

# Considerazioni sull'applicazione degli indici per la valutazione dello stato ecologico delle acque superficiali interne del Friuli Venezia Giulia

**Claudia Orlandi\***, Gino Favrin, Nicola Skert, Antonio Codarin, Arianna Macor, Claudia Meloni, Alessandro Pavan, Gabriele Piazza, Erica Rancati, Alessandra Sinesi, Damiano Virgilio, Elisa Zanut, Raffaele Zorza

ARPA FVG, via Cairoli 14 – 33057 Palmanova (UD)

\* Referente per la corrispondenza: [claudia.orlandi@arpa.fvg.it](mailto:claudia.orlandi@arpa.fvg.it)

*Pervenuto il 18.2.2012; accettato il 24.6.2012*

## Riassunto

A partire da maggio 2009 ARPA FVG ha avviato i campionamenti dei corpi idrici delle acque superficiali interne per la valutazione dello stato ecologico ai sensi del decreto legislativo 3 aprile 2006, n. 152. Il monitoraggio, distribuito in un arco temporale di tre anni, si concluderà a dicembre 2012 e allo stato attuale sono stati analizzati circa 300 corpi idrici. La valutazione dello stato ecologico è stata ottenuta tramite l'analisi degli elementi di qualità biologica (EQB) e la successiva applicazione degli indici stabiliti dal D.M. Ambiente 8 novembre 2010, n. 260. In particolare, sono stati utilizzati l'ICMi per le diatomee, l'RQE\_IBMR per le macrofite e lo STAR\_ICMi (mediato con l'MTS nel caso di utilizzo dei substrati artificiali) per i macroinvertebrati. Come previsto dalla normativa, il giudizio peggiore risultante dal confronto tra i rapporti di qualità ecologica (RQE) è stato a sua volta integrato col descrittore LIM<sub>eco</sub>, il quale fornisce un giudizio di qualità derivato dai principali nutrienti e dall'ossigeno disciolto. L'iter di classificazione dei corpi idrici ha condotto talvolta a risultati poco attendibili, a causa delle difficoltà e dei problemi riscontrati nell'applicazione delle metodiche indicate per ogni EQB. Tali problematiche hanno portato alla scelta di valutare i corpi idrici non esclusivamente in base alle richieste della normativa vigente, ma anche attraverso la formulazione di un giudizio cosiddetto "esperto". Tale giudizio è il risultato dell'integrazione dello stato ecologico, ottenuto tramite gli RQE, con un'analisi della composizione specifica delle comunità biologiche e la conoscenza pregressa dei siti esaminati acquisita dal personale tecnico di ARPA FVG. Lo scopo di questo lavoro consiste nell'evidenziare le criticità emerse a seguito dell'applicazione degli indici e le motivazioni che in alcuni casi hanno portato a una discordanza tra il giudizio esperto e la valutazione dello stato ecologico ottenuta.

PAROLE CHIAVE: D.Lgs. 152/2006 / acque superficiali interne / stato ecologico / giudizio "esperto" / Friuli Venezia Giulia

## Considerations on the application of indices for the ecological status assessment of inland surface water in Friuli Venezia Giulia (North East Italy)

In May 2009, ARPA FVG started the sampling of the water bodies of inland surface waters, in order to assess the ecological status according to Italian regulation (Legislative Decree n. 152/2006). The monitoring activities, planned for the period 2009-2012, are divided in three annual surveys. Currently, about 300 water bodies have already been monitored. The assessment of the ecological status was achieved by the analysis of the biological quality elements (BQE) and the consequent application of the indices set in Ministerial Decree n. 260/2010. In particular, ICMi for diatoms, RQE\_IBMR for macrophytes and STAR\_ICMi (mediated with MTS for artificial substrates) for macrozoobenthic community were used. Following the M.D. n. 260/2010, the comparison between the ecological quality ratio (EQR) for each BQE gave the final assessment, subsequently integrated with the LIM<sub>eco</sub> index, that takes account of nutrients and dissolved oxygen. The classification process of water bodies led sometimes to unreliable results, due to some troubles stand out from the application of the indices. This problem made us to evaluate the water bodies not only with respect of the current legislation, but with the formulation of an "expert" judgement. This judgement resulted from the integration between the ecological status, obtained by the EQR, the analyses of the biological communities and the previous knowledge gained by the ARPA technicians. The aim of this work is to focus on the problems revealed by the application of the indices and the motivations that, in some cases, led to a mismatch between the "expert" judgement and the ecological status.

KEY WORDS: L.D. n. 152/2006 / inland surface waters / ecological status / "expert" judgement / Friuli Venezia Giulia

## INTRODUZIONE

Nell'ambito della tutela delle acque la Direttiva 2000/60/CE (GU L 327, 2000), recepita dall'Italia con il decreto legislativo 3 aprile 2006, n. 152 (GU L 88,

2006), propone un approccio innovativo, conseguente al processo di evoluzione che il concetto generale di tutela ambientale ha subito nel corso degli ultimi de-

cenni. La qualità delle acque, concepita non più in funzione dell'utilizzo antropico della risorsa, ma in funzione delle sue caratteristiche ecologiche, pone in primo piano l'importanza del monitoraggio effettuato tramite l'utilizzo dei bioindicatori. In ottemperanza alla normativa vigente, l'Agenzia Regionale per la Protezione dell'Ambiente del Friuli Venezia Giulia (ARPA FVG) dal 2009 è impegnata nell'attività di classificazione dei corpi idrici regionali ai fini della redazione del Piano Regionale di Tutela delle Acque (PRTA).

L'attività di monitoraggio è stata avviata prima dell'emanazione del D.M. Ambiente 8 novembre 2010, n. 260 (recante i criteri tecnici per la classificazione dei corpi idrici superficiali), seguendo le indicazioni riportate sulla bozza di tale decreto, resa comunque disponibile dal Ministero prima della pubblicazione ufficiale. In considerazione del carattere ancora provvisorio dei criteri tecnici di classificazione e dei dubbi sorti in alcuni casi riguardo l'attendibilità dei risultati che l'applicazione degli stessi comportava, è parso opportuno esprimere la valutazione dello stato ecologico tramite un giudizio "esperto". Tale giudizio integra le informazioni ottenute dal calcolo dei rapporti di qualità ecologica (RQE) con la valutazione globale della composizione e della struttura delle comunità biologiche. La formulazione del giudizio esperto, la cui messa a punto è avvenuta nel corso degli anni nei quali è stata sperimentata, è da ritenersi attualmente un valido strumento per effettuare una classificazione corretta. Sulla base di tale convinzione, il giudizio esperto è stato utilizzato anche successivamente all'emanazione del D.M. n. 260/2010, in quanto il monitoraggio eseguito seguendo le indicazioni in esso contenute ha, in alcuni casi, confermato le incongruenze tra lo stato ecologico ottenuto dall'applicazione degli indici e quanto deducibile dall'analisi delle comunità biologiche campionate.

Il presente lavoro illustra le criticità emerse durante le campagne di monitoraggio, criticità che hanno portato a modificare talvolta la valutazione dello stato ecologico tramite la definizione del giudizio esperto.

## MATERIALI E METODI

In seguito al processo di tipizzazione delle acque superficiali interne del Friuli Venezia Giulia, effettuato in base al D.M. 16 giugno 2008, n. 131 (GU L 187, 2008), sono state identificate 48 tipologie appartenenti a 4 idroecoregioni (HER). Nel periodo 2009-2012 è stato previsto il campionamento di 448 corpi idrici, comprendenti acque lotiche e lentiche. Sono stati oggetto di valutazione 300 corpi idrici, mentre i restanti 148 sono attualmente in fase di studio. Il monitoraggio delle acque correnti condotto da ARPA FVG prevede il campionamento e l'analisi di diatomee bentoniche, macrofite acquatiche e macroinvertebrati bentonici.

Lo studio della fauna ittica, condotto solo in alcuni dei corpi idrici individuati, è stato realizzato in collaborazione con l'Ente Tutela Pesca del Friuli Venezia Giulia e l'Università degli Studi di Trieste.

Il campionamento e l'analisi delle comunità biologiche vengono effettuati in accordo con i protocolli ufficiali (APAT, 2007a; 2007b; 2007c) e il D.M. n. 260/2010 (GU L 30, 2011). Per l'analisi delle diatomee viene applicato l'Intercalibration Common Metric Index ICMi (MANCINI e SOLLAZZO, 2009), composto dall'Indice di Sensibilità agli Inquinanti (IPS) e dall'Indice Trofico TI, mentre per lo studio delle macrofite viene utilizzato l'Indice Biologique Macrophytique en Rivière (AFNOR, 2003; MINCIARDI *et al.*, 2009) e calcolato il rapporto RQE\_IBMR. Il campionamento e l'analisi dei macroinvertebrati bentonici seguono le indicazioni contenute nei Notiziari dei metodi analitici (CNR-IRSA, 2007; 2008). Per la valutazione dello stato ecologico viene applicato l'indice multimetrico STAR\_ICMi, mediato con l'indice MTS (Mayfly Total Score; BUFFAGNI, 1999) nel caso di utilizzo di substrati artificiali.

In seguito all'applicazione degli indici specifici e al calcolo degli RQE per ogni elemento di qualità biologica (EQB), è stato ottenuto lo stato ecologico tramite l'integrazione tra il giudizio peggiore ottenuto dagli RQE e il descrittore LIM<sub>eco</sub>. Per l'attribuzione finale dello stato ecologico del corpo idrico, è stata inoltre introdotta una valutazione mediante il giudizio esperto.

## RISULTATI

La valutazione dello stato ecologico basata sugli indici proposti a livello nazionale è stata effettuata su 300 corpi idrici (Fig. 1). Tra questi, 20 (circa il 7%) sono stati giudicati come "non valutabili" a causa dell'impossibilità di trovare dei siti accessibili per i campionamenti o della mancanza d'acqua. La maggior parte dei corpi idrici monitorati ottiene un giudizio "sufficiente" (39%) o "buono" (35%), mentre la rimanente percentuale è suddivisa tra lo stato "elevato" (3%), "scarso" (13%) e "cattivo" (4%) (Fig.1).

A seguito dell'applicazione degli indici e dei sistemi di classificazione previsti, sono state osservate alcune criticità, di seguito descritte.

### Diatomee

In molti casi è stato verificato che la principale criticità per la componente diatomica, si ha nell'applicazione dell'indice ICMi, in quanto i valori di riferimento proposti del D.M. n. 260/2010 per alcune macrotipologie fluviali (Area geografica Alpina e Centrale), sovrastimano lo stato di qualità finale dei corpi idrici.

A questo proposito, infatti, si sta lavorando per l'identificazione di nuovi siti di riferimento per migliorare la

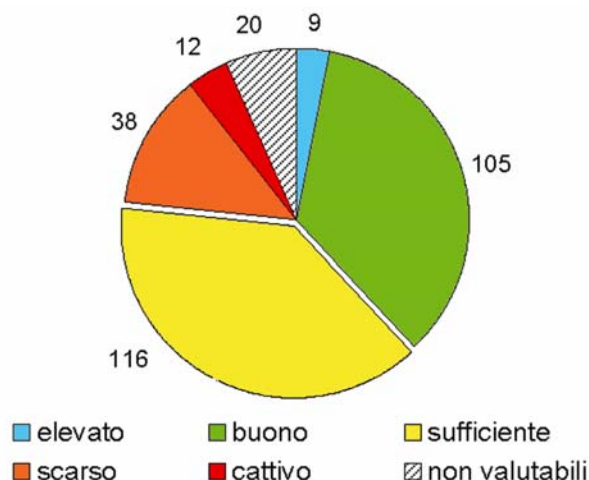


Fig. 1. Distribuzione dei corpi idrici per classi di stato ecologico.

valutazione dello stato di qualità in quanto, corsi d'acqua ecologicamente molto diversi, risultano avere gli stessi valori di riferimento, che portano a valutazioni non realistiche. Per esempio, per il macrotipo centrale, a differenza delle macrofite (Ca, Cb, Cc), c'è un unico valore di riferimento che non permette una corretta valutazione della comunità in fiumi di dimensioni anche molto diverse (es. grandi fiumi, rogge). Quindi, per considerare correttamente l'informazione data da tale comunità, nel giudizio esperto sono state considerate le singole informazioni ottenute dai due indici componenti l'ICMi (IPS e TI), i quali mettono in evidenza in modo puntuale l'eventuale carico organico e trofico dei corpi idrici analizzati. In alcuni casi, infatti, nonostante l'ICMi definisca uno stato ecologico buono o elevato, il TI evidenzia una condizione chiaramente eutrofica. Tale condizione è stata riscontrata, per esempio, nel Rio Margò (tipologia 02SS1T - Macrotipo A2, Provincia di Udine), dove l'ICMi (0,73) dava un giudizio buono mentre la comunità diatomica, completamente atipica per la tipologia, segnalava un forte carico trofico confermato dal valore di TI (2,44, corrispondente a uno stato eutrofico). Questo ha portato a declassare la valutazione finale tramite giudizio esperto. Ulteriore caso è il Rio Versiola (tipologia 06AS6T - Macrotipo C, Provincia di Pordenone), dove l'elevata trofia segnalata dal TI (2,75: corrispondente a uno stato eu-politrofico) non era concorde con il giudizio elevato dell'ICMi (0,85). L'elevato grado di eutrofizzazione evidenziato dal TI conferma, soprattutto nella zona di pianura, i valori medio-elevati di nitrati riscontrati nelle acque dei corpi idrici (20-40 mg/L).

### Macrofite

Il giudizio esperto si è rivelato fondamentale nei corpi idrici in cui lo stato ecologico è stato determinato

da una ridotta comunità macrofittica, presente con copertura prossima al 5%, ed il valore di RQE\_IBMR era discordante rispetto alle informazioni date dall'analisi degli altri EQB. In tali situazioni, per ovviare a un'eccessiva penalizzazione della classificazione a causa di una comunità poco rappresentativa (MINCIARDI *et al.*, 2010), per la formulazione del giudizio esperto sono state considerate le informazioni ecologiche fornite dai taxa presenti. Nel caso del torrente Natisone (tipologia 02SS1T - Macrotipo Aa, Provincia di Udine), ad esempio, lo stato ecologico, risultato sufficiente a causa dell'RQE\_IBMR, è stato invece ritenuto in buono stato a seguito del giudizio esperto, in accordo con quanto emerso dall'analisi di tutti gli EQB.

Analogamente, il giudizio esperto, formulato come già descritto, acquista una notevole importanza laddove sia stata rilevata una copertura elevata di taxa non indicatori e/o dalla valenza trofica non sempre rappresentativa delle reali condizioni in cui vengono osservati. In alcuni corsi d'acqua appartenenti a tipologie montane (HER02), ad esempio, è stata segnalata la presenza di individui appartenenti al genere *Cladophora* Kützing. Sebbene l'abbondante presenza di tale taxon indichi nella maggior parte dei casi alterazioni trofiche (NEIL e OWEN, 1964; WHITTON, 1970; PITCAIRN e HAWKES, 1973), l'informazione fornita ai fini del calcolo dell'IBMR ( $CS_i=6$ ) rischia in alcuni casi di dare una stima non attendibile della situazione trofica. Questo perché la sua presenza in zone montane, ove l'impatto di tipo trofico è irrilevante, dipende principalmente dalle caratteristiche idromorfologiche (velocità di corrente e substrato di crescita) e chimico-fisiche (temperatura e pH) dei siti (WHITTON, 1970; DODDS e GUDDER, 1992; BARBIERO, 2011). Tale "debolezza" dell'indice è legata al fatto che non è richiesto un livello di determinazione specifico ma è sufficiente definirne il genere. È probabile che l'ecologia delle singole specie sia così varia da obbligare gli operatori ad approfondire, in futuro, la sistematica di tale genere.

Un altro taxon con una valenza trofica di dubbia definizione ai fini del calcolo dell'IBMR è *Berula erecta* (Huds.) Coville. Tale specie è stata frequentemente ed abbondantemente rilevata in corpi idrici siti a valle della fascia delle risorgive, nell'area individuata come Zona Vulnerabile da Nitrati (ZVN), caratterizzati appunto da alte concentrazioni di composti azotati già alla sorgente (ARPA FVG, 2008). Il coefficiente di oligotrofia associato a questa specie ( $CS_i=14$ ) in tali zone conduce di conseguenza ad una stima alterata dello stato trofico.

### Macroinvertebrati bentonici

Anche per quanto riguarda l'applicazione della metrica STAR\_ICMi sono emerse diverse problematiche.

Alcune tipologie, innanzitutto, non sono contempla-

te nella tabella 1a del D.M. n. 260/2010 (elenco dei tipi fluviali presenti in Italia settentrionale e inclusi nel sistema MacrOper), rendendo quindi necessario il ricorso a valori di riferimento generici indicati nella tabella 5 del medesimo D.M. per i tipi fluviali non inclusi nelle tabelle di dettaglio relative a Italia settentrionale, centrale e meridionale.

Nei casi in cui si sia riscontrata una bassa biodiversità dovuta a cause naturali quali, ad esempio, acque oligotrofe, scarse strutture di ritenzione, elevata velocità della corrente, alveo ampio con substrato mobile e piuttosto uniforme (presenti in particolare in area alpina), la valutazione basata su valori di riferimento non calibrati sulla specifica tipologia fluviale ha evidenziato il rischio di esprimere un giudizio che sottostimi il reale stato ecologico. L'assenza di valori di riferimento rappresentativi delle tipologie considerate non garantisce, infatti, che l'utilizzo del rapporto di qualità ecologica dia un risultato corretto e ripropone il problema della valutazione dei fiumi naturalmente oligotrofici, già emerso ai tempi in cui il principale metodo di monitoraggio dei macroinvertebrati d'acqua dolce era costituito dall'IBE (GHETTI, 2001). L'indice IRE (STOCH, 1986), sviluppato allora per la risoluzione di tale criticità, potrebbe rappresentare un utile strumento di valutazione delle suddette tipologie fino a che non saranno disponibili dei valori di riferimento corretti ai quali rapportarsi. Nell'impossibilità di applicarlo ai dati già raccolti, a causa del livello di determinazione più accurato richiesto dall'IRE per i Ditteri Chironomidi rispetto alla metodica MacrOper, ne sono stati tenuti comunque in considerazione i principi nella formulazione del giudizio esperto.

Un analogo problema, rapportabile all'applicazione di valori di riferimento generici, si è riscontrato in tipologie inserite nell'HER 06 con origine da scorrimento superficiale. In questo caso, però, la valutazione dello stato ecologico espresso dallo STAR\_ICMi si ritiene possa sovrastimare la reale condizione della comunità.

Per quanto riguarda i fiumi non guadabili, per la valutazione dei quali sono stati utilizzati i substrati artificiali, il D.M. n. 260/2010 indica esclusivamente due serie di valori di riferimento, in relazione solo alla macrotipologia di appartenenza e non anche alla tipologia di corpo idrico monitorata. In questo particolare caso ciò porterebbe a dubitare della reale efficacia di tale metodo di classificazione, anche se in realtà la mediazione dell'indice STAR\_ICMi con l'MTS lo rende più affidabile grazie alla valutazione della sensibilità dei taxa di Efemeroteri presenti. In considerazione di ciò e della consapevolezza di non disporre di una visione completa delle comunità a causa della selettività del metodo di campionamento nei confronti di alcuni organismi (CNR-IRSA, 2007), il giudizio esperto, generalmente, è in accordo

con lo stato/potenziale ecologico calcolato.

Un'ulteriore criticità rilevata è ascrivibile, invece, non direttamente all'utilizzo degli indici ma ad una delle fasi di tipizzazione dei corsi d'acqua. Nelle zone al confine tra l'alta pianura e l'area collinare, ad esempio, sono stati monitorati corpi idrici contigui o interconnessi che, pur appartenendo a due diverse idroecoregioni (HER02 ed HER06) presentano caratteristiche geologiche ed idromorfologiche analoghe. L'applicazione dell'indice, a causa di valori di riferimento molto diversi tra loro, comporta però notevoli differenze nella formulazione dello stato ecologico, descrivendo una situazione difforme da quanto rilevabile sul campo.

Per quanto riguarda, invece, l'efficacia dell'indice STAR\_ICMi, è emersa la necessità di una metrica in grado di evidenziare la dominanza di quei taxa maggiormente opportunisti e/o ubiquitari che traggono vantaggio, ad esempio, da un elevato carico trofico, generalmente ben evidenziato dalle comunità vegetali. Al fine di ovviare a tale mancanza, nella formulazione del giudizio esperto si è scelto di verificare dove l'abbondanza di tali taxa fosse tale da giustificare un giudizio più severo dello stato ecologico.

Il valore dell'indice per l'attribuzione dello stato ecologico, inoltre, è calcolato come media dei valori ottenuti nelle diverse campagne di campionamento annuale, e ciò impedisce di mettere in evidenza eventuali graduali peggioramenti di stato ecologico nel corso del tempo, in analogia a quanto si riscontra anche per gli EQB. Un caso rappresentativo è quello del fiume Torre (tipologia 02SS2T, Provincia di Udine) in cui uno dei corpi idrici monitorati ha evidenziato nel corso di tre stagioni successive un progressivo peggioramento della comunità, fino alla quasi totale scomparsa dei macroinvertebrati nell'ultimo campionamento (ORLANDI *et al.*, 2012).

Si ritiene che sia fondamentale valutare il fattore temporale anche in relazione all'ecologia delle comunità. I cicli vitali degli organismi sono infatti legati alla stagionalità e ciò comporta variazioni nella composizione delle comunità macrozoobentoniche, le cui caratteristiche di abbondanza e di ricchezza sono però valutate sulla base di un'unica serie di valori di riferimento.

### **Applicazione del giudizio esperto**

Il giudizio esperto è stato applicato a tutti i 300 corpi idrici monitorati nel periodo 2009-2011. Da un primo confronto della distribuzione degli stessi all'interno delle classi (Fig. 2), si notano alcune minime variazioni date dalla modifica dello stato ecologico tramite il giudizio esperto.

Il confronto delle due distribuzioni non ha evidenziato significative differenze tra stato ecologico e giudizio esperto in termini numerici.

La tabella I riassume le variazioni di stato risultanti, divise per ciascuna classe di giudizio. I numeri riportati lungo la diagonale rappresentano i corpi idrici il cui stato ecologico non è stato modificato dal giudizio esperto, mentre nelle restanti celle vi sono i numeri di corpi idrici riassegnati ad altre classi dal giudizio esperto.

Complessivamente, sono stati variati 85 giudizi di stato ecologico, corrispondenti al 28% circa dei corpi idrici monitorati. Le variazioni più consistenti hanno riguardato il passaggio dallo stato ecologico “sufficiente” a “buono” (8%) e da “buono” a “elevato” (5%). Si segnala anche l’attribuzione del giudizio esperto “elevato” a tre corpi idrici giudicati inizialmente “non valutabili” perché non accessibili: in tali situazioni il giudizio “elevato” è stato conferito per l’accorpamento dei corpi idrici suddetti a quelli situati immediatamente a valle, a cui era già stato conferito un giudizio esperto “elevato”.

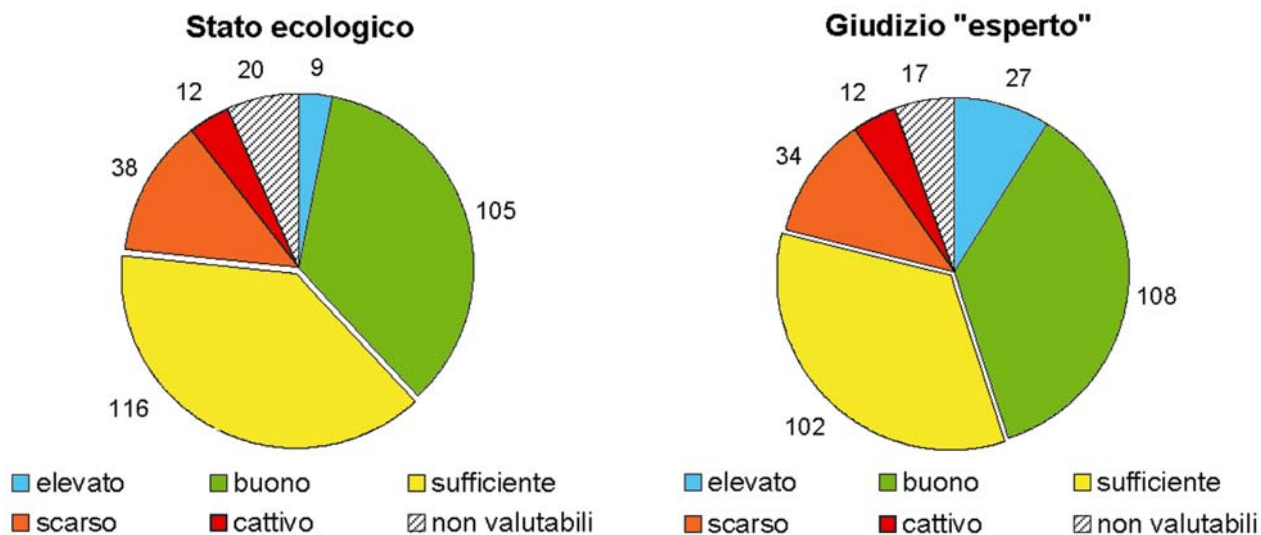
Si rileva che la variazione di stato ecologico più significativa è quella tra le classi “sufficiente” e “buono”. Infatti, l’appartenenza dei corpi idrici alle classi inferiori a “buono” comporta l’obbligo dell’adozione di misure volte al conseguimento di tale stato entro i termini stabiliti dal PRTA.

**DISCUSSIONE E CONCLUSIONI**

Nel presente lavoro sono state espone le problematiche legate all’utilizzo dei metodi indicati nel D.M. n. 260/2010 ai fini della classificazione dei corpi idrici ai sensi della Direttiva 2000/60/CE. Il giudizio esperto è stato utilizzato esclusivamente per ovviare ai dubbi emersi a seguito della valutazione risultante dagli indici applicati. Tale strumento è parso utile anche in previsione delle misure che dovranno essere prese nell’ambito del PRTA per le finalità previste dalla Direttiva 2000/60/CE, al fine di fornire una valutazione che meglio descriva la reale situazione ecologica.

Nel complesso, è parso evidente che i problemi più consistenti sono legati alla mancanza di valori di riferimento specifici per le diverse tipologie considerate; tali valori, inoltre, non tengono in considerazione la stagionalità che condiziona le diverse comunità biologiche. Risulta anche di estrema importanza la necessità di integrare i metodi con ulteriori indici/metriche e/o liste tassonomiche maggiormente rappresentative delle comunità presenti nelle diverse tipologie considerate.

La sinergia tra tecnici, che lavorano capillarmente



**Fig. 2.** Confronto tra le distribuzioni dei corpi idrici per classi di stato ecologico (a sinistra) e giudizio esperto (a destra).

**Tab. I.** Distribuzione dei corpi idrici nelle 5 classi di stato sulla base del metodo di classificazione previsto dal D.M. n. 260/10 e del giudizio esperto.

		STATO ECOLOGICO (D.M. 260/2010)				
		CATTIVO	SCARSO	SUFFICIENTE	BUONO	ELEVATO
GIUDIZIO ESPERTO	CATTIVO	9	3	0	0	0
	SCARSO	1	22	11	0	0
	SUFFICIENTE	2	11	79	10	0
	BUONO	0	2	24	79	3
	ELEVATO	0	0	2	16	6

sul territorio nazionale, e i referenti ministeriali, delegati all'integrazione e al miglioramento delle prestazioni degli indici, sicuramente porterà a risolvere gran parte delle criticità sollevate nel presente contributo, che sono alla base dell'applicazione del giudizio esperto.

## BIBLIOGRAFIA

- AFNOR, 2003. *Qualité de l'eau - Détermination de l'Indice Biologique Macrophytique en Rivière (IBMR)*. NF T 90-395, 28 pp.
- APAT, 2007a. Protocollo di campionamento dei macroinvertebrati bentonici dei corsi d'acqua guadabili. In: *Metodi Biologici per le acque. Parte I'*. Manuali e Linee Guida APAT, Roma.
- APAT, 2007b. Protocollo di campionamento e analisi delle diatomee bentoniche dei corsi d'acqua. In: *Metodi Biologici per le acque. Parte I'*. Manuali e Linee Guida APAT, Roma.
- APAT, 2007c. Protocollo di campionamento e analisi per le macrofite delle acque correnti. In: *Metodi Biologici per le acque. Parte I'*. Manuali e Linee Guida APAT, Roma.
- ARPA FRIULI VENEZIA GIULIA, 2008. *Relazione sugli effetti sulle acque superficiali lagunari dei nitrati di origine agricola nel territorio della bassa pianura friulana*. 127 pp.
- BARBIERO L., 2011. *Prime osservazioni sull'ecologia di Cladophora sp. in risposta a pressioni antropiche in Friuli Venezia Giulia*. Tesi di laurea. Università degli Studi di Udine, Anno Accademico 2010/2011, 72 pp.
- BUFFAGNI A., 1999. Qualità ecologica, pregio naturalistico e integrità della comunità degli efemerotteri. Un indice per la classificazione dei fiumi italiani. *Acqua & Aria*, **8**: 99-107.
- CNR-IRSA, 2007. Macroinvertebrati acquatici e Direttiva 2000/60/EC (WFD). *Notiziario dei metodi analitici*, Volume 1, 114 pp.
- CNR-IRSA, 2008. Direttiva 2000/60/EC (WFD). Condizioni di riferimento per fiumi e laghi. Classificazione dei fiumi sulla base dei macroinvertebrati acquatici. *Notiziario dei metodi analitici*, Numero speciale, 84 pp.
- DODDS W.K., GUDDER D.A., 1992. Review: The ecology of *Cladophora*. *Journal of Phycology*, **28**: 415-427.
- GHETTI P.F., 2001. *Manuale di applicazione: Indice Biotico Esteso. I macroinvertebrati nel controllo della qualità degli ambienti di acque correnti. Seconda edizione*. Provincia Autonoma di Trento, Agenzia Provinciale per la Protezione dell'Ambiente, 222 pp.
- DIRETTIVA 2000/60/CE del Parlamento Europeo e del Consiglio del 23 ottobre 2000 che istituisce un quadro per l'azione comunitaria in materia d'acque. *Gazzetta Ufficiale delle Comunità Europee* n. L 327 del 22/12/2000.
- DECRETO LEGISLATIVO n. 152 del 3 aprile 2006. Norme in materia ambientale. *Gazzetta Ufficiale* n. L 88 del 14/04/2006, Supplemento ordinario n. 96.
- DECRETO DEL MINISTERO DELL'AMBIENTE E DELLA TUTELA DEL TERRITORIO E DEL MARE n. 131 del 16 giugno 2008. Regolamento recante i criteri tecnici per la caratterizzazione dei corpi idrici (tipizzazione, individuazione dei corpi idrici, analisi delle pressioni) per la modifica delle norme tecniche del decreto legislativo 3 aprile 2006, n. 152, recante: «Norme in materia ambientale», predisposto ai sensi dell'articolo 75, comma 4, dello stesso decreto. *Gazzetta Ufficiale* n. L 187 del 11/08/2008, Supplemento ordinario n. 189.
- DECRETO DEL MINISTERO DELL'AMBIENTE E DELLA TUTELA DEL TERRITORIO E DEL MARE n. 260 del 8 novembre 2010. Regolamento recante i criteri tecnici per la classificazione dello stato ecologico dei corpi idrici superficiali, per la modifica delle norme tecniche del decreto legislativo 3 aprile 2006, n. 152, recante norme in materia ambientale, predisposto ai sensi dell'articolo 75, comma 3, del medesimo decreto legislativo. *Gazzetta Ufficiale* n. L 30 del 7/02/2011, Supplemento ordinario n. 31.
- MANCINI L., SOLLAZZO C., 2009. *Metodo per la valutazione dello stato ecologico delle acque correnti: comunità diatommiche*. Istituto Superiore di Sanità, Roma, Rapporto ISTISAN 09/19, 32 pp.
- MINCIARDI M.R., SPADA C.D., ROSSI G.L., ANGIUS R., ORRÙ G., MANCINI L., PACE G., MARCHEGGIANI S., PUCCINELLI C., 2009. *Metodo per la valutazione e la classificazione dei corsi d'acqua utilizzando la comunità delle macrofite acquatiche*. ENEA Rapporto Tecnico RT/2009/23/ENEA, 35 pp.
- MINCIARDI M.R., AZZOLLINI R., SPADA C.D., 2010. Le macrofite acquatiche come comunità bioindicatrice negli ambienti fluviali del bacino padano: ricerche pregresse, prospettive di utilizzo e necessità conoscitive. *Biologia Ambientale*, **24** (1): 291-300.
- NEIL J.H., OWEN G.E., 1964. Distribution, environmental requirements and significance of *Cladophora*. *Great Lakes Research Division, University of Chicago*, **11**: 113-121.
- ORLANDI C., MACOR A., PIAZZA G., RANCATI E., VIRGILIO D., ZANUT ELISA, ZORZA R., 2012. Anomala fioritura di *Diatoma ehrenbergii* Kützing nel fiume Torre (Friuli Venezia Giulia): quali le cause e quali gli effetti? In: Atti seminario celebrativo del 25° anniversario del CISBA, Firenze, 16 e 17 nov. 2011 *«La bioindicazione come strumento di conoscenza e di gestione degli ecosistemi»*, a cura di Arnaud E., Genoni P., Orlandi C., *Biologia Ambientale* (in stampa).
- PITCAIRN E.R., HAWKES H.A., 1973. The role of phosphorus in the growth of *Cladophora*. *Water Research*, **7**: 159-171.
- STOCH F., 1986. Nota preliminare su una nuova metodologia biologica per il mappaggio di qualità delle acque correnti. *Acqua-Aria*, **2**: 137-142.
- WHITTON B.A., 1970. Biology of *Cladophora* in freshwaters. *Water Research*, **4**: 457-476.

## RINGRAZIAMENTI

Si ringraziano tutti i tecnici ARPA FVG che hanno collaborato nel corso delle operazioni di monitoraggio, in particolare il dott. Luigi Del Zotto e il dott. Bruno Zanolin, oltre ai tecnici impegnati nelle analisi di laboratorio.