

## Siti di riferimento per alcune tipologie fluviali delle idroecoregioni 13 “Appennino centrale” e 12 “Costa adriatica”

Mariacristina Torrisi\*, Antonio Dell’Uomo

*Department of Environmental Sciences, Section of Botany and Ecology, University of Camerino, Via Pontoni 5, I-62032 Camerino (MC), Italy*

\* *Referente per la corrispondenza: mariacristina.torrisi@unicam.it*

*Pervenuto il 25.2.2011; accettato il 9.3.2011*

**Acronimi:** CEE, European diatom index (DESCY e COSTE, 1991); EPI-D, Eutrophication/Pollution Index-Diatom based, from Italy (DELL’UOMO, 2004); IBD, Biological Diatom Index, from France (COSTE *et al.*, 2009); IDAP, Diatom Index Artois-Picardie, from France (PRYGIEL *et al.*, 1996); IDG, Generic Diatom Index, from France (RUMEAU e COSTE, 1988); IPS, Specific Polluosensitivity Index, from France (COSTE in CEMAGREF, 1982); SHE, Schiefele & Schreiner index, from Germany (SCHIEFELE e SCHREINER, 1991); SI, Saprobic Index, from Austria (ROTT *et al.*, 1997); SLA, Sládeček index from Czech Republic (SLÁDEČEK, 1986); TDI, Trophic Diatom Index, from UK (KELLY e WHITTON, 1995).

### Riassunto

In Europa, per la valutazione della qualità biologica delle acque correnti tramite diatomee sono stati proposti numerosi indici, ma nessuno di questi soddisfa appieno quanto richiesto dalla Normativa della Comunità Europea WFD/60/2000. A tal fine, utilizzando l’Indice diatomo EPI-D, si è voluto apportare un contributo all’individuazione dei siti e delle condizioni di riferimento per alcune tipologie fluviali del territorio italiano presenti nelle idroecoregioni 13 “Appennino centrale” e 12 “Costa adriatica”. 248 campioni di diatomee sono stati raccolti nell’ultimo decennio in 124 siti distribuiti in 10 bacini idrografici dell’Appennino centrale. Fra tutti i siti, 72 hanno presentato caratteristiche idromorfologiche e di qualità ambientale tali da poter essere considerati come potenziali siti di riferimento. La cluster analysis ha rilevato tre principali raggruppamenti di questi 72 siti, che possono essere associati ad altrettante tipologie fluviali: M-4 nella parte alta del bacino idrografico, M-2a nel tratto collinare e M-2b nel tratto pianiziale. In M-4 i siti idonei per fungere da riferimento sono risultati 27 e tra questi il migliore è quello di Bolognola (950 m s.l.m., EPI-D = 18,4) nel bacino del Chienti. I siti idonei in M-2a sono 37 e quello che ha dato il risultato migliore è sul torrente Castellano, bacino del Tronto (153 m s.l.m., EPI-D = 16,5). I migliori siti esaminati nella tipologia fluviale M-2b (8 in totale) hanno mostrato tuttavia una qualità mediocre, pertanto al momento nessuno di essi può essere considerato sito di riferimento come richiesto dalla WFD. L’analisi canonica delle corrispondenze ha confermato un’elevata correlazione fra le comunità diatomee osservate nelle stazioni considerate e le variabili ambientali. In base alla frequenza e abbondanza con le quali i vari taxa sono stati osservati nei 72 potenziali siti di riferimento, sono state individuate varie specie che caratterizzano ognuna delle tre tipologie fluviali.

PAROLE CHIAVE: Siti di riferimento / Idroecoregione 13 / Idroecoregione 12 / Diatomee / Indice EPI-D

### Reference sites for some river typologies of the hydroecoregions 13 “Central Apennine” and 12 “Adriatic Coast”

For assessing the river quality in Europe various diatom indices have been proposed, but none of these satisfies completely the WFD/60/2000/EC. The aim of this paper is the characterization, by means of the EPI-D diatom index, of suitable reference sites of some river typologies that lie in the hydroecoregions 13 “Central Apennine” and 12 “Adriatic Coast”. 248 samples of diatoms collected in the last decade in 124 sites of ten hydrographic basins were examined. Among all the sites, only 72 of these showed hydro-morphological and environmental conditions suitable enough to be considered as potential reference sites. A cluster analysis pointed out their distribution into three main groupings which can be associated to as many river typologies: M-4 in the upper basin, M-2a in the middle (hilly) stretch, and M-2b in the lower stretch. The suitable sites in M-4 were 27 and, among these, the best one is near Bolognola (950 m a.s.l., EPI-D = 18.4), in the basin of the river Chienti. The suitable sites in M-2a were 37 and the best lies on the torrent Castellano, Tronto basin, near the town of Ascoli Piceno (153 m a.s.l., EPI-D = 16.5). The best sites examined in M-2b (8 in all) always showed however a mediocre quality, therefore none of these can be considered as reference site in observance to the WFD. Taking into account the diatom communities and environmental variables, the CCA pointed out a high correlation between these two components. On the basis of the frequency and abundance of the taxa found in the 72 potential reference sites, several species were identified which characterize each of the three river typologies.

KEY WORDS: Reference sites / Hydroecoregion 13 / Hydroecoregion 12 / Diatoms / EPI-D index

## INTRODUZIONE

### Gli indici diatomici

In Europa sono stati proposti vari indici diatomici per la valutazione dello stato ecologico dei corsi d'acqua, alcuni in anticipo rispetto alla Normativa della Comunità Europea WFD/60/2000 (CEU, 2000), altri sorti in seguito ad essa. Per quanto riguarda l'Italia in particolare, e con riferimento soprattutto ai corsi d'acqua appenninici, è stato elaborato un indice diatomico di qualità globale dell'acqua denominato EPI-D (DELL'UOMO, 2004), acronimo inglese di "Eutrophication/Pollution Index – Diatom based". Questo indice rappresenta il risultato finale, anche se certamente non definitivo, di tutta una serie di ricerche che lo hanno preceduto, fra cui: DELL'UOMO, 1996, 1999; DELL'UOMO *et al.*, 1999; TORRISI e DELL'UOMO, 2001. L'indice EPI-D, basato soprattutto sulla sensibilità delle diatomee ai nutrienti, alla sostanza organica ed ai sali minerali, in particolare ai cloruri, si propone di valutare il livello trofico e l'inquinamento organico e minerale di un corpo idrico.

Ma questo indice, anche perché le sue prime formulazioni hanno preceduto la WFD, non soddisfa appieno, come gran parte degli altri indici diatomici utilizzati in Europa, tutti i requisiti richiesti dalla Direttiva Europea. In particolare per quanto attiene all'individuazione dei siti e delle condizioni di riferimento inerenti alle idroecoregioni ed alle tipologie fluviali proposte da WASSON *et al.* (2006) e da BUFFAGNI *et al.* (2008), rispettivamente. Ancora pochi sono i lavori che hanno fornito indicazioni in questo contesto. Tra gli altri: BONA *et al.* (2007) e BELTRAMI *et al.* (2009) per l'Italia; CAMPEAU *et al.* (2003) e TISON *et al.* (2005) per la Francia, RIMET *et al.* (2004) per il Lussemburgo. Questo lavoro, basato su dati acquisiti in passato con l'EPI-D, si propone di contribuire alla definizione delle condizioni richieste dalla WFD in vari corsi d'acqua che scorrono nelle idroecoregioni 13 "Appennino centrale" e 12 "Costa adriatica".

### EPI-D e sua utilizzazione in Italia e in Europa

In Italia l'EPI-D è stato impiegato in corsi d'acqua di varie regioni e di diversa tipologia da numerosi gruppi di lavoro attivi a vario titolo nella protezione dell'ambiente. I risultati sono stati giudicati sempre ampiamente positivi ed in significativa correlazione con le caratteristiche ambientali dei corpi idrici in esame (tra gli altri: BATTEGAZZORE *et al.*, 2004; GRISELLI *et al.*, 2005; SCURI *et al.*, 2006; CAPPELLETTI *et al.*, 2005; CIUTTI *et al.*, 2004; BONA *et al.*, 2007; DELLA BELLA *et al.*, 2007; BELTRAMI *et al.*, 2009; FINOCCHIARO *et al.*, 2009).

In Ungheria, ÁCS *et al.* (2004), in attuazione della

WFD/2000/60, hanno sperimentato vari indici diatomici presenti nel software OMNIDIA (LECOINTE *et al.*, 1993) in alcuni corsi d'acqua, su substrato sia calcareo che silicico. Gli indici testati sono stati una decina, e quelli che hanno meglio mostrato le variazioni della qualità biologica dell'acqua, sono risultati nell'ordine l'EPI-D, l'IPS e l'IBD. Questi tre indici sono stati ritenuti idonei per la classificazione dello stato ecologico dei fiumi ungheresi.

In Spagna, GOMÁ *et al.* (2004), monitorando la qualità di fiumi delle zone calcaree della Catalogna (72 siti campionati), hanno concluso che gli indici diatomici che valutano la qualità globale dell'acqua, e cioè IPS, CEE, IBD ed EPI-D, sono "good tools for detection of organic matter pollution and trophic level".

In Polonia, ZGRUNDO e BOGACZEWICZ-ADAMCZAK (2004) hanno applicato con successo l'EPI-D, l'IDAP e l'IPS nel monitoraggio dei loro corsi d'acqua e ne hanno consigliato l'utilizzo perché questi indici hanno prodotto ottimi risultati.

In Lussemburgo, RIMET *et al.* (2005), dopo un accurato studio in cui veniva testata la sensibilità di dieci indici diatomici in uso in Europa (IBD, CEE, EPI-D, IDG, ILM, SI, SHE, SLA, IPS, TDI), hanno trovato che l'EPI-D, "taking into account 492 worldwide distributed taxa, was very sensitive to the change in water quality" ed è stato tra quelli che hanno evidenziato maggiori differenze tra siti inquinati e siti incontaminati.

In Slovacchia, HLÚBIKOVÁ *et al.* (2007), dopo ampia sperimentazione condotta in corsi d'acqua antropizzati e non antropizzati, sono giunti alla conclusione che gli indici diatomici che fornivano i risultati migliori per il biomonitoraggio dei loro corsi d'acqua erano l'EPI-D, l'IPS e l'indice CEE, perché essi "correlate significantly with the relevant chemical and environmental variables and reflect the full range of pressures". In seguito a questo studio l'EPI-D è stato integrato nel metodo slovacco di monitoraggio fluviale e questo metodo è stato anche utilizzato da BIRK e HERING (2009) in uno studio pilota sul Danubio.

Ancora in Spagna, MARTÍN *et al.* (2010) hanno verificato l'applicabilità di cinque indici diatomici che vanno per la maggiore in Europa (IPS, IBD, TDI, CEE, EPI-D) in 110 siti del bacino idrografico del Guadalquivir, nel Sud della Spagna, ed hanno concluso dicendo che "the indices that gave the best results were the EPI-D followed by the IPS". The EPI-D "correlated the best with the water chemistry in the catchment area".

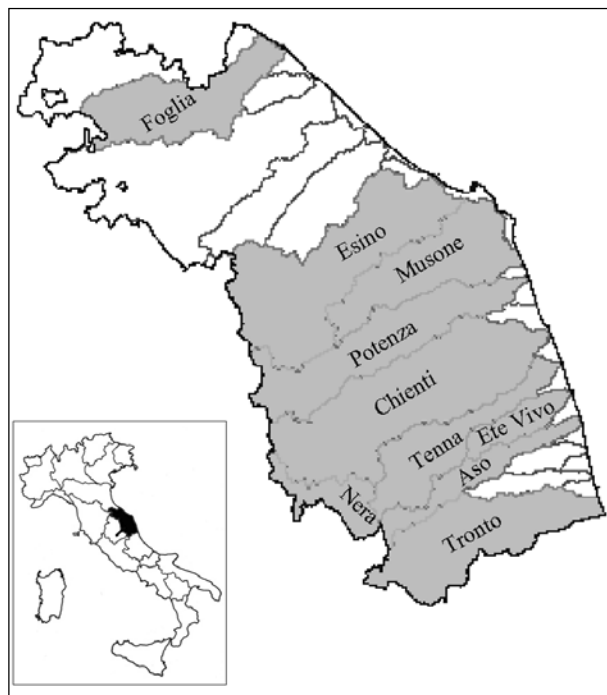
L'EPI-D ha dunque dimostrato una notevole efficacia nel biomonitoraggio dei corsi d'acqua sia italiani che europei, anche di varia tipologia, in cui è stato sperimentato. Pertanto appare idoneo ad assolvere allo

scopo prefissato, che è quello di apportare un contributo alla definizione delle condizioni di riferimento di alcune tipologie fluviali che ricadono nelle idroecoregioni 13 "Appennino centrale" e 12 "Costa adriatica". Questo contributo si basa sulle esperienze e sui dati acquisiti nell'ultimo decennio sui fiumi che ricadono nelle suddette idroecoregioni.

## MATERIALI E METODI

### Area di studio e tipologie fluviali

Sono stati considerati dieci corsi d'acqua centro-appenninici (Fig. 1). Sul versante adriatico, da nord a sud, i bacini idrografici dei seguenti fiumi: Foglia, Esino (di cui sono stati esaminati in dettaglio anche i due principali sottobacini, il Giano e il Sentino), Musone, Potenza, Chienti (con il torrente Fiastrone), Tenna, Ete Vivo, Aso e Tronto (con il torrente Castellano), che hanno tutti un andamento pressoché parallelo con direzione ovest-est. Il decimo fiume, il Nera, è invece un affluente del Tevere, nel quale si getta subito a valle di Orte (provincia di Viterbo) alla quota di 132 m s.l.m., dopo aver attraversato per gran parte del suo percorso la stretta e tortuosa gola della Valnerina. Tutti presentano comunque un elevato grado di omogeneità per quanto riguarda le caratteristiche geografiche e geologiche (Tab. I).



**Fig. 1.** Localizzazione dei dieci bacini idrografici considerati nella regione Marche. Il bacino del Nera si estende dalla regione Marche in parte dell'Umbria.

Generalizzando, questi corsi d'acqua possono essere suddivisi, nella maggior parte dei casi, in tre tratti principali: superiore, medio ed inferiore, in ciascuno dei quali, adattando e semplificando la zonazione longitudinale proposta per i fiumi da ILLIES e BOTOSANEANU (1963), possono essere riconosciute varie biozone.

Il tratto superiore, o montano, si trova al di sopra dei 400-500 m di quota, a seconda delle caratteristiche geografiche del territorio ed include la zona delle sorgenti, dei ruscelli e dei torrenti montani (*crenon* ed *epirhithron*). Il tratto medio, o collinare, inizia tra i 500 ed i 400 m s.l.m. e termina intorno ai 100 m s.l.m. Lungo questo tratto i torrenti aumentano via via di dimensioni, la velocità della corrente si attenua e le biozone del *metarhithron* e dell'*hyporhithron* si succedono l'una all'altra. Il tratto inferiore, o pianiziale, si sviluppa al di sotto dei 100 m s.l.m. ed è identificabile con la biozona del *potamon*, a sua volta distinta in *epi-*, *meta-* e *hypopotamon* man mano che ci si avvicina alla foce.

La natura dei terreni attraversati da questi fiumi è in netta prevalenza carbonatica e determina una reazione alcalina dell'acqua, con un pH per lo più compreso tra 7,5 e 8,5.

In questi corsi d'acqua possono essere riconosciute in linea di massima le seguenti tipologie fluviali, tra quelle proposte da BUFFAGNI *et al.* (2008):

- la M-4 nella parte alta del loro bacino idrografico, con altitudine di almeno 400 m s.l.m., situata nella "idroecoregione 13";
- la M-2 al di sotto di tale quota. Essa può essere suddivisa, a sua volta:
  - in un tratto collinare che viene qui designato come M-2a (da 400 a 100 m s.l.m.), nella "idroecoregione 13",
  - ed in un tratto terminale, o pianiziale, distinto con la sigla M-2b (al di sotto dei 100 m s.l.m.), nella "idroecoregione 12".

### Raccolta e analisi dei campioni

Sono stati presi in esame 248 campioni raccolti nel corso dell'ultimo decennio in 124 stazioni distribuite lungo i fiumi precedentemente elencati, e localizzate a monte e a valle dei più importanti punti di perturbazione ambientale. Ogni sito è stato campionato mensilmente per le analisi chimiche e due volte, una durante il periodo di morbida e l'altra durante la magra, per il prelievo delle diatomee.

Sono stati raccolti campioni di diatomee bentoniche in prevalenza epilittiche, ma –in loro assenza o scarsa disponibilità e quando le macrofite acquatiche ricoprivano almeno il 75% delle pietre dell'alveo– anche diatomee epifittiche. Le tecniche di raccolta hanno seguito, in linea di massima, il protocollo proposto da

Tab. I. Alcune caratteristiche geografico-idrogeologiche dei bacini considerati.

Fiumi	Quota sorgente m s.l.m.	Lunghezza km	Area bacino km <sup>2</sup>	Tipologia			Regime di portata	
				M-4	M-2a	M-2b	M-4 e M-2a	M-2b
Foglia	980	90	705	c	c/m	a	Stagionale	Altamente stagionale
Esino	1002	90	1300	c	c/m	a	Stagionale	Altamente stagionale
<i>Sentino</i>	841	42	-	c	c/m	-	Stagionale	-
<i>Giano</i>	990	25	-	c	c/m	-	Stagionale	-
Musone	900	76	681	c	c/m	a	Stagionale	Altamente stagionale
Potenza	800	88	773	c	c/m	a	Stagionale	Altamente stagionale
Chienti	900	90	1298	c	c/m	a	Stagionale	Altamente stagionale
<i>Fiastrone</i>	1700	34	-	c	c/m	-	Stagionale	-
Tenna	1172	67	490	c	c/m	a	Stagionale	Altamente stagionale
Ete Vivo	600	35	250	c	c/m	a	Stagionale	Altamente stagionale
Aso	950	63	242	c	c/m	a	Stagionale	Altamente stagionale
Tronto	1700	115	1192	c	c/m	a	Stagionale	Altamente stagionale
<i>Castellano</i>	2150	37	-	c	c/m	-	Stagionale	-
Nera	850-132	120	4280	c	c/m	-	Stagionale	-

**Legenda**

M-4: tratto di fiume montano che scorre al di sopra dei 400 m s.l.m.

M-2a: tratto di fiume collinare che scorre tra 400 e 100 m s.l.m.

M-2b: tratto di fiume planiziale che scorre al di sotto dei 100 m s.l.m.

Substrato dell'alveo: c = calcareo; c/m = calcareo/misto; a = alluvionale

KELLY *et al.* (1998), successivamente accettato e rielaborato con alcune modifiche dalla Norma Europea EN 13946 (CEN, 2003). I campioni sono stati trattati con perossido di idrogeno a caldo per eliminare la componente organica e ottenere frustuli ben puliti. Questi sono stati poi montati in vetrini permanenti utilizzando una resina (Naphrax®) ad elevato indice di rifrazione (1,74), che ha reso agevole l'identificazione delle diatomee al microscopio ottico. La determinazione dei taxa è stata fatta utilizzando le monografie dei seguenti autori: KRAMMER e LANGE-BERTALOT (1986-1991b), KRAMMER (1997, 2002), LANGE-BERTALOT (2001), WERUM e LANGE-BERTALOT (2004). In alcuni casi, tuttavia, per l'aggiornamento della nomenclatura è stato consultato il software Omnidia 5.3 (LECOINTE *et al.*, 1993). La valutazione quantitativa dei campioni, necessaria per l'applicazione dell'indice diatomoico EPI-D, è stata fatta in accordo con la norma europea EN 14407 (CEN, 2004), nella quale viene consigliato un conteggio fino a 400 valve.

I campioni di diatomee utilizzati per questo lavoro di sintesi derivano da precedenti ricerche (soprattutto: TORRISI e DELL'UOMO, 2001, 2003, 2006; SCURI *et al.*, 2006; TORRISI *et al.*, 2008; TARDELLA *et al.*, 2009; Torrisci *et al.*, 2010), ma qui presi nuovamente in esame e tutti rielaborati al fine di renderli omogenei sia per la nomenclatura utilizzata che per la loro valutazione quantitativa.

I principali parametri chimico-fisici sono stati esaminati seguendo le metodiche IRSA (1994) con particolare riferimento a quelli che influenzano maggiormente l'EPI-D, ovvero azoto minerale ( $N_{\min}$ ), fosfato totale ( $P_{\text{tot}}$ ), BOD<sub>5</sub>, cloruri (Cl<sup>-</sup>), solfati (SO<sub>4</sub><sup>-2</sup>) e conducibilità. Anche per questi dati si è fatto riferimento ai precedenti lavori effettuati nell'ultimo decennio. Per individuare siti e condizioni di riferimento, e con riguardo alle tipologie fluviali individuate nelle idroecoregioni 12 e 13, fra tutte le 124 stazioni considerate sono state selezionate quelle che presentavano, in almeno uno dei due campionamenti, i seguenti requisiti:

- per il tratto montano M-4, con altitudine maggiore di 400 m s.l.m., quelle con EPI-D  $\geq 15$  (qualità ottima);
- per il tratto collinare M-2a, avente altitudine compresa tra 400 e 100 m s.l.m., quelle con EPI-D  $\geq 12$  (qualità almeno buona);
- per il tratto terminale M-2b, al di sotto dei 100 m s.l.m., dato che nessun sito in questa tipologia è risultato, sino ad oggi, di buona qualità (come richiesto dalla WFD), sono stati selezionati in alternativa quelli migliori, con EPI-D compreso tra 12 e 9 (qualità mediocre).

Per evidenziare eventuali raggruppamenti tra le stazioni selezionate è stata effettuata, mediante il software PAST (HAMMER *et al.*, 2007), una cluster analysis mettendo in relazione siti, taxa, EPI-D e variabili ambientali (parametri chimici). La cluster analysis è stata

fatta utilizzando l'indice di similarità di Bray-Curtis e l'algoritmo "paired group" come metodo di aggregazione. Inoltre sulla stessa matrice è stata realizzata una analisi canonica delle corrispondenze (CCA). Da precisare che le specie prese in considerazione per questi tipi di analisi multivariata sono state 50, ovvero le più abbondanti e le più frequentemente osservate.

## RISULTATI

Nella tabella II sono riportati, in estrema sintesi e con riferimento alle tre tipologie fluviali individuate, i range di variabilità e i valori medi dell'EPI-D e dei principali parametri chimici che più direttamente lo influenzano. Quanto a temperatura e ossigeno, che non figurano in tabella II, si possono fare le seguenti osservazioni: la temperatura aumenta progressivamente lungo l'asta principale dei vari fiumi (da circa 8 °C

alla sorgente ad oltre 25 °C in prossimità della foce); l'ossigeno ha invece un andamento più irregolare in quanto fortemente condizionato dalla fotosintesi delle macrofite acquatiche e presenta una variabilità compresa per lo più tra 10 e 12 mg L<sup>-1</sup>.

In base ai criteri di selezione precedentemente elencati sono stati individuati, per le tre tipologie fluviali considerate, 72 potenziali siti di riferimento: 27 in M-4, 37 in M-2a e 8 in M-2b (Tab. III). In queste stazioni sono stati osservati in totale 230 taxa di diatomee (elenco completo in Appendice).

Le stazioni che, fra tutte quelle appartenenti ad una stessa tipologia, hanno riportato il valore più elevato dell'EPI-D, espresso in scala 1-20, possono essere considerate, sia pure in via provvisoria, come siti di riferimento. Esse sono:

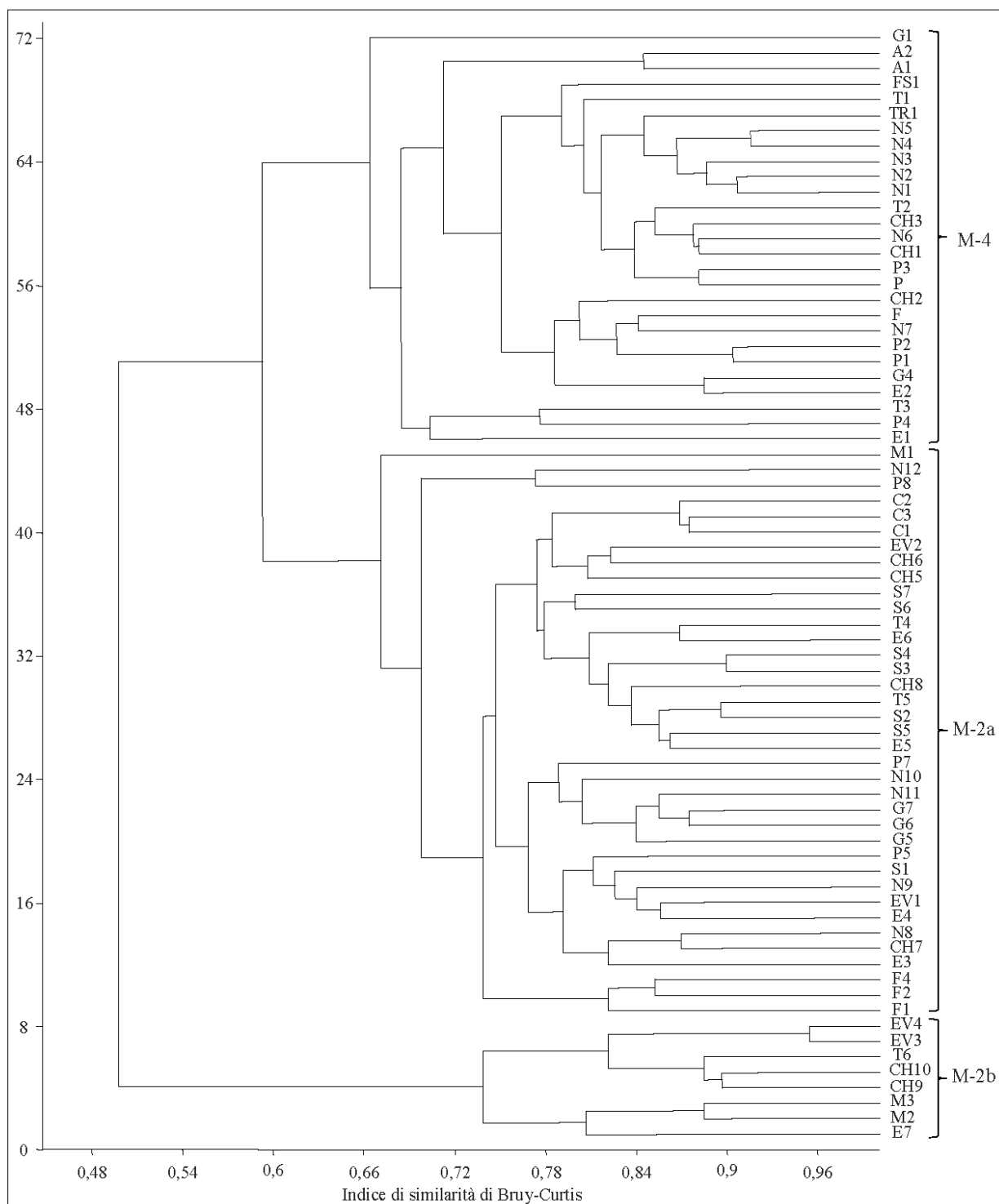
- per il tratto M-4, la stazione di Bolognola sul fiume

**Tab. II.** Parametri fisici, chimici e biologici (valori medi, range di variabilità e deviazione standard  $\sigma$ ) di ogni tipologia fluviale. Per la definizione delle tipologie vedasi legenda di Tab. I.

Tipologia fluviale	N min. (mg L <sup>-1</sup> )	P tot (mg L <sup>-1</sup> )	BOD <sub>5</sub> (mg L <sup>-1</sup> )	Cl <sup>-</sup> (mg L <sup>-1</sup> )	SO <sub>4</sub> <sup>-</sup> (mg L <sup>-1</sup> )	Conducibilità (μS cm <sup>-1</sup> )	EPI-D
M-4	5,2 (2,0-7,5) σ = 1,2	0,2 (0,10-0,18) σ = 0,04	1,8 (1,0-2,5) σ = 0,31	13,4 (3,0-14,0) σ = 1,3	15,8 (3,9-20,0) σ = 3,0	363,1 (200,0-400,2) σ = 37,7	16,2 (15,0-18,4) σ = 0,8
M-2a	9,9 (6,0-15,2) σ = 2,2	0,19 (0,17-20,0) σ = 0,03	2,68 (2,22-6,00) σ = 0,36	26,9 (15,0-30,0) σ = 5,8	65,7 (50,0-130,0) σ = 12,0	476,0 (370,3-556,0) σ = 42,6	13,6 (12,2-16,5) σ = 1,1
M-2b	20,2 (14,2-22,9) σ = 5,1	0,30 (0,16-0,37) σ = 0,08	4,70 (6,0-10,0) σ = 0,47	65,7 (50,0-130,0) σ = 18,3	60,0 (60,0-314,0) σ = 9,8	684,1 (456,8-798,5) σ = 40,6	10,4 (9,1-11,7) σ = 0,8

**Tab. III.** Numero delle stazioni esaminate e loro distribuzione nelle tre tipologie fluviali (M-4, M-2a e M-2b) individuate nei bacini idrografici considerati.

Fiumi	n° stazioni totali	n° stazioni			n° potenziali siti di riferimento		
		M-4	M-2a	M-2b	M-4	M-2a	M-2b
Foglia	9	1	5	3	1	4	0
Esino	15	2	8	5	2	2	1
<i>Sentino</i>	10	2	8	0	0	7	0
<i>Giano</i>	9	4	5	0	2	3	0
Musone	5	1	2	2	0	1	2
Potenza	15	7	5	3	5	4	0
Chienti	12	3	5	4	3	4	2
<i>Fiastrone</i>	1	1	0	0	1	0	0
Tenna	10	4	3	3	3	2	1
Ete Vivo	5	0	3	2	0	2	2
Aso	8	3	4	1	2	0	0
Tronto	7	4	3	0	1	0	0
<i>Castellano</i>	3	0	3	0	0	3	0
Nera	15	9	6	0	7	5	0



**Fig. 2.** Raggruppamento dei 72 potenziali siti di riferimento nelle tre tipologie fluviali (M-4, M-2a e M-2b) individuate nelle idrocoregioni 12 “Costa adriatica” e 13 “Appennino centrale”. I nomi dei siti vengono espressi tramite dei codici sintetici in cui le lettere rappresentano le iniziali del corso d’acqua e i numeri le stazioni; le iniziali dei corsi d’acqua sono le seguenti: A = Aso, C = Castellano (bacino idrografico del fiume Tronto), CH = Chienti, E = Esino, EV = Ete Vivo, F = Foglia, FS = Fiastrone (bacino idrografico del fiume Chienti), G = Giano (bacino idrografico del fiume Esino), M = Musone, N = Nera, T = Tenna, P = Potenza, S = Sentino (bacino idrografico del fiume Esino), TR = Tronto.

Fiastrone (affluente del Chienti), quota 950 m s.l.m., con EPI-D = 18,4; longitudine 13° 13' 55", latitudine 42° 59' 59";

- per il tratto M-2a, la stazione Cartiere Papali sul torrente Castellano (affluente del Tronto), quota 153 m s.l.m., con EPI-D = 16,5; longitudine 13° 24' 57", latitudine 42° 51' 24",
- per il tratto M-2b, la stazione Madonnetta d'Ete sul fiume Ete Vivo, alla quota di 70 m s.l.m., con EPI-D = 11,7; longitudine: 13° 41' 35", latitudine 43° 7' 23".

Come si può notare dalla cluster analysis (Fig. 2) le 72 stazioni considerate formano tre gruppi distinti, che possono essere associati alle tre tipologie fluviali inizialmente proposte. Le tipologie M-4 e M-2a presentano un certo grado di similitudine, mentre entrambe si discostano nettamente dalla M-2b. Anche dalla Appendice, si può constatare come fra le diatomee comuni a M-4 e M-2a siano presenti varie specie di elevata significatività ecologica, tra cui *Cymbella compacta*, *Denticula tenuis* var. *crassula*, *Encyonema minutum*, *Eucoconeis flexella*, *Meridion circulare* e *Caloneis bacillum*. Queste stesse specie, seppur presenti, sono state osservate solo raramente e con pochi esemplari in M-2b. Le diatomee che invece caratterizzano esclusivamente una sola delle tre tipologie fluviali, sono:

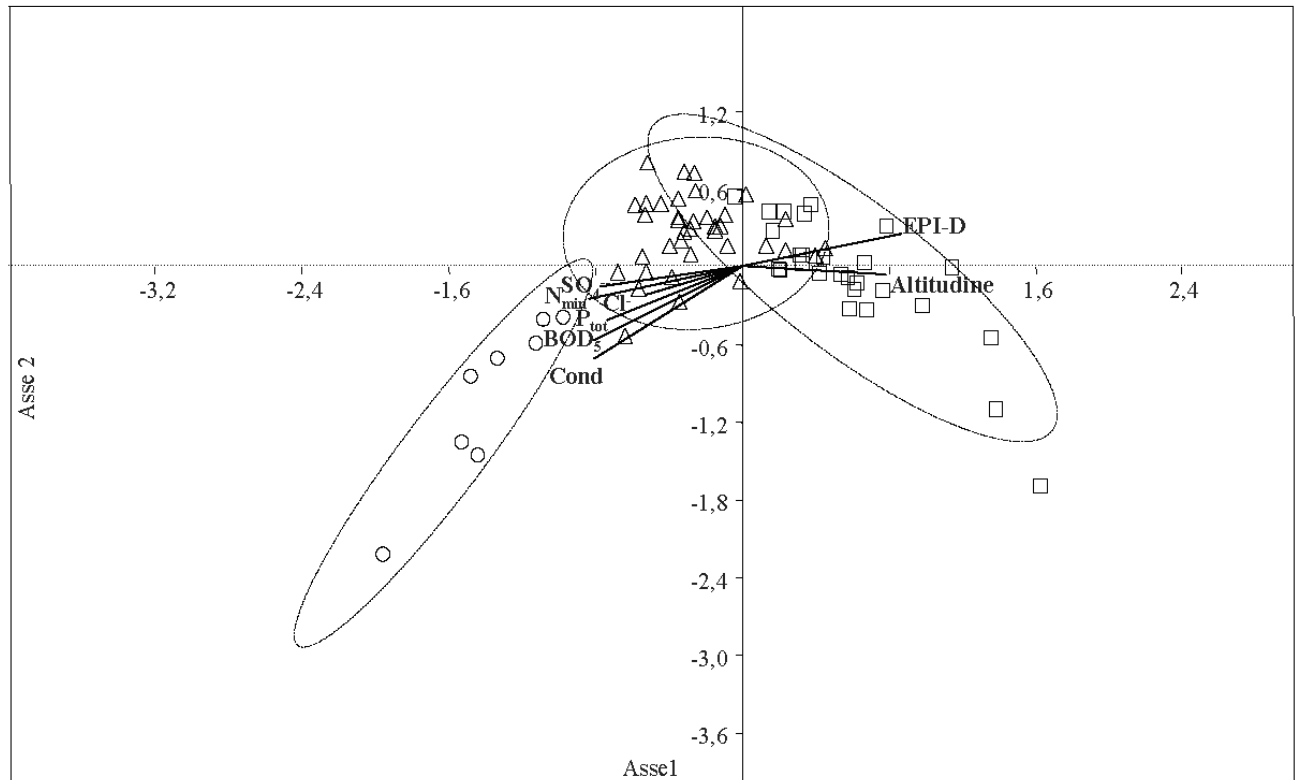
- per M-4: *Achnantheidium biasolettianum*, *Diatoma mesodon*, *Diatoma hyemalis*, *Cymbella parva* e *Gomphonema pumilum*;
- per M-2a: *Cocconeis euglypta*, *Diatoma vulgaris*, *Gomphonema olivaceum*, *Navicula reichardtiana* e *Rhoicosphenia abbreviata*;
- per M-2b: *Gomphonema parvulum*, *Gomphonema angustatum*, *Navicula lanceolata*, *N. veneta* e *Nitzschia inconspicua*.

Tra i taxa comuni a tutte e tre le tipologie, i più frequenti e abbondanti sono: *Achnantheidium minutissimum*, *Gomphonema tergestinum*, *Navicula cryptotenella* e *N. tripunctata*.

### DISCUSSIONE E CONCLUSIONI

La suddivisione nelle tre tipologie fluviali M-4, M-2a e M-2b dei corsi d'acqua appenninici studiati e che scorrono nelle idroecoregioni 13 "Appennino centrale" e 12 "Costa adriatica", è apparsa altamente significativa, come confermato dalla cluster analysis (Fig. 2).

Anche dalla CCA (Fig. 3a) si evince come le stazioni appartenenti alle tipologie fluviali M-4 e M-2b siano nettamente separate e lontane tra di loro; mentre quelle in M-2a e M-2b non mostrano sovrapposizione. Infine, le stazioni in M4 e M-2a si sovrappongono parzial-



**Fig. 3a.** Analisi canonica delle corrispondenze fra i 72 siti considerati e i principali parametri ambientali. □ = siti appartenenti alla tipologia fluviale M-4, △ = siti appartenenti alla tipologia fluviale M-2a, ○ = siti appartenenti alla tipologia fluviale M-2b.

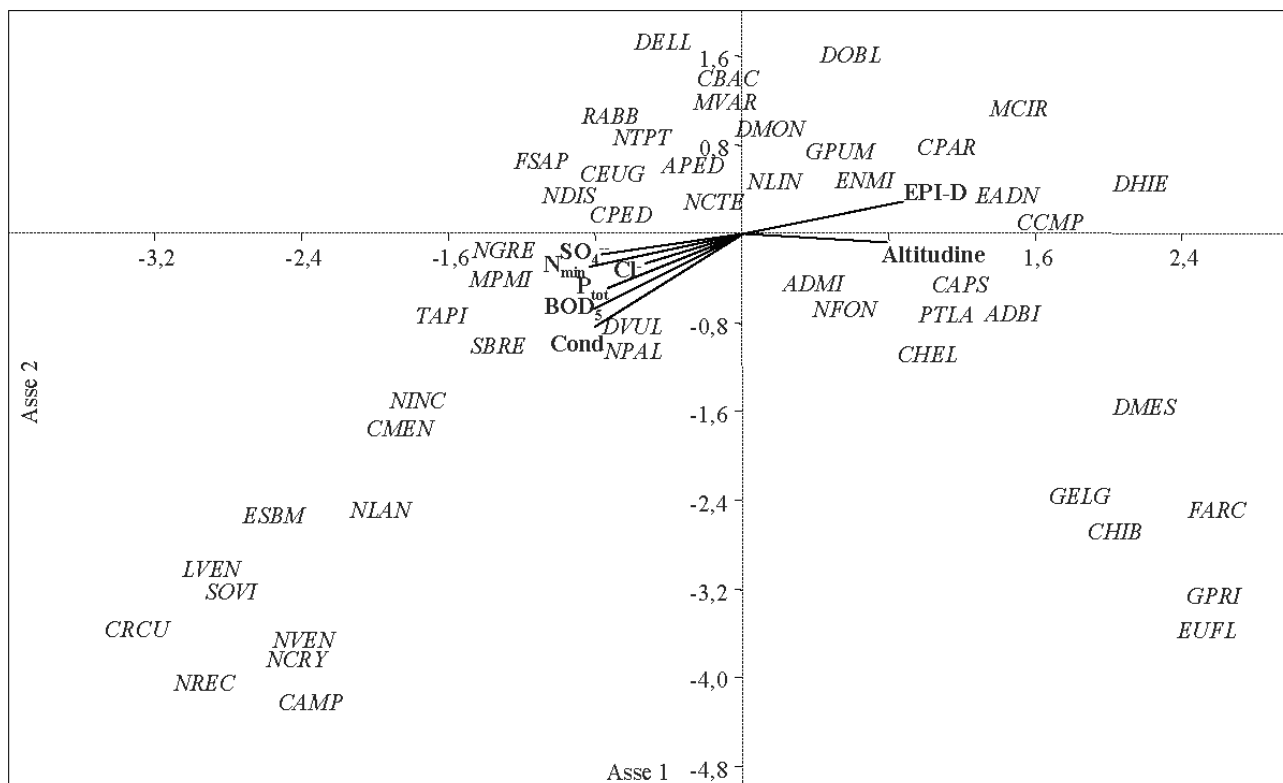
mente tra di loro, poiché possiedono in comune un certo numero di specie caratteristiche, seppure con diversa abbondanza.

Inoltre, sempre la CCA (Fig. 3a) mostra come i siti della tipologia M-4, si dispongano tutti tra il I e il IV quadrante. Essi sono i meno influenzati dal fenomeno dell'antropizzazione, che è solitamente crescente lungo il bacino idrografico dei fiumi, ma risparmia per il momento i tratti montani, come evidenziato anche dalle analisi chimiche (Tab. II). Questi siti sono correlati positivamente con l'altitudine e la qualità biologica dell'acqua, espressa mediante l'EPI-D. Le stazioni appartenenti alla tipologia fluviale M-2b si distribuiscono invece nel III quadrante e sono fortemente correlate con i valori crescenti dei parametri chimici che indicano degrado ambientale. Le stazioni che ricadono in M-2a e che presentano condizioni intermedie tra le altre due tipologie, si dispongono nella parte centrale del grafico (in prevalenza nel secondo quadrante).

Come le stazioni, anche le diatomee che in esse sono state osservate, tendono a distribuirsi in base ai gradienti ambientale e di qualità biologica (Fig. 3b). Ovvero, lungo la direzione crescente dell'Asse 1 che si correla inversamente con i valori dei parametri chimici

e positivamente con l'EPI-D e l'altitudine, si osservano diatomee che prediligono ambienti molto bene conservati. Tra queste, si possono mettere in evidenza *Achnantheidium biasoletianum*, *Campilodiscus hybernicus*, *Diatoma hyemalis*, *Eucoconeis flexella* e *Fragilaria arcus*. Sul lato opposto, invece, in correlazione diretta con i valori crescenti dei parametri chimici che indicano inquinamento, si osservano *Mayamaea permitis*, *Nitzschia inconspicua*, *N. palea*, *Craticula cuspidata* e *Eolimna subminuscula*. L'Asse 2 è fortemente correlato con la conducibilità dell'acqua; infatti, alcune diatomee che hanno affinità per i sali minerali, tra le quali *Cyclotella meneghiniana*, *Caloneis amphibaena*, *Navicula veneta*, *Surirella ovalis* e *Tryblionella apiculata*, si distribuiscono secondo i valori crescenti di tale parametro.

Nel tratto designato come M-2b, che corrisponde al tratto pianiziale dei corsi d'acqua, non si riscontrano stazioni che indichino una buona qualità del corpo idrico, come richiesto dalla WFD, ma solo una qualità mediocre. Non è stato pertanto possibile individuare siti di riferimento in questo tratto, dove appaiono quindi necessari ed urgenti interventi di riqualificazione fluviale volti al ripristino di condizioni accettabili.



**Fig. 3b.** Analisi canonica delle corrispondenze fra i 50 taxa di diatomee più frequenti ed abbondanti osservati nei 72 siti considerati e i principali parametri ambientali. I taxa di diatomee vengono rappresentati con il codice a quattro lettere utilizzato nel software Omnidia 5.3 (LECOINTE *et al.*, 1993 e successivi aggiornamenti).



## APPENDICE

Frequenza percentuale (f%) e abbondanza totale (a) dei taxa osservati in tutti i campioni degli ipotetici siti di riferimento considerati nelle tre tipologie fluviali: M-4 = tratto montano che scorre al di sopra dei 400 m s.l.m., M-2a = tratto collinare che scorre tra 400 e 100 m s.l.m., M-2b = tratto pianiziale che scorre al di sotto dei 100 m s.l.m. Classi di frequenza % : V = 100-80, IV = 80-60, III = 60-40, II = 40-20, I = 20-1, - = 0. Classi di abbondanza (numero totale di individui in ciascuna tipologia fluviale): 5 = < 800, 4 = 800-600, 3 = 600-400, 2 = 400-200, 1 = 200-1, - = 0.

Taxa e Autori	Codice	M-4		M-2a		M-2b	
		f%	a	f%	a	f%	a
<i>Achnanthidium biasolettianum</i> (Grunow) Lange-Bertalot	ADBI	III	5	I	2	-	-
<i>Achnanthidium minutissimum</i> (Kützing) Czarniecki	ADMI	V	5	II	5	V	1
<i>Achnanthidium subatomus</i> (Hustedt) Lange-Bertalot	ADSU	III	1	-	-	-	-
<i>Amphipleura pellucida</i> Kützing	APEL	I	1	I	1	-	-
<i>Amphora copulata</i> (Kützing) Schoeman et Archibald	ACOP	I	1	I	1	II	1
<i>Amphora inariensis</i> Krammer	AINA	I	1	I	II	-	-
<i>Amphora montana</i> Krasske	AMMO	I	1	I	1	II	1
<i>Amphora ovalis</i> (Kützing) Kützing	AOVA	I	1	I	1	II	1
<i>Amphora pediculus</i> (Kützing) Grunow	APED	IV	4	II	5	V	1
<i>Anomoeoneis sphaerophora</i> (Ehrenberg) Pfitzer	ASPH	-	-	-	-	I	1
<i>Caloneis alpestris</i> (Grunow) Cleve	CAPS	I	1	I	1	-	-
<i>Caloneis amphibaena</i> (Bory) Cleve	CAMP	-	-	I	1	I	1
<i>Caloneis bacillum</i> (Grunow) Cleve	CBAC	I	5	I	5	III	1
<i>Caloneis schumanniana</i> (Grunow) Cleve	CSHU	-	-	I	1	-	-
<i>Caloneis silicula</i> (Ehrenberg) Cleve	CSIL	-	-	I	1	III	1
<i>Campilodiscus hybernicus</i> Ehrenberg	CHIB	I	1	-	-	-	-
<i>Cocconeis disculus</i> (Schumann) Cleve	CDIS	I	1	-	-	I	1
<i>Cocconeis euglypta</i> Ehrenberg	CEUG	IV	3	III	4	V	1
<i>Cocconeis lineata</i> (Ehrenberg) Van Heurck	CPLI	I	1	-	-	-	-
<i>Cocconeis pediculus</i> Ehrenberg	CPED	III	1	I	3	V	3
<i>Cocconeis placentula</i> Ehrenberg	CPLA	I	1	I	1	I	1
<i>Cocconeis pseudolineata</i> (Geitler) Lange-Bertalot	COPL	IV	1	II	2	I	1
<i>Craticula accomoda</i> (Hustedt) Mann	CRAC	-	-	I	1	-	-
<i>Craticula cuspidata</i> (Kützing) Mann	CRCU	-	-	I	1	I	1
<i>Cyclotella atomus</i> Hustedt	CATO	-	-	I	1	-	-
<i>Cyclotella distinguenda</i> Hustedt	CDTG	-	-	I	1	-	-
<i>Cyclotella meneghiniana</i> Kützing	CMEN	I	1	I	1	III	1
<i>Cyclotella ocellata</i> Pantocsek	COCE	I	1	I	1	I	1
<i>Cymatoplaura solea</i> (Brébisson) W. Smith	CSOL	I	1	I	1	III	1
<i>Cymatopleura elliptica</i> (Brébisson) W. Smith	CELL	I	1	I	1	I	1
<i>Cymbella affinis</i> Kützing	CAFF	I	1	-	-	-	-
<i>Cymbella aspera</i> (Ehrenberg) Peragallo	CASP	I	1	-	-	-	-
<i>Cymbella cistula</i> (Ehrenberg) Kirchner	CCIS	I	1	I	1	I	1
<i>Cymbella compacta</i> Oestrup	CCMP	II	1	I	1	I	1
<i>Cymbella helvetica</i> Kützing	CHEL	I	1	I	1	-	-
<i>Cymbella laevis</i> Naegeli	CLAE	I	1	-	-	-	-
<i>Cymbella lanceolata</i> Agardh	CLAN	-	-	I	1	I	1
<i>Cymbella parva</i> (W. Smith) Kirchner	CPAR	IV	5	II	3	IV	1
<i>Cymbella tumida</i> (Brébisson) Van Heurck	CTUM	-	-	I	1	I	1
<i>Cymbopleura amphicephala</i> Krammer	CBAM	I	1	I	1	I	1
<i>Delicata delicatula</i> (Kützing) Krammer	DDEL	I	1	-	-	-	-

Taxa e Autori	Codice	M-4		M-2a		M-2b	
		f%	a	f%	a	f%	a
<i>Denticula elegans</i> Kützing	DELE	I	1	-	-	-	-
<i>Denticula tenuis</i> Kützing	DTEN	I	1	I	1	I	1
<i>Denticula tenuis</i> var. <i>crassula</i> (Naegeli) Hustedt	DTCR	II	2	I	1	-	-
<i>Diadismus contenta</i> (Grunow ex Van Heurck) Mann	DCOT	-	-	I	1	-	-
<i>Diadismus gallica</i> (W. Smith)	DGAL	-	-	I	1	-	-
<i>Diatoma ehrenbergii</i> Kützing	DEHR	I	1	I	1	-	-
<i>Diatoma hyemalis</i> (Roth) Heiberg	DHIE	III	2	I	1	-	-
<i>Diatoma mesodon</i> (Ehrenberg) Kützing	DMES	IV	5	I	1	-	-
<i>Diatoma moniliformis</i> Kützing	DMON	II	1	I	1	II	1
<i>Diatoma tenuis</i> Agardh	DITE	I	1	-	-	II	1
<i>Diatoma vulgare</i> Bory	DVUL	II	1	II	2	IV	1
<i>Diploneis elliptica</i> (Kützing) Cleve	DELL	I	1	I	1	-	-
<i>Diploneis oblongella</i> (Naegeli) Cleve-Euler	DOBL	I	1	I	1	I	1
<i>Diploneis oculata</i> (Brébisson) Cleve	DOCU	I	1	I	1	-	-
<i>Diploneis ovalis</i> (Hilse) Cleve	DOVA	I	1	I	1	-	-
<i>Diploneis pseudovalis</i> Hustedt	DPSO	-	-	I	1	-	-
<i>Diploneis puella</i> (Schumann) Cleve	DPUE	I	1	-	-	-	-
<i>Diploneis subovalis</i> Cleve	DSBO	-	-	I	1	-	-
<i>Discostella pseudostelligera</i> (Hustedt) Houk et Klee	DPST	-	-	I	1	-	-
<i>Ellerbeckia arenaria</i> (Moore) Crawford	EARE	II	1	I	1	-	-
<i>Encyonema caespitosum</i> Kützing	ECAE	I	1	I	1	I	1
<i>Encyonema lacustre</i> (Agardh) F.W. Mills	ELAC	-	-	I	1	-	-
<i>Encyonema minutum</i> (Hilse) D.G. Mann	ENMI	V	4	II	3	II	1
<i>Encyonema prostratum</i> (Berkeley) Kützing	EPRO	II	1	I	1	III	1
<i>Encyonema silesiacum</i> (Blesich) D.G. Mann	ESLE	I	1	I	1	III	1
<i>Encyonopsis caesatii</i> (Rabenhorst) Krammer	ECES	I	1	-	-	-	-
<i>Encyonopsis microcephala</i> (Grunow) Krammer	ENCM	I	1	I	1	I	1
<i>Encyonopsis minuta</i> Krammer et Reichardt	ECPM	I	1	-	-	-	-
<i>Eolimna minima</i> (Grunow) Lange-Bertalot	EOMI	I	1	I	1	I	1
<i>Eolimna subminuscula</i> (Manguin) Moser, L.-B. et Metz.	ESBM	I	1	I	1	II	1
<i>Epithemia adnata</i> (Kützing) Brébisson	EADN	I	1	I	1	-	-
<i>Eucoconeis flexella</i> (Kützing) Brun	EUFL	I	1	I	1	-	-
<i>Eucoconeis laevis</i> (Oestrup) Lange-Bertalot	EULA	I	1	-	-	-	-
<i>Eumotia arcus</i> Ehrenberg	EARC	I	1	-	-	-	-
<i>Fallacia lenzii</i> (Hustedt) Lange-Bertalot	FLEN	I	1	I	1	-	-
<i>Fallacia subhamulata</i> (Grunow) D.G. Mann	FSBH	I	1	I	1	-	-
<i>Fistulifera pelliculosa</i> (Brébisson) Lange-Bertalot	FPEL	-	-	I	1	-	-
<i>Fistulifera saprophila</i> (L.-B. et Bonik) Lange-Bertalot	FSAP	-	-	I	1	I	1
<i>Fragilaria arcus</i> (Ehrenberg) Cleve	FARC	II	1	-	-	-	-
<i>Fragilaria capitellata</i> (Grunow) J.B. Petersen	FCPL	I	1	I	1	-	-
<i>Fragilaria capucina</i> Desmazières	FCAP	I	1	I	1	I	1
<i>Fragilaria capucina</i> var. <i>vaucheriae</i> (Kütz.) L.-B.	FCVA	III	1	I	1	II	25
<i>Fragilaria rumpens</i> (Kützing) G.W.F. Carlsson	FRUM	I	1	-	-	-	-
<i>Fragilaria tenera</i> (W. Smith) Lange-Bertalot	FTEN	-	-	I	1	-	-
<i>Fragilaria virescens</i> Ralfs	FVIR	-	-	I	1	-	-
<i>Frustulia vulgaris</i> (Thwaites) De Toni	FVUL	I	1	I	1	II	1
<i>Geissleria decussis</i> (Oestrup) Lange-Bertalot et Metzeltin	GDEC	-	-	I	1	-	-

Taxa e Autori	Codice	M-4		M-2a		M-2b	
		f%	a	f%	a	f%	a
<i>Geissleria ignota</i> (Krasske) Lange-Bertalot et Metzeltin	GINO	I	1	I	1	-	-
<i>Gomphonema acuminatum</i> Ehrenberg	GACU	-	-	I	1	I	1
<i>Gomphonema affine</i> Kützing	GAFF	-	-	I	1	I	1
<i>Gomphonema angustatum</i> (Kützing) Rabenhorst	GANG	III	1	I	2	III	1
<i>Gomphonema angustum</i> Agardh	GANT	III	4	-	-	-	-
<i>Gomphonema augur</i> Ehrenberg	GAUG	-	-	I	1	-	-
<i>Gomphonema clavatum</i> Ehrenberg	GCLA	I	1	I	1	I	1
<i>Gomphonema elegans</i> (Reich. et L.-B.) Monnier et Ector	GELG	I	1	I	1	-	-
<i>Gomphonema italicum</i> Kützing	GITA	-	-	I	1	-	-
<i>Gomphonema minutum</i> (Agardh) Agardh	GMIN	-	-	I	1	I	1
<i>Gomphonema olivaceoides</i> Hustedt	GOLD	I	1	I	1	-	-
<i>Gomphonema olivaceum</i> (Hornemann) Brébisson	GOLI	II	2	II	4	IV	1
<i>Gomphonema parvulum</i> (Kützing) Kützing	GPAP	I	1	I	1	IV	2
<i>Gomphonema productum</i> (Grun.) L.-B. et Reichardt	GPRO	-	-	I	1	-	-
<i>Gomphonema pumilum</i> (Grun.) Reich. et Lange-Bertalot	GPUM	II	2	I	2	II	1
<i>Gomphonema rigidum</i> Reichardt et Lange-Bertalot	GPRI	I	3	I	1	-	-
<i>Gomphonema tergestinum</i> Fricke	GTER	II	3	I	5	II	1
<i>Gomphonema truncatum</i> Ehrenberg	GTRU	I	1	I	1	I	1
<i>Gyrosigma acuminatum</i> (Kützing) Rabenhorst	GYAC	I	1	I	1	II	1
<i>Gyrosigma attenuatum</i> (Kützing) Rabenhorst	GYAT	I	1	I	1	I	1
<i>Gyrosigma obtusatum</i> (Sullivan et Wormley) Boyer	GYOB	-	-	I	1	I	1
<i>Gyrosigma sciotense</i> (Sullivan et Wormley) Cleve	GSCI	I	1	I	1	II	1
<i>Gyrosigma spencerii</i> (Quekett) Griffith et Henfrey	GSPE	-	-	I	1	I	1
<i>Hantzschia amphioxys</i> (Ehrenberg) Grunow	HAMP	I	1	I	1	I	1
<i>Hippodonta capitata</i> (Ehr.) Lange-Bertalot et Metzeltin	HCAP	I	1	I	1	I	1
<i>Karayevia laterostrata</i> (Hustedt) Bukthiyarova	KALA	-	-	I	1	-	-
<i>Karayevia ploeonensis</i> (Hustedt) Bukthiyarova	KAPL	I	1	I	1	-	-
<i>Luticola goeppertiana</i> (Bleisch) D.G. Mann	LGOE	I	1	I	1	I	1
<i>Luticola mutica</i> (Kützing) D.G. Mann	LMUT	-	-	I	1	I	1
<i>Luticola muticopsis</i> (Van Heurck) D.G. Mann	LMTP	-	-	-	-	I	1
<i>Luticola nivalis</i> (Ehrenberg) D.G. Mann	LNIV	I	1	-	-	-	-
<i>Luticola paramutica</i> (Bock) D.G. Mann	LPAR	-	-	-	-	I	1
<i>Luticola ventricosa</i> (Kützing) D.G. Mann	LVEN	-	-	I	1	I	1
<i>Mastogloia smithii</i> Thwaites	MSMI	-	-	I	1	-	-
<i>Mayamaea atomus</i> (Kützing) Lange-Bertalot	MAAT	-	-	I	1	-	-
<i>Mayamaea permitis</i> (Hustedt) Bruder et Medlin	MPMI	-	-	I	1	II	1
<i>Melosira varians</i> Agardh	MVAR	II	1	II	2	I	1
<i>Meridion circulare</i> (Greville) C.A. Agardh	MCIR	III	1	I	1	-	-
<i>Muelleria gibbula</i> (Cleve) Spaulding et Stoermer	MUGI	-	-	I	1	-	-
<i>Navicula antonii</i> Lange-Bertalot	NANT	-	-	-	-	I	1
<i>Navicula capitatoradiata</i> Germain	NCPR	I	1	II	2	II	1
<i>Navicula cari</i> Ehrenberg	NCAR	-	-	I	1	-	-
<i>Navicula cincta</i> (Ehrenberg) Ralfs	NCIN	-	-	-	-	I	1
<i>Navicula cryptocephala</i> Kützing	NCRY	I	1	I	1	III	1
<i>Navicula cryptotenella</i> Lange-Bertalot	NCTE	V	3	II	5	III	1
<i>Navicula digitoradiata</i> (Gregory) Ralfs	NDIG	-	-	I	1	-	-
<i>Navicula exilis</i> Kützing	NEXI	I	1	I	1	I	1

Taxa e Autori	Codice	M-4		M-2a		M-2b	
		f%	a	f%	a	f%	a
<i>Navicula gottlandica</i> Grunow	NGOT	-	-	I	1	-	-
<i>Navicula gregaria</i> Donkin	NGRE	I	1	I	1	II	1
<i>Navicula jakovljevicii</i> Hustedt	NJAK	I	1	I	1	-	-
<i>Navicula lanceolata</i> (Agardh) Ehrenberg	NLAN	I	1	I	1	V	3
<i>Navicula menisculus</i> Schumann	NMEN	-	-	I	1	I	1
<i>Navicula phyllepta</i> Kützing	NPHY	-	-	I	1	I	1
<i>Navicula pseudolanceolata</i> Lange-Bertalot	NPSL	-	-	I	1	-	-
<i>Navicula radiosa</i> Kützing	NRAD	I	1	I	1	I	1
<i>Navicula recens</i> (Lange-Bertalot) Lange-Bertalot	NRCS	-	-	I	1	-	-
<i>Navicula reichardtiana</i> Lange-Bertalot	NRCH	III	1	II	3	III	1
<i>Navicula reinhardtii</i> (Grunow) Grunow	NREI	I	1	-	-	-	-
<i>Navicula shroeterii</i> Meister	NSHR	-	-	I	1	II	1
<i>Navicula splendidula</i> Van Landingham	NSPD	-	-	I	1	-	-
<i>Navicula striolata</i> (Grunow) Lange-Bertalot	NSTL	I	1	-	-	-	-
<i>Navicula tripunctata</i> (O.F. Müller) Bory	NTPT	V	4	II	5	IV	1
<i>Navicula trivialis</i> Lange-Bertalot	NTRV	I	1	I	1	-	-
<i>Navicula veneta</i> Kützing	NVEN	I	1	I	1	-	-
<i>Navicula viridula</i> (Kützing) Ehrenberg	NVIR	I	1	I	1	I	1
<i>Neidium dubium</i> (Ehrenberg) Cleve	NEDU	-	-	-	-	I	1
<i>Neidium binodeforme</i> Krammer	NBNF	-	-	I	1	-	-
<i>Nitzschia acicularis</i> (Kützing) W. Smith	NACI	-	-	I	1	-	-
<i>Nitzschia amphibia</i> Grunow	NAMP	I	1	I	1	I	1
<i>Nitzschia angustatula</i> Lange-Bertalot	NZAG	-	-	I	1	-	-
<i>Nitzschia capitellata</i> Hustedt	NCPL	-	-	I	1	I	1
<i>Nitzschia clausii</i> Hantzsch	NCLA	-	-	I	1	II	1
<i>Nitzschia dissipata</i> (Kützing) Grunow	NDIS	II	1	II	5	IV	1
<i>Nitzschia dubia</i> W.M. Smith	NDUB	-	-	I	1	I	1
<i>Nitzschia fonticola</i> Grunow	NFON	V	5	II	5	I	1
<i>Nitzschia frustulum</i> (Kützing) Grunow	NIFR	-	-	I	1	-	-
<i>Nitzschia gessneri</i> Hustedt	NGES	-	-	I	1	-	-
<i>Nitzschia gracilis</i> Hantzsch	NIGR	-	-	I	1	-	-
<i>Nitzschia hantzschiana</i> Rabenhorst	NHAN	-	-	I	1	I	1
<i>Nitzschia heufleriana</i> Grunow	NHEU	-	-	I	1	-	-
<i>Nitzschia inconspicua</i> Grunow	NINC	I	1	I	3	IV	4
<i>Nitzschia linearis</i> (Agardh) W.M. Smith	NLIN	II	1	I	1	I	1
<i>Nitzschia microcephala</i> Grunow	NMIC	-	-	I	1	-	-
<i>Nitzschia palea</i> (Kützing) W.M. Smith	NPAL	-	-	I	2	III	1
<i>Nitzschia palea</i> var. <i>debilis</i> (Kützing) Grunow	NPAD	-	-	I	1	-	-
<i>Nitzschia paleacea</i> (Grunow) Grunow	NPAE	I	1	I	1	I	1
<i>Nitzschia pura</i> Hustedt	NIPR	I	1	-	-	-	-
<i>Nitzschia pusilla</i> (Kützing) Grunow	NIPU	-	-	I	1	I	1
<i>Nitzschia recta</i> Hantzsch	NREC	I	1	I	1	I	1
<i>Nitzschia sigmoidea</i> (Nitzsch) W. Smith	NSIO	-	-	I	1	II	1
<i>Nitzschia sinuata</i> (Thwaites) Grunow	NSIN	I	1	-	-	-	-
<i>Nitzschia sociabilis</i> Hustedt	NSOC	I	1	I	1	-	-
<i>Nitzschia sublinearis</i> Hustedt	NSBL	I	1	I	1	-	-
<i>Nitzschia tubicula</i> Grunow	NTUB	-	-	-	-	I	1

Taxa e Autori	Codice	M-4		M-2a		M-2b	
		f%	a	f%	a	f%	a
<i>Nitzschia umbonata</i> (Ehrenberg) Lange-Bertalot	NUMB	-	-	I	1	I	1
<i>Nitzschia vermicularis</i> (Kützing) Hantzsch	NVER	-	-	I	1	-	-
<i>Pinnularia brebissonii</i> (Kützing) Rabenhorst	PBRE	I	1	I	1	-	-
<i>Pinnularia interrupta</i> W.M. Smith	PINT	-	-	I	1	I	1
<i>Pinnularia mesolepta</i> (Ehrenberg) W.M. Smith	PMES	-	-	I	1	-	-
<i>Pinnularia microstauron</i> (Ehrenberg) Cleve	PMIC	I	1	-	-	-	-
<i>Pinnularia obscura</i> Krasske	POBS	-	-	I	1	-	-
<i>Pinnularia viridis</i> (Nitzsch) Ehrenberg	PVIR	-	-	I	1	-	-
<i>Planothidium frequentissimum</i> (L.-B.) Lange-Bertalot	PLFR	I	1	I	1	-	-
<i>Planothidium lanceolatum</i> (Bréb. ex Kützing) L.-B.	PTLA	II	2	I	1	II	1
<i>Planothidium rostratum</i> (Oestrup) Lange-Bertalot	PRST	-	-	I	1	II	1
<i>Pseudostauronira parasitica</i> (W. Smith) Morales	PPRS	-	-	I	1	-	-
<i>Puncticulata glabriuscula</i> (Grunow) Håkansson	PUGL	I	1	I	1	-	-
<i>Puncticulata radiosa</i> (Lemmermann) Håkansson	PRAD	I	1	I	1	-	-
<i>Reimeria sinuata</i> (Gregory) Kociolek et Stoermer	RSIN	II	1	I	1	II	1
<i>Reimeria uniseriata</i> Sala, Guerrero et Ferrario	RUNI	I	1	-	-	-	-
<i>Rhoicosphenia abbreviata</i> (C. Agardh) Lange-Bertalot	RABB	III	1	II	5	IV	1
<i>Rhopalodia gibba</i> (Ehrenberg) O.F. Müller	RGIB	I	1	-	-	-	-
<i>Sellaphora joubaudii</i> (Germain) Aboal	SJOU	I	1	-	-	-	-
<i>Sellaphora laevisissima</i> (Kützing) D.G. Mann	SELA	-	-	I	1	-	-
<i>Sellaphora pupula</i> (Kützing) Mereschkowski	SPUP	I	1	I	1	I	1
<i>Sellaphora stroemii</i> (Hustedt) D.G. Mann	SSTM	I	1	-	-	-	-
<i>Simonsenia delognei</i> Lange-Bertalot	SIDE	-	-	I	1	-	-
<i>Stauroneis anceps</i> Ehrenberg	STAN	-	-	I	1	-	-
<i>Stauroneis smithii</i> Grunow	SSMI	-	-	I	1	I	1
<i>Stauronira construens</i> Ehrenberg	SCON	I	1	I	1	-	-
<i>Stauronira leptostauron</i> Ehrenberg	SSLE	I	1	I	1	-	-
<i>Stauronira mutabilis</i> (W.M. Smith) Grunow	SSMU	I	1	I	1	-	-
<i>Stauronira venter</i> (Ehrenberg) Cleve et Moeller	SSVE	I	1	-	-	-	-
<i>Stephanodiscus minutulus</i> (Kützing) Cleve et Moeller	STMI	-	-	I	1	-	-
<i>Surirella angusta</i> Kützing	SANG	I	1	I	1	-	-
<i>Surirella brebissonii</i> Krammer et Lange-Bertalot	SBRE	I	1	I	1	IV	1
<i>Surirella brebissonii</i> var. <i>punctata</i> Krammer	SBPU	-	-	-	-	I	1
<i>Surirella helvetica</i> Brun	SHEL	I	1	I	1	I	1
<i>Surirella minuta</i> Brébisson	SUMI	I	1	I	1	I	1
<i>Surirella ovalis</i> Brébisson	SOVI	-	-	I	1	II	1
<i>Surirella spiralis</i> Kützing	SSPI	I	1	-	-	-	-
<i>Thalassiosira weissflogii</i> (Grunow) Fryxell et Hasle	TWEI	-	-	-	-	I	1
<i>Tryblionella angustata</i> W.M. Smith	TANG	-	-	I	1	I	1
<i>Tryblionella apiculata</i> Gregory	TAPI	I	1	I	1	IV	1
<i>Tryblionella calida</i> (Grunow) D.G. Mann	TCAL	-	-	-	-	I	1
<i>Tryblionella debilis</i> Arnott ex O'Meara	TDEB	-	-	-	-	I	1
<i>Tryblionella hungarica</i> (Grunow) D.G. Mann	THUN	-	-	-	-	I	1
<i>Tryblionella levidensis</i> W.M. Smith	TLEV	-	-	I	1	-	-
<i>Ulnaria capitata</i> (Ehrenberg) Compère	UCAP	I	1	-	-	-	-
<i>Ulnaria oxyrhynchus</i> (Kützing) Aboal	UOXY	I	1	I	1	-	-
<i>Ulnaria ulna</i> (Nitzsch) Compère	UULN	III	1	II	2	III	1
<i>Ulnaria ulna</i> var. <i>acus</i> (Kützing) Lange-Bertalot	UUAC	I	1	I	1	I	1

## BIBLIOGRAFIA

- ÁCS É., SZABÓ K., TÓTH B., KISS K.T., 2004. Investigation of benthic algal communities, especially diatoms of some Hungarian streams in connection with reference conditions of the water framework directives. *Acta Botanica Hungarica*, **46** (3-4): 255-277.
- BATTEGAZZORE M., MORISI A., GALLINO B., FENOGLIO S., 2004. Environmental quality evaluation of alpine springs in NW Italy using benthic diatoms. *Diatom Research*, **19**: 149-165.
- BELTRAMI M.E., ECTOR L., CIUTTI F., CAPPELLETTI C., HOFFMANN L., ROTT E., 2009. Longitudinal variation of benthic diatoms and water quality along a large river (Adige River) in Northern Italy. *Verh. Internat. Verein. Limnol.*, **30** (6): 915-918.
- BIRK S., HERING D., 2009. A new procedure for comparing class boundaries of biological assessment methods: a case study from the Danube basin. *Ecological Indicators*, **9**: 528-539.
- BONA F., FALASCO E., FASSINA S., GRISELLI B., BADINO G., 2007. Characterization of diatom assemblages in mid-altitude streams of NW Italy. *Hydrobiologia*, **583** (1): 265-274.
- BUFFAGNI A., ERBA S., PAGNOTTA R., 2008. Definizione dello stato ecologico dei fiumi sulla base dei macroinvertebrati bentonici per la 2000/60/CE (WFD): il sistema di classificazione MacrOper per il monitoraggio operativo. *Irsacnr Notiziario dei Metodi Analitici Volume Speciale*, **2008**: 24-46.
- CAMPEAU S., GOSSELAIN V., FAUVILLE C., GEVREY M., DESCY J.P., 2003. Identification of Reference Diatom Communities in European Rivers : The PAEQUANN Project. North American Benthological Society (NABS), Athens, Georgia, USA.
- CAPPELLETTI C., CIUTTI F., CRIPPA A., MANCINI L., BELTRAMI M.E., PIERDOMINICI E., DELL'UOMO A., 2005. Diatomee come indicatori della qualità biologica dei corsi d'acqua. EPI-D ed altri metodi europei a confronto: il caso studio del fiume Tevere. In: Atti del Seminario: *Classificazione ecologica delle acque interne. Applicabilità della Direttiva 2000/60/CE*. Trento, 12-13 febbraio 2004. *Biologia Ambientale*, **19** (1): 103-108.
- CIUTTI F., CAPPELLETTI C., CORRADINI F., 2004. Applicazione dell'indice EPI-D a un corso d'acqua delle Alpi (Torrente Fersina): osservazioni sulla metodica di determinazione delle abbondanze relative. *Studi Trent. Sci. Nat., Acta Biol.*, **80** (2003): 95-100.
- CEMAGREF, 1982. Étude des méthodes biologiques quantitatives d'appréciation de la qualité des eaux. Lyon: Rapport Division Qualité des Eaux Lyon - Agence de l'Eau Rhône-Méditerranée-Corse, 218 pp.
- CEN, 2003. *Water quality - Guidance standard for the routine sampling and pretreatment of benthic diatoms from rivers. EN 13946*. Geneva: European Committee for Standardization, 14 pp.
- CEN, 2004. *Water quality - Guidance standard for the identification, enumeration and interpretation of benthic diatoms from rivers. EN 14407*. Brussels: European Committee for Standardization, 12 pp.
- CEU (COUNCIL OF THE EUROPEAN UNION), 2000. Directive 2000/60/EC of the European Parliament and of the Council of 23 October 2000 establishing a framework for community action in the field of water policy. *Off. J. Eur. Communities L 327*: 1-72.
- COSTE M., BOUTRY S., TISON-ROSEBERY J., DELMAS F., 2009. Improvements of the Biological Diatom Index (BDI): description and efficiency of the new version (BDI-2006). *Ecological Indicators*, **9** (4): 621-651.
- DELLA BELLA V., PUCCINELLI C., MARCHEGGIANI S., MANCINI L., 2007. Benthic diatom communities and their relationship to water chemistry in wetlands of central Italy. *Ann. Limnol. Int. - J. Lim.*, **43** (2): 88-89.
- DELL'UOMO A., 1996. Assessment of water quality of an Apennine river as a pilot study for diatom-based monitoring of Italian watercourses. In: Whitton B.A., Rott E., (eds), *Use of algae for monitoring rivers II*. Innsbruck: Institut für Botanik, Universität, 65-72.
- DELL'UOMO A., 1999. Use of algae for monitoring rivers in Italy: current situation and perspectives. In: Prygiel J., Whitton B.A., Bukowska (eds), *Use of algae for monitoring rivers III*. Agence de l'Eau Artois-Picardie, Douai, pp. 17-25.
- DELL'UOMO A., 2004. *L'indice diatamico di eutrofizzazione/polluzione (EPI-D) nel monitoraggio delle acque correnti. Linee guida*. Roma, Firenze: APAT, ARPAT, CTN\_AIM, 101 pp.
- DELL'UOMO A., PENSIERI A., CORRADETTI D., 1999. Diatomées épilithiques du fleuve Esino (Italie centrale) et leur utilisation pour l'évaluation de la qualité biologique de l'eau. *Cryptogamie, Algologie*, **20**: 253-269.
- DESCY J.P., COSTE M., 1991. A test of methods for assessing water quality based on diatoms. *Verh. Internat. Verein. Limnol.* **24**: 2112-2116.
- FINOCCHIARO M., TORRISI M., FERLITO A., 2009. Caratterizzazione delle comunità diatomiche 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.
- GOMÀ J., ORTIZ R., CAMBRA J., ECTOR L., 2004. Water quality evaluation in catalonian mediterranean rivers using epilithic diatoms as bioindicators. *Vie et Milieu*, **54**: 81-90.
- GRISELLI B., FOGLIATI P.L., GHIONE M., PATOSRIS F., STIVALETTI C., BONA F., BADINO G., 2005. Applicazione dell'Indice Diatamico EPI-D nella valutazione della qualità di corpi idrici piemontesi. *Biologia Ambientale*, **19**(1): 95-102.
- HAMMER Ø., HARPER D.A.T., RYAN P.D., 2007. PAST: Paleontological STatistics Software Package for Education and Data Analysis. Available from: <http://folk.uio.no/ohammer/past/>.
- HLÚBIKOVÁ D., HINDÁKOVÁ A., HAVIAR M., MIETTINEN J., 2007. Application of diatom water quality indices in influenced and non-influenced sites of Slovak rivers (Central Europe). *Arch. Hydrobiol. Suppl.*, **161** (3-4): 443-464.

- ILLIES J., BOTOSANEANU L., 1963. Problèmes et méthodes de la classification et de la zonation écologique des eaux courantes, considérées surtout du point de vue faunistique. *Mitt. Internat. Limnol.*, **12**: 1-57.
- IRSA, 1994. *Metodi analitici per le acque. Quaderni 100*. Istituto Poligrafico e Zecca dello Stato, Roma, 342 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.G., WHITTON B.A., 1995. The Trofic Diatom Index: a new index for monitoring Eutrophication in rivers. *J. Appl. Phycol.*, **7**: 433-444.
- KRAMMER K., 1997. Die cymbelloiden Diatomeen. Eine Monographie der weltweit bekannten Taxa. Teil 2. *Encyonema* part., *Encyonopsis* und *Cymbellopsis*. *Bibliotheca Diatomologica*. Band 37. J. Cramer, Stuttgart, 469 pp.
- KRAMMER K. 2002. *Cymbella*. In: Lange-Bertalot, editor. *Diatoms of Europe*. 3. Ruggell (Liechtenstein): A. R. G. Verlag K.G., 584 pp.
- KRAMMER K., LANGE-BERTALOT H., 1986, 1988, 1991a, 1991b. *Bacillariophyceae. Süßwasserflora von Mitteleuropa*. Stuttgart: Fischer G., **2** (1-4): 876+596+576+437 pp.
- LANGE-BERTALOT H., 2001. *Navicula* sensu stricto. 10 Genera Separated from *Navicula* sensu lato. *Frustulia. Diatoms of Europe*. A.R.G. Gantner Verlag K.G., Ruggell, **2**: 526 pp.
- LECOINTE C., COSTE M., PRYGIEL J., 1993. OMNIDIA: software for taxonomy, calculation of diatom indices and inventories management. *Hydrobiologia*, **269/270**: 509-513.
- MARTIN G., TOJA J., FERNÁNDEZ M.D.R., REYES I., CASCO M.A., 2010. Application of diatom biotic indices in the Guadalquivir River Basin, a Mediterranean basin. Which one is the most appropriated? *Environmental Monitoring and Assessment*, **170** (1-4): 519-534.
- PRYGIEL J., LÉVÉQUE L., ISERENTANT R., 1996. Un nouvel indice diatomique pratique pour l'évaluation de la qualité des eaux en réseau de surveillance. *Rev. Sci. Eau*, **1**: 97-113.
- RIMET F., ECTOR L., CAUCHIE H.M., HOFFMANN L., 2004. Regional distribution of diatom assemblage in the headwater streams of Luxembourg. *Hydrobiologia*, **520**:105-117.
- RIMET F., CAUCHIE H.M., HOFFMANN L., ECTOR L., 2005. Response of diatom indices to simulated water quality improvements in a river. *J. Appl. Phycol.* **17**: 119-128.
- ROTT E., HOFMANN G., PALL K., PFISTER P., PIPP E., 1997. *Indikationslisten für Aufwuchsalgen in österreichischen Fließgewässern. Teil 1: Saprobielle Indikation*. Wien: Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft.
- RUMEAU A., COSTE M., 1988. Initiation à la systématique des diatomées d'eau douce. Pour l'utilisation pratique d'un indice diatomique générique. *Bull. Fr. Pêche Piscic.* **309**: 1-69.
- SCHIEFELE S., SCHREINER C., 1991. Use of diatoms for monitoring nutrient enrichment, acidification and impact of salt in rivers in Germany and Austria. In: Whitton B.A., Rott E., Friedrich G., editors. *Use of Algae for monitoring rivers I*. Innsbruck: Institut für Botanik, Universität, Studia Student Ges mbH. pp. 103-110.
- SCURI S., TORRISI M., COCCHIONI M., DELL'UOMO A., 2006. The European Water Framework Directive 2000/60/EC in the evaluation of the ecological status of watercourses. Case study: the river Chienti (central Apennines, Italy). *Acta Hydrochim. Hydrobiol.*, **34**: 498-505.
- SLÁDEČEK V., 1986. Diatoms as indicators of organic pollution. *Acta Hydrochim. Hydrobiol.*, **14**: 555-566.
- TARDELLA F.M., TORRISI M., DELL'UOMO A., ORSOMANDO E., 2009. Flora ripariale e comunità algali reofile del fiume Nera (Italia centrale). *Giornata Mondiale dell'Acqua 2008, Accademia Nazionale dei Lincei, Bardi Ed., Roma*, pp. 257-265.
- TISON J., PARK Y.S., COSTE M., WASSON J.G., ECTOR L., RIMET F., DELMAS F., 2005. Typology of diatom communities and the influence of hydrosystem scale. *Water Research*, **39**: 3177-3188.
- TORRISI M., DELL'UOMO A., 2001. Les diatomées benthiques des parties rhithrales et potamales des cours d'eau de l'Apennin central (Italie) et leurs significations écologique. *Archiv für Hydrobiologie, Algological Studies*, **102**: 35-47.
- TORRISI M., DELL'UOMO A., 2003. Diatomées benthiques et qualité biologique d'un cours d'eau de l'Apennin central (Italie): le fleuve Chienti. *Actes du 21<sup>ème</sup> Colloque de l'ADLaF, Deuxième Supplement Hors Série, Société des Sciences Naturelles de l'Ouest de la France*, 230-241.
- TORRISI M., DELL'UOMO A., 2006. Biological monitoring of some Apennine rivers (central Italy) using the diatom-based eutrophication/pollution index (EPI-D) compared to other European diatom indices. *Diatom Research*, **21**: 159-174.
- TORRISI M., DELL'UOMO A., ECTOR L., 2008. Évaluation de la qualité des rivières des Apennins (Italie) au moyen des indices diatomiques: le fleuve Foglia. *Cryptogamie, Algol.*, **29** (1): 45-61.
- TORRISI M., SCURI S., DELL'UOMO A., COCCHIONI M., 2010. Comparative monitoring by means of diatoms, macroinvertebrates and chemical parameters of an Apennine watercourse of central Italy: The river Tenna. *Ecological Indicators* **10** (4): 910-913.
- WASSON J.W., GARCIA BAUTISTA A., CHANDESIS A., PELLA H., ARMANINI D., BUFFAGNI A., 2006. *Approccio delle Idro-Ecoregioni Europee e tipologia fluviale in Francia per la Direttiva Quadro sulle Acque (EC 2000/60)*. Documento di discussione per il Gruppo di Lavoro MATTM sulla Tipologia Fluviale. *Notiziario IRSA dei Metodi Analitici*, **2006** (1): 20-38.
- WERUM M., LANGE-BERTALOT H., 2004. *Diatoms from Springs. Iconographia Diatomologica*. Koeltz Scientific Books, **13**: 480 pp.
- ZGRUNDO A., BOGACZEWICZ-ADAMCZAK B., 2004. Applicability of diatom indices for monitoring water quality in coastal streams in the Gulf of Gdansk Region, northern Poland. *Oceanological and Hydrobiological Studies, International Journal of Oceanography and Hydrobiology*, **33** (3): 31-46.