

Applicazione degli Indici Diatomici EPI-D ed NNS' nel Bacino del Rio Mannu di Porto Torres (Sardegna Nord-Occidentale)

Giuseppina Grazia Lai^{1*}, Bachisio Mario Padedda¹, Tomasa Viridis², Antonella Lugliè¹, Nicola Sechi¹

1 Dipartimento di Scienze della Natura e del Territorio (DIPNET), Università di Sassari, Via Piandanna 4 – 07100 Sassari

2 EN.A.S. (Ente Acque della Sardegna), Via A. Diaz 23 – 07100 Cagliari

* Referente per la corrispondenza: lai.gg@tiscali.it

Riassunto

L'obiettivo principale di questo lavoro è stato valutare la qualità ambientale del reticolo idrografico del Rio Mannu di Porto Torres (Sardegna Nord-Occidentale), contribuendo alla conoscenza delle comunità diatomiche degli ambienti lotici della Sardegna. Vengono riportati i risultati relativi a due campagne di campionamento stagionali (luglio 2010 e gennaio 2011) effettuate in 11 stazioni su 6 corsi d'acqua. Lo studio è stato svolto utilizzando diverse tipologie d'indagine: analisi chimico-fisiche e dei nutrienti, analisi microbiologiche (*Escherichia coli*) ed indici diatomici (EPI-D ed NNS'). Nei 22 campioni di diatomee raccolti sono stati identificati complessivamente 167 taxa (60 generi). Per tutti i taxa rilevati sono stati elaborati gli spettri ecologici relativi a pH, grado di mineralizzazione delle acque, nutrienti e sostanza organica. Gli indici diatomici hanno evidenziato una qualità mediocre e cattiva e un disturbo fisico significativo dei corsi d'acqua, coerentemente sia con il forte grado di antropizzazione che caratterizza il bacino idrografico, chiaramente rispecchiato anche dalle altre analisi, che con gli eventi stagionali tipici dell'area mediterranea.

PAROLE CHIAVE: diatomee / indici diatomici / corsi d'acqua mediterranei / Sardegna

Application of diatom indices EPI-D and NNS' in the Rio Mannu of Porto Torres Basin (North-Western Sardinia, Italy)

The main aim of this study was to evaluate environmental quality in the Rio Mannu of Porto Torres hydrographic network (N-W Sardinia), contributing to the knowledge of diatoms in Sardinian lotic environments. The results of two seasonal samplings (July 2010 and January 2011) carried out in 11 stations of 6 watercourses are reported. The study was undertaken using different methods: chemical-physical variables and nutrients, microbiological parameters (*Escherichia coli*) and diatom indices (EPI-D and NNS'). A total of 22 samples of diatoms were taken and 167 taxa were identified. The ecological spectra concerning pH, salinity of the water, nutrients and organic matter of all the diatoms found were processed. The diatom indices indicated a mediocre and bad quality and a significant physical disturbance of watercourses, in agreement with the specific intensity of human activities in the basin and the scenario given by the other considered variables and the seasonal events of the Mediterranean contest.

KEY WORDS: diatoms / diatom indices / Mediterranean watercourses / Sardinia

INTRODUZIONE

Le diatomee bentoniche rappresentano una componente importante della flora acquatica degli ecosistemi lotici e sono estremamente sensibili alle variazioni naturali delle condizioni ambientali e ai disturbi di natura antropica. Le diatomee epilittiche costituiscono spesso la principale compo-

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.

nente del phytobenthos e sono ritenute particolarmente adatte alla valutazione della qualità biologica e di altri aspetti ecologici delle acque superficiali correnti (BATTEGAZZORE *et al.*, 2005). La Direttiva quadro sulle acque 2000/60/CE (Water Framework Directive, WFD; EUROPEAN PARLIAMENT, 2000), attribuendo un ruolo prioritario alle comunità biotiche nella definizione dello stato ecologico dei corpi idrici, ha stimolato notevolmente lo sviluppo e l'impiego di metodi basati sulle diatomee per la valutazione qualitativa degli ambienti fluviali in numerosi paesi europei (KELLY *et al.*, 2009). In Italia, gli studi sulle comunità diatomiche e l'applicazione dei relativi indici, hanno riguardato maggiormente i corsi d'acqua dell'Appennino centrale per i quali si dispone di conoscenze approfondite e, più recentemente, i torrenti e le sorgenti delle zone alpine (RIMET *et al.*, 2005). Poche esperienze, al contrario, sono state maturate nelle regioni mediterranee (DELL'UOMO, 1986; BATTEGAZZORE e GASTALDI, 2007; DE FILIPPIS *et al.*, 2007; FINOCCHIARO e FERLITO, 2007; MANNINO, 2007; FINOCCHIARO *et al.*, 2009), dove lo studio delle comunità delle acque correnti risulta interessante anche in relazione alle severe condizioni climatiche e ai repentini cambiamenti dell'habitat. Ampie lacune conoscitive si hanno, per esempio per la flora diatomica delle acque fluviali della Sardegna (LANCE-BERTALOT *et al.*, 2003). I primi dati sono stati raccolti nell'ultimo decennio in poche stazioni su alcuni corsi d'acqua di bacini idrografici differenti e sono per lo più limitati a piccole aree della parte settentrionale dell'isola (NUCHES *et al.*, 2005; LAI *et al.*, 2007; 2010). L'utilizzo e la sperimentazione di metodi basati sulle diatomee in quest'area geografica è pertanto da

considerarsi in una fase ancora del tutto iniziale. Il presente lavoro si inserisce in un più ampio progetto di ricerca, svolto per la prima volta su scala di bacino, dal titolo "Applicazione degli Indici EPI-D ed NNS' per la valutazione della qualità ambientale del reticolo idrografico del Rio Mannu di Porto Torres", finanziato dalla Regione Autonoma della Sardegna e attualmente in corso. Gli obiettivi principali di questo lavoro sono: a) contribuire ad una maggiore conoscenza delle diatomee in Sardegna, b) testare l'applicabilità de-

gli Indici EPI-D ed NNS' in una regione dell'area mediterranea, c) valutare l'evoluzione stagionale della qualità biologica e del disturbo fisico nei corsi d'acqua indagati.

MATERIALI E METODI

L'area di studio ha riguardato il bacino del Rio Mannu di Porto Torres (Sardegna Nord-Occidentale, Fig. 1) di cui il Rio Mannu, il secondo sistema lotico più importante della Sardegna settentrionale, è il corso d'acqua principale. L'intero reticolo idrografico

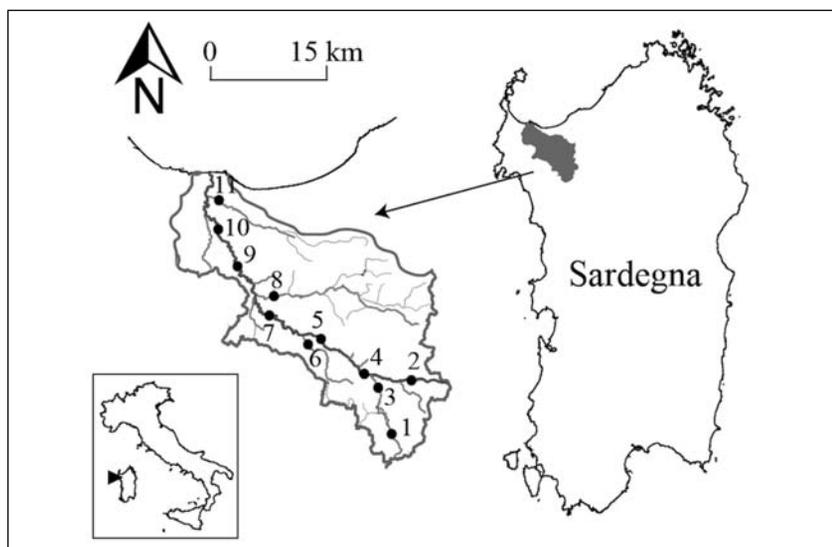


Fig. 1. Area di studio e localizzazione delle stazioni di campionamento.

Tab. I. Corsi d'acqua, stazioni fluviali con le relative sigle e posizione altitudinale.

Corso d'acqua	Codice	Stazione	Altitudine m s.l.m.
Rio Bidighinzu	BID	1	331
		3	139
Rio S'Istrampu	IST	2	319
Rio Mannu di Porto Torres	MAN	4	142
		5	86
		7	43
		9	29
		10	22
Rio Minore	MIN	6	89
Rio Mascari	MAS	8	43
Rio d'Ottava	OTT	11	14

ha un interesse cruciale per il territorio, in quanto alimenta laghi artificiali creati per usi diversi, tra cui quello potabile. Inoltre, il Rio Mannu sfocia nel Golfo dell'Asinara, influenzando lo stato di qualità delle acque costiere. Sul territorio, interessato da un forte grado di antropizzazione, gravano 20 centri abitati e numerose attività a carattere agricolo, zootecnico e industriale. Lo studio è stato effettuato in 11 stazioni su 6 corsi d'acqua (Fig. 1, Tab. I). In particolare, 5 stazioni sono dislocate da monte a valle sull'asta del Rio Mannu e 5 sui tratti terminali di alcuni tributari (Rio Bidighinzu, Rio Minore, Rio Mascari e Rio d'Ottava). Soltanto una stazione è ubicata su un tratto sorgivo (Rio S'Istrampu), le cui acque confluiscono al Rio Funtana Ide, affluente del Rio Mannu.

I dati riportati si riferiscono a due campagne di campionamento svolte in condizioni di magra (luglio 2010) e di morbida (gennaio 2011). La raccolta delle diatomee epilittiche è stata effettuata su substrati naturali (5 sassi o ciottoli) tranne che nella stazione 10, a valle del Rio Mannu, dove il campionamento è stato eseguito su un pilone del ponte. Nella stazione 11, sul Rio d'Ottava, è invece stato possibile campionare solo da fusti sommersi di *Phragmites australis* (Cav.) Trin. (diatomee epifittiche). In tutti i casi, il prelievo è stato realizzato raschiando a più riprese i diversi substrati con uno spazzolino a setole dure (KELLY *et al.*, 1998; DELL'UOMO, 2004; ISPRA, 2008). I campioni raccolti sono stati fissati in situ con formalina al 4% e successivamente trattati in laboratorio con perossido di idrogeno a 130 vol., fino a ossidazione completa della sostanza organica. Infine è stato aggiunto acido cloridrico diluito per la dissoluzione

dei carbonati (DELL'UOMO, 2004). I frustuli puliti sono stati montati su vetrini permanenti mediante resina Styrax (indice di rifrazione 1,59). L'identificazione delle diatomee è stata effettuata a livello di specie e talvolta di varietà con un microscopio ottico (Zeiss, Axiovert 10) a 1.000 ingrandimenti e la consultazione di varie monografie (KRAMMER e LANGE-BERTALOT, 1986-2000; LANGE-BERTALOT *et al.*, 2003). Per ciascun campione è stato effettuato il conteggio di almeno 500 valve e/o frustuli sulla base del quale sono stati calcolati gli indici EPI-D (DELL'UOMO, 2004) mediante il software Omnidia 5.3 (LECOINTE *et al.*, 1993; 1999) ed NNS' (BATEGAZZORE *et al.*, 2007). Tali indici sono complementari e forniscono, il primo un giudizio sulla qualità globale dell'acqua ed il secondo una valutazione del grado di disturbo fisico del sistema, inteso come un'alterazione dell'equilibrio del flusso dei sedimenti al quale le diatomee sono sensibili. È infatti stato osservato che fattori di disturbo fisico, naturali o antropici, possono determinare un aumento degli individui appartenenti ai taxa mobili all'interno della comunità diatomica. Per tutti i taxa osservati sono stati elaborati gli spettri ecologici relativi al pH, in accordo con VAN DAM (1994), e salinità, nutrienti e sostanza organica in accordo con DELL'UOMO (2004). Lo studio delle comunità diatomiche è stato completato con le analisi dei più significativi parametri fisico-chimici, dei principali nutrienti e di *Escherichia coli* sui campioni d'acqua prelevati contestualmente, effettuate in accordo con STRICKLAND e PARSONS (1972) e IRSA (1994). Temperatura, pH, conducibilità, ossigeno disciolto e percentuale sono stati registrati in situ con una sonda multiparametrica modello YSI 6600V2.

RISULTATI

L'analisi dei 22 campioni di diatomee ha permesso di identificare complessivamente 167 taxa di cui 11 appartenenti all'ordine delle Centrales (8 generi) e 156 a quello delle Pennales (52 generi), (Tab. II). In termini di numero di specie, i generi maggiormente rappresentati sono stati *Navicula* (21), *Nitzschia* (18) e *Gomphonema* (11). Nei singoli campioni il numero totale di taxa ha variato da un minimo di 23 a gennaio nelle stazioni 6, 8 e 9, a un massimo di 54 a luglio nella stazione 11. Tra le specie osservate, 14 (8%) non sono comprese nell'elen-

Tab. II. Lista dei generi e numero di taxa di appartenenza complessivamente rinvenuti nel corso dell'indagine.

Genere	Taxa	Genere	Taxa
<i>Achnanthes</i>	1	<i>Gyrosigma</i>	2
<i>Achnanthidium</i>	2	<i>Hantzschia</i>	1
<i>Amphora</i>	7	<i>Hippodonta</i>	2
<i>Anomoeoneis</i>	1	<i>Karayevia</i>	2
<i>Aulacoseira</i>	2	<i>Lemnicola</i>	1
<i>Bacillaria</i>	1	<i>Luticola</i>	3
<i>Brachysira</i>	1	<i>Mayosma</i>	1
<i>Caloneis</i>	4	<i>Melosira</i>	1
<i>Cavinula</i>	1	<i>Meridion</i>	2
<i>Cocconeis</i>	5	<i>Navicula</i>	21
<i>Cyclostephanos</i>	2	<i>Naviculadicta</i>	2
<i>Cyclotella</i>	2	<i>Neidium</i>	1
<i>Cymatopleura</i>	2	<i>Nitzschia</i>	18
<i>Cymbella</i>	3	<i>Pinnularia</i>	3
<i>Craticula</i>	4	<i>Placoneis</i>	2
<i>Denticula</i>	1	<i>Planothidium</i>	4
<i>Diademsis</i>	2	<i>Platessa</i>	1
<i>Diatoma</i>	1	<i>Pleurosira</i>	1
<i>Diploneis</i>	3	<i>Pseudostaurosira</i>	2
<i>Ellerbeckia</i>	1	<i>Reimeria</i>	1
<i>Encyonema</i>	4	<i>Rhoicosphenia</i>	1
<i>Encyonopsis</i>	1	<i>Sellaphora</i>	2
<i>Eolimna</i>	1	<i>Stauroneis</i>	1
<i>Epithemia</i>	1	<i>Staurosira</i>	4
<i>Eunotia</i>	3	<i>Stephanodiscus</i>	1
<i>Fallacia</i>	2	<i>Surirella</i>	4
<i>Fragilaria</i>	3	<i>Tabularia</i>	1
<i>Frustulia</i>	1	<i>Thalassiosira</i>	1
<i>Geissleria</i>	1	<i>Tryblionella</i>	4
<i>Gomphonema</i>	11	<i>Ulnaria</i>	3
Tot. Generi	60	Tot. Taxa	167

co delle specie utili per il calcolo dell'Indice EPI-D. Alcuni di questi taxa, come *Cocconeis pseudolineata* (Geitler) Lange-Bertalot, *Diademsis confervacea* (Kützing) e *Planothidium frequentissimum* (Lange-Bertalot) Lange-Bertalot, oltre ad essere comuni a più stazioni, sono stati spesso anche tra quelli più abbondanti.

In figura 2 sono riportati gli spettri ecologici relativi a pH, salinità, nutrienti e materia organica. Lo spettro relativo al pH ha messo in evidenza una netta dominanza (complessivamente 77%) di taxa alcalibionti e alcalifili, tipici di acque che solcano substrati di natura calcarea, come *Amphora veneta* (Kützing) e *Navicula gregaria* (Donkin). Rispetto alla salinità hanno predominato specie presenti generalmente in acque con basse e moderate concentrazioni di cloruri. Infatti, i taxa con comportamento alofilo - β-mesoalobio hanno costituito il 7% e quelli pienamente β-mesoalobi, tipici di acque oligosalmaestre, come *Bacillaria paxillifera* (O.F. Müller) Hendey, hanno ammontato soltanto all'1% del totale. Complessivamente il 48% e 44% dei taxa rilevati predilige acque ricche in nutrienti (da meso a ipereutrofiche) e con moderate o alte quantità di sostanza organica (da β-mesosaprobie a polisaprobie).

L'indice EPI-D (Fig. 3, Tab. III) ha collocato tra la II e la III classe 2 delle 11 stazioni indagate (qualità buona-mediocre; 18%), nella III classe 4 stazioni (qualità mediocre; 36%), tra la III e IV classe 3 stazioni (qualità mediocre-cattiva; 27%) e, infine, nella IV classe 2 stazioni (qualità cattiva; 18%). Le stazioni 8 e 9 sono risultate quelle più compromesse, con valori medi rispettivamente di 2,69 e 2,42; una qualità leggermente migliore ha riguardato invece le stazioni 6 e 11, con valori di 1,71 e 1,70. Nel campionamento invernale è stato osser-

vato un peggioramento da monte a valle in 7 stazioni su 11.

I risultati dell'indice quantitativo NNS', calcolato sulla percentuale degli individui appartenenti ai generi mobili *Navicula*, *Nitzschia* e *Surirella* rispetto al totale della comunità, sono riportati in figura

4 e tabella IV. Nella maggior parte delle stazioni indagate è stato riscontrato un grado significativo di disturbo fisico, legato ai fattori responsabili della sedimentazione e risospensione delle particelle solide. I valori medi più elevati sono stati registrati nelle stazioni 2, 7, 9

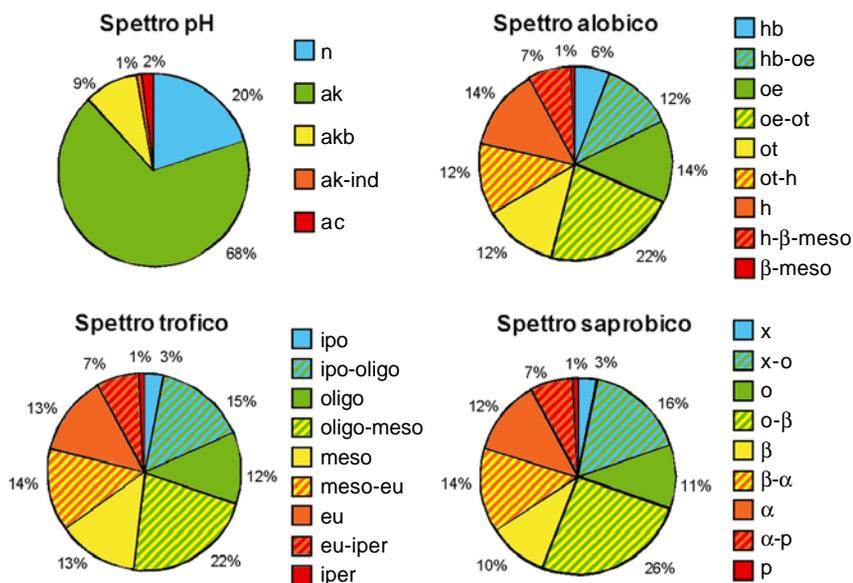


Fig. 2. Spettri ecologici relativi a pH, salinità, trofismo e saprobietà. **pH:** n = specie neutrofila, ak = alcalifila, akb = alcalibionte, ind = indifferente, ac = acidofila; **salinità:** hb = specie alofoba, oe = oligoalobio esigente, ot = oligoalobio tollerante, h = alofila, β-meso = β-mesoalobio; **trofismo** (specie caratteristica di): ipo = ambienti ipotrofici, oligo = ambienti oligotrofici, meso = ambienti mesotrofici, eu = ambienti eutrofici, iper = ambienti ipereutrofici; **saprobietà:** x = specie xenosaprobio, o = oligosaprobio, β = β-mesosaprobio, α = α-mesosaprobio, p = polisaprobio.

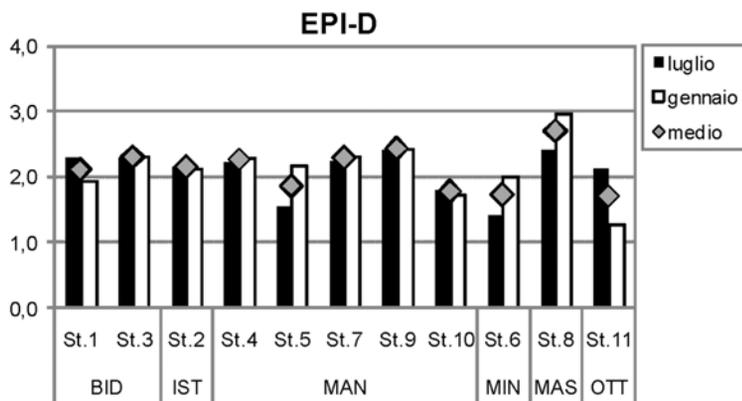


Fig. 3. Valori relativi alle due campagne di campionamento e valori medi dell'Indice EPI-D.

e 10, quelli più bassi nelle stazioni 6 e 11. Nel periodo invernale è stato registrato un peggioramento dell'indice su 8 delle 11 stazioni indagate, spiegabile con un evento di piena che ha preceduto il campionamento.

I risultati delle variabili fisico-chimiche, dei nutrienti e di *E. coli* sono riportati nella tabella V. I valori medi della temperatura hanno oscillato tra un minimo di 13,7 °C (St. 2) e un massimo di 17,1 °C (St. 8, 9 e 10). In generale le acque del bacino sono risultate ben ossigenate e caratterizzate da pH basici (7,7 - 8,3 unità) e durezza significativa (168 - 315 mg CaCO₃ L⁻¹), riconducibili alla natura prevalentemente calcarea del substrato. I valori medi più alti di conducibilità sono stati rilevati lungo il Rio Mannu (St. 4, 5, 7, 9 e 10) e sul Rio d'Ottava (St.11). Per quanto riguarda i nutrienti, le concentrazioni medie più alte di fosforo reattivo e totale sono state osservate nelle stazioni 8 e 9, interessate anche da alti tenori dei composti azotati. Tuttavia, il massimo dell'azoto ammoniacale è stato riscontrato nella stazione 1, con concentrazioni significative anche delle altre forme azotate, del BOD₅ e di *E. coli*. Maggiori valori medi di BOD₅ sono inoltre stati registrati nelle stazioni 2 e 3, nella parte più a monte del bacino. La stazione 11 ha avuto un picco dei valori di nitrati e di azoto totale in estate mentre i valori invernali sono stati decisamente più bassi. Infine la stazione 2 è quella in cui sono state rilevate le concentrazioni in assoluto più alte dei solidi sospesi in entrambe le campagne di campionamento.

DISCUSSIONE

L'applicazione dell'Indice EPI-D ha evidenziato una scarsa qualità generale delle acque del bacino del Rio Mannu di Porto

Tab. III. Risultati dell'analisi della qualità biologica con l'Indice EPI-D.

Corso d'acqua	Staz.	EPI-D lug	EPI-D gen	EPI-D medio	Classe	Giudizio
Rio Bidighinzu	1	2,28	1,92	2,10	III	mediocre
	3	2,28	2,30	2,29	III-IV	mediocre-cattiva
Rio S'Istrampu	2	2,16	2,11	2,14	III	mediocre
Rio Mannu	4	2,22	2,29	2,26	III-IV	mediocre-cattiva
	5	1,54	2,16	1,85	III	mediocre
	7	2,24	2,31	2,28	III-IV	mediocre-cattiva
	9	2,40	2,43	2,42	IV	cattiva
	10	1,80	1,72	1,76	III	mediocre
Rio Minore	6	1,43	1,99	1,71	II-III	buona-mediocre
Rio Mascari	8	2,41	2,97	2,69	IV	cattiva
Rio d'Ottava	11	2,12	1,28	1,70	II-III	buona-mediocre

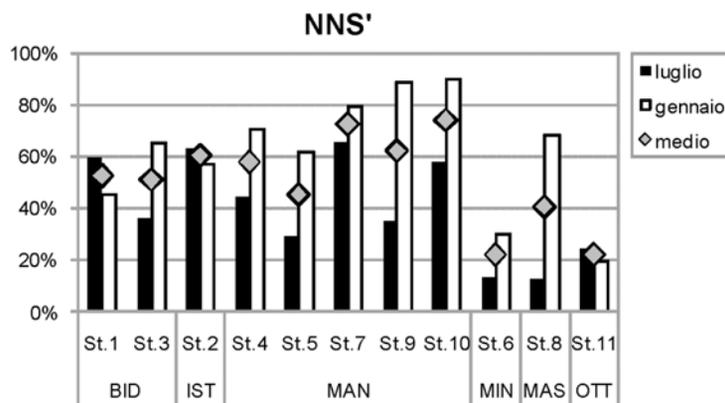


Fig. 4. Valori relativi alle due campagne di campionamento e valori medi dell'Indice NNS'.

Tab. IV. Risultati dell'analisi del disturbo fisico con l'Indice NNS'.

Corso d'acqua	Staz.	NNS' % lug	NNS' % gen	NNS' % medio
Rio Bidighinzu	1	59,8	45,1	52,5
	3	36,4	65,2	50,8
Rio S'Istrampu	2	63,2	57,2	60,2
Rio Mannu	4	44,3	70,4	57,4
	5	29,0	61,5	45,3
	7	65,5	79,0	72,3
	9	35,0	88,8	61,9
	10	58,0	89,6	73,8
Rio Minore	6	13,0	30,1	21,6
Rio Mascari	8	12,6	68,3	40,5
Rio d'Ottava	11	24,4	19,2	21,8

Tab. V. Valori medi dei parametri chimico-fisici, dei nutrienti e di *E. coli* nelle due campagne di campionamento.

Parametri	unità di misura	BID		IST		MAN				MIN	MAS	OTT
		St. 1	St. 3	St. 2	St. 4	St. 5	St. 7	St. 9	St. 10	St. 6	St. 8	St. 11
Temperatura	°C	14,1	15,7	13,7	15,3	15,7	15,9	17,1	17,1	15,3	17,1	16,5
pH	unità	7,9	8,2	8,0	8,2	8,1	8,3	8,1	8,1	8,3	8,1	7,7
Conducibilità (25 °C)	µS cm ⁻¹	619	780	742	1096	1015	1110	1032	1068	897	987	1012
Alcalinità	meq L ⁻¹	3,97	3,75	3,67	5,09	5,47	5,35	4,98	5,32	5,21	4,49	4,63
Cloruri	mg Cl L ⁻¹	85	142	117	195	160	160	160	160	129	154	154
Durezza	mg CaCO ₃ L ⁻¹	218	168	193	263	300	315	285	313	280	263	280
Ossigeno disciolto	mg L ⁻¹	7,9	10,3	8,9	10,6	9,9	8,8	7,7	7,3	9,6	7,2	5,1
Ossigeno %	% saturaz.	72	101	82	104	98	87	78	73	94	73	54
BOD ₅	mg O ₂ L ⁻¹	3,4	1,8	2,6	1,3	0,5	0,4	0,5	0,3	0,5	1,0	0,9
Fosforo reattivo	mg P L ⁻¹	0,372	0,290	0,480	0,284	0,170	0,306	0,864	0,687	0,643	1,334	0,469
Fosforo totale	mg P L ⁻¹	0,415	0,341	0,518	0,313	0,203	0,339	0,952	0,722	0,683	1,441	0,508
Azoto ammoniacale	mg N L ⁻¹	0,431	0,163	0,051	0,048	0,021	0,024	0,116	0,047	0,027	0,214	0,028
Azoto nitroso	mg N L ⁻¹	0,120	0,050	0,015	0,045	0,007	0,009	0,044	0,023	0,014	0,144	0,013
Azoto nitrico	mg N L ⁻¹	2,169	1,155	2,028	2,041	1,887	2,008	3,387	3,886	1,786	4,117	6,349
Azoto totale	mg N L ⁻¹	3,244	2,618	2,834	2,783	2,608	3,719	5,950	6,117	2,454	6,865	8,444
Silice reattiva	mg Si L ⁻¹	9,13	7,75	13,28	9,82	11,21	10,55	8,73	8,53	10,21	7,67	4,85
Solidi sospesi	mg L ⁻¹	3,6	2,9	34	2,6	0,7	1,6	2,6	1,5	1,7	1,4	1,2
<i>E. coli</i>	UFC/100mL	12600	1400	1295	1170	345	250	300	1125	50	1760	105

Torres, in accordo con il quadro delineato dai parametri fisico-chimici e microbiologici. Le stazioni ubicate nella parte più a monte del bacino costeggiano vasti campi adibiti a pascolo e ad attività agricole. Tra queste, le stazioni 3 e 4, collocate rispettivamente a valle del lago artificiale Bidighinzu e nel tratto iniziale del Rio Mannu, hanno mostrato il peggiore stato qualitativo. In particolare, nella stazione 3, lo stato di qualità è condizionato certamente anche dalle acque in uscita dall'invaso per le quali è stata accertata la condizione di eutrofia (LUGLIÈ *et al.*, 2001). Nella parte più a valle, la cattiva qualità delle stazioni 8 e 9, chiaramente definita sia dall'EPI-D che dal quadro dei nutrienti, è riconducibile all'impatto dei reflui derivanti sia dal centro abitato di Sassari che da diverse realtà industriali presenti sul territorio. L'Indice NNS' ha indicato un disturbo fisico più marcato nelle stazioni 2, 7, 9 e 10. Per la stazione 2, il disturbo fisico appa-

re legato principalmente alle caratteristiche idromorfologiche del sito e quindi a cause naturali. Questa stazione è infatti ubicata su un tratto sorgivo con acque piuttosto basse che scorrono su un terreno nudo e con poco substrato litico. Gli alti valori delle stazioni 7, 9 e 10, tutte sul Rio Mannu, sono invece in accordo con il maggiore grado di urbanizzazione e d'intensità delle attività antropiche della parte più a valle del bacino. È interessante notare come l'Indice EPI-D abbia evidenziato una qualità leggermente migliore per le stazioni 6 e 11, le stesse interessate anche da un minor grado di disturbo fisico.

CONCLUSIONI

Il presente lavoro fornisce un contributo conoscitivo sulla flora diatomica della Sardegna e, più in generale, dei corsi d'acqua di tipologia mediterranea. Gli indici EPI-D ed NNS', applicati per la prima volta insieme, hanno fornito informazioni complementari su aspetti

ecologici diversi (qualità biologica e disturbo fisico) permettendo una valutazione più completa dello stato ecologico dei corsi d'acqua del bacino indagato. I risultati ottenuti sono coerenti con il forte grado di antropizzazione del territorio e con il particolare regime idrologico dei sistemi lotici esaminati. Ulteriori indagini potranno risultare utili sia per ampliare ed approfondire le conoscenze relative alle comunità diatome dei corsi d'acqua sardi sia per valutare l'applicabilità degli indici in realtà territoriali differenti, anche con livelli d'impatto antropico minimi.

RINGRAZIAMENTI

Il lavoro è stato realizzato con il sostegno della RAS attraverso una borsa di Ricerca cofinanziata con fondi a valere sul PO Sardegna FSE 2007-2013 sulla L.R.7/2007 "Promozione della ricerca scientifica e dell'innovazione tecnologica in Sardegna". Si ringraziano Maurizio Battezzatore (ARPA Piemonte) per i chiarimenti sull'Indice NNS' e tutti i colleghi del DIPNET per la loro collaborazione.

BIBLIOGRAFIA

- BATTEGAZZORE M., FENOGLIO S., GALLO L., LUCADAMO L., MORISI A., 2005. Esperienze di studio della qualità biologica di corsi d'acqua italiani mediante l'uso delle diatomee. *Biologia ambientale*, **19** (1): 109-116.
- BATTEGAZZORE M., GALLO L., LUCADAMO L., MORISI A., 2004. Quality of the main watercourses in the Pollino National Park (Apennine Mts., S Italy) on the basis of the Diatom benthic communities. *Studi Trent. Sci. Nat., Acta Biol.*, **80**: 89-93.
- BATTEGAZZORE M., GASTALDI E., 2007. Diatomee di corsi d'acqua minori della Calabria e della Lucania (Sud Italia): inquadramento dell'indagine. *Studi Trent. Sci. Nat., Acta Biol.*, **83**: 157-158.
- DE FILIPPIS A., GALLO L., LUCADAMO L., MEZZOTERO A., BATTEGAZZORE M., 2007. Qualità del principale corso d'acqua della Calabria (Fiume Crati), valutata mediante le comunità di Diatomee. *Studi Trent. Sci. Nat., Acta Biol.*, **83**: 141-144.
- DELL'UOMO A., 2004. *L'Indice diatamico di eutrofizzazione/polluzione (EPI-D) nel monitoraggio delle acque correnti. Linee Guida*. APAT Agenzia per la protezione dell'ambiente e per i servizi tecnici, Roma, 101 pp.
- DELL'UOMO A., MASI M. A., 1986. Aspetti ecologici e biogeografici del popolamento a Diatomee del fiume Basento (Basilicata). *Biogeographia: Lavori Soc. Ital. di Biogeogr.*, **10**: 51-65.
- EUROPEAN PARLIAMENT, 2000. *Directive 2000/60/EC of the European Parliament and of the Council establishing a framework for Community action in the field of water policy*. O. J. L 327.
- FINOCCHIARO M., FERLITO A., 2007. Il parametro "fitobentos" della Direttiva 2000/60/CE. Prime esperienze di monitoraggio con le diatomee bentoniche su alcuni corsi d'acqua della Sicilia Orientale. *Quaderni di Idronomia Montana*, **28** (2): 137-151.
- FINOCCHIARO M., TORRISI M., FERLITO A., 2009. Caratterizzazione delle comunità di diatomee bentoniche del bacino idrografico del Fiume Simeto (Sicilia orientale) mediante applicazione dell'Indice Diatamico di Eutrofizzazione/Polluzione (EPI-D). *Biologia Ambientale*, **23** (1): 53-66.
- IRSA-CNR., 1994. *Metodi analitici per le acque*. Quaderni, 100. Istituto di Ricerca sulle acque, Roma, 342 pp.
- ISPRA, 2008. *Metodi biologici per le acque*. Parte I. Roma: APAT, 29 pp.
- KELLY M. G., CAZAUBON A., CORING E., DELL'UOMO A., ECTOR L., GOLDSMITH B., GUASCH H., HÜRLIMANN J., JARLMAN A., KAWECKA B., KWANDRANS J., ROTT E., SABATER S., VAN DAM H., VIZINET J., 1998. Recommendation for the routine sampling of diatoms for water quality assessments in Europe. *J. Appl. Phycol.*, **10**: 215-224.
- KELLY M., KING L., NÍ CHATHÁIN B., 2009. The conceptual basis of ecological-status assessments using diatoms. *Biology and Environment: Proceedings of the Royal Irish Academy*, **109B** (3): 175-189.
- KRAMMER K., LANGE-BERTALOT H., 1986, 1988, 1991a, 1991b, 2000. *Bacillariophyceae. Süßwasserflora von Mitteleuropa*. 2 (1-5), G. Fisher, Stuttgart. 876 + 596 + 576 + 437 + 311 pp.
- LAI G.G., PADEDDA B.M., PULINA S., VIRDIS T., LUGLIÈ A., SECHI N., 2010. Diatoms and quality of watercourses in North-Central Sardinia. *Vie et Milieu - Life and Environment*, **60** (3): 209-216.
- LAI G.G., VIRDIS T., MARIANI M. A., PADEDDA B., LUGLIÈ A., SECHI N., 2007. Un'esperienza di approccio integrato nella valutazione della qualità ambientale di corsi d'acqua del Nord-Sardegna con applicazione dell'Indice EPI-D. *Quaderni di Idronomia Montana*, **28** (2): 153-167.
- LANGE-BERTALOT H., CAVACINI P., TAGLIAVENTO N., ALFINITO S., 2003. *Diatoms of Sardinia. Rare and 76 new species in rock pools and other ephemeral waters*. A.R.G. Gantner Verlag K.G. 438 pp.
- LECOINTE C., COSTE M., PRYGIEL J., 1993. OMNIDIA software for taxonomy calculation of diatom indices and inventories management. *Hydrobiologia*, **269/270**: 509-513.
- LECOINTE C., COSTE M., PRYGIEL J., ECTOR L., 1999. Le logiciel Omnidia version 2 une puissante base de données pour les inventaires de diatomées et pour le calcul des indices diatomiques européens. *Cryptogamie, Algologie*, **20** (2): 132-134.
- LUGLIÈ A., AKTAN Y., CASIDDU P., SECHI N., 2001. The trophic status of Bidighinzu Reservoir (Sardinia) before and after the diversion of waste waters. *Journal of Limnology*, **60** (2): 135-142.
- MANNINO A.M., 2007. Diatoms from thermal-sulphur waters of "Fiume Caldo" (North-western Sicily). *Cryptogamie, Algol.*, **28** (4): 385-396.
- NUGHES M. L., ALVAU M., CAPPELLETTI C., CIUTTI F., FLORIS B., MADEDDU G., MONNI V., TROGU S., ROSSELLI P., SAU M., 2005. Prima applicazione degli indici diatomici EPI-D ed IBD nel monitoraggio del Rio Picocca in provincia di Cagliari e confronto con l'IBE. *Biologia ambientale*, **19** (1): 233-235.
- RIMET F., CIUTTI F., CAPPELLETTI C., ECTOR L., 2005. Ruolo delle Diatomee nell'applicazione della Direttiva Europea Quadro sulle Acque. *Biologia ambientale*, **19** (1): 87-93.
- STRICKLAND J.D.H., PARSONS T. R., 1972. A practical handbook of seawater analysis. *Bull. Fish. Res. Board Can.*, 167 pp.
- VAN DAM H., MERTENS A., SINKELDAM J., 1994. A coded checklist and ecological indicator values of freshwater diatoms from the Netherlands. *Netherlands Journal of Aquatic Ecology*, **28** (1): 117-133.