

# **Analisi delle comunità di diatomee bentoniche in un fiume fortemente intermittente**

**Elisa Falasco\*, Nicolò Chiappetta, Elena Piano**

*Dipartimento di Scienze della Vita e Biologia dei Sistemi, via Accademia Albertina 13 – 10123 Torino*

\* *Referente per la corrispondenza: elisa.falasco@unito.it*

*Pervenuto il 6.10.2016; accettato il 26.10.2016*

## **RIASSUNTO**

I fiumi mediterranei sono naturalmente caratterizzati da scarsità ed assenza idrica durante il periodo estivo. I recenti cambiamenti climatici uniti all'uso indiscriminato delle risorse idriche hanno portato all'inasprimento di questo fenomeno, in termini di frequenza e intensità, coinvolgendo aree sempre più vaste e fiumi finora definiti permanenti. L'individuazione di strumenti in grado di rilevare questo impatto è perciò molto importante. Nel nostro studio abbiamo affiancato al campionamento tradizionale delle diatomee una metodologia sperimentale in grado di considerare l'enorme eterogeneità di habitat che si viene a creare durante il periodo estivo nei fiumi intermittenti. Oggetto del nostro studio è il Merula (Liguria), su cui sono state individuate una stazione a regime idrologico permanente e una a regime intermittente. In ciascuna stazione sono stati individuati un transetto e 5 microhabitat, differenti in termini di connessione rispetto al corso d'acqua principale, velocità della corrente, profondità, composizione del substrato, vegetazione acquatica, ombreggiamento. I campionamenti sono stati condotti mensilmente, con un'intensificazione in agosto e settembre (totale 96 campioni). La cluster analysis effettuata sulla base della composizione delle comunità dei transetti ha definito tre raggruppamenti corrispondenti a differenti livelli di disturbo fisico (assente, intermedio e elevato). Inoltre, dall'analisi NMDS, è emerso come nei periodi dell'anno caratterizzati da stabilità idrologica, le comunità dei transetti e quelle dei microhabitat siano simili in termini compositivi. Al contrario, questa differenza aumenta significativamente col procedere della secca: si osserva un progressivo differenziamento delle comunità rinvenute mediante le due tipologie di campionamento ad indicare l'inclusione di specie particolari nei campioni prelevati dai microhabitat.

PAROLE CHIAVE: diatomee / eterogeneità / fiumi intermittenti / microhabitat

## **Analysis of benthic diatom communities in a temporary stream**

Mediterranean rivers are naturally characterized by water scarcity and dryness during the summer. Recently, climate changes joined to the unappropriated use of the water resources have increased the extent of this phenomenon, in terms of both frequency and intensity, involving areas so far unaffected by this events and rivers defined as permanent. In this context, the identification of tools useful to detect this kind of impact is very important. In our study, we sampled benthic diatoms by following two different approaches: the first traditional, the second experimental, taking into account the great habitat heterogeneity which characterizes intermittent streams in summer. Two sampling stations, respectively characterized by permanent and intermittent flows, were chosen on the Merula stream (Liguria). In each station we collected diatom samples from 1 transect and 5 microhabitats, different in terms of connection with the main flow, current velocity, water depth, substrate composition, percentage of aquatic vegetation and shading. Samplings were conducted monthly, with an intensification during August and September. In total 96 diatom samples were analysed. The cluster analysis performed on the species composition of the transect communities, defined three groups corresponding to three different levels of physical disturbance (absent, intermediate and high). In addition, in accordance with the results obtained from NMDS analysis, under hydrological stability transects and microhabitat communities were similar in terms of species composition. On the contrary, the communities obtained from these two types of sampling approaches significantly differed during summer, underlying the inclusion of particular species in samples from microhabitats.

KEY WORDS: diatoms / heterogeneity / intermittent streams / microhabitats

## INTRODUZIONE

Il clima mediterraneo è caratterizzato da inverni temperati e piovosi e da estati calde e secche, con forte irraggiamento solare ed alti tassi di evaporazione (Buffagni, 2004). Gli ambienti interessati da questo tipo di clima presentano un forte contrasto stagionale, che ha un impatto particolarmente incisivo sui corsi d'acqua. I fiumi mediterranei infatti, sono caratterizzati da un regime idrologico irregolare con fenomeni di forte magra o secca durante il periodo estivo, alternati a piene ed inondazioni nel corso della stagione invernale. Questi corsi d'acqua vengono perciò definiti "temporanei" o "intermittenti" e presentano una portata discontinua a seconda delle stagioni con forti ripercussioni sull'intero ecosistema (Boulton, 1989).

La particolare idrologia dei fiumi temporanei ha una grande influenza sui processi abiotici e sugli habitat; inoltre, la variabilità del flusso è un fattore che condiziona molteplici aspetti del metabolismo degli organismi acquatici (Buffagni, 2004). Negli ultimi anni l'utilizzo, spesso indiscriminato, delle risorse idriche da parte delle attività antropiche, ha fortemente contribuito all'inasprimento del fenomeno naturale delle secche. I tratti fluviali soggetti a scarsità idrica sono sempre più diffusi, anche al di fuori delle idroecoregioni in area mediterranea, ed il mantenimento del deflusso minimo vitale, molto spesso, non viene rispettato.

Al giorno d'oggi, lo studio delle diatomee bentoniche è largamente utilizzato per la valutazione della qualità dei corsi d'acqua: la loro grande sensibilità al disturbo fisico-chimico, nonché la semplicità di campionamento, le rendono un ottimo bioindicatore ambientale. Il protocollo di campionamento attualmente in vigore prevede che si selezioni per il prelievo un transetto standard il più possibile rappresentativo del sito in questione (European Committee for Standardization, 2003). Questa modalità di campionamento però non tiene conto dell'elevata eterogeneità che caratterizza i fiumi intermittenti durante il periodo estivo. Le pozze isolate che si creano con il progredire della secca, infatti, differiscono dal corso d'acqua principale in termini di parametri sia fisici sia chimici: la temperatura della colonna d'acqua e la concentrazione di nutrienti aumentano, mentre la concentrazione di ossigeno disciolto diminuisce (Lake, 2003). Una metodologia di campionamento che includa l'analisi di questi peculiari microhabitat potrebbe quindi riflettere maggiormente la grande biodiversità che caratterizza questi ambienti (Smucker e Vis, 2010; 2011). Siti omogenei, infatti, ospitano generalmente comunità di diatomee con bassi valori di evenness, diversità e ricchezza specifica.

Studi recenti hanno dimostrato l'importanza di utilizzare ai fini del monitoraggio, oltre alla composizione in specie, anche metriche complementari come, ad esempio, le forme di crescita e le guild ecologiche.

Queste ultime, in particolare, classificano le specie in gruppi eterogenei da un punto di vista tassonomico ma omogenei da un punto di vista funzionale, in quanto le specie appartenenti alla stessa categoria sono in grado di condividere le stesse risorse. Per quanto riguarda le diatomee, sono state distinte 3 guilds ecologiche sulla base della tolleranza alla limitazione dei nutrienti e al disturbo di tipo fisico (Passy, 2007). In particolare sono state definite le seguenti categorie: *low profile*, *high profile* e *motili*. Le specie *low profile* presentano tipicamente piccole dimensioni ed una forma di crescita adnata, prostrata o eretta; tollerano il disturbo di tipo fisico, ma sono svantaggiate dall'abbondanza di nutrienti. La guild *high profile* comprende specie di maggiori dimensioni, generalmente in grado di formare colonie, favorite da alte concentrazioni di nutrienti ma non tolleranti il disturbo fisico. La guild *motili*, infine, comprende specie in grado di muoversi rapidamente sul substrato e slegate sia dalla limitazione delle risorse sia dal disturbo fisico, poiché in grado di spostarsi e selezionare habitat idonei per la propria proliferazione (Passy, 2007). Una quarta guild, quella delle *planctoniche*, è stata individuata successivamente e contiene specie tipiche di ambienti lentici con adattamenti morfologici che permettono loro di resistere alla sedimentazione (Rimet e Bouchez, 2012).

La tendenza a classificare i taxa sulla base dei rispettivi gruppi funzionali ha preso recentemente piede nell'ambito degli studi ecologici (Stenger-Kovács *et al.*, 2013; Elias *et al.*, 2014); questo approccio però presenta ancora delle connotazioni sperimentali e potrebbe necessitare di eventuali modifiche. B-Béres *et al.* (2014) hanno infatti evidenziato alcuni limiti per quanto riguarda la classificazione nelle guild finora utilizzate, proponendo ulteriori suddivisioni all'interno delle tre categorie. In particolare, gli autori hanno evidenziato differenze significative tra specie appartenenti alla stessa guild, in relazione alle sensibilità ai nutrienti.

Il nostro studio si pone come obiettivo l'analisi delle comunità diatomiche presenti in un corso d'acqua mediterraneo fortemente intermittente, il torrente Merula, mediante un metodo di campionamento sperimentale, che prende in considerazione l'enorme eterogeneità di habitat che si viene a creare durante il periodo estivo. Questo metodo è stato affiancato al campionamento tradizionale. Le risposte delle comunità di diatomee così raccolte sono state analizzate sia a livello di composizione in specie sia a livello di guild ecologiche. La presenza di potenziali specie indicatrici, in grado di rispondere al disturbo creato dalla secca, è stata testata attraverso analisi statistiche.

## MATERIALI E METODI

L'area di studio è situata nel Ponente Ligure, più precisamente in Val Merula (nel comune di Andora), al

confine tra la provincia di Savona e quella di Imperia. Questa zona appartiene all'Idroecoregione 9 "Alpi mediterranee" (HER 9) ed è caratterizzata dalla presenza di rocce sedimentarie ricche di calcari e da un tipico clima a regime mediterraneo. In questo studio è stato preso in esame un solo corpo idrico, il torrente Merula, caratterizzato da un regime fortemente intermittente durante il periodo estivo. Sono state selezionate due stazioni di prelievo: la prima in un tratto superiore, non soggetto a secche stagionali (di seguito indicato come "Monte") ed una più a valle in una sezione soggetta a secche estive frequenti ed intense (di seguito indicato come "Valle"). In ciascuna stazione di campionamento sono stati individuati un transetto (T) e 5 microhabitat (MH), questi ultimi scelti in modo da rappresentare la maggiore eterogeneità possibile di habitat in termini di velocità della corrente, presenza di macrofite, ombreggiamento, composizione del substrato e profondità. Abbiamo definito ciascun MH come un buffer ideale di circa 40 cm di raggio, al centro del quale è stato selezionato un ciottolo. Quando presenti, le pozze isolate sono state considerate MH prioritari per il campionamento.

Nel T sono stati misurati temperatura, pH, conducibilità e ossigeno disciolto mediante una sonda multiparametrica HYDROLAB QUANTA. Lungo il transetto, sono state eseguite 3 misurazioni della velocità della corrente con l'ausilio di un mulinello idrometrico HYDROBIOS KIEL. In contemporanea, è stata rilevata la profondità della colonna d'acqua. Inoltre, sono stati prelevati campioni di acqua destinati alla successiva analisi in laboratorio dei nutrienti (nitrati e fosfati) e dei solidi in sospensione (TSS). Per quanto riguarda i MH, sono state registrate una misura di velocità e una di profondità in corrispondenza del ciottolo selezionato. Inoltre è stato valutato il grado di connessione con il flusso principale (connesso, semi-isolato o isolato). In tutti i MH isolati sono stati inoltre rilevati i parametri della sonda e sono stati raccolti i campioni d'acqua per l'analisi dei nutrienti e dei TSS.

I campioni di diatomee sono stati raccolti seguendo sia un approccio tradizionale (T), sia sperimentale (MH). Il prelievo tradizionale si è svolto nel transetto individuato per la registrazione dei parametri fisico-chimici ed è stato effettuato secondo il protocollo standard (European Committee for Standardization, 2003). Il prelievo nei MH è stato eseguito raccogliendo il perifiton dal ciottolo selezionato nel centro del buffer. In ciascun sito sono dunque stati raccolti 6 campioni, mantenuti separati per l'analisi delle comunità. Le campagne di prelievo si sono svolte mensilmente tra aprile e ottobre 2014, con un'intensificazione in agosto e settembre, in cui sono stati effettuati prelievi ogni due settimane. In totale sono stati raccolti 96 campioni di diatomee.

Il trattamento in laboratorio è stato eseguito secondo il protocollo standard (UNI EN 13946, 2005), tramite

ossidazione con il perossido di idrogeno ( $H_2O_2$ ) ed acido cloridrico (HCl). I vetrini sono stati montati utilizzando la resina Naphrax® ad alto indice di rifrazione. Infine l'osservazione è avvenuta con un microscopio ottico dotato di un obiettivo 100X utilizzato ad immersione in olio di cedro. Il riconoscimento delle diatomee, a livello di specie, è stato effettuato sulla base delle principali flore diatomiche esistenti e recenti articoli di sistematica (Krammer e Lange-Bertalot, 1986-1991a, b; Lange-Bertalot e Metzeltin, 1996; Krammer, 1997a, b, 2002, 2003; Reichardt, 1999; Lange-Bertalot 2001; Werum e Lange-Bertalot, 2004; Blanco *et al.*, 2010; Hofmann *et al.*, 2011; Bey e Ector, 2013; Falasco *et al.*, 2013; Ector *et al.*, 2015).

Per l'analisi dei dati è stato utilizzato il software R® con l'ausilio dei pacchetti *vegan* (Oksanen *et al.*, 2016) e *indic species* (De Caceres e Legendre, 2009). Le differenze in termini di composizione in specie delle comunità prelevate nei T sono state analizzate tramite una cluster analysis. Sulla base dei gruppi così individuati, è stata applicata l'ISA (Indicator Species Analysis), che ha permesso di evidenziare possibili specie indicatrici del disturbo creatosi durante la secca. Inoltre, questa stessa analisi è stata applicata su alcune delle variabili ambientali rilevate nei MH, al fine di individuarne le specie indicatrici. Infine, una tecnica di ordinamento, l'NMDS (Non-metric Multidimensional Scaling), è stata utilizzata per valutare le differenze tra le comunità di monte e di valle, campionate sia nei T sia nei MH. L'analisi delle guilds ecologiche è stata effettuata sulle 15 specie più frequenti ed abbondanti nei diversi campioni, tramite un grafico a bolle.

## RISULTATI

I parametri ambientali e chimici rilevati nelle due stazioni di prelievo sono presentati in tabella I. La velocità della corrente è mediamente più bassa nella stazione di valle, così come la profondità. La conducibilità media nei due siti è paragonabile, così come l'ossigeno disciolto. Nel sito di valle, tuttavia, questi due parametri subiscono forti variazioni durante il periodo estivo, in particolare nelle pozze, in cui si raggiungono picchi negativi di ossigeno disciolto inferiori al 40%. Il pH è mediamente più basico nella stazione di valle, differenza che è stata rilevata in particolare nelle pozze isolate. La concentrazione di materiale fine in sospensione è molto bassa, non significativa. La concentrazione di fosforo è mediamente bassa sia nel sito di monte sia a valle, denotando un ambiente oligotrofico. Leggermente più elevati sono i livelli di nitrati, specialmente nella stazione di valle.

Per quanto riguarda le comunità diatomiche, sono stati analizzati 96 campioni per un totale di 148 specie identificate (Tab. II). La cluster analysis effettuata sulle comunità diatomiche dei T, ha permesso di individuare

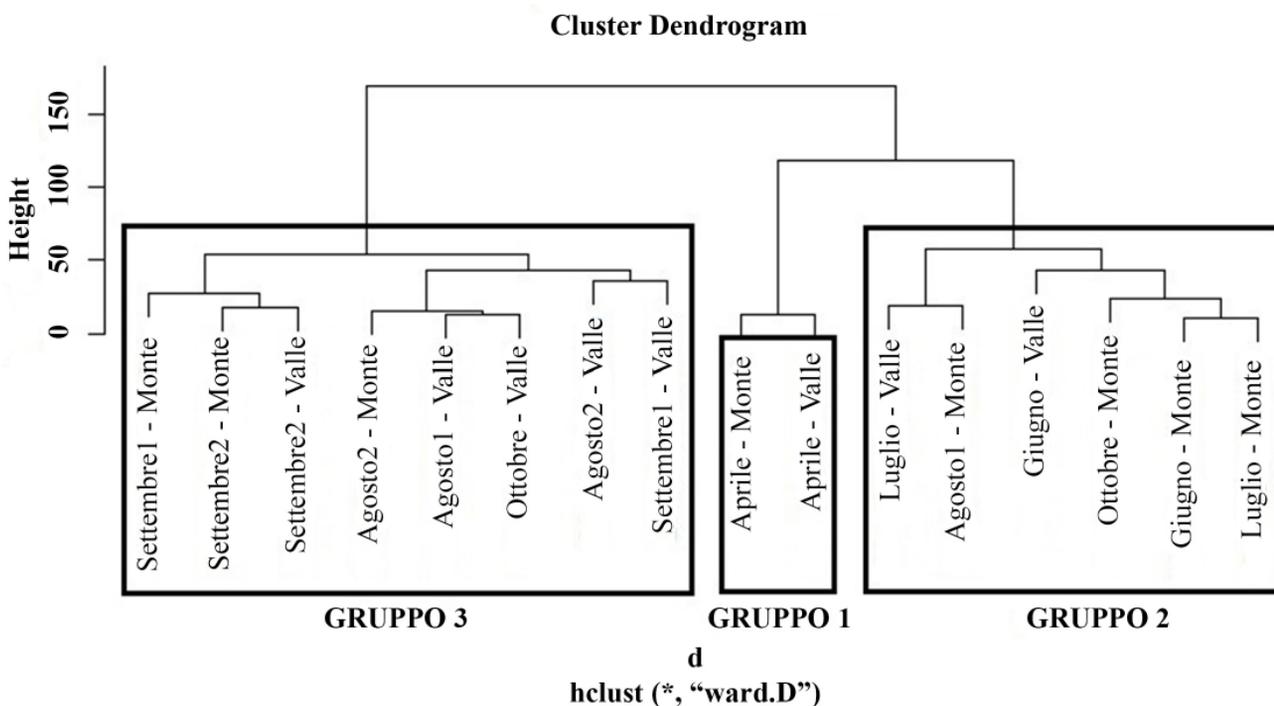
**Tab. I.** Risultati (media  $\pm$  deviazione standard) dei parametri fisico-chimici rilevati nelle due stazioni di monitoraggio sia in T sia in MH durante tutte le campagne di prelievo.

	velocità (m/s)	profondità (cm)	conducibilità ( $\mu$ S/cm)	ossigeno disciolto %	ossigeno disciolto mg/L	pH	temperatura ( $^{\circ}$ C)	TSS (mg/L)	P-PO <sub>4</sub> (mg/L)	N-NO <sub>3</sub> (mg/L)
<b>MONTE</b> (media $\pm$ dev.st)	0,16 $\pm$ 0,23	27,63 $\pm$ 17,63	435 $\pm$ 9,39	99,8 $\pm$ 6,17	9,20 $\pm$ 0,45	7,18 $\pm$ 2,83	19,06 $\pm$ 2,83	2,19 $\pm$ 2,09	0,007 $\pm$ 0,012	0,381 $\pm$ 0,127
<b>VALLE</b> (media $\pm$ dev.st)	0,10 $\pm$ 0,17	19,79 $\pm$ 18,03	459 $\pm$ 61,17	96,0 $\pm$ 33,18	8,66 $\pm$ 3,05	8,34 $\pm$ 0,43	20,89 $\pm$ 3,39	1,37 $\pm$ 1,37	0,011 $\pm$ 0,014	0,517 $\pm$ 0,359

tre gruppi distinti in termini di composizione in specie (Fig. 1). In particolare, si può notare un gradiente legato a condizioni di disturbo crescente. Le comunità del mese di aprile, sia a monte che a valle ('Gruppo 1'), si distinguono significativamente dagli altri campioni. Il secondo gruppo ('Gruppo 2'), è caratterizzato da condizioni di disturbo intermedie ed è costituito principalmente dai campioni prelevati in giugno e luglio (sia a monte sia a valle). Sono inoltre comprese le comunità del primo campionamento di agosto (agosto 1) e ottobre raccolte nella stazione di monte, in cui si registra solo una lentificazione del corso d'acqua. Il terzo gruppo ('Gruppo 3'), che si separa maggiormente dagli altri due, racchiude le comunità più disturbate dalla secca, prelevate durante le campagne estive di agosto e settembre e, nel sito a valle, in ottobre.

Grazie all'utilizzo del metodo ISA è stato poi possibile individuare quali fossero le specie indicatrici di ciascuno dei gruppi individuati nella cluster analysis (Tab. III). Il gruppo con disturbo assente ('Gruppo 1')

è risultato caratterizzato da una comunità generalmente più matura, composta prevalentemente da specie colonizzatrici secondarie. Sono risultati significativamente rappresentativi di questo gruppo sia taxa considerati oligosaprobi, come *Encyonopsis cesatii*, *Gomphonema angustum* e *Gomphonema cymbelliclinum*, sia specie  $\beta$ -mesosaprobie e polisaprobie, come ad esempio *Nitzschia palea*. I taxa indicatori di questo primo gruppo sono generalmente poco tolleranti il disturbo fisico, in particolare le specie appartenenti al genere *Gomphonema*. Da segnalare, in questo primo raggruppamento, la presenza significativa di *Gomphonema angustum*, classificato nella Lista Rossa di Lange-Bertalot e Steindorf (1996) come "in decrescita". Il gruppo caratterizzato da disturbo intermedio ('Gruppo 2') include come significativamente rappresentative specie epifitiche, legate alla presenza di macrofite in alveo, e in grado di tollerare livelli moderati di inquinamento organico. Di particolare interesse in questo gruppo sono *Cocconeis pediculus* e *Nitzschia gessneri*; quest'ultima, in par-

**Fig. 1.** Risultato grafico della cluster analysis effettuata sulle comunità diatomiche. In evidenza, i tre gruppi individuati che corrispondono a condizioni crescenti di disturbo misurato in termini di intermittenza del corso d'acqua.

**Tab. II.** Checklist delle specie di diatomee rinvenute sul torrente Merula e relativo acronimo utilizzato in Omnidia 5.3. Appartenenza di ciascuna specie a una, o più, delle 4 guilds ecologiche: *low profile*, *high profile*, *motili* e *planctoniche*. La presenza di una specie nelle stazioni di monte (M) o di valle (V) è rappresentata dal segno “+”; N.B. in ciascuna colonna sono rappresentate le specie raccolte sia nel T sia nei 5 MH di ciascuna stazione.

NOME.x	CODICE	Low profile		High profile		Motili		Planctoniche		Aprile		Giugno		Luglio		Agosto1		Agosto2		Settembre1		Settembre2		Ottobre		
		M	V	M	V	M	V	M	V	M	V	M	V	M	V	M	V	M	V	M	V	M	V	M	V	
<i>Achnanthydium affine</i> (Grun) Czarneki	ACAF																									
<i>Achnanthydium draartii</i> Rimet & Couité	ADRU																									
<i>Achnanthydium gracillimum</i> (Meister) Lange-Bertalot	ADGL																									
<i>Achnanthydium jacksonii</i> Rabenhorst	ADJK																									
<i>Achnanthydium latecephalum</i> Kobayasi	ADLA																									
<i>Achnanthydium lineare</i> W.Smith	ADLI																									
<i>Achnanthydium minutissimum</i> (Kütz.) Czarneki f. anormale	ADMT																									
<i>Achnanthydium minutissimum</i> (Kütz.) Czarneki	ADMI																									
<i>Achnanthydium pyrenaicum</i> (Hustedt) Kobayasi	ADPY																									
<i>Achnanthydium pyrenaicum</i> (Hustedt) Kobayasi f. anormale	ADPT																									
<i>Achnanthydium straubianum</i> (Lange-Bertalot) Lange-Bertalot	ADSB																									
<i>Adafia minuscula</i> (Grunow) Lange-Bertalot	ADMS																									
<i>Amphora ovalis</i> (Kütz.) Kützing	AOVA																									
<i>Amphora pediculus</i> (Kütz.) Grunow	APED																									
<i>Aulacoseira</i> sp.	AULA																									
<i>Brachysira neoxilis</i> Lange-Bertalot	BNEO																									
<i>Caloneis elongata</i> Manguin Bourrelly & Manguin	CELO																									
<i>Caloneis lanceolata</i> (Schulz) Lange-Bertalot & Witkowski	CLCT																									
<i>Cocconeis euglypta</i> Ehrenberg emend Romero & Jahn	CEUG																									
<i>Cocconeis lineata</i> Ehrenberg	CLNT																									
<i>Cocconeis pediculus</i> Ehrenberg	CPED																									
<i>Cocconeis pediculus</i> Ehrenberg f. anormale	CPAB																									
<i>Cocconeis placentalis</i> Ehrenberg f. anormale	CPTG																									
<i>Cyclotella distinguenda</i> Hustedt	CDTG																									
<i>Cymbella affinis</i> Kützing	CAFF																									
<i>Cymbella excisa</i> Kützing var. <i>excisa</i>	CAEX																									
<i>Cymbella excisa</i> Kützing var. <i>excisa</i> f. anormale	CETG																									
<i>Cymbella excisiformis</i> Krammer	CEXF																									
<i>Cymbella hustedtii</i> Krasske	CHUS																									
<i>Cymbella laevis</i> Naegeli in Kützing	CLAE																									
<i>Cymbella lanceolata</i> (Krammer) Krammer	CLTL																									
<i>Cymbella parva</i> (W.Sm.) Kirchner	CPAR																									
<i>Cymbella subtruncata</i> Krammer	CSUT																									
<i>Cymbella tropica</i> Krammer	CTRO																									
<i>Cymbella vulgata</i> Krammer	CVUL																									
<i>Cymbopleura amphicephala</i> Krammer	CBAM																									

NOME.x	CODICE	GUILDS		Aprile M V	Giugno M V	Luglio M V	Agosto1		Agosto2		Settembre1		Settembre2		Ottobre	
		Low profile	High Motili Plancto- niche				M V	M V	M V	M V	M V	M V	M V	M V		
<i>Denticula kuetzingii</i> Grunow	DKUE		+		+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Denticula tenuis</i> Kützing	DTEN		+		+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Diatoma ehrenbergii</i> Kützing	DEHR		+		+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Diatoma moniliformis</i> Kützing	DMON		+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Diatoma moniliformis</i> Kützing f. anormale	DMOT		+		+											
<i>Diatoma vulgaris</i> Bory	DVUL		+		+				+							
<i>Diploneis parma</i>	DPAR	+								+						
Cleve sensu Krammer & Lange-Bertalot	DSEP	+									+					
<i>Diploneis separanda</i> Lange-Bertalot	DSEP		+								+					
<i>Ecyonema minutum</i> (Hilse) Mann	ENMI		+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Ecyonema silesiacum</i> (Bleisch) Mann	ESLE		+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Ecyonema ventricosum</i> (Agardh) Grunow	ENVE		+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Ecyonopsis cesatii</i> (Rabenhorst) Krammer	ECES		+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Ecyonopsis microcephala</i>	ECMT	+													+	
(Grunow) Krammer f. anormale	ECMT		+													
<i>Ecyonopsis minuta</i> Krammer & Reichardt	ECPM		+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Ecyonopsis subminuta</i> Krammer & Reichardt	ESUM		+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Eolimna minima</i> (Grunow) Lange-Bertalot	EOMI		+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Eolimna subminuscula</i> (Manguin) Moser et al.	ESBM		+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Epithemia adnata</i> (Kützing) Brébisson	EADN		+													
<i>Eucocconeis flexella</i> (Kützing) Meister	EUFN		+							+	+	+	+	+	+	+
<i>Eucocconeis laevis</i> (Oestrup) Lange-Bertalot	EULA		+							+	+	+	+	+	+	+
<i>Eunotia</i> sp.	EUNO		+							+	+	+	+	+	+	+
<i>Fistulifera pelliculosa</i> (Brebisson) Lange-Bertalot	FPEL		+													
<i>Fistulifera saprophila</i>	FSAP		+										+			
(Lange-Bertalot & Bonik) Lange-Bertalot	FSAP		+													
<i>Fragilaria alpestris</i> Krasske ex Hustedt	FALP		+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Fragilaria amphicephaloides</i> Lange-Bertalot	FAPO		+							+						
<i>Fragilaria austriaca</i> (Grunow) Lange-Bertalot	FAUT		+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Fragilaria capucina</i> Desm (Grunow)	FCCT		+													
Lange-Bertalot f. anormale	FCCT		+													
<i>Fragilaria capucina</i> var. <i>rumpens</i> (Kütz)																
Lange-Bert. ex Bukht. f. anormale	FRUT		+													+
<i>Fragilaria delicatissima</i> (Smith) Lange-Bertalot	FDEL		+													
<i>Fragilaria gracilis</i> Østrup	FGRA		+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Fragilaria gracilis</i> Østrup f. anormale	FGRT		+													
<i>Fragilaria lata</i> (Cleve-Euler) Renberg	FLAT		+													
<i>Fragilaria perminuta</i> (Grunow) Lange-Bertalot	FPFM		+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Fragilaria recapitulata</i> Lange-Bertalot & Metzeltin	FRCP		+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Fragilaria rumpens</i> (Kütz.) Carlson	FRUM		+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Fragilaria vaucheriae</i> (Kützing) Petersen	FVAU		+													
<i>Frustulia</i> species	FRUS		+													

NOME.x	CODICE	GUILDS		Aprile M V	Giugno M V	Luglio M V	Agosto1			Agosto2			Settembre1			Settembre2			Ottobre M V
		Low profile	High profile				M	V	M	V	M	V	M	V	M	V	M	V	
<i>Gomphonema angustum</i> Agardh	GANT		+	+															
<i>Gomphonema</i> sp.	GOMP		+			+													
<i>Gomphonema capitatum</i> Ehr.	GCAP		+		+														
<i>Gomphonema cymbellinum</i> Reichardt & Lange-Bertalot	GCBC		+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Gomphonema elegantissimum</i> Reichardt & Lange-Bertalot	GELG		+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Gomphonema exilissimum</i> (Grun.) Lange-Bertalot & Reichardt	GEXL																		
<i>Gomphonema lateripunctatum</i> Reichardt & Lange-Bertalot	GLAT		+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Gomphonema micropus</i> Kützing	GMIC		+																
<i>Gomphonema minutum</i> (Ag.) Agardh	GMIN		+																
<i>Gomphonema olivaceum</i> (Hornemann) Brébisson	GOLI		+	+	+	+	+												
<i>Gomphonema parvulum</i> (Kützing) Kützing	GPAR		+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Gomphonema pumilum</i> var. <i>rigidum</i> Reichardt & Lange-Bertalot	GPRI		+																
<i>Gomphonema species</i> f. <i>anormale</i>	GOMT		+																
<i>Gomphonema subclavatum</i> Grunow	GSCL		+																
<i>Gomphonema tenocultum</i> Reichardt	GTNO		+																
<i>Gomphonema tergestinum</i> (Grunow) Schmidt	GTER		+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Gomphonema vidalii</i> Beltrami & Ector	GVID		+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Halamphora montana</i> (Krauske) Levkov	HLMO		+																
<i>Hantzschia amphioxys</i> (Ehr.) Grunow	HAMP																		
<i>Melosira varians</i> Agardh	MVAR		+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Meridion circulare</i> (Greville) Agardh	MCIR		+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Navicula amphiceropsis</i> Lange-Bertalot & Rumrich	NAAM																		
<i>Navicula antonii</i> Lange-Bertalot	NANT		+																
<i>Navicula capitatoradiata</i> Germain	NCPR		+																
<i>Navicula cryptocephala</i> Kützing	NCRY		+																
<i>Navicula cryptotenella</i> Lange-Bertalot	NCTE		+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Navicula cryptotenelloides</i> Lange-Bertalot	NCTO		+																
<i>Navicula dealpina</i> Lange-Bertalot	NDEA																		
<i>Navicula radiosa</i> Kützing	NRAD		+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Navicula reichardtiana</i> Lange-Bertalot	NRCH		+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Navicula subalpina</i> Reichardt	NSBN		+																
<i>Navicula tripunctata</i> (Müller) Bory	NTPP		+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Navicula veneta</i> Kützing	NVEN		+																
<i>Neidium hustedtii</i> Bastow var. <i>ellipticum</i> Bastow	NEHD																		
<i>Nitzschia acidoclimata</i> Lange-Bertalot	NACD																		
<i>Nitzschia amphibia</i> Grunow	NAMP		+																
<i>Nitzschia archibaldii</i> Lange-Bertalot	NIAR		+	+															
<i>Nitzschia dissipata</i> (Kütz.) Grunow var. <i>media</i> (Hantzsch) Grunow	NDME		+																

NOME..x	CODICE	GUILDS		Aprile		Giugno		Luglio		Agosto1		Agosto2		Settembre1		Settembre2		Ottobre	
		Low profile	High profile	M	V	M	V	M	V	M	V	M	V	M	V	M	V	M	V
<i>Nitzschia dissipata</i> (Kützing) Grunow	NDIS		+		+		+		+		+		+		+		+		+
<i>Nitzschia fonticola</i> Grunow	NFON		+		+		+		+		+		+		+		+		+
<i>Nitzschia gessneri</i> Hustedt	NGES		+		+		+		+		+		+		+		+		+
<i>Nitzschia heufferiana</i> Grunow	NHEU		+		+		+		+		+		+		+		+		+
<i>Nitzschia inconspicua</i> Grunow	NINC		+		+		+		+		+		+		+		+		+
<i>Nitzschia lacuum</i> Lange-Bertalot	NILA		+		+		+		+		+		+		+		+		+
<i>Nitzschia linearis</i> (Agardh) Smith	NLIN		+		+		+		+		+		+		+		+		+
<i>Nitzschia microcephala</i> Grunow	NMIC		+		+		+		+		+		+		+		+		+
<i>Nitzschia palea</i> (Kützing) W.Smith var. <i>debilis</i> (Kützing) Grunow	NPAD		+		+		+		+		+		+		+		+		+
<i>Nitzschia palea</i> (Kützing) W.Smith	NPAL		+		+		+		+		+		+		+		+		+
<i>Nitzschia perminuta</i> (Grunow) M.Peragallo	NIPM		+		+		+		+		+		+		+		+		+
<i>Nitzschia pusilla</i> (Kützing) Grunow emend Lange-Bertalot	NIPU		+		+		+		+		+		+		+		+		+
<i>Nitzschia recta</i> Hantzsch	NREC		+		+		+		+		+		+		+		+		+
<i>Nitzschia sigmoidea</i> (Nitzsch) W. Smith	NSIO		+		+		+		+		+		+		+		+		+
<i>Nitzschia solgensis</i> Cleve-Euler	NSOL		+		+		+		+		+		+		+		+		+
<i>Nitzschia</i> species f. anormale	NIZT		+		+		+		+		+		+		+		+		+
<i>Nitzschia subtilis</i> Grunow	NISU		+		+		+		+		+		+		+		+		+
<i>Nitzschia tabellaria</i> (Grunow) Grunow	NTAB		+		+		+		+		+		+		+		+		+
<i>Planohidium frequentissimum</i> (Lange-Bertalot) Lange-Bertalot	PLFR	+																	
<i>Psammothidium chlidanos</i> (Hohn & Hellerman) Lange-Bertalot	PCHL	+																	
<i>Pseudostaurosira brevistriata</i> (Grun) Williams & Round	PSBR		+										+						
<i>Reimeria sinuata</i> (Gregory) Kociolek & Stoermer	RSIN		+		+		+		+		+		+		+		+		+
<i>Reimeria uniseriata</i> Sala Guerrero & Ferrario	RUNI		+		+		+		+		+		+		+		+		+
<i>Rhoicosphenia abbreviata</i> (Agardh) Lange-Bertalot	RABB		+				+												+
<i>Sellaphora bacillum</i> (Ehrenberg) Mann	SEBA																		
<i>Sellaphora stroemii</i> (Hustedt) Kobayasi	SSTM		+		+		+		+		+		+		+		+		+
<i>Sellaphora ventraloides</i> (Hustedt) Falasco & Ector	SVTL		+																
<i>Stauroneis smithii</i> Grunow	SSMI		+										+						
<i>Stauroneis venter</i> (Ehr.) Cleve & Moeller	SSVE		+																+
<i>Surirella angusta</i> Kützing	SANG		+										+						
<i>Surirella brebissonii</i> var. <i>kuetzingii</i> Krammer et Lange-Bertalot	SBKU		+																+
<i>Synedra acus</i> Kützing	SACU		+		+		+		+		+		+		+		+		+
<i>Synedra delicatissima</i> W.Smith	SYDE												+						
<i>Tryblionella hungarica</i> (Grunow) Mann	THUN		+																
<i>Ulnaria biceps</i> (Kützing) Compère	UBIC		+		+		+		+		+		+		+		+		+
<i>Ulnaria ulna</i> (Nitzsch.) Compère	UULN		+		+		+		+		+		+		+		+		+
<i>Ulnaria ulna</i> (Nitzsch.) Compère f. anormale	UULT		+										+		+		+		+

**Tab. III.** Elenco delle specie indicatrici evidenziate tramite l'analisi 'ISA', eseguita sui tre gruppi di disturbo identificati mediante la cluster analysis. Il gruppo a disturbo assente corrisponde al codice '1', il gruppo a disturbo intermedio corrisponde al codice '2' mentre il gruppo a disturbo elevato al codice '3'.

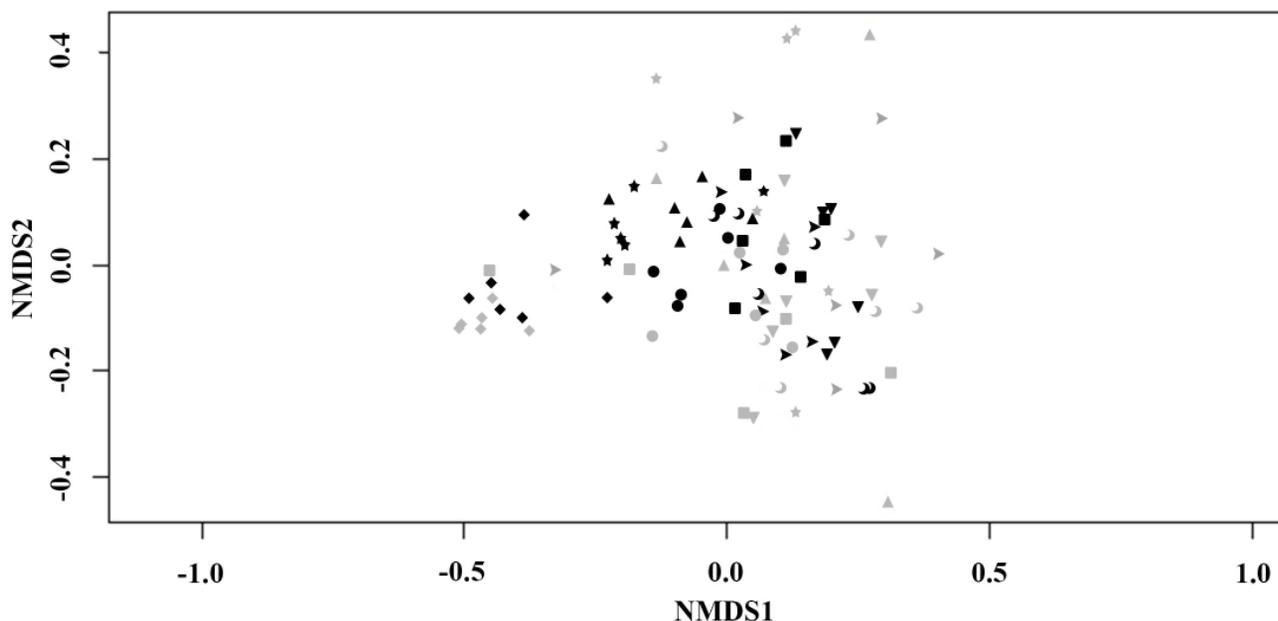
Nome	Codice	Disturbo	p-value
<i>Cymbella affinis</i>	CAFF	1	0,001
<i>Encyonema minutum</i>	ENMI	1	0,002
<i>Encyonema silesiacum</i>	ESLE	1	0,045
<i>Encyonema ventricosum</i>	ENVE	1	0,001
<i>Encyonopsis cesatii</i>	ECES	1	0,045
<i>Fragilaria recapitellata</i>	FRCP	1	0,001
<i>Gomphonema angustum</i>	GANT	1	0,001
<i>Gomphonema cymbelliclinum</i>	GCBC	1	0,001
<i>Gomphonema micropus</i>	GMIC	1	0,005
<i>Gomphonema olivaceum</i>	GOLI	1	0,001
<i>Meridion circulare</i>	MCIR	1	0,004
<i>Navicula cryptotenella</i>	NCTE	1	0,001
<i>Navicula reichardtiana</i>	NRCH	1	0,001
<i>Nitzschia dissipata</i>	NDIS	1	0,001
<i>Nitzschia linearis</i>	NLIN	1	0,045
<i>Nitzschia palea</i>	NPAL	1	0,024
<i>Cocconeis pediculus</i>	CPED	2	0,001
<i>Gomphonema vidalii</i>	GVID	2	0,013
<i>Nitzschia gessneri</i>	NGES	2	0,001
<i>Achnanthisidium straubianum</i>	ADSB	3	0,033

ticolare, è classificata come "in pericolo" nella Lista Rossa delle diatomee. Il 'Gruppo 3', ad elevato disturbo, presenta un'unica specie come significativamente rappresentativa, *Achnanthisidium straubianum*, tollerante e tipica di ambienti meso-eutrofici, con una preferenza per i substrati calcarei (Falasco *et al.*, 2013).

L'ISA effettuata sulla base del livello di connessione al corso d'acqua principale, ha evidenziato come la categoria che comprende i MH connessi al flusso non presenti alcuna specie indicatrice (Tab. IV). Al contrario, nelle pozze isolate sono significativamente rappresentative le seguenti specie: *Caloneis lancettula*, *Encyonopsis cesatii* e *Gomphonema* spp. Nei microhabitat semi-isolati, l'unica specie risultata significativa è *Cymbella laevis*.

**Tab. IV.** Elenco delle specie indicatrici evidenziate tramite l'analisi 'ISA', eseguito sulle categorie relative al livello di connessione dei MH con il flusso principale. 'CONNESSO'='C'; 'ISOLATO'='I'; 'SEMI'='S'; 'CONNESSO + SEMI'='C+S'; 'ISOLATO + SEMI'='I+S'.

Nome	Codice	Connessione	p.value
<i>Cocconeis pediculus</i>	CPED	C+S	0,043
<i>Cymbella excisiformis</i>	CEXF	C+S	0,003
<i>Caloneis lancettula</i>	CLCT	I	0,047
<i>Encyonopsis cesatii</i>	ECES	I	0,002
<i>Gomphonema</i> spp.	GOMP	I	0,034
<i>Cyclotella distinguenda</i>	CDTG	I+S	0,045
<i>Nitzschia palea</i>	NPAD	I+S	0,049
<i>Cymbella laevis</i>	CLAE	S	0,022



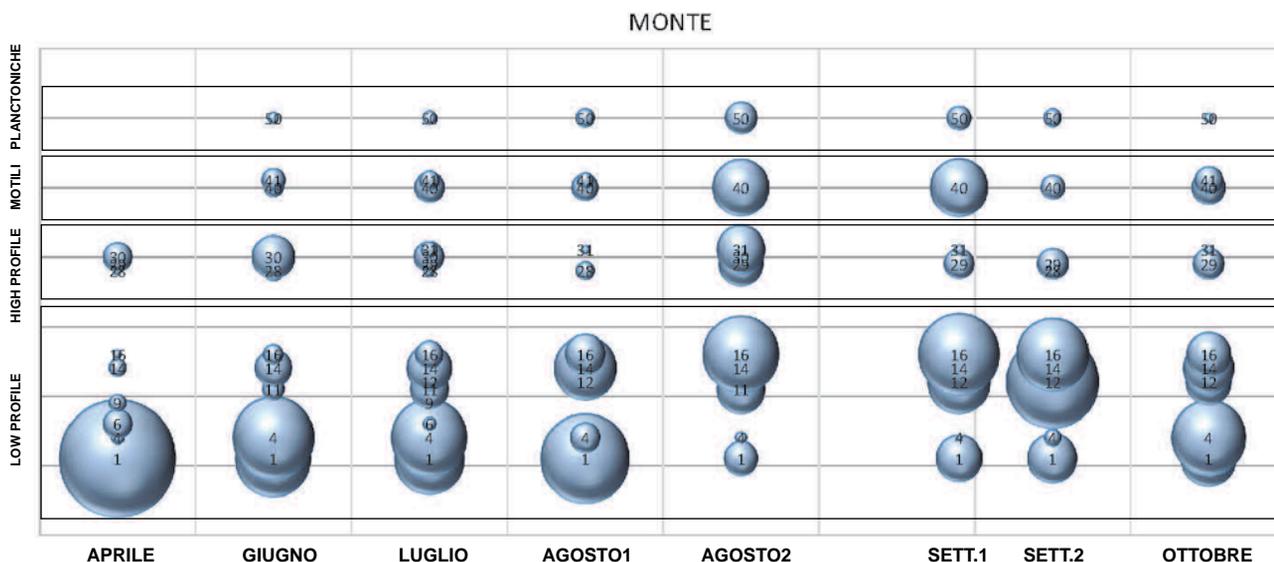
**Fig. 2.** Risultato grafico dell'NMDS dove si evidenzia lo scostamento delle comunità del mese di aprile e la maggiore dispersione delle comunità dei mesi successivi. I siti di monte sono rappresentati con il colore nero mentre i siti di valle con il colore grigio. La differenziazione mensile è stata eseguita secondo il seguente criterio: Aprile = rombo, Giugno = stella, Luglio = triangolo, Agosto 1 = cerchio, Agosto 2 = triangolo rivolto verso destra, Settembre 1 = luna, Settembre 2 = triangolo rovesciato, Ottobre = quadrato.

Se si considerano insieme i MH isolati e semi-connessi, risulta significativamente indicativa *Nitzschia palea*, specie ad ampia distribuzione, caratteristica di ambienti sia lotici che lentic, indicatrice di inquinamento; viene infatti classificata come polisaprobica, ipereutrafentica e neutrofila (Falasco *et al.*, 2013). In questa stessa categoria risulta significativa la presenza della specie planctonica *Cyclotella distinguenda*.

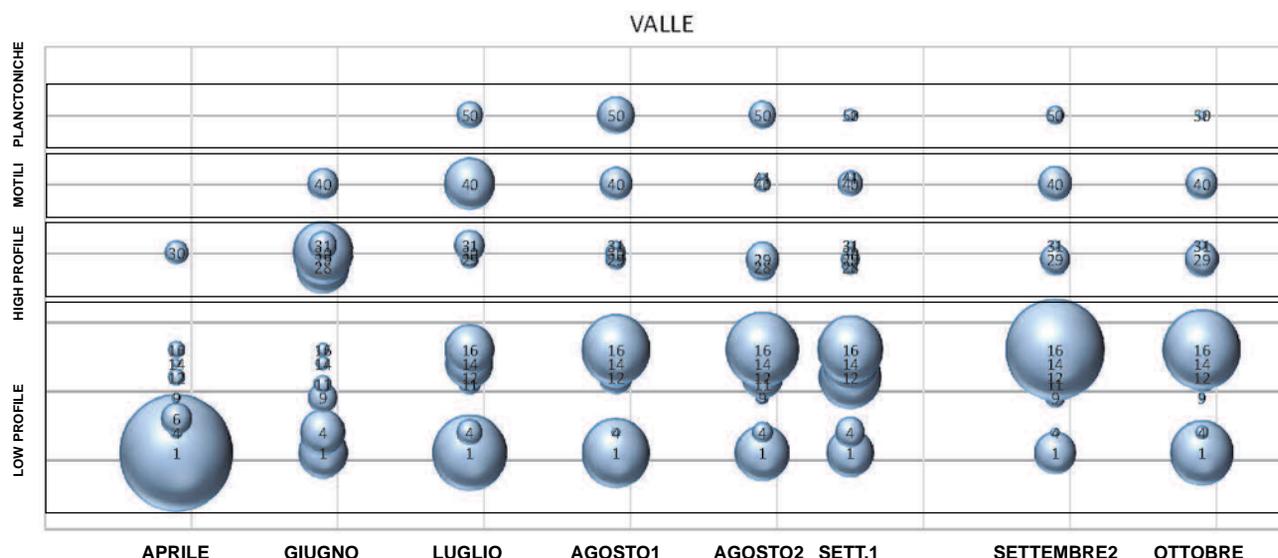
Il risultato grafico dell'analisi NMDS, che comprende sia i campioni prelevati con il metodo tradizionale (T) sia quelli prelevati dai diversi microhabitat (MH), è presentato in figura 2. Dal grafico si nota come i valori di aprile (rombi), rappresentanti le condizioni più stabili e meno disturbate, si discostino spazialmente da quelli dei mesi successivi. Inoltre non si notano differenze sostanziali tra i siti di monte e di valle, a significare che il disturbo a valle è minimo. In questa campagna di prelievo, le diverse metodologie di campionamento non hanno evidenziato importanti variazioni, con il risultato che le comunità dei T e dei MH appaiono piuttosto raggruppate. Nel corso della stagione estiva, invece, si nota un aumento delle differenze tra comunità di monte e di valle, queste ultime maggiormente soggetti al disturbo dovuto ai fenomeni di secca estiva. Inoltre, mentre si evidenziano lievi differenze tra le comunità campionate nei T e nei MH del sito a monte, nel sito a valle si nota una maggiore dispersione dei campioni, a significare una maggiore eterogeneità dell'habitat e variabilità delle comunità in base alla procedura di campionamento.

L'analisi delle guilds ecologiche delle comunità di monte e di valle, è rappresentata rispettivamente nei grafici a bolle delle Figure 3 e 4. Le comunità del tratto a monte, sono molto ben rappresentate dalla guild *low profile*, specialmente ad aprile, ma anche nei mesi estivi successivi. In questi campioni, infatti, prevalgono nettamente le specie *Achnanthydium minutissimum* (n° 1) e *Achnanthydium pyrenaicum* (n° 4). Durante la campagna di agosto2, si nota una drastica diminuzione delle due specie sopra citate, che viene compensata da un aumento graduale di alcune rappresentati del genere *Encyonopsis*. In particolare le specie *Encyonopsis minuta* (n° 14), *Encyonopsis ssubminuta* (n° 16) e *Cymbella subtruncata* (n° 12) prevalgono fino alla campagna settembre2, mentre ad ottobre la situazione sembra ridirigersi verso le condizioni iniziali. Per quanto riguarda le altre guild, le abbondanze relative sono molto più modeste. I valori massimi delle specie appartenenti alla guild *high profile* sono stati osservati ad agosto2 e settembre1. Le specie interessate sono *Gomphonema elegantissimum* (n° 30), *Gomphonema lateripunctatum* (n° 31) e *Fragilaria perminuta* (n° 29). Per la guild *motili*, ritroviamo tra le specie più abbondanti *Denticula kuetzingii* (n° 40). La guild *planctoniche* è scarsamente rappresentata da un'unica specie, *Synedra acus* (n° 50).

La situazione del tratto a valle (Fig. 4), appare diversa: nonostante la guild *low profile* sia comunque prevalente, le comunità sono meglio ripartite tra le varie guild ecologiche. La diminuzione del genere *Achnanthydium* nel corso della stagione estiva è più graduale rispetto al



**Fig. 3.** 'Grafico a bolle' rappresentante i valori di abbondanza relativa delle specie appartenenti al tratto di monte. In ascissa è rappresentato l'intero periodo interessato dallo studio, mentre in ordinata sono elencate le 4 classi ecologiche di appartenenza. Ogni specie è rappresentata da una 'bolla' di ampiezza proporzionale all'abbondanza relativa all'interno della comunità e identificata con un numero. 1=ADMI; 4=ADPY; 6=BNEO; 9=CAEX; 11=CEXF; 12=CSUT; 14=ECPM; 16=ESUM; 28=DMON; 29=FPPEM; 30=GELG; 31=GLAT; 40=DKUE; 41=DTEN; 50=SACU. Gli acronimi utilizzati per indicare le specie sono gli stessi presenti in Omnidia 5.3 ed in tabella I.



**Fig. 4.** ‘Grafico a bolle’ rappresentante i valori di abbondanza relativa delle specie appartenenti al tratto di valle. In ascissa è rappresentato l’intero periodo interessato dallo studio, mentre in ordinata sono elencate le 4 classi ecologiche di appartenenza. Ogni specie è rappresentata da una ‘bolla’ di ampiezza proporzionale all’abbondanza relativa all’interno della comunità e identificata con un numero. 1=ADMI; 4=ADPY; 6=BNEO; 9=CAEX; 11=CEXF; 12=CSUT; 14=ECPM; 16=ESUM; 28=DMON; 29=FPDM; 30=GELG; 31=GLAT; 40=DKUE; 41=DTEN; 50=SACU. Gli acronimi utilizzati per indicare le specie sono gli stessi presenti in Omnidia 5.3 ed in tabella I.

tratto di monte, mentre l’abbondanza del genere *Encyropsis* è molto più accentuata: le specie rappresentative di questo genere infatti, sono ancora dominanti nel mese di ottobre. Infine, i valori di abbondanza relativa massima delle altre guild ecologiche vengono raggiunti prima rispetto al sito di monte. Già a giugno infatti si nota un aumento delle specie *high profile*, mentre le specie *motili* aumentano significativamente a luglio. La situazione delle *planctoniche* rimane pressoché simile.

## DISCUSSIONE

Le peculiari condizioni climatiche che caratterizzano i corsi d’acqua a regime intermittente, influiscono sensibilmente sullo sviluppo delle comunità bentoniche che ne fanno parte (Novais *et al.*, 2014). Nel corso di questo lavoro, è stato evidenziato come le comunità diatomiche del fiume Merula mostrino risposte differenti al disturbo fisico nel corso dei diversi mesi dell’anno. Queste differenze seguono un gradiente di disturbo crescente: nel mese di aprile, quando il disturbo è pressoché minimo, le comunità risultano sostanzialmente differenti da quelle estive, che, a loro volta mostrano una variazione lungo un gradiente temporale al crescere del disturbo provocato dalla siccità. Questi dati ci confermano, ancora una volta, come l’elevata stagionalità di questi ambienti si ripercuota sugli organismi che li popolano.

Nell’intento di valutare se alcune specie fossero indicatrici di alcuni periodi dell’anno o meno, è emerso che le comunità di aprile sono costituite prevalentemente da specie colonizzatrici secondarie, sintomo di

un buon grado di maturità e del raggiungimento di un certo equilibrio all’interno del perifiton. Le specie in questione sono generalmente poco o mediamente tolleranti il disturbo fisico e potrebbero essere limitate dal fenomeno dell’intermittenza. Dall’analisi ISA, è inoltre emerso come le pozze connesse con il flusso principale non siano contraddistinte da alcuna specie indicatrice, diversamente dalle pozze isolate. Ciò significa che le cosiddette ‘pools’ sono effettivamente dei microhabitat peculiari, che ospitano specie non presenti nel tratto principale, e in quanto tali possono assumere particolare importanza nella fase di monitoraggio. Nel caso dei fiumi intermittenti, il solo campionamento tradizionale risulta non esaustivo e non in grado di riflettere pienamente l’enorme eterogeneità dell’ecosistema che si viene a creare durante il periodo estivo.

Per quanto riguarda l’approccio sperimentale utilizzato in questa ricerca (MH), si può notare come non siano state evidenziate particolari differenze in termini di composizione delle comunità, nei siti di valle e di monte relativi al mese di aprile. Le condizioni del corso d’acqua, in questo periodo, sono infatti piuttosto stabili e non presentano significative perturbazioni. La situazione è invece diversa man mano che si analizzano i dati dei mesi successivi. È possibile notare dal grafico dell’NMDS come, con il procedere della siccità, le comunità del sito di monte e di valle si differenzino in maniera significativa, così come i campioni prelevati nel transetto e quelli provenienti dai microhabitat. Inoltre la dispersione dei campioni di valle è maggiore di quelli

di monte. In questa sezione, infatti, i fenomeni di secca hanno un impatto maggiore sulle comunità bentoniche e, di conseguenza, si registra una più elevata variabilità delle comunità diatomiche che riflette a sua volta una maggiore eterogeneità dei microhabitat.

Nel torrente Merula, sia nel tratto a valle che in quello a monte, esiste una spiccata dominanza della guild *low profile*, specialmente nel mese di aprile. Ciò nonostante, durante il periodo estivo, quando la corrente diminuisce e aumenta la concentrazione dei nutrienti, è stato registrato in entrambi i siti un incremento delle specie appartenenti alla guild *high profile* e, in parte, alla guild *motili*, in accordo con il trend tipico evidenziato da precedenti studi in ambito mediterraneo (Gallo *et al.*, 2013; Lai *et al.*, 2014). Durante il mese di ottobre, la situazione sembra ridirigersi verso le condizioni iniziali anche se i rapporti tra le guild non sono ancora gli stessi di aprile.

## CONCLUSIONI

Il fenomeno dell'intermittenza sta rivestendo sempre più importanza, sia nelle idroecoregioni mediterranee, sia in quelle alpine, in cui l'uso indiscriminato delle risorse da parte dell'uomo assume un ruolo fondamentale. Per questo motivo, l'individuazione di strumenti in grado di rilevare gli impatti creati dalla scarsità idrica sulla componente biotica è molto importante. Il torrente

Merula, preso in esame durante questo studio, presenta tutte le caratteristiche tipiche di un fiume a regime mediterraneo e le comunità diatomiche presenti al suo interno risentono degli effetti di un regime idrico intermittente. La grande eterogeneità che si crea all'interno dei MH rischia sovente di non venire completamente rappresentata tramite il solo utilizzo del protocollo di campionamento standard, ossia il transetto (Mossino *et al.*, 2015). In questo contesto, un campionamento più approfondito, come quello proposto nel nostro studio, presenta numerosi vantaggi mantenendo perlopiù invariato lo sforzo di campionamento. L'analisi delle comunità dei microhabitat restituisce una più chiara panoramica delle specie presenti nei tratti disturbati, caratterizzati da elevata eterogeneità. Inoltre, può fornire importanti informazioni riguardo la distribuzione ed autecologia delle specie di diatomee.

## RINGRAZIAMENTI

Desideriamo ringraziare Anna Risso e Marco Bodon (ARPAL) per aver fornito preziose informazioni e consigli durante l'impostazione del disegno sperimentale. Ringraziamo Sabrina Mossino, Marta Franchino, Alberto Doretto, Giacomo Bozzolino, Leonardo Manzari e Irene Conenna per l'aiuto nel lavoro di campo e di laboratorio. Questo lavoro è parte di un assegno di ricerca vinto dalla dott.ssa Elisa Falasco nel 2014 dal titolo: "Diatom communities and droughts in Mediterranean rivers", cofinanziato dall'Università degli Studi di Torino.

## BIBLIOGRAFIA

- B-Béres V., Török, P., Kókai Z., Krasznai E.T., Tóthmérész B., Bácsi I., 2014. Ecological diatom guilds are useful but not sensitive enough as indicators of extremely changing water regimes. *Hydrobiologia*, **738**: 191-204.
- Bey M.Y., Ector L., 2013. *Atlas des diatomées des cours d'eau de la région Rhône-Alpes*. Tome 1-6. Direction régionale de l'Environnement, de l'Aménagement et du Logement Rhône-Alpes, 1182 pp.
- Blanco S., Cejudo-Figueiras C., Álvarez-Blanco I., Bécares E., Hoffmann L., Ector L., 2010. *Atlas de las diatomeas de la cuenca del Duero*. Área de Publicaciones. Universidad de León, León (Spain), 386 pp.
- Boulton A.J., 1989. Over-summarizing refugees of aquatic macroinvertebrates in two intermittent streams in Victoria. *Transactions of the Royal Society of South Australia*, **113**: 23-34.
- Buffagni A., 2004. *Classificazione ecologica a carattere lenticolo-tico in fiumi mediterranei*. Quad. Ist. Ric. Acque 122, Roma (Italy), IRSA, 190pp.
- De Caceres, M., Legendre, P., 2009. Associations between species and groups of sites: indices and statistical inference. Ecology, URL <http://sites.google.com/site/miqueldecaceres/>
- Ector L., Wetzel C.E., Novais M.H., Guillard D., 2015. *Atlas des diatomées des rivières des Pays de la Loire et de la Bretagne*. DREAL Pays de la Loire, Nantes. 649 pp.
- Elias C.L., Calapez A.R., Almeida S.F.P., Feio M.J., 2014. From perennial to temporary streams: an extreme drought as a driving force of freshwater communities' traits. *Marine and Freshwater Research*, **66**: 469-480.
- European Committee for Standardization, 2003. *Water Quality Guidance Standard for the Routine Sampling and Pretreatment of Benthic Diatoms from Rivers*. European Standard EN 13946. European Committee for Standardization: Brussels, 14 pp.
- Falasco E., Piano E., Bona F., 2013. Guida al riconoscimento e all'ecologia delle principali diatomee fluviali dell'Italia nord occidentale. *Biologia Ambientale*, **27**: 1-292.
- Gallo L., Battezzatore M., Corapi A., De Filippis A., Mezzotero A., Lucadamo L., 2013. Environmental analysis of a regulated Mediterranean stream based on epilithic diatom

- communities – the Crati River case (southern Italy). *Diatom Research*, **28**: 143-156.
- Hofmann G., Werum M., Lange-Bertalot H., 2011. *Diatomeenim Süßwasser-Benthos von Mitteleuropa*. Koeltz Scientific Books, Königstein: 908 pp.
- Krammer K., 1997a. Die cymbelloiden Diatomeen. Teil 1. Allgemeines und *Encyonema* Part. *Bibl. Diatomol.*, **36**: 1-382.
- Krammer K., 1997b. Die cymbelloiden Diatomeen. Teil 2. *Encyonema* part, *Encyonopsis* and *Cymbelloopsis*. *Bibl. Diatomol.*, **37**: 1-469.
- Krammer K., 2002. *Cymbella*. In: H. Lange-Bertalot (ed.), *Diatoms of Europe*. 3. A.R.G. GantnerVerlag K. G., Rugell: 584 pp.
- Krammer K., 2003. *Cymbopleura*, *Delicata*, *Navicymbula*, *Gomphocymbelloopsis*, *Afrocymbella*. In: H. Lange-Bertalot (ed.), *Diatoms of Europe*. 4. A.R.G. GantnerVerlag K.G., Rugell: 530 pp.
- Krammer K., Lange-Bertalot H., 1986. *Bacillariophyceae Teil: Naviculaceae*. 1. In: H. Ettl, J. Gerloff, H. Heynig and D. Mollenhauer (eds.), *Süßwasserflora von Mitteleuropa*. 2. Fischer Verlag, Stuttgart: 876 pp.
- Krammer K., Lange-Bertalot H., 1988. *Bacillariophyceae Teil: Bacillariaceae, Epithemiaceae, Surirellaceae*. 2. In: H. Ettl, J. Gerloff, H. Heynig and D. Mollenhauer (eds.), *Süßwasserflora von Mitteleuropa*. 2. Fischer Verlag, Stuttgart: 610 pp.
- Krammer K., Lange-Bertalot H., 1991a. *Bacillariophyceae Teil: Centrales, Fragilariaceae, Eunotiaceae*. 3. In: H. Ettl, J. Gerloff, H. Heynig and D. Mollenhauer (eds.), *Süßwasserflora von Mitteleuropa*. 2. Fischer Verlag, Stuttgart: 598 pp.
- Krammer K., Lange-Bertalot H., 1991b. *Bacillariophyceae Teil: Achnanthaceae. Kritische Ergänzungen zu Navicula (Lineolatae) und Gomphonema*. 4. In: H. Ettl, J. Gerloff, H. Heynig and D. Mollenhauer (eds.), *Süßwasserflora von Mitteleuropa*. 2. Fischer Verlag, Stuttgart: 437 pp.
- Lai G.G., Padedda B.M., Virdis T., Sechi N., Lugliè A., 2014. Benthic diatoms as indicators of biological quality and physical disturbance in Mediterranean watercourses: a case study of the Rio Mannu di Porto Torres basin, Northwestern Sardinia, Italy, *Diatom Research*, **29**: 11-26.
- Lake P.S., 2003. Ecological effects of perturbation by drought in flowing waters. *Freshwater biology*, **48**: 1161-1172.
- Lange-Bertalot H., 2001. *Navicula sensu stricto*, 10 Genera separated from *Navicula sensu lato*, *Frustulia*. In: H. Lange-Bertalot (ed.), *Diatoms of Europe*. 2. A.R.G. GantnerVerlag K.G., Rugell: 526 pp.
- Lange-Bertalot H., Metzeltin D., 1996. Indicators of Oligotrophy. In: H. Lange-Bertalot (ed.), *Iconographia Diatomologica*. 2. Koeltz, Koenigstein: 390 pp.
- Lange-Bertalot H., Steindorf A., 1996. Rote liste der limnischen-kieselalgen (Bacillariophyceae) Deutschlands. *Schriftenreihe für Vegetationskunde*, **28**: 633-677.
- Mossino S., Piano E., Bona F., Falasco E., 2015. Diatomee nei corsi d'acqua mediterranei: prelevo dove devo? *Biologia Ambientale*, **29** (1): 1-8.
- Novais M.H., Morais M.M., Rosado J., Dias L.S., Hoffmann L., Ector L., 2014. Diatoms of temporary and permanent watercourses in southern Europe (Portugal). *River Research and Applications*, **30**: 1216-1232.
- Oksanen J., Blanchet F.G., Kindt R., Legendre P., Minchin P.R., O'Hara R.B., Simpson G.L., Solymos P., Stevens M.H.H., Wagner H., 2016. vegan: Community Ecology Package. R package version 2.3-5. <https://CRAN.R-project.org/package=vegan>
- Passy S.I., 2007. Diatom ecological guilds display distinct and predictable behaviour along nutrient and disturbance gradients in running waters. *Aquatic Botany*, **86**: 171-178.
- R Core Team, 2015. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria <http://www.R-project.org/>
- Reichardt E., 1999. Zur Revision der Gattung *Gomphonema*. Die Artenum *G. affine/insigne*, *G. angustum/micropus*, *G. acuminatum* sowie gomphonemoide Diatomeen aus dem Oberoligozän in Böhmen. In: H. Lange-Bertalot (ed.), *Iconographia Diatomologica*. 8. A.R.G. GantnerVerlag K. G., Rugell.
- Rimet F., Bouchez A., 2012. Life-forms, cell-sizes and ecological guilds of diatoms in European rivers. *Knowledge and Management of Aquatic Ecosystems*, **406**: 1-12.
- Smucker N.J. and Vis M.L., 2010. Using diatoms to assess human impacts on streams benefits from multiple-habitat sampling. *Hydrobiologia*, 654: 93-109.
- Smucker N.J., Vis M.L., 2011. Contribution of habitat sampling and alkalinity to diatom diversity and distributional patterns in streams: implications for conservations. *Biodiversity and Conservation*, **20**: 643-661.
- Stenger-Kovács C., Lengyel E., Crossetti L.O., Üveges V., Padišák J., 2013. Diatom ecological guilds as indicators of temporally changing stressors and disturbances in the small Torna-stream, Hungary. *Ecological Indicators*, **24**: 138-147.
- UNI EN 13946, 2005. *Qualità dell'acqua - Norma guida per il campionamento di routine ed il pretrattamento di diatomee bentoniche da fiumi*. Norma EN 13946.
- Werum M., Lange-Bertalot H., 2004. Diatoms in Springs from Central Europe and elsewhere under the influence of hydrogeology and anthropogenic impacts. In: H. Lange-Bertalot (ed.), *Iconographia Diatomologica*. 13. Koeltz, Koenigstein: 417 pp.