progetto potrebbe essere realizzato. Ma se risultasse $L_r = 4,0$? In questo caso si tratta di un rischio decisamente elevato; molto probabilmente gli obiettivi di qualità non sono conseguibili: il progetto verrebbe bocciato? L'impianto non verrà realizzato (almeno fino a quando lo stato del corso d'acqua interessato non verrà risanato)? In realtà ciò ben difficilmente può accadere, perché nessuna norma lo prevede, a parte indicazioni molto generiche e perciò poco utili.

Diversa sarebbe la situazione se la pubblica amministrazione (Provincia o Regione) stabilisse con chiarezza, mediante una normativa specifica, le "regole del gioco" (il metodo di valutazione) ed il limite numerico di compatibilità. Ciò costituirebbe un indubbio vantaggio per gli imprenditori proponenti, per i professionisti facenti parte dell'equipe che deve predisporre lo studio di compatibilità ambientale e per i funzionari dei competenti settori della pubblica amministrazione.

NOTE

- 1 Regolamento recante i criteri tecnici per la classificazione dello stato dei corpi idrici superficiali, per la modifica delle norme tecniche del D. Lgs. 152/06, recante norme in materia ambientale, predisposto ai sensi dell'art. 75, comma 3, del medesimo Decreto.
- 2 La valutazione della qualità fisico/chimica con i parametri macrodescrittori (per il calcolo del LIM/LIMeco) è più che sufficiente. Si ritiene inutile considerare anche i microinquinanti organici (soprattutto solventi clorurati e prodotti fitosanitari) ed inorganici (metalli quali cadmio, cromo, mercurio, nichel, piombo,...) le cui analisi vanno effettuate nei casi di alterazioni ambientali particolari. Per esempio, nel periodo 2001 ÷ 2008, su tutta la rete di monitoraggio regionale del Piemonte (~ 200 stazioni) non si sono riscontrate significative alterazioni fisico/chimiche delle acque secondo i succitati inquinanti, neppure nei bacini con più elevato carico antropico.
- 3 Nella maggior parte di casi la funzionalità fluviale valutata in fase *ante-operam* viene mantenuta (ad eccezione della sezione ove si trova l'opera di derivazione) nell'esercizio dell'impianto di captazione al termine delle attività di cantiere. In caso contrario occorre valutare l'IFF med rappresentativo della fase *post-operam*.
- 4 Nelle condizioni paragonabili a quelle che rendono possibili le misure idrometriche speditive; approssimativamente con profondità massima < 1,5 m e velocità massima di corrente < 1,5 m/s. Quando tutto o quasi il perimetro bagnato può essere sottoposto all'azione dell'anodo in un solo passaggio. L'operatore, al centro dell'alveo, riesce, per tutta o quasi la lunghezza della stazione, ad operare su tutto o gran parte del perimetro bagnato. Nelle condizioni che escludono l'uso del gruppo elettrogeno da natante.
- 5 Approvato dal Consiglio Regionale, con D.C.R. n. 117-10731 del 13/03/2007.

BIBLIOGRAFIA

- BOANO G., PEROSINO G.C., SINISCALCO C., 2002. *Sistemi di analisi naturalistiche relative alla redazione di rapporti di compatibilità ambientale ed alla predisposizione di strumenti per la pianificazione, tutela e gestione delle risorse naturali*. Settore Tutela della Fauna e della Flora della Provincia di Torino.
- BUFFAGNI A., ERBA S., 2007. Macroinvertebrati acquatici e Direttiva 2000/60/EC (WFD) - parte A. Metodo di campionamento per i fiumi guadabili. *IRSA/CNR - Notiziario dei metodi analitici*, 2007 (1): 2-27.
- BUFFAGNI A., ERBA S., AQUILANO G., ARMANINI D.G., BECCARI C., CASALEGNO C., CAZZOLA M., DEMARTINI D., GAVAZZI N., KEMP J.L., MIROLO N., RUSCONI M., 2007. Macroinvertebrati acquatici e Direttiva 2000/60/EC (WFD) - Parte B. Elementi di dettaglio a supporto del campionamento in ambienti fluviali. *IRSA/CNR - Notiziario dei metodi analitici* (1): 28-52.
- BUSSETTINI M., RINALDI M., LASTORIA B., BRACA G., MARIANI S., VENTURELLI S., SURIAN N., COMITI F., PIVA F., 2011. *Implementazione della Direttiva 2000/60/CE. Analisi e valutazione degli aspetti idromorfologici. Versione I.I.* Dipartimento Tutela Acque Interne e Marine - Servizio Monitoraggio e Idrologia Acque interne - Settore Idrologia. Roma (scaricabile da <http://www.sintai.sinanet.apat.it/view/index.faces>).
- FIORENZA A., RAVIOLA M., TEO F., 2010. *Monitoraggio regionale acque superficiali. Risultati monitoraggio anno 2009*. Struttura Qualità delle Acque. ARPA Piemonte. Torino.
- FORNERIS G., MERATI F., PASCALE M., PEROSINO G.C., 2007. Indice Ittico - I.I. *Biologia Ambientale*, 21 (1): 43 - 60.
- FORNERIS G., MERATI F., PASCALE M., PEROSINO G.C., 2011. Revisione ed aggiornamento della metodologia dell'Indice Ittico (I.I.). *Biologia Ambientale*, 25 (1): 49-62.
- FORNERIS G., MERATI F., PASCALE M., PEROSINO G.C., ZACCARA P., 2010. Applicazione dell'Indice Ittico (I.I.) in Piemonte e sperimentazione nel Nuovo Indice di Stato Ecologico delle Comunità Ittiche (ISECI). *Biologia Ambientale*, 24 (2): 27-42.
- GHETTI P.F. 1997. *Indice biotico Esteso (I.B.E.) I macroinvertebrati nel controllo di qualità degli ambienti di acque correnti. Manuale di applicazione*. Provincia Autonoma di Trento, APPA.
- LEONARD P.M., ORTH D.J., 1990. *Comparison of discharge methods and habitat optimization for recommending instream flows to protect fish habitat*. Regulate Rivers: Research & Management. New York.
- PEROSINO G.C., 1990. Portate minime per la conservazione dell'idrofauna dei corsi d'acqua soggetti a prelievi idrici. *Atti III Conv. Naz. A.I.I.A.D. Riv. Idrobiol.*, 29 (1): 426-435.
- PROVINCIA DI TORINO, 2006. *Caratterizzazione qualitativa dei corpi idrici superficiali della Provincia di Torino finalizzata alla gestione delle risorse idriche*. Dipartimento di Produzioni Animali dell'Università di Torino. Settore Gestione e Tutela delle Risorse Idriche della Provincia di Torino.
- REGIONE PIEMONTE, 2006. *Monitoraggio della fauna ittica piemontese*. Direzione Pianificazione delle Risorse Idriche. Torino.
- SCHWEIZER S., PINI PRATO E, 2011. Impianti idroelettrici e compatibilità ambientale: proposta di un pacchetto di tool speditivi per gli Studi di Impatto Ambientale. *Biologia Ambientale*, 25 (1): 29 - 38.
- SILIGARDI M., AVOLIO F., BALDACCINI G., BERNABEI S., BUCCI M.S., CAPPELLETTI C., CHERICI 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. *I.F.F. 2007 Indice di Funzionalità Fluviale*. Manuale APAT, Trento, 325 pp. (scaricabile da <http://www.appa.provincia.tn.it/appa/pubblicazioni/-Acqua/pagina22.html>)
- SIMPO, S.p.A., 1980. *Studio e progettazione di massima delle sistemazioni idrauliche dell'asta principale del Po, dalle sorgenti alla foce, finalizzata alla difesa ed alla conservazione del suolo e nella utilizzazione delle risorse idriche*. Magistrato del Po. Parma.
- UBERTINI L., 1997. Studio dei deflussi minimi mediante un approccio idrologico. *Atti Conv. Naz. AGAC sul "Deflusso Minimo Vitale"*: 16-35. Reggio Emilia, 21 marzo 1997.
- UBERTINI L., MANCIOLA P., CASADEI S., 1994. *On the possible application of the parameter $Q_{7,10}$ for conservation of aquatic life in the Tiber basin*. Proceedings of the IASTED International Conference Modelling and Simulation (may, 2/4/1994). Pttsburg, Pennsylvania (U.S.A.).
- ZERUNIAN S., GOLTARA A., SCHIPANI I., BOZ B, 2009. Adeguamento dell'Indice di Stato delle Comunità Ittiche alla Direttiva Quadro sulle Acque 2000/60/CE. *Biologia Ambientale*, 23 (2): 15-30.