

Valutazione biologica della qualità delle acque nel bacino del Fiume Stella (Friuli Venezia Giulia)[§]

Dolores Mancini, Elisa Zanut, Sara Massarutto, Gabriele Piazza, Michela Tomasella, Marco Bertoli, Elisabetta Pizzul*

Dipartimento di Scienze della Vita, Università degli Studi di Trieste, Via L. Giorgieri 10, I - 34127 Italia.

* Referente per la corrispondenza: pizzul@units.it

§ Studio parzialmente finanziato dall'Ente Tutela Pesca del Friuli Venezia Giulia.

Riassunto

Accogliendo le indicazioni della Direttiva europea 2000/60/CE, recepita in Italia dal D.Lgs. 152/2006, in questo studio si è voluto valutare la qualità biologica delle acque del Bacino del fiume Stella, mediante lo studio della fauna ittica tramite l'Indice dello Stato Ecologico delle Comunità Ittiche (ISECI), delle comunità a macroinvertebrati bentonici con l'utilizzo dell'Indice STAR_ICMi ed infine delle macrofite acquatiche con l'applicazione dell'Indice Biologique Macrophytique en Rivière (IBMR). Questi Indici sono, infatti, tra quelli proposti in attuazione alle richieste del D.Lgs. 152/2006.

Il fiume Stella è uno dei principali corsi d'acqua di risorgiva presenti in sinistra Tagliamento, è quindi inserito in un territorio che a partire dalla seconda metà del XX secolo ha subito profonde modificazioni legate allo sfruttamento, soprattutto agricolo. Proprio a causa dell'agricoltura, in particolare quella di tipo intensivo, l'area indagata è soggetta alla Direttiva Nitrati 91/676/CE, giacché le acque del fiume Stella, alla foce, presentano una concentrazione di nitrati pari a 12-14 mg/L, che aumentano fino a 46-50 mg/L in periodi di piovosità elevata a causa del dilavamento dal territorio circostante. I risultati derivanti dall'applicazione degli Indici riportano giudizi mediamente positivi (sufficiente ed elevato) per quanto riguarda STAR_ICMi e ISECI, mentre sono più severi quelli definiti dall'IBMR (livello di trofia variabile tra medio ed elevato). Ciò sicuramente in relazione al fatto che la comunità a macrofite è fortemente influenzata dal grado di trofia delle acque.

PAROLE CHIAVE: Acque di risorgiva / Indice Biologique Macrophytique en Rivière / Indice STAR_ICMi / Indice dello Stato Ecologico delle Comunità Ittiche / Friuli Venezia Giulia

Biological evaluation of water quality in the basin of the Stella River (Friuli Venezia Giulia, North East Italy)

In this study, the biological quality of the water in the basin of the Stella River was investigated, in respect of the European Directive 2000/60/CE, received in Italy by the D.Lgs. 152/2006. For this assessment, fish communities, using the Index of Ecological State of the Fish Communities (ISECI), macrobenthic invertebrates, using the STAR_ICMi index, and freshwater macrophytes, using the Indice Biologique Macrophytique en Rivière (IBMR), were studied. These indices are currently purposed to implement the D.Lgs. 152/2006. The Stella River is one of the most important alluvial spring fed stream in the land placed on the east side of the Tagliamento River. The Stella have place in a territory that, since the second half of the past century, has been deeply altered, due to the agricultural use of the landscape.

Due to the intensive farming, the investigated area is subject to the Nitrate Directive 91/676/CEE, because the waters of the Stella River show nitrate concentration of 12-14 mg/L, that became higher (46-50 mg/L) during high precipitation periods, because of the rain washing from the ground near the banks. The application of the three indices shows often positive results for STAR_ICMi and ISECI, whereas the IBMR shows a most severe judgement. The IBMR results are surely related to the amount of trophic matter in the water, that greatly affect the macrophytes community.

KEY WORDS: alluvial spring fed stream / Indice Biologique Macrophytique en Rivière / STAR_ICMi Index / Index of Ecological State of the Fish Communities / Friuli Venezia Giulia

INTRODUZIONE

Il fiume Stella è uno dei più importanti corsi d'acqua di risorgiva del Friuli Venezia Giulia, sia per quanto concerne le portate che per valore naturalistico. Per quanto at-

tiene quest'ultimo aspetto è, infatti, noto che le acque di risorgiva ospitano comunità animali e vegetali caratterizzate da un'altissima biodiversità in virtù delle particolari

caratteristiche chimico-fisiche.

Trattandosi di un ambiente di grande pregio ma anche soggetto a evidenti modifiche da parte dell'uomo, soprattutto in relazione

alle opere di bonifica ed allo sfruttamento agricolo intensivo, è stato ritenuto interessante valutare lo stato ambientale mediante l'applicazione di tre Indici, ciascuno dei quali utilizza una delle principali comunità vegetali ed animali presenti (pesci, macroinvertebrati bentonici e macrofite acquatiche).

Più in particolare sono stati applicati: l'Indice dello Stato Ecologico delle Comunità Ittiche (ISECI) (ZERUNIAN *et al.*, 2009), lo STAR_ICMi (BUFFAGNI *et al.*, 2008b) e l'Indice Biologique Macrophytique en Rivière (IBMR) (HAURY *et al.*, 2006). I primi due indici, pur rispondendo alle richieste della Direttiva 2000/60/CE, in quanto consentono di valutare l'integrità ecologica del tratto campionato tramite il confronto tra la comunità riscontrata durante il campionamento e quella di riferimento, non sono ancora ufficiali; infatti, i valori di riferimento sono ad un grado di dettaglio abbastanza avanzato per alcune tipologie fluviali ma mancano informazioni per molte altre. L'IBMR, invece, è un Indice che misura solamente la trofia all'interno della stazione indagata: la valutazione dello stato ecologico, che dovrebbe basarsi sull'RQE_IBMR, non è possibile in quanto i valori di riferimento per i macrotipi fluviali sono ancora in via di definizione. Pertanto, in questo lavoro, si è deciso di utilizzare l'IBMR come indice macrofitico, anche se non risponde appieno alle richieste della Direttiva 2000/60/CE.

MATERIALI E METODI

Area di studio

Il profilo idrobiologico del Bacino del fiume Stella è caratterizzato da una superficie tributaria pari a circa 356 Km², la cui asta principale, costituita dal Torrente Corno e dal Fiume Stella, ha una

lunghezza di 47 Km. I tributari più importanti sono il Fiume Taglio ed il Fiume Torsa (MATTASSI *et al.*, 1990), mentre la foce è situata nel Canale Bioni che, a sua volta, si insinua nella Bocca dei Tre Canali prima di raggiungere il mare attraverso il porto di Lignano (CALZAVARA e TURCO, 2001).

Nonostante l'alimentazione prevalente da risorgiva, la portata del fiume Stella è fluttuante potendo scendere sotto i 25 m³/sec o superare i 70 m³/sec. Queste oscillazioni sono dovute sia alle stesse oscillazioni di portata delle risorgive, il cui regime non è completamente livellato a causa della relativa limitatezza della zona alimentante e della non saturazione del serbatoio, sia al drenaggio di un'ampia area superficiale, direttamente sottoposta alle fluttuazioni esterne (MOSETTI, 1983).

Per quanto attiene alle caratteristiche chimico-fisiche delle acque, dai dati rilevati dall'Agenzia Regionale Protezione Ambiente (ARPA) del Friuli Venezia Giulia negli anni compresi tra 2006 ed il 2008, in tre stazioni fisse poste lungo l'asta principale del fiume, si evince che la temperatura media varia tra 12,2 e 13,8 °C, il valore medio del pH è compreso tra 7,7 e 8, mentre la concentrazione media di ossigeno disciolto è sempre inferiore a 9 mg/L. Inoltre i valori di conducibilità sono, in tutte le stazioni, mediamente superiori a 500 µS/cm.

Nel territorio circostante vi sono siti di rilevante interesse naturalistico, pertanto sono state istituite diverse tipologie di aree di tutela: una Riserva Naturale Regionale, un Parco comunale, cinque Siti di Interesse Comunitario (SIC), sei Biotopi, un'Area di Reperimento e un'Area di Rilevante Interesse Ambientale (ARIA). Questi siti di tutela hanno lo scopo di conservare ciò

che di poco è rimasto dell'originario paesaggio di risorgiva, caratterizzato dalla presenza di torbiere, olle, praterie umide ed asciutte e boschi planiziali. I comuni interessati da questo studio hanno un'attività prettamente agricola, in cui dominano le colture a cereali rispetto alle colture specializzate quali pioppeti, vigneti e frutteti (TAGLIAFERRI *et al.*, 1990). Si tratta di agricoltura di tipo intensivo, la quale ha portato l'area oggetto di studio ad essere soggetta alla Direttiva Nitrati 91/676/CEE, essendo zona vulnerabile da nitrati di origine agricola (ZVN). Rilevanti sono inoltre nell'area sia l'attività di allevamento, in particolare di bovini, che interessa tutti i comuni attraversati dal fiume Stella, che la piscicoltura, la quale sfrutta le acque limpide e fresche di risorgenza per l'allevamento della trota.

Il territorio non presenta insediamenti industriali di rilievo ed i valori di densità demografica fanno rientrare l'area oggetto di studio in un range demografico medio-basso, fatta eccezione per il comune di Codroipo che ha una densità pari a 212 residenti per Km² (dati ISTAT 2009, www.istat.it). Il servizio di depurazione viene effettuato con vasca Imhoff per i comuni con minor numero di utenze, mentre si ricorre a impianti di depurazione che effettuano trattamento secondario di tipo biologico per utenze modeste (REGIONE AUTONOMA FRIULI VENEZIA GIULIA E PROVINCIA DI UDINE, 2002).

Nel luglio 2007 è stata condotta una prima ispezione sul campo per individuare le stazioni in cui fosse possibile condurre campionamenti quantitativi a carico della comunità macrozoobentonica, a macrofite acquatiche ed ittica. Sono state individuate complessivamente 7 stazioni, distribuite nella parte medio-alta del Bacino (Fig. 1); non è stata individuata

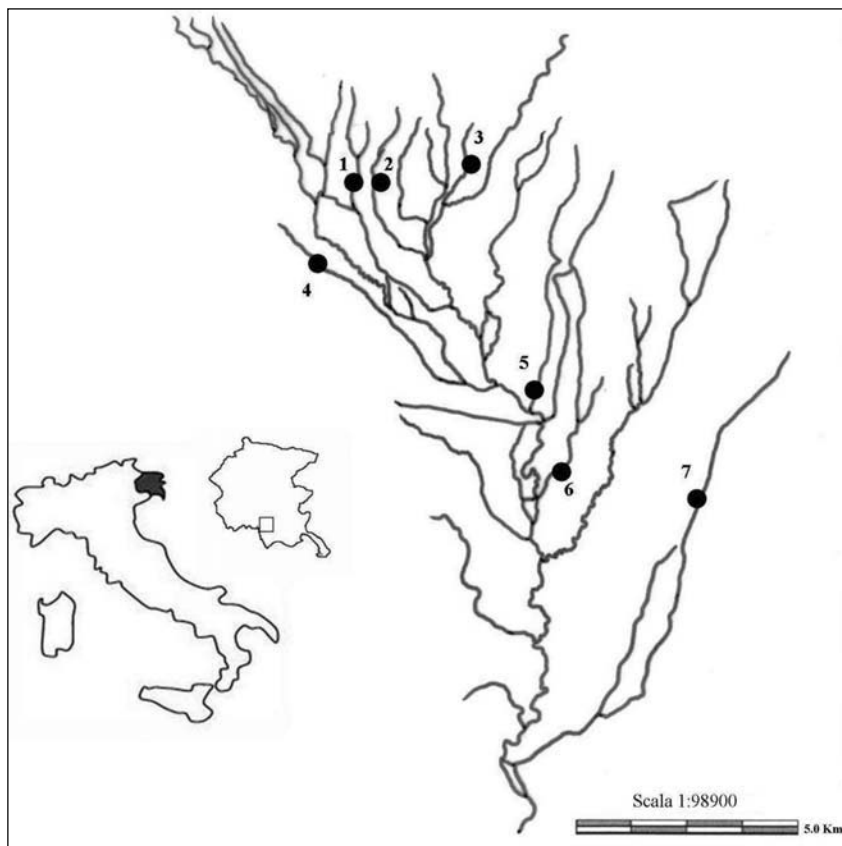


Fig. 1. Bacino del Fiume Stella con indicate le stazioni di studio.

alcuna stazione nell’asta principale dello Stella e neppure nella zona più a valle, rispettivamente a causa di portate troppo elevate e per la risalita del cuneo salino, fattori che non avrebbero permesso di condurre campionamenti quantitativi attendibili e di applicare gli Indici biotici utilizzati.

Metodiche di monitoraggio e applicazione di indici biotici

In ciascuna stazione sono state rilevate le coordinate (Gauss-Boga Est), la granulometria prevalente in alveo, la larghezza dell’alveo, la profondità media e massima e la velocità della corrente.

I campionamenti ittici, condotti nel luglio 2007, hanno previsto, in ciascuna stazione, la chiusura con reti di un tratto di lunghezza variabile in relazione al va-

lore del perimetro bagnato medio rilevato (FORNERIS *et al.*, 2005). All’interno del tratto si è operato con elettrostorditori, a corrente continua pulsata e voltaggio modulabile (0,7-7 a; 150-380 V) fino ad esaurimento delle catture. Su tutti gli esemplari catturati, previa identificazione sistematica, è stata rilevata la lunghezza totale (cm), il peso totale (g) e, ove non fossero disponibili curve di crescita precedentemente calcolate per la specie nell’area di studio, cinque scaglie per la determinazione dell’età in laboratorio. La nomenclatura utilizzata è quella riportata da ZERUNIAN (2004).

Ai dati ottenuti è stato quindi applicato l’Indice dello Stato Ecologico delle Comunità Ittiche (ISE-CI) (ZERUNIAN *et al.*, 2009).

I campionamenti riguardanti i macroinvertebrati bentonici sono

stati condotti nel maggio e nel settembre 2008. Per ogni stazione è stato individuato un tratto campionabile di lunghezza pari a circa 50 m che fosse il più possibile rappresentativo del corpo idrico, come indicato da BUFFAGNI e ERBA (2007). In ogni stazione è stata individuata la presenza di microhabitat minerali, definiti in base alla granulometria prevalente del substrato, e biologici, classificati in base alla presenza di alghe, macrofite sommerse ed emergenti, parti di piante terrestri, materiale organico particolato grosso e fine. Sono stati individuati quindi tre transetti, all’interno dei quali sono stati condotti tre campionamenti, mentre un ulteriore campione è stato raccolto esternamente ai tre transetti in relazione alla tipologia dei microhabitat presenti. I campionamenti sono stati eseguiti utilizzando una rete di Surber che sottende un’area campionabile di 0,05 m² (APAT, 2007a; BUFFAGNI e ERBA, 2007). I campioni sono stati immediatamente fissati in formalina 4%, quindi, prima di procedere al *sorting* ed alla determinazione, lavati ed infine conservati in alcool a 70°.

Per la determinazione dei taxa sono stati utilizzati testi specialistici dotati di chiavi dicotomiche (BELFIORE, 1983; CAMPAIOLI *et al.*, 1994; CAMPAIOLI *et al.*, 1999; CARCHINI, 1983; CONSIGLIO, 1980; MORETTI, 1983; GHETTI e MC KENZIE, 1981; MINELLI, 1977; MORETTI e CIANFICCONI, 1987; OLMI, 1978; RIVOSECCHI, 1984; ROCCHI, 1999; SANSONI, 1988; TAMANINI, 1979).

Le metodiche di campionamento definite da APAT (2007a) indicano di conteggiare, per ogni taxon, fino a 10 organismi dove è possibile; per i taxa il cui numero superi tale soglia si ritiene opportuno fornire un’indicazione della stima mediante conteggio approssimativo, anziché limitarsi a valutare

solo la classe di abbondanza. In questo studio si è voluto conteggiare in maniera precisa fino al livello di 300 individui per taxon, quando possibile, e solo successivamente applicare una stima senza limiti di valori per ottenere dati più precisi sulle abbondanze relative e per poter effettuare successivamente analisi più accurate. Infine ai dati ottenuti in ciascuna stazione è stato applicato l'Indice STAR_ICMi (BUFFAGNI *et al.*, 2008b).

Nelle medesime stazioni è stato applicato, su campioni raccolti nel settembre 2008, anche l'Indice Biotico Esteso (GHETTI, 2001); a tale scopo è stato condotto un campionamento qualitativo effettuando, con un retino immanicato, raccolte lungo un transetto obliquo da sponda a sponda, per un tempo standard di 20 minuti. I campioni sono stati quindi trattati, conservati ed analizzati nel modo precedentemente descritto per l'applicazione dell'Indice STAR_ICMi.

Per quanto attiene i campionamenti delle macrofite acquati-

che all'interno delle stazioni selezionate sono stati identificati i tratti soggetti al campionamento, caratterizzati da un'area pari a 100 m². I campionamenti sono stati eseguiti a maggio-giugno 2008 e settembre 2008. Il periodo primaverile e tardo-estivo sono considerati i periodi migliori per il campionamento (HOLMES *et al.*, 1999; MINCIARDI *et al.*, 2003; APAT, 2007b). Il campionamento è stato effettuato in base al protocollo redatto da APAT (2007b).

La lista delle entità censite comprende specie della zona acquatica (idrofiti) e specie significative della sopracquatica (rappresentate nel bacino indagato da elofite). Per l'applicazione dell'IBMR è stata utilizzata una lista di specie unificate, comprendente sia la forma biologica idrofita che la elofita.

Rispetto al protocollo dell'APAT (2007b), le percentuali attribuite ad ogni taxon rilevato non seguono una scala secondo multipli di cinque, ma sono stati usati tutti i valori. I valori di copertura

segnati in campo sono stati confermati in laboratorio, soprattutto per la componente algale ed i muschi, dove è necessaria una determinazione basata sull'analisi della morfologia e della struttura cellulare.

Per il riconoscimento degli organismi vegetali sono stati usati i seguenti manuali: PIGNATTI (1982), SCHOTSMAN *et al.* (1967) e PRESTON *et al.* (1995) per quanto attiene alle Fanerogame; CORTINI PEDROTTI (2001) e SMITH (1978, 1990) per le Briofite; BOURRELLY (1966), JOHN e WHITTON (2005) e MOORE *et al.* (1986) per le Alghe. La nomenclatura floristica delle specie segue POLDINI *et al.* (2002), quella fitosociologica SBURLINO *et al.* (2008). È stato quindi effettuato un confronto tra la presenza della flora vascolare riscontrata durante i campionamenti e quella individuata nell'Atlante Corologico delle piante vascolari nel Friuli Venezia Giulia (POLDINI, 2002). A partire dai dati qualitativi e quantitativi rilevati tramite i campionamenti è stato applicato l'Indice IBMR (HAURY *et al.*, 2006).

Tab. I. Parametri idromorfologici delle 7 stazioni analizzate.

Stazione	Coordinate (Gauss-Boaga)	Larghezza media alveo (m)	Profondità (cm)		Velocità corrente (cm/s)	Granulometria prevalente	Copertura vegetale alveo (%)
			Med	Max			
1 - Roggia Ribosa	E - 2367191,699 N - 5086571,346	6	41	60	36	ghiaia grossolana e ciottoli	81-100
2 - Roggia Puroia	E - 2367681,180 N - 5086677,179	4	40	51	22	sabbia e ghiaia fine	81-100
3 - Roggia Vampidora	E - 2369731,704 N - 5086994,680	4	24	40	39	sabbia e ghiaia fine	61-80
4 - Roggia Brodiz	E - 2366113,238 N - 5085256,975	6	30	50	10	fango e limo	81-100
5 - Roggia Cerclizza	E - 2371120,770 N - 5081927,899	4	36	73	14	sabbia fine	1-20
6 - Roggia Miliana	E - 2371651,300 N - 5080419,698	6	80	120	30	sabbia e ghiaia fine	81-100
7 - Roggia Velicogna	E - 2374727,312 N - 5079588,679	4	90	120	35,5	sabbia e ghiaia	61-80

ANALISI DEI DATI

In tabella I sono indicati i valori di alcuni parametri idromorfologici rilevati nelle 7 stazioni di studio. Si può osservare che valori molto bassi o bassi di velocità (10-14 cm/s) sono stati rilevati nelle stazioni 4 e 5, in cui è prevalente anche un substrato a granulometria fine. Nelle stazioni 2 e 6 la corrente era abbastanza lenta, mentre nelle restanti stazioni, superando i 30 cm/s, può essere definita moderata. Il substrato presenta granulometria più elevata esclusivamente nella stazione 1. Le stazioni 1 e 3 sono le uniche a presentare una fascia di vegetazione in ambito perfluviale ampia e ben strutturata e microhabitat in alveo ben differenziati.

I campionamenti ittici hanno permesso di rilevare la presenza di 15 specie. Quattro specie vengono considerate “vulnerabili” nella Lista rossa dei Pesci d’acqua dolce indigeni in Italia; di queste *Padogobius martensii* è anche inserita fra le specie protette dalla Convenzione di Berna (all. III), mentre *Cottus gobio* nella Direttiva 92/43/CE (all. II). *Leuciscus souffia* è considerata “a più basso rischio” nella Lista rossa ma è invece riportata, come pure *Barbus plebejus*, nella Direttiva 92/43/CE e nella Convenzione di Berna. Al contrario *Knipowitschia punctatissima* viene considerata “in pericolo” nella Lista rossa ma, stranamente, non è riportata nella Direttiva 92/43/CE né nella Convenzione di Berna. Due sono le specie alloctone: *Lepomis gibbosus* e *Salmo [trutta] trutta*. Quest’ultima è risultata presente in 6 su 7 stazioni, con popolazioni mal strutturate essendo costituite esclusivamente da individui adulti e pertanto, in assenza di riproduzione, la sua presenza è da mettere in relazione alle pratiche di semina condotte annualmente con materiale adulto e novella-

me per fini alieutici. Specie autoctone molto diffuse sono risultate l’anguilla (*Anguilla anguilla*), catturata in 7 stazioni, ed il luccio (*Esox lucius*), presente in 6 stazioni. Proprio le segnalazioni del luccio, considerata dall’ISECI (ZERUNIAN *et al.*, 2009) specie di maggior importanza ecologico funzionale, ha permesso di raggiungere per questo indice valori variabili tra sufficiente e buono (Tab. II).

Questi valori sono in parte anche legati alla presenza nelle stazioni di popolazioni autoctone generalmente ben strutturate.

Per quanto attiene lo studio dei macroinvertebrati bentonici è stato rilevato un elevato numero di

taxa, molti dei quali, tuttavia, considerati piuttosto tolleranti nei confronti di fenomeni di inquinamento o alterazioni ambientali. In particolare sono frequenti, e generalmente in elevato numero, gli Ephemeropteridi appartenenti al genere *Baetis*, le famiglie Simuliidae e Chironomidae dell’ordine dei Ditteri ed i Crostacei appartenenti alle famiglie Gammaridae ed Asellidae. Molto diffusi, sebbene con numerosità più modeste, gli Oligocheti delle famiglie Tubificidae, Lumbricidae e Lumbriculidae, taxa ritenuti tolleranti.

In relazione alle diverse metodiche di campionamento condotte per l’applicazione dell’Indice Bio-

Tab. II. Valori e giudizi dell’Indice dello Stato Ecologico delle Comunità Ittiche (ISECI) attribuiti alle 7 stazioni di studio.

Stazione	ISECI 2009	
	Punteggio	Giudizio
1 - Roggia Ribosa	0,62	Buono
2 - Roggia Puroia	0,63	Buono
3 - Roggia Vampidora	0,57	Sufficiente
4 - Roggia Brodiz	0,67	Buono
5 - Roggia Cerclizza	0,54	Sufficiente
6 - Roggia Miliana	0,62	Buono
7 - Roggia Velicogna	0,72	Buono

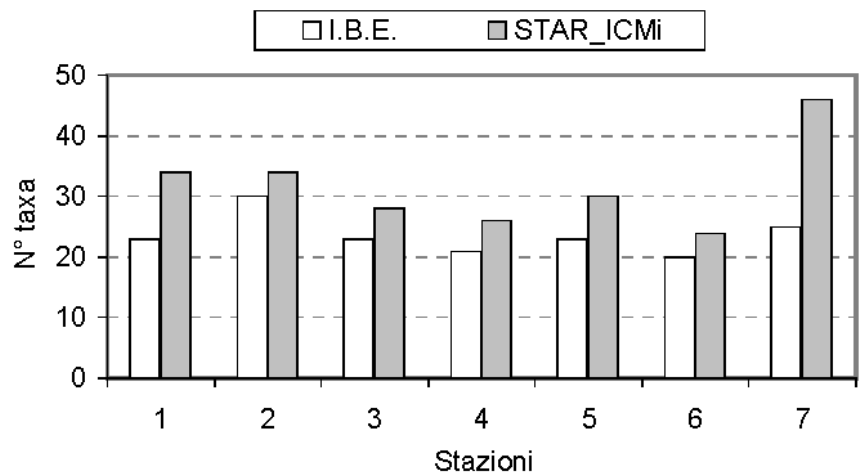


Fig. 2. numero di taxa rilevati nel corso del campionamento secondo il metodo proposto dall’Indice Biotico Esteso (I.B.E.) e da BUFFAGNI e ERBA (2007) per quanto attiene all’Indice STAR_ICMi.

tico Esteso (I.B.E.) (GHETTI, 2001) e dell'Indice STAR_ICMi (BUFFAGNI e ERBA, 2007), si è voluto confrontare il numero di taxa rilevati con ciascuna metodica (inclusi anche quelli catturati in numero insufficiente per il calcolo) e, come si osserva in figura 2, il numero di taxa rinvenuti con il campionamento I.B.E. è sempre inferiore a quello rilevato con la nuova metodica.

Per verificare la comune presenza di taxa nei campioni rilevati con i due metodi in ciascuna stazione è stato applicato l'Indice di Sorensen (FEOLI e GANIS, 2004), il quale ha riportato valori compresi tra 0,65 e 0,80 ad indicare che in tutte le stazioni le presenze comuni sono comunque più numerose di quelle osservate con applicazione di un solo metodo.

L'I.B.E. ha riportato le acque delle stazioni ad una seconda classe di qualità, definendo pertanto l'ambiente leggermente inquinato, ad eccezione della stazione 3 nella quale l'ambiente è risultato inqui-

nato essendo stata raggiunta una terza classe di qualità (Tab. III). Anche l'applicazione dello STAR_ICMi ha permesso di attribuire a tutte le stazioni un giudizio mai inferiore al buono; per la stazione 2 in entrambi i periodi di campionamento, come pure per i campioni primaverili delle stazioni 1 e 5, il giudizio è risultato elevato (Tab. III).

Per quanto infine attiene allo studio delle macrofite acquatiche, le stazioni di campionamento sono comprese nelle aree di base 10044, 10144, così come individuate da POLDINI (2002). Dal confronto fra le entità identificate in questo studio e quelle riportate da POLDINI (2002) ed in successive pubblicazioni (TOMASELLA e COMIN, 2006), è stato possibile censire alcune specie non rilevate nell'area di base corrispondente ed una entità storica la cui presenza non è confermata dal 1920. Altre specie, note in regione, non sono riportate nelle aree di base 10044 e 10144. In tabella IV

sono riportate le specie non comprese nelle aree di base corrispondenti alle stazioni individuate per il presente studio.

L'applicazione dell'Indice Biologique Macrophytique en Rivière (IBMR) (HAURY *et al.*, 2006) ha espresso giudizi decisamente più severi rispetto agli altri Indici precedentemente trattati; i giudizi migliori sono quelli relativi alle stazioni 1 e 3 che definiscono nelle acque un grado di trofia moderato. Tre stazioni (2, 4 e 5) oscillano, in relazione alla stagione di campionamento, tra un valore di trofia medio ed elevato, mentre la situazione peggiore si osserva nelle stazioni 6 e 7 in cui il valore è sempre molto elevato (Tab. V).

DISCUSSIONE E CONCLUSIONI

I giudizi più severi allo stato dell'ambiente nelle 7 stazioni analizzate derivano dall'applicazione dell'Indice Biologique Macrophytique en Rivière (IBMR) (HAURY *et al.*,

Tab. III. Valori, classi e giudizi ottenuti dall'applicazione dell'Indice Biotico Esteso (I.B.E.) e dall'Indice STAR_ICMi.

Stazione	IBE			Star_ICMi			
	Punteggio	Classe IBE	Giudizio di qualità IBE	Primavera		Autunno	
				Punteggio	Giudizio	Punteggio	Giudizio
1 - Roggia Ribosa	10	I - II	Ambiente non sensibilmente alterato / con moderati sintomi di alterazione	1,012	Elevato	0,896	Buono
2 - Roggia Puroia	9	II	Ambiente con moderati sintomi di alterazione	1,054	Elevato	1,039	Elevato
3 - Roggia Vampidora	7	II - III	Ambiente con moderati sintomi di alterazione / alterato	0,819	Buono	0,796	Buono
4 - Roggia Brodiz	8	II	Ambiente con moderati sintomi di alterazione	0,873	Buono	0,782	Buono
5 - Roggia Cerclizza	8	II	Ambiente con moderati sintomi di alterazione	1,034	Elevato	0,742	Buono
6 - Roggia Miliana	9	II	Ambiente con moderati sintomi di alterazione	0,757	Buono	0,787	Buono
7 - Roggia Velicogna	9	II	Ambiente con moderati sintomi di alterazione	0,840	Buono	0,929	Buono

Tab. IV. Specie non comprese nelle aree di base 10044 e 10144 corrispondenti alle stazioni di campionamento delle macrofite acquatiche nell'ambito del bacino del fiume Stella.

Area di Base	10044				10144		
	1	2	3	4	5	6	7
<i>Callitriche hamulata</i>	I		I	I	I	I	
<i>Callitriche obtusangola</i>				I	I		
<i>Callitriche stagnalis</i>					I		I
<i>Elodea canadensis</i>				I		I	
<i>Persicaria amphibia</i>			I				
<i>Potamogeton crispus</i>							I
<i>Potamogeton lucens</i>							I
<i>Potamogeton natans</i>			I				I
<i>Potamogeton pectinatus</i>						I	I
<i>Potamogeton perfoliatus</i>						I	
<i>Schoenoplectus lacustris</i>						I	I
<i>Sparganium emersum</i> s.l.					I	I	
<i>Sparganium erectum</i> s.l.				I			I
<i>Zannichellia palustris</i> s.l.						I	

- : specie presente nell'area di base corrispondente
- : specie non presente nell'area di base corrispondente
- : specie rilevata nell'area di base prima del 1920

Tab. V. Punteggi e livelli trofici attribuiti dall'Indice Biologique Macrophytique en Rivière (IBMR) alle 7 stazioni analizzate.

Stazione	IBMR			
	Primavera		Tarda estate	
	Punteggio	Livello trofico	Punteggio	Livello trofico
1 - Roggia Ribosa	12	Medio	12	Medio
2 -Roggia Puroia	11	Medio	10	Elevato
3 - Roggia Vampidora	11	Medio	11	Medio
4 - Roggia Brodiz	10	Elevato	11	Medio
5 - Roggia Cerclizza	10	Elevato	11	Medio
6 - Roggia Miliana	8	Molto elevato	8	Molto elevato
7 - Roggia Velicogna	8	Molto elevato	10	Elevato

2006), che riporta un trofismo delle acque variabile tra valori medi e molto elevati. Questi risultati sono in linea con il fatto che l'area di studio è sottoposta alla Direttiva Nitrati 91/676/CE ed in particolare tutte le stazioni sono inserite in un territorio ad agricoltura intensiva.

Soltanto due stazioni (1 e 3) denunciano in entrambe le stagioni giudizi sufficienti, probabilm-

te perché sono caratterizzate dalla presenza di ampie e continue fasce di vegetazione in ambito perifluviale, con larghezza superiore a 5 m, in grado di trattenere i residui dei trattamenti culturali, in particolare fertilizzanti. Il giudizio positivo in entrambe è stato confermato, dal punto di vista fitosociologico, dalla presenza dell'associazione *Beruletum submersae*, tipica di piccoli cor-

si d'acqua prossimi alla sorgente e caratterizzati da acque poco profonde, spesso in ombra e con substrato ghiaioso-sabbioso. La stazione 6 è quella in cui il trofismo è risultato invece molto elevato in entrambe le campagne di monitoraggio, probabilmente anche a causa del dilavamento dall'area circostante e della presenza di un impianto a fanghi attivi che scarica

in una roggia che confluisce, a monte della stazione, nella roggia Miliana. A dimostrazione dell'elevata trofia in questa stazione è stata rilevata l'associazione *Spargano-Potametum interrupti*, tipica di acque profonde ed eutrofiche (SBURLINO *et al.*, 2008).

L'applicazione dell'Indice della Stato Ecologico delle Comunità Ittiche (ISECI) (ZERUNIAN *et al.*, 2009) ha riportato nelle stazioni giudizi variabili tra buono e sufficiente. I giudizi più severi riguardano la stazione 3, alla quale, al contrario, l'IBMR attribuiva il giudizio migliore, e la stazione 5. In esse, nonostante la presenza di *Esox lucius* (valutato positivamente per l'elevata importanza ecologico-funzionale) e la presenza in entrambe le stazioni di due specie endemiche, il giudizio è inficiato principalmente dal basso numero di specie osservate rispetto a quelle attese e dalla presenza dell'alloctona *Salmo [trutta] trutta*, introdotta in tutto il bacino allo stadio di novellame ed adulto per fini alieutici. Questa specie è ritenuta di media nocività dall'ISECI e ciò, sebbene non in tutti gli ambienti sia vero, lo è qui dove la specie sembra non abbia idonee aree riproduttive. In passato l'unica trota autoctona presente in alcune aree di questo bacino era la trota marmorata (*Salmo [trutta] marmoratus*), segnalata da FLEGO (1972) e da D'ESTE (1978), ma non più rilevata già da STOCH *et al.* (1992), ad indicare che, ad eccezione di saltuarie segnalazioni di pochi esemplari dalle grandi dimensioni, la specie non è più una presenza diffusa nel territorio. Ciò principalmente per la pesante trasformazione a cui questi corsi d'acqua sono stati soggetti per opera dell'uomo che ha portato all'eliminazione delle aree idonee alla riproduzione di questo salmonide.

I giudizi dell'ISECI, sebbene

limitati ad una valutazione esclusivamente riferibile alla comunità ittica, sono risultati sempre in accordo con quelli dati dall'Indice Biotico Esteso (I.B.E.) (GHETTI, 2001), applicato a campioni autunnali, ad eccezione della stazione 5. I giudizi espressi dall'I.B.E. sono generalmente quelli di ambienti con moderati sintomi di inquinamento o alterazione (II classe di qualità) ad eccezione della stazione 1 (in cui il giudizio oscilla tra la I e la II classe) e la stazione 3, in cui invece il giudizio scende lievemente ad una II-III classe.

I giudizi dell'I.B.E. sono stati quindi confrontati con quelli relativi all'Indice STAR_ICMi (BUFFAGNI *et al.*, 2008a; BUFFAGNI *et al.*, 2008b) per i campioni di settembre. Nonostante il numero di taxa sia risultato più elevato mediante il campionamento multihabitat previsto per l'applicazione di quest'ultimo Indice, i giudizi espressi dai due Indici differiscono soltanto nella stazione 2 per la quale lo STAR_ICMi, che non prevede classi intermedie, riporta un giudizio elevato. In primavera, periodo in cui è stato applicato esclusivamente lo STAR_ICMi, i giudizi risultano ancora migliori giacché, oltre alla stazione 2, anche le stazioni 1 e 5 raggiungono un giudizio elevato. Ciò è dovuto principalmente al ciclo biologico di alcuni generi appartenenti all'ordine dei Plecotteri, Efemerotteri e Tricotteri. Inoltre, bisogna rilevare che nella stazione 5, a settembre, pochi giorni prima del campionamento, era stato operato uno sfalcio delle macrofite in alveo e della vegetazione spondale, che ha sicuramente contribuito alla semplificazione della comunità macrozoobentonica.

I giudizi migliori espressi dall'analisi dei tre bioindicatori riguardano quindi stazioni caratterizzate da una discreta naturalità in am-

biente acquatico e nella zona periferiale (stazioni 1 e 3). In questi casi vi è diversità idromorfologica all'interno dei tratti investigati, dovuta a zone sottoposte ad una diversa ombreggiatura da parte della vegetazione periferiale che comunque risulta ben sviluppata ed in grado di svolgere la sua funzione tampone, alla naturalità del substrato ed alla presenza di zone a diversa corrente. Nel caso, invece, di situazioni più critiche, il peggioramento globale della qualità viene rilevato a diversi livelli dai tre bioindicatori.

Mentre infatti l'IBMR permette di valutare il grado di trofia delle acque, in quanto i diversi taxa macrofitici rispondono in modo diretto alla presenza o meno di carico organico nella colonna d'acqua, lo STAR_ICMi indica come la comunità macrozoobentonica risponde al complesso di alterazioni che possono interessare l'ambiente acquatico, tra le quali anche le alterazioni idromorfologiche, che l'IBMR non valuta direttamente. Inoltre, molti taxa di macroinvertebrati, come del resto anche i pesci, possono trarre vantaggio da moderate condizioni di trofia per cui paradossalmente si può osservare una comunità abbastanza ben diversificata e stabile anche in presenza di un limitato quantitativo di carico organico.

Per quanto riguarda lo STAR_ICMi, i valori di riferimento utilizzati per l'applicazione dell'indice sono stati forniti dal CNR-IRSA (2008) ma occorre ricordare che essi sono ancora ufficiosi in quanto basati su pochi dati e per lo più storici. Solo a seguito di lavori come questo sarà possibile da parte delle istituzioni preposte validare o confutare tali valori; ciò è emerso chiaramente anche nel presente studio, in cui diverse stazioni nel periodo primaverile hanno ottenuto un pun-

teggio dello STAR_ICMi superiore a quello di riferimento, a testimoniare la necessità di un lavoro con-

tinuo e possibilmente rapido, specie in ambienti di rilevanza naturalistica come quelli delle risorgive,

per poter ottemperare in modo corretto alle richieste della Direttiva 2000/60.

BIBLIOGRAFIA

- APAT, 2007a. *Metodi biologici per le acque. Parte I. Protocollo di campionamento dei macroinvertebrati bentonici dei corsi d'acqua guadabili*. Ed. 2007, Roma. Disponibile all'indirizzo: http://www.apat.gov.it/site/_files/Pubblicazioni/Metodi_bio_acque.
- APAT, 2007b. *Protocollo di campionamento e analisi per le macrofite delle acque correnti*. Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare, APAT, ISS, ENEA, ARPA Piemonte, Università La Sapienza - Roma, APPA Trento, ARPA Toscana: 20 pp.
- BELFIORE C., 1983. Efemeroteri (Ephemeroptera). In: *Guide per il riconoscimento delle specie animali delle acque interne italiane*. Consiglio Nazionale delle Ricerche. AQ/1/201, 24, 110 pp.
- BOURELLY P., 1966. *Les Algues d'eau douce. Initiation à la systématique. Les Algues Vertes*. Tome I. Éditions N. Boubée & C^{ie}, Paris: 569 pp.
- BUFFAGNI A., ERBA S., 2007. Macroinvertebrati acquatici e Direttiva 200/60/EC (WFD). Parte A: Metodo di campionamento per fiumi guadabili. *Notiziario dei metodi analitici IRSA-CNR* n. 1, 2007: 2-27.
- BUFFAGNI A., ALBER R., BIELLI E., DESIO F., FIORENZA A., FRANCESCHINI S., LÖSCH B., ERBA S., 2008a. Macroper: valori di riferimento per la classificazione. Nota 1. Italia Settentrionale. *Notiziario dei metodi analitici IRSA-CNR*, n. speciale 2008: 47-69.
- BUFFAGNI A., ERBA S., PAGNOTTA R., 2008b. Definizione dello stato ecologico dei fiumi sulla base dei macroinvertebrati bentonici per la 2000/60/EC (WFD): il sistema di classificazione MacOper. *Notiziario dei metodi analitici IRSA-CNR*, n. speciale 2008: 24-46.
- CALZAVARA M., TURCO E., 2001. *Stella: le risorgive e il suo parco*. Ed. Vattori, Udine, 241 pp.
- CAMPAIOLI S., GHETTI P.F., MINELLI A., RUFFO S., 1994. *Manuale per il riconoscimento dei macroinvertebrati delle acque dolci italiane*. Provincia Autonoma di Trento, Volume I, 357 pp.
- CAMPAIOLI S., GHETTI P.F., MINELLI A., RUFFO S., 1999. *Manuale per il riconoscimento dei macroinvertebrati delle acque dolci italiane*. Provincia Autonoma di Trento, Volume II, 127pp.
- CARCHINI G., 1983. Odonati (Odonata). In: *Guide per il riconoscimento delle specie animali delle acque interne italiane*. Consiglio Nazionale delle Ricerche. AQ/1/1981, 21: 80 pp.
- CONSIGLIO C., 1980. Plecotteri (Plecoptera). In: *Guide per il riconoscimento delle specie animali delle acque interne italiane*. Consiglio Nazionale delle Ricerche, AQ/1/77, 9: 67 pp.
- CONSIGLIO D'EUROPA, 1979 (Convenzione di Berna). *Convenzione relativa alla conservazione della vita selvatica e dell'ambiente naturale in Europa*.
- CORTINI PEDROTTI C., 2001. *Flora dei muschi d'Italia*. Antonio Delfino Editore, I-II, Roma, 1235 pp.
- DECRETO LEGISLATIVO N.152 DEL 3/04/2006. Norme in materia ambientale. G.U. n.88 del 14/04/2006, S.O. n.96.
- D'ESTE G., 1978. *Osservazioni sulla fauna ittica del Friuli*. Tesi di Laurea, Università degli Studi di Trieste.
- DIRETTIVA 91/676/CEE del Consiglio delle Comunità Europee del 12/12/1991, relativa alla protezione delle acque dall'inquinamento provocato da nitrati provenienti da fonti agricole. *Gazzetta Ufficiale delle Comunità Europee* n.375 del 31/12/1991.
- DIRETTIVA 92/43/CEE del Consiglio delle Comunità Europee del 21/05/1992, relativa alla conservazione degli habitat naturali e seminaturali e della flora e della fauna selvatiche. *Gazzetta Ufficiale delle Comunità Europee* n. 206 del 22/07/1992.
- DIRETTIVA 2000/60/CE del Parlamento Europeo e del Consiglio del 23/10/2000 che istituisce un quadro per l'azione comunitaria in materia di acque. *Gazzetta Ufficiale delle Comunità Europee* n. 327 del 22/12/2000.
- FEOLI E., GANIS P., 2004. *Introduzione all'ecologia quantitativa*. Dipartimento di Biologia. Università degli Studi di Trieste, 166 pp.
- FLEGO L., 1972. *Indagini sui pesci di acqua dolce del Friuli-Venezia Giulia (Bassa Friulana)*. Tesi di Laurea, Università degli Studi di Trieste.
- FORNERIS G., MERATI F., PASCALE M., PEROSINO G.C., 2005. *Materiali e metodi per i campionamenti e monitoraggi dell'ittiofauna. Determinazione delle comunità ittiche: l'indice ittico nel bacino occidentale del Po*. Digital Print., Torino, 87 pp.
- GHETTI P.F., 2001. *Manuale di applicazione - Indice Biotico Esteso (I.B.E.). I macroinvertebrati nel controllo della qualità degli ambienti di acque correnti*. Provincia Autonoma di Trento, APPA Trento, 222 pp.
- GHETTI P.F., MC KENZIE K., 1981. Ostracodi (Crustacea, Ostracoda). In: *Guide per il riconoscimento delle specie animali delle acque interne italiane*. Consiglio Nazionale delle Ricerche, AQ/1/108, 11, 83 pp.
- HAURY J., PELTRE M.C., TRÉMOLIÈRES M., BARBE J., THIÉBAUT G., BERNEZ I., DANIEL H., CHATENET P., HAAN-ARCHIPOF G., MULLER S., DUTARTRE A., LAPLACE-TREYTURE C., CAZAUBON A., LAMBERT-SERVIEN E., 2006. A new method to assess water trophy and organic pollution - the Macrophyte Biological Index for Rivers (IBMR): its application to different types of

- river and pollution. *Hydrobiologia*, **570**: 153-158.
- HOLMES N.T.H., NEWMAN J.R., CHADD S., ROUEN K.J., SAINT L., DAWSON F.H., 1999. *Mean Trophic Rank: a user's manual*. Environment Agency, Bristol, 159 pp.
- JOHN D.M., WHITTON B.A., 2005. *The Freshwater Algal Flora of the British Isles*. Cambridge University Press, 702 pp.
- MATTASSI G., FRANCHI M., CACCIN P., 1990. *La qualità delle acque superficiali della Bassa Pianura*. Unità Sanitaria Locale n.8 "Bassa Friulana", pp. 39-68.
- MINCIARDI M.R., ROSSI G.L., AZZOLLINI R., BETTA G., 2003. *Linee guida per il biomonitoraggio in ambiente alpino*. ENEA - Sezione Biologia Ambientale e Conservazione della Natura, Provincia di Torino, 64 pp.
- MINELLI A., 1977. Irudinei (Hirudinea). In: *Guide per il riconoscimento delle specie animali delle acque interne italiane*. Consiglio Nazionale delle Ricerche. AQ/1/2, **1**, 43 pp.
- MOORE J.A., TEBBS M., GREENE D., 1986. *Charophytes of Great Britain and Ireland*. Botanical Society of the British Isles, London, 140 pp.
- MORETTI G.P., 1983. Tricotteri (Trichoptera). In: *Guide per il riconoscimento delle specie animali delle acque interne italiane*. Consiglio Nazionale delle Ricerche. AQ/1/196, **19**, 149 pp.
- MORETTI G.P., CIANFICCONI F., 1987. Tricotteri del Friuli Venezia Giulia. *Biogeographia*, **13**: 663-687.
- MOSETTI F., 1983. Sintesi sull'idrologia del Friuli Venezia Giulia. *Quaderni ETP (Ente Tutela Pesca del Friuli Venezia Giulia)*, **6**, 295 pp.
- OLMI M., 1978. Driopidi, Elmintidi (Coleoptera: Dryopidae, Elminthidae). In: *Guide per il riconoscimento delle specie animali delle acque interne italiane*. Consiglio Nazionale delle Ricerche. AQ/1/6, **2**, 73 pp.
- PIGNATTI S., 1982. *Flora d'Italia. Vol. I-II-III*. Edagricole, Bologna, 2324 pp.
- POLDINI L., 2002. *Nuovo Atlante corologico delle piante vascolari nel Friuli Venezia Giulia*. Regione Autonoma Friuli Venezia Giulia - Azienda Parchi e Foreste Regionali, Università degli Studi di Trieste - Dipartimento di Biologia. Arti Grafiche Friulane SpA, Udine, 529 pp.
- POLDINI L., ORIOLO G., VIDALI M., 2002. *La flora vascolare del Friuli Venezia Giulia. Catalogo annotato ed indice sinonimico*. Regione Autonoma Friuli Venezia Giulia - Azienda Parchi e Foreste Regionali, Università degli Studi di Trieste - Dipartimento di Biologia. Arti Grafiche Friulane SpA, Udine, 415 pp.
- PRESTON C.D., ELLIS L.T., DOWLEN M., DRACOUKIS K., LYALL G., TEBBS M., 1995. *Pondweds of Great Britain and Ireland*. Botanical Society of the British Isles, London, 352 pp.
- REGIONE AUTONOMA FRIULI VENEZIA GIULIA & PROVINCIA DI UDINE (ASSESSORATO ALL'AMBIENTE E AL TERRITORIO), 2002. *Programma di interventi previsti dall'art.141, comma 4°, della legge 388/2000, inerente le disposizioni sulla tutela delle acque dall'inquinamento ed il trattamento delle acque reflue urbane, ai sensi dei D.Lgs. 152/99 e 258/00 per l'intero territorio della provincia di Udine ("piano stralcio")*. Schede comunali: rete fognaria ed impianti di depurazione.
- RIVOSECCHI L., 1984. Ditteri (Diptera). In: *Guide per il riconoscimento delle specie animali delle acque interne italiane*. Consiglio Nazionale delle Ricerche. AQ/1/206, **28**, 177 pp.
- ROCCHI S., 1999. I macroinvertebrati delle acque interne del Friuli Venezia Giulia (Italia Nord-Orientale): Coleoptera Hydroadephaga: Haliplidae, Gyrinidae, Dytiscidae. *Gortania, Atti Museo Friul. Storia Nat., Udine*, **21**: 203-222 pp.
- SANSONI G., 1988. *Atlante per il riconoscimento dei macroinvertebrati dei corsi d'acqua italiani*. Provincia Autonoma di Trento. Stazione Sperimentale Agraria Forestale. Servizio Protezione Ambientale. APR&B Editrice, Trento, 191 pp.
- SBURLINO G., TOMASELLA M., ORIOLO G., POLDINI L., BRACCO F., 2008. La vegetazione acquatica e palustre dell'Italia nord-orientale 2 - La classe *Potametea Klika* in Klika et V. Novák 1941. *Fitosociologia*, **45** (2): 3-41.
- SCHOTSMA H.D., FAVARGER C., JOVET P., 1967. *Les Callitriches. Espèces de France et Taxa nouveaux d'Europe*. Éditions Paul Lechevalier, Paris, 152 pp.
- SMITH A.J.E., 1978. *The Moss Flora of Britain and Ireland*. Cambridge University Press, 706 pp.
- SMITH A.J.E., 1990. *The Liverworts of Britain & Ireland*. Cambridge University Press, 362 pp.
- STOCH F., PARADISI S., BUDA DANCEVICH M., 1992. *Carta ittica del Friuli Venezia Giulia*. Ente Tutela Pesca, Regione Autonoma Friuli Venezia Giulia, 285 pp.
- TAGLIAFERRI A., GOTTARDO C., BARBINA G., MICHELUTTI M., STRASSOLDI M. FORAMITTI R., 1990. Bassa Friulana. Tre secoli di bonifica. Consorzio di Bonifica Bassa Friulana, Udine, 302 pp.
- TAMANINI L., 1979. Eterotteri acquatici (Heteroptera: Gerromorpha, Nepomorpha). In: *Guide per il riconoscimento delle specie animali delle acque interne italiane*. Consiglio Nazionale delle Ricerche. AQ/1/45, **6**, 106 pp.
- TOMASELLA M., COMIN S., 2006. *Notula: 1186. Callitriche obtusangula* Le Gall (Callitrichaceae). In: Conti F., Nepi C., Scoppola A. (eds.), *Notulae alla checklist della flora vascolare italiana 1(1151-1191)*, *Inform. Bot. Ital.*, **37** (2): 1186.
- ZERUNIAN S., 2004. *Pesci delle acque interne d'Italia*. Quaderni di Conservazione della Natura n° 20. Ministero dell'Ambiente e Istituto Nazionale per la fauna selvatica, 257 pp.
- ZERUNIAN S., GOLTARA A., SCHIPANI I., BOZ B., 2009. Adeguamento dell'Indice dello Stato Ecologico delle Comunità Ittiche alla Direttiva Quadro sulle Acque 2000/60/CE. *Biologia Ambientale*, **23** (2): 1-16