



APAT

Agenzia per la protezione
dell'ambiente e per i servizi tecnici

L'INDICE DIATOMICO DI EUTROFIZZAZIONE/POLLUZIONE (EPI-D) NEL MONITORAGGIO DELLE ACQUE CORRENTI

LINEE GUIDA

febbraio 2004



APAT
CTN_AIM

Agenzia per la Protezione dell'Ambiente e
per i Servizi Tecnici
Centro Tematico Nazionale
"Acque Interne e Marino Costiere"



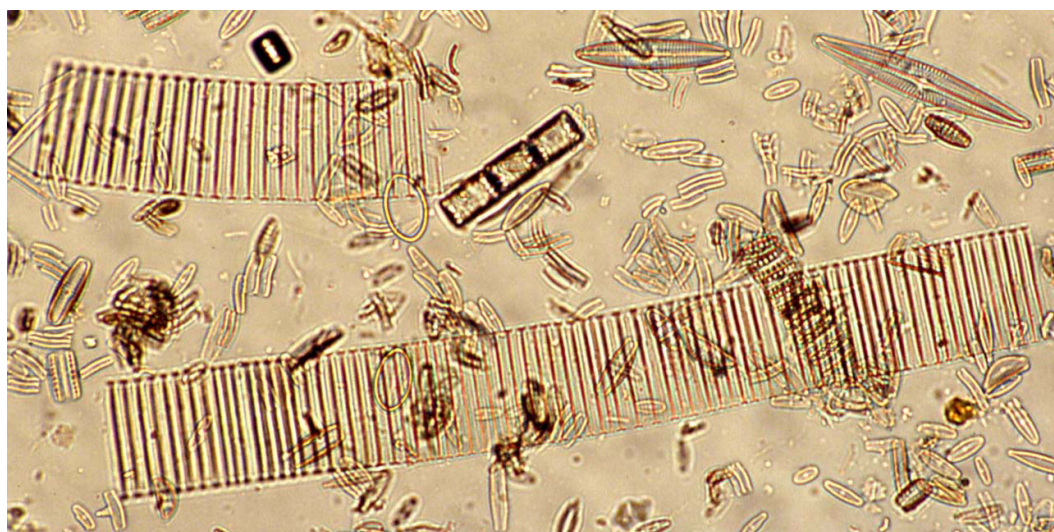
ARPAT
CTN_AIM leader

L'INDICE DIATOMICO DI EUTROFIZZAZIONE/POLLUZIONE (EPI-D) NEL MONITORAGGIO DELLE ACQUE CORRENTI

LINEE GUIDA

Antonio Dell'Uomo

Dipartimento di Botanica ed Ecologia, Università di Camerino



Con la collaborazione di:

Mariacristina Torrisi
Susanna Cavalieri
Adelmo Corsini

a cura di CTN_AIM

Marco Mazzoni
Claudio Fabiani

responsabile
referente APAT

Composizione della compagine del CTN_AIM:

ARPA Toscana
ARPA Trento
ARPA Puglia

CNR-IRSA
Istituto Superiore Sanità

ARPA Emilia Romagna
ARPA Liguria
ARPA Lombardia
ARPA Sardegna
ARPA Sicilia
ARPA Umbria
ARPA Veneto
ARTA Abruzzo

Informazioni legali

L'Agenzia per la protezione dell'ambiente e per i servizi tecnici o le persone che agiscono per conto dell'Agenzia stessa non sono responsabili per l'uso che può essere fatto delle informazioni contenute in questo rapporto

Informazioni aggiuntive sono disponibili nel sito internet (sinanet/apat e arp.at)

Riproduzione autorizzata citando la fonte

Stampato in Italia Centro Stampa 2P - Firenze

Agenzia per la protezione dell'ambiente e per i servizi tecnici

Dipartimento Stato dell'Ambiente e Metrologia Ambientale

Via Vitaliano Brancati, 48

00144 Roma

Centro Tematico Nazionale – Acque Interne e Marino costiere

c/o ARPA Toscana

Via N. Porpora, 22

50144 Firenze

INDICE

Premessa	3
Introduzione	5

PARTE TEORICA

1	Le Diatomee o alghe silicee.....	7
1.1	La parete cellulare, le ornamentazioni del frustulo.....	7
1.2	Diatomee centriche e Diatomee pennate, il rafe.....	9
1.3	Il citoplasma, il nucleo.....	11
1.4	La riproduzione vegetativa e la riproduzione sessuata.....	12
2	Ecologia delle Diatomee.....	14
2.1	Generalità.....	14
2.2	La velocità di corrente.....	15
2.3	Il pH.....	15
2.4	La temperatura.....	16
2.5	L'ossigeno disciolto.....	16
2.6	La silice.....	17
2.7	La sostanza organica.....	17
2.8	La salinità.....	18
2.9	I sali nutritivi.....	19
3	Diatomee e monitoraggio fluviale.....	21
3.1	Le Diatomee come bioindicatori.....	21
3.2	L'indice diatamico di eutrofizzazione/polluzione o EPI-D.....	22
3.3	Interpretazione dei risultati.....	25
3.4	Confronto con altri indici diatomici utilizzati in Europa.....	27
3.5	Parametri chimici correlati con l'EPI-D.....	28

PARTE PRATICA

4	Il lavoro sul campo.....	29
4.1	Periodi di campionamento e scelta delle stazioni.....	29
4.2	Substrati idonei e tecniche di campionamento.....	29
4.3	Etichettatura e fissaggio dei campioni.....	31
5	Il lavoro in laboratorio.....	32
5.1	Eliminazione della sostanza organica.....	32
5.2	Preparazione di vetrini permanenti.....	34
5.3	Identificazione dei taxa al microscopio ottico.....	36
5.4	Valutazione delle abbondanze dei taxa nei campioni.....	36
6	Esempi di calcolo e utilizzazione dei risultati.....	38

Bibliografia		43
Ringraziamenti		46
Allegato 1	Elenco delle Diatomee finora considerate per il calcolo dell'EPI-D comprese sinonimie	47
Allegato 2	Microfotografie di alcune più significative o frequenti Diatomee che caratterizzano le cinque classi di qualità biologica	68
Allegato 3	Tabelle con i campionamenti di morbida e di magra del fiume Chienti	84
Allegato 4	Scheda pratica di campionamento per l'applicazione dell'indice EPI-D	99
Allegato 5	Attrezzature, materiali, reagenti e riferimenti utili	100

PREMESSA

Nell'ambito della direttiva europea (Water Frame Directive WFD, CE 2000/60), per la classificazione dello stato di qualità dei corpi idrici assumono rilevante interesse gli indicatori biologici, tra cui le Diatomee, quali maggiori componenti nel fitobenthos fluviale.

La WFD introduce due concetti nuovi rispetto alla normativa nazionale (D.Lgs 152/99 e successivo 258/00): l'individuazione dei corpi idrici superficiali suddivisi per ecoregioni e la fissazione di condizioni di riferimento tipiche e specifiche per tipologia di corpo idrico superficiale. In accordo all'All. II della WFD ciascuna categoria di acqua superficiale (lago, fiume, acque di transizione, acque costiere) deve essere classificata in rispettivi corpi idrici significativi, nell'ambito del distretto idrografico,¹ seguendo due tipologie di classificazione, cioè il sistema A o il sistema B.

Se si segue il sistema A, una volta individuata l'ecoregione², il tipo di corpo idrico viene caratterizzato in base all'altitudine, alle dimensioni del bacino idrografico, ed alla composizione geologica. Se gli Stati membri decidono di utilizzare il sistema B, devono avvalersi comunque dei parametri del sistema A, a cui si aggiungono descrittori opzionali (distanza dalla sorgente del fiume, energia di flusso, larghezza e profondità del corpo idrico, pendenza media, trasporto solido ecc.).

Per ciascun tipo di corpo idrico caratterizzato secondo i sistemi A o B, devono essere fissate le condizioni di riferimento, che rappresentano i valori degli elementi di qualità idromorfologici, fisici e chimici in stato ecologico elevato ed in modo analogo devono essere fissate le condizioni biologiche di riferimento che rappresentano i valori corrispondenti allo stato elevato.

In All 5 della WFD sono elencati gli elementi biologici, chimici e idromorfologici e le caratteristiche di tali elementi affinché si possa avere lo stato ecologico elevato, insieme alle caratteristiche che determinano lo stato ecologico buono e sufficiente. In relazione alle Diatomee lo stato ecologico elevato è raggiunto quando la composizione tassonomica presenta un'elevata biodiversità.

L'impressione che si ha leggendo la direttiva europea è quella di un profondo rinnovamento culturale in chiave ecologica, ma nello stesso tempo si avverte un approccio molto generale e quasi "filosofico" relativo allo studio dei corpi idrici. Questo è uno dei motivi che ha indotto la Comunità Europea a strutturare una serie di gruppi di lavoro, costituiti da esperti dei paesi europei, con il compito di rendere più agevole l'applicazione della direttiva stessa nei singoli paesi. Quindi nell'ambito della CIS (Common Implementation Strategy), sono state scritte dieci linee guida per facilitare il processo di acquisizione della WFD. Attraverso il progetto Bacini Pilota si stanno mettendo in pratica le novità apportate dalla WFD.

Nella linea guida "Identificazione dei corpi idrici" sono descritti i criteri per l'individuazione dei corpi idrici superficiali e dei siti di riferimento. Un corpo idrico è definito "un elemento discreto e significativo" di acque superficiali, e quindi i corpi

¹ Art. 2 della WFD definisce così il distretto idrografico: "area di terra e di mare, costituita da uno o più bacini idrografici limitrofi e dalle rispettive acque sotterranee e costiere" che, a norma dell'articolo 3, paragrafo 1, è definito la principale unità per la gestione dei bacini idrografici.

² All. XI Mappa A della WFD individua le Ecoregioni relative a fiumi e laghi; quelle di nostro interesse sono l'ecoregione n° 3 "Italia, Corsica e Malta" e la n° 4 "Alpi".

idrici non sono una suddivisione arbitraria dei distretti di bacino, ma devono essere identificati sulla base della “discrezione e significatività”. Il concetto discreto va inteso nel senso che i corpi idrici non devono sovrapporsi tra di loro, né essere composti da elementi di acque superficiali non contigui. Per identificare gli elementi discreti si considerano caratteristiche geografiche e/o idromorfologiche, le quali influenzano gli ecosistemi fluviali ma anche la loro vulnerabilità nei confronti delle attività umane. Altri parametri possono essere utilizzati per delimitare i corpi idrici, come le pressioni e gli impatti oltre agli utilizzi ed alle aree protette già esistenti nell’ambito dell’elemento discreto individuato quale corpo idrico; altro concetto fondamentale quello secondo cui ad un corpo idrico possa essere assegnata una singola classe di stato ecologico, con sufficiente attendibilità e precisione attraverso i programmi di monitoraggio.

Le condizioni biologiche specifiche di riferimento, in altre parole qual è la composizione della comunità attesa in condizioni di assenza di perturbazioni antropiche, possono basarsi su criteri spaziali o fondarsi sulla modellizzazione, ovvero discendere da una combinazione dei due metodi. Qualora gli Stati membri non abbiano la possibilità di seguire nessuno dei due metodi appena detti, possono stabilire le condizioni di riferimento ricorrendo a perizie di esperti.

Parlando di modelli applicati a indicatori biologici, è interessante un riferimento alle reti neurali artificiali, che permettono di sviluppare un modello anche in assenza di una conoscenza teorica delle relazioni biotiche e abiotiche che determinano la struttura di una comunità; i risultati predittivi ottenuti possono essere utilizzati per definire obiettivi di qualità teorici e simulazioni di scenari alternativi. In altre parole possono fornire risposte a domande del tipo: quali specie sono attese dato un insieme noto di condizioni ambientali, oppure quali specie sarebbero presenti se si modificassero alcune condizioni.

Lo studio di comunità di Diatomee negli ambienti fluviali risale ormai a decine di anni fa, per cui alcune informazioni circa le specie più e meno sensibili a pressioni antropiche esistono. Si tratta di approfondire invece lo studio sulla composizione delle fioriture in relazione ai cambiamenti ambientali, climatici e geologici quando si va ad applicare l’indice diatamico in realtà fluviali profondamente diverse tra loro, come possono essere torrenti di tipo alpino confrontati con tratti fluviali di pianura o corsi d’acqua in zone particolarmente siccitose. L’indice diatamico ad oggi è stato sperimentato in modo approfondito nella zona dell’ Appennino centrale con proprie caratteristiche idrogeologiche e climatiche non del tutto sovrapponibili ad altre situazioni della penisola.

Dagli studi fino ad oggi eseguiti, si possono individuare specie di Diatomee tipiche di ambiente non inquinato, di ambiente moderatamente inquinato e alghe di ambienti fortemente inquinati.

Diatomee tipiche di ambiente non inquinato	Diatomee tipiche di ambiente moderatamente inquinato	Diatomee tipiche di ambiente fortemente inquinato
<i>Achnanthes flexella</i>	<i>Cymatopleura elliptica</i>	<i>Caloneis amphisbaena</i>
<i>Campylodiscus hibernicus</i>	<i>Cymatopleura solea</i>	<i>Cyclotella meneghiniana</i>
<i>Diatoma hyemalis</i>	<i>Diatoma vulgaris</i>	<i>Navicula cuspidata</i>
<i>Diatoma mesodon</i>	<i>Gomphonema augur</i>	<i>Nitzschia capitellata</i>
<i>Ellerbeckia arenaria</i>	<i>Gyrosigma nodiferum</i>	<i>Nitzschia constricta</i>
<i>Meridion circulare</i>	<i>Navicula viridula</i>	<i>Nitzschia hungarica</i>
<i>Pinnularia brebissonii</i>	<i>Surirella brebissonii</i>	<i>Surirella ovalis</i>

INTRODUZIONE

La Direttiva Europea WFD/60/2000/EC prevede che nella valutazione dello stato ecologico dei fiumi si tenga conto anche della componente vegetale, costituita essenzialmente da alghe, briofite e idrofite fanerogamiche.

Non c'è dubbio, tuttavia, che sono le alghe a svolgere il ruolo più importante in questo contesto, in quanto sono completamente immerse in acqua con il loro corpo vegetativo o tallo, sono ben fisse al substrato e sensibili alle caratteristiche chimiche e fisiche del corpo idrico. A partire dal 1991 (Düsseldorf, Germania) sono stati tenuti fino ad ora cinque Simposi internazionali sul tema "Use of algae for monitoring rivers". Gli altri si sono succeduti in questo ordine: Innsbruck (Austria) 1995, Douai (Francia) 1997, Durham (Inghilterra) 2000 e Cracovia (Polonia) 2003.

I corsi d'acqua sono popolati in tutta la loro lunghezza da alghe micro- e macroscopiche afferenti soprattutto alle seguenti classi: *Cyanophyceae* o alghe azzurre o cianobatteri; *Chrysophyceae* o alghe dorate; *Xanthophyceae* o alghe gialle; *Bacillariophyceae* o Diatomee, *Rhodophyceae* o alghe rosse; *Chlorophyceae*, *Zygnophyceae* e *Charophyceae*, tutte alghe verdi.

Tra tutte le alghe, però, sono le Diatomee che si rivelano le più idonee al monitoraggio delle acque correnti, perché sono presenti con una elevata diversità in tutti i fiumi e sono molto reattive al variare delle condizioni ambientali. Le Diatomee, inoltre, sono ben conosciute sia dal punto di vista sistematico che ecologico.

Vengono qui presentate le linee guida essenziali per la messa in opera dell'indice diatamico EPI-D espressamente elaborato per il monitoraggio biologico dei corsi d'acqua d'Italia. Il manuale è il risultato di oltre un ventennio di ricerche di base sulle alghe e le comunità algali delle acque interne di gran parte del territorio nazionale e in particolare di quelle dell'Appennino centrale. Alcune delle tappe più importanti di questo studio sono, in ordine cronologico: Dell'Uomo, 1981, 1986; Dell'Uomo e Masi, 1986, 1988; Dell'Uomo, 1991, 1992; Dell'Uomo e Tantucci, 1996; Grandoni e Dell'Uomo, 1996; Dell'Uomo e Grandoni, 1997; Dell'Uomo *et al.*, 1999; Torrisi e Dell'Uomo, 2001a, 2001b, 2001c, 2003; Dell'Uomo, 2003.

L'**EPI-D**, ovvero "**Eutrophication and/or Pollution Index - Diatom based**" (Dell'Uomo, 1996, 1999), è un indice integrato ponderato di eutrofizzazione e/o inquinazione basato sulla sensibilità delle Diatomee alle condizioni ambientali, soprattutto alla sostanza organica, ai nutrienti ed ai sali minerali disciolti in acqua, in particolare ai cloruri. L'indice esprime pertanto un giudizio sulla qualità globale del corpo idrico, con riferimento al suo stato trofico ed ai fenomeni di inquinazione organica e minerale.

Il monitoraggio tramite Diatomee, ognuna portatrice di un proprio messaggio ecologico, è ormai largamente utilizzato, nelle sue varianti nazionali, in quasi tutti i paesi d'Europa, dove già istituzionalizzato, dove ancora in fase di sperimentazione. Si può affermare, con un po' di retorica, che le Diatomee rappresentano un ulteriore collante fra i vari stati della Comunità, con numerosi ricercatori che studiano e si confrontano sull'utilizzo di queste alghe per il monitoraggio ed il controllo dei rispettivi reticoli idrografici.

In Italia, l'interesse per le Diatomee come bioindicatori si è ampiamente diffuso in occasione del 1° corso nazionale di formazione in "Biomonitoraggio delle acque correnti mediante impiego di indicatori algali (Diatomee)", tenutosi a S.

Michele all'Adige (Trento) nel settembre del 1999, cui hanno partecipato operatori delle varie Agenzie Regionali per l'Ambiente.

L'indice qui proposto è complementare all'I.B.E. (Ghetti, 1997) e solo in alcuni casi può sostituirsi ad esso, quando ad esempio ci si trova in prossimità delle sorgenti o quando i corsi d'acqua sono molto profondi, perché le Diatomee sono ovunque presenti e consentono il campionamento, con opportuni accorgimenti, in qualsiasi situazione. Il monitoraggio tramite Diatomee, come tutti i tipi di biomonitoraggio, non sostituisce le tradizionali analisi chimiche, tuttavia se ne rende autonomo.

La pubblicazione di questo manuale si propone di offrire un valido aiuto a tutti coloro che intendono cimentarsi con questo affascinante gruppo di alghe dalle elevate potenzialità nel campo della bioindicazione della qualità delle acque correnti, e non solo.

PARTE TEORICA

1 Le Diatomee o alghe silicee

1.1 La parete cellulare, le ornamentazioni del frustulo

Le Diatomee (Divisione *Bacillariophyta*, Classe *Bacillariophyceae*) sono alghe unicellulari, talora riunite in colonie, delle dimensioni che vanno da pochi μm fino ad oltre mezzo mm. Sono organismi eucarioti, autotrofi per la presenza di clorofilla *a* e di altri pigmenti. Popolano in gran numero tutti gli habitat sia delle acque dolci che salate, ma con generi e specie diverse a seconda delle caratteristiche geografiche, idrologiche e chimico-fisiche del corpo idrico che le ospita. Ne sono state descritte molte migliaia di specie.

La particolarità che meglio distingue le Diatomee è la parete cellulare, fortemente impregnata di silice e detta *frustulo* (Figura 1). Il frustulo risulta di due metà chiamate valve, che s'incastano l'una nell'altra come una scatola ed il suo coperchio. Il coperchio prende il nome di *epivalva*, il fondo della scatola quello di *ipovalva*. Le superfici di fondo del coperchio e della scatola rappresentano le placche valvari. Queste si prolungano entrambe verso il fianco della scatola con una o più bande connettivali che risultano parzialmente sovrapposte nella porzione mediana del frustulo. Le placche valvari, a differenza delle bande connettivali che sono generalmente lisce, si presentano ricche di ornamentazioni. Essenzialmente, l'ornamentazione risulta di pori o di alveoli.

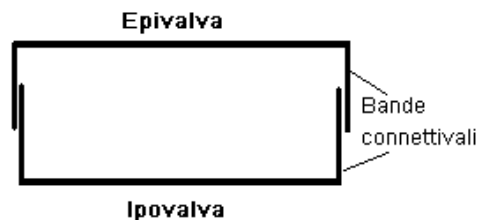


Figura 1 – Schema della struttura del frustulo in sezione trasversale

I *pori* sono perforazioni tondeggianti della valva, che possono essere chiuse o meno da sottili opercoli silicei finemente crivellati. Le valve che possiedono i pori sono costituite da un'unica lamina di silice e possono essere rinforzate da ispessimenti lineari chiamati coste.

Gli *alveoli* sono invece presenti nelle valve costituite da due sottili lamelle di silice sovrapposte. Essi sono più complessi rispetto ai semplici pori e la loro struttura è evidenziata dal microscopio elettronico a scansione (Figura 2). Alloggiate nello spessore compreso fra le due lamelle della valva si trovano tante camerette contigue a base esagonale, comunicanti fra di loro tramite ampie aperture laterali. Ciascuna cameretta, inoltre, è aperta sia superiormente che inferiormente mediante pori; il poro

superiore, o quello inferiore, a seconda della specie, risulta poi chiuso da una sottile placca finemente perforata.

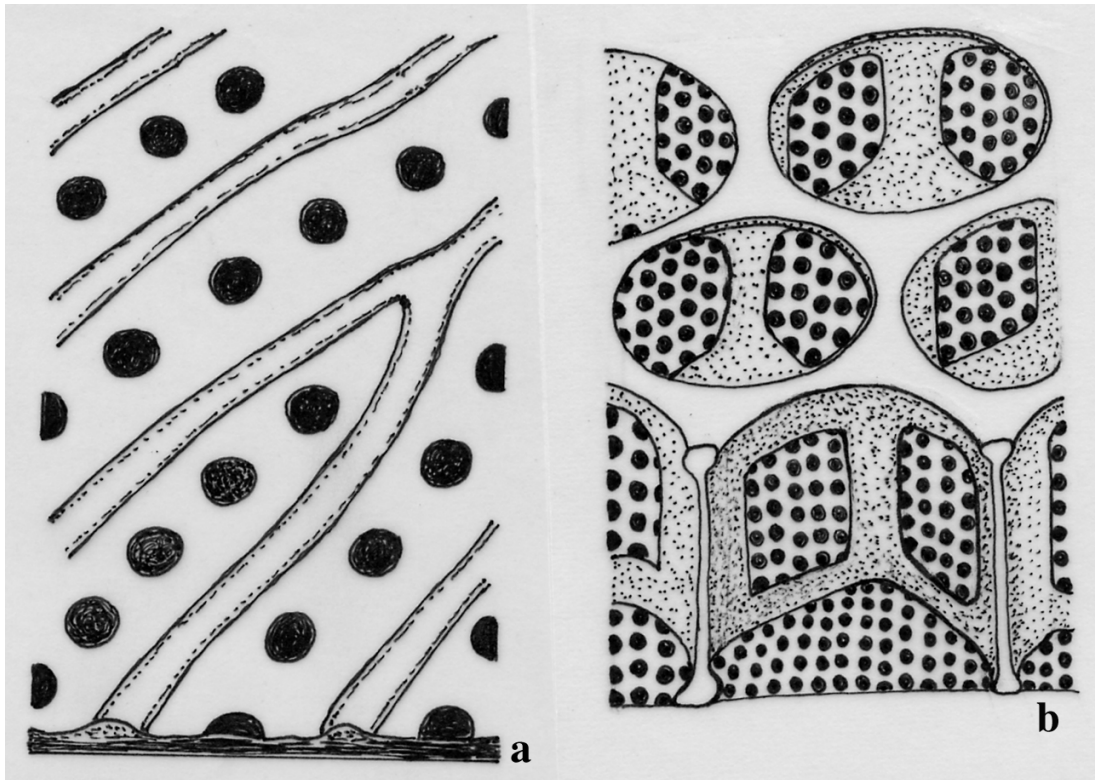


Figura 2 – Due tipi di ornamentazioni delle valve come appaiono al microscopio elettronico a scansione: a) quella costituita da pori e coste; b) quella dovuta ai più complessi alveoli (da Hendey, 1971, ridis.)

La disposizione e la densità dei pori, delle coste e degli alveoli rappresentano una costante tipica di ogni specie ed hanno quindi grande valore sistematico.

Le Diatomee presentano due viste principali: la vista valvare, quando il frustulo viene visto dall'alto o dal basso; e la vista connettivale, o commessurale, quando ne viene osservato il fianco, dove avviene la parziale sovrapposizione delle bande connettivali delle valve. Le due viste sono notevolmente diverse anche perché la prima presenta le ornamentazioni, la seconda ne è solitamente priva.

1.2 Diatomee centriche e Diatomee pennate, il rafe

La forma e la disposizione delle ornamentazioni delle valve consentono di riconoscere due grandi gruppi di Diatomee:

- Diatomee centriche (Ordine *Centrales*): valve circolari, triangolari, quadrate o poligonali, ornamentazioni disposte come i raggi di una ruota, oppure in cerchi concentrici;
- Diatomee pennate (Ordine *Pennales*): valve allungate, lanceolate od ellittiche, ornamentazione bilaterale simmetrica rispetto all'asse longitudinale.

Le Diatomee centriche (Figura 3) si trovano tipicamente nel plancton, lacustre e marino; esse rivestono una importanza secondaria nei riguardi del monitoraggio fluviale. Le Diatomee pennate sono invece bentoniche, popolano in gran numero le acque correnti e richiedono pertanto una descrizione più particolareggiata.

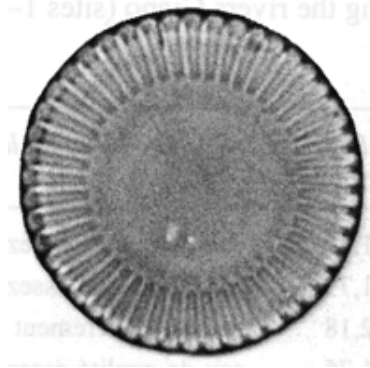


Figura 3 – *Diatomea centrica* (*Cyclotella meneghiniana*) in vista valvare, con le ornamentazioni disposte radialmente

Lungo la valva allungata delle Diatomee pennate (Figura 4 e Figura 6) è spesso presente una linea longitudinale mediana, il *rafe*, ai lati della quale le ornamentazioni sono disposte come le barbe di una penna. Il rafe è in realtà una fenditura di struttura complessa. In sezione trasversale ha la forma di una S, più larga verso l'esterno e verso l'interno, più stretta nella sua porzione centrale (Lee, 1999). Altra definizione del rafe, dovuta a Bourelly (1981), è quella di una fessura angolosa a forma di V coricata. Il rafe ha inizio dai due poli opposti della valva, dove si trovano due ispessimenti che prendono il nome di noduli polari, e si interrompe al centro della valva, in corrispondenza di un grosso ispessimento interno, il nodulo centrale. In realtà i due bracci del rafe comunicano al centro della valva attraverso dei sottili canalicoli alloggiati nello spessore del nodulo. Ornamentazioni in forma di strie sono presenti ai due lati del rafe. Le strie possono essere punteggiate, quando sono formate da una serie di punti (così appaiono i pori al microscopio ottico) disposti in serie lineare; oppure lineolate (dal lat. *lineola* = lineetta), se risultano di tante lineette (in realtà piccole fessure della valva) vicine le une alle altre e disposte perpendicolarmente alla stria stessa. Pori e fessure possono essere chiusi da placche perforate.

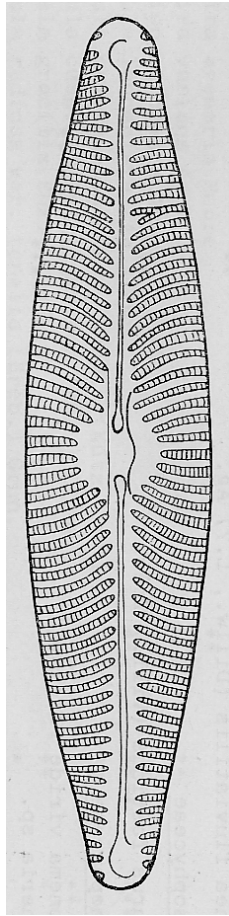


Figura 4 – Disegno al M.O. di una Diatomea pennata in vista valvare (Navicula lanceolata); sono ben evidenti: le strie lineolate disposte ai lati del rafe come le barbe di una penna, il nodulo centrale, i noduli polari, l'area centrale arrotondata (Disegno realizzato al M.O., alla camera lucida)

Se il rafe è presente su entrambe le valve, le Diatomee sono dette birafidee; se si trova solo su una valva le Diatomee sono monorafidee; se, infine, il rafe manca in entrambe, le Diatomee sono arafidee (Figura 5). In alcune forme il rafe non decorre in posizione longitudinale centrale ma lungo il bordo della valva, in una sorta di cresta rilevata o chiglia percorsa dal canale del rafe, interrotto da tante lamine ad andamento perpendicolare al canale stesso che prendono il nome di *fibule*. Le fibule si alternano con i pori carenati, che sono gli spazi liberi tra le fibule.

Il rafe non è presente nelle Diatomee centriche.

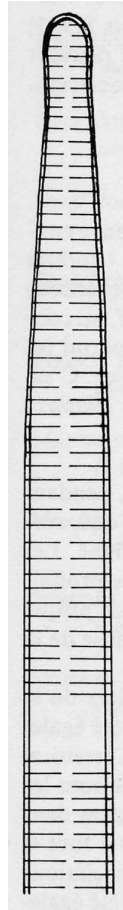


Figura 5 – Diatomea pennata arafidea (Fragilaria ulna) che presenta, al posto del rafe, un'area longitudinale assiale priva di ornamentazioni detta pseudorafe (disegno realizzato al M.O., alla camera lucida)

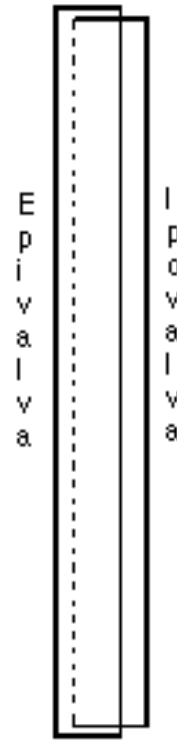


Figura 6 – Schema di una diatomea pennata vista di fianco (vista connettivale o commessurale), con le due bande connettivali parzialmente sovrapposte

1.3 Il citoplasma, il nucleo

All'interno del frustulo si trova il plasmalemma, seguono il citoplasma ed il nucleo. Nelle Diatomee centriche è presente un unico grande vacuolo che occupa la maggior parte del volume cellulare, con il citoplasma ridotto ad un sottile straterello periferico che include il nucleo e numerosi piccoli plastidi discoidali. Nelle Diatomee pennate i vacuoli sono in numero di due ed il nucleo è in posizione centrale; anche i plastidi sono in numero di due, parietali, grandi e spesso lobati.

I plastidi contengono la clorofilla *a* e *c*, il β -carotene e varie xantofille, tra cui la diatouxantina, la diadinoxantina e la fucoxantina; quest'ultima, di colore bruno e particolarmente abbondante, maschera spesso il colore verde della clorofilla, per cui tutta la cellula assume solitamente il colore bruno.

Le principali sostanze di riserva sono date dalla crisolaminarina, un polimero del β -glucosio disciolto in appositi vacuoli, e da abbondanti materiali oleosi.

Altri caratteri citologici sono gli stessi che si ritrovano in tutti gli organismi eucarioti.

1.4 La riproduzione vegetativa e la riproduzione sessuata

Le Diatomee si riproducono sia per via agamica che sessuata. La riproduzione agamica (Figura 7) si attua per semplice divisione cellulare: il protoplasto si accresce, fa pressione sulla parete e divarica le due valve; seguono la divisione mitotica del nucleo e del citoplasma; il piano di divisione è parallelo alle due valve. Quando le due cellule figlie si separano, ciascuna eredita dalla cellula madre una valva e forma ex novo la valva mancante, che risulta sempre una ipovalva, indipendentemente dal fatto che abbia ereditato l'epivalva o l'ipovalva. Di conseguenza, in una popolazione di Diatomee derivanti da una stessa cellula madre, si verifica che, dopo numerose divisioni, alcuni individui conservano le dimensioni originarie, mentre altri vanno progressivamente rimpicciolendosi. Questo processo non può però andare avanti all'infinito: quando i frustuli raggiungono le dimensioni minime compatibili con la vita delle cellule, scatta la riproduzione sessuata, il cui compito è quello di ripristinare le dimensioni massime della specie.

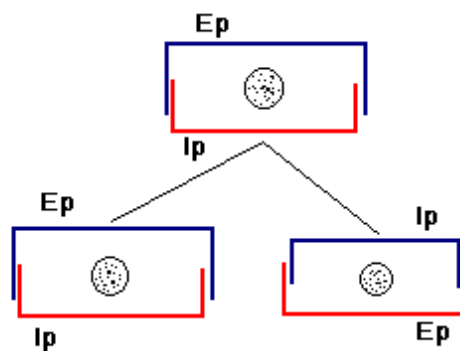


Figura 7 – Schema della divisione vegetativa di una diatomea che mostra la diversa grandezza delle due cellule figlie

Nelle Diatomee pennate due cellule vicine si circondano di un comune involucro mucillaginoso e, mentre le loro valve si vanno aprendo, subiscono ciascuna la meiosi. Dei quattro nuclei aploidi che si formano in ogni cellula, solitamente due degenerano; avviene quindi la divisione cellulare, o citodieresi, con formazione di due gameti di dimensioni leggermente diverse. I quattro gameti risultanti dalle divisioni delle due cellule iniziali si vanno allora incontro a due a due con movimenti di tipo ameboide: il gamete più piccolo prodotto da una cellula si fonde con quello più grande formato dall'altra cellula, e viceversa. Si originano in tal modo due zigoti che inizieranno un processo di accrescimento, chiamato auxosporulazione. Lo zigote,

detto anche auxospora, si divide infine in due cellule che hanno le dimensioni massime della specie e che si circonda ognuna di un nuovo frustulo.

Nelle Diatomee centriche la riproduzione sessuata decorre in modo alquanto differente. Alcune cellule, quelle della linea femminile, in seguito a meiosi e degenerazione di vari nuclei, formano uno o due gameti, di dimensioni relativamente grandi e immobili: i gameti femminili od oosfere. Altre cellule invece, quelle della linea maschile, formano per meiosi, seguita da varie mitosi, fino a 64 piccoli gameti provvisti di un solo flagello: i gameti maschili o anterozoidi. La gamia è quindi qui una oogamia e lo zigote che ne risulta andrà anch'esso incontro al processo di auxosporulazione. Si può rilevare che il gamete maschile delle Centriche rappresenta l'unico stadio flagellato nel ciclo vitale delle Diatomee, le quali possiedono tutte meiosi terminale, o gametica, e ciclo monogenetico diploide.

Alcune Diatomee, in certi momenti del loro ciclo vitale, che coincide di solito con le condizioni ambientali avverse, sono in grado di formare cisti silicee o statospore; quando le condizioni ritornano favorevoli, le statospore, che conducevano vita latente, riprendono l'aspetto di normali cellule vegetative.

2 Ecologia delle Diatomee

2.1 Generalità

Le Diatomee colonizzano con un gran numero di specie, di volta in volta differenti, le acque dolci (sorgenti, ruscelli, torrenti, fiumi, laghi, paludi, torbiere, ecc.), le acque salmastre e quelle salate (mari ed oceani). Esse possono essere suddivise, in base all'habitat, in due principali categorie: *bentoniche* e *planctoniche*.

Le Diatomee bentoniche sono quelle che vivono aderenti a vari substrati. Se questi sono rappresentati da pietre e ciottoli si parla di Diatomee *epilitiche*; se da idrofite fanerogamiche o muschi o alghe macroscopiche si parla di Diatomee *epifitiche*; se, infine, il substrato è costituito da depositi di limo, in acque tranquille o lentamente fluenti, si hanno le Diatomee *epipeliche*.

Le Diatomee del benthos sono tipicamente le Pennate, provviste per lo più di rafe; esse si trovano in tutti gli ambienti acquatici fin dove c'è penetrazione di luce: rocce stillicidiose, alveo e sponde di un fiume, torbiere e paludi, rive lacustri e marine, ecc.

Le Diatomee centriche, invece, sono presenti quasi esclusivamente nel plancton, sia lacustre che marino. Le Diatomee, assieme alle Dinoficee, rappresentano la componente decisamente più importante del plancton marino, le prime dominando nelle acque fresche primaverili ed autunnali, le seconde nelle acque calde e calme della stagione estiva. In un metro cubo d'acqua di mare sono state contate fino a otto milioni di Diatomee, da cui anche la denominazione di "foraggio del mare". Le Diatomee, insieme a tutta la frazione del plancton rappresentata dalle alghe, costituiscono il *fitoplancton*, che si trova al primo anello della catena trofica nei bacini ed è alimento indispensabile per lo zooplancton, secondo anello di questa catena.

Le Diatomee sono talmente sensibili alle variazioni della salinità e della temperatura che la loro distribuzione permette di stabilire con precisione il percorso delle correnti marine.

I frustuli delle Diatomee si conservano inalterati dopo la loro morte e, accumulandosi in grande quantità sul fondo dei bacini, formano depositi conosciuti con il nome di diatomite o farina fossile. Questi depositi sono talora molto vasti e di notevole spessore.

Molte specie che si rinvencono nelle rocce sedimentarie possiedono i requisiti di fossili guida ed assumono importanza in stratigrafia. Altre, più numerose, rivestono grande interesse in paleoecologia. E' facile, ad esempio, dopo aver esaminato al microscopio ottico un campione di farina fossile, dire se la deposizione è avvenuta in bacino lacustre o alla foce di un fiume oppure in mare aperto. Il grande accumulo sul fondo dei bacini di materiale organico dovuto alle Diatomee ha contribuito, nel corso delle ere geologiche, alla formazione degli ingenti giacimenti di petrolio.

A conclusione di queste brevi considerazioni di carattere generale, si vuole tuttavia ricordare che le forme maggiormente coinvolte nel monitoraggio fluviale, oggetto del presente studio, sono quelle bentoniche (soprattutto le Pennate), che possiedono meccanismi per aderire o fissarsi al substrato; nelle acque correnti le

Diatomee planctoniche (vale a dire le Centriche) sono invece rappresentate da pochi generi, ed ognuno con un numero limitato di specie.

Lo sviluppo e le variazioni stagionali delle Diatomee dipendono da numerosi fattori: velocità di corrente, temperatura, pH, luce, composizione chimica del corpo idrico.

Segue una breve rassegna dei parametri che maggiormente influenzano la distribuzione delle Diatomee, con particolare riferimento alle forme reofile.

Si rimanda a Round (1981) per un approfondimento delle conoscenze per quanto concerne l'ecologia delle alghe d'acqua dolce.

2.2 La velocità di corrente

E' questo un fattore che condiziona molteplici aspetti del metabolismo delle Diatomee, come la respirazione o l'assorbimento delle sostanze disciolte. Di norma le acque rapide sono anche molto bene ossigenate. Si possono distinguere in proposito:

- Diatomee *reobionti*: colonizzano esclusivamente le acque correnti, in particolare i torrenti di alta e media montagna; possiedono appositi adattamenti per l'adesione al substrato;
- Diatomee *reofile*: hanno una netta predilezione per le acque correnti, ma si incontrano anche in quelle stagnanti;
- Diatomee *limnofile*: prediligono le acque stagnanti (laghi) o lentamente fluenti, come sono tipicamente quelle del tratto terminale dei fiumi;
- Diatomee *limnobionti*: vivono esclusivamente nelle acque tranquille (laghi, paludi, ecc.);
- Diatomee indifferenti alla corrente: sono ugualmente rappresentate nelle acque correnti (ambienti lotici) ed in quelle stagnanti (ambienti lentic).

2.3 Il pH

E' questo un altro fattore di notevole importanza nel determinare la distribuzione delle Diatomee. Le acque a reazione acida, alcalina o neutra danno insediamento a differenti comunità di Diatomee. La suddivisione che tiene conto della loro sensibilità al pH, le distingue nelle seguenti classi:

- Diatomee alcalibionti: esigono ambienti a reazione alcalina (es. *Anomoeoneis sphaerophora*, *Campylodiscus hibernicus*, *Diatoma vulgaris*, *Gomphonema olivaceum*, *Gyrosigma acuminatum*, *Navicula pygmaea*, *Navicula tusculea*);
- Diatomee alcalofile: prediligono un pH superiore a 7 (es. *Achnanthes lanceolata*, *Amphora ovalis*, *Caloneis amphisbaena*, *Cyclotella meneghiniana*, *Cymatopleura elliptica*, *Meridion circulare*, *Nitzschia clausii*, *Rhoicosphenia abbreviata*); insieme alle precedenti, popolano corsi d'acqua che solcano terreni di natura calcarea;
- Diatomee neutrofile: hanno uno sviluppo ottimale a valori di pH prossimi a 7 (es. *Aulacoseira granulata*, *Cymbella amphicephala*, *Diatoma moniliformis*, *Fragilaria arcus*, *Gomphonema productum*, *Navicula mutica*, *Neidium dubium*, *Nitzschia dubia*, *Surirella linearis*);

possono essere qui incluse anche le forme che da alcuni autori vengono chiamate indifferenti al pH;

- Diatomee acidofile: prediligono un pH inferiore a 7 (es. *Anomoeoneis exilis*, *Eunotia praerupta*, *Eunotia glacialis*, *Pinnularia major*, *Pinnularia subcapitata*, *Tabellaria flocculosa*); si trovano più frequentemente in corsi d'acqua che scorrono su substrati silicei;
- Diatomee acidobionti: si sviluppano sempre a pH inferiore a 7, hanno pH ottimale attorno a 5, prediligono le acque decisamente acide delle torbiere a sfagni; non sono molte le forme che si incontrano negli ambienti lotici, tra queste si possono ricordare *Eunotia exigua*, *Frustulia rhomboides* var. *saxonica*, *Pinnularia brauniana*.

2.4 La temperatura

E' uno dei parametri più problematici da mettere in correlazione diretta con le Diatomee, perché le sue variazioni influenzano tutta una serie di fattori chimici e biologici, come la solubilità e la diffusione dei composti chimici, l'ossigenazione e la viscosità dell'acqua, la solubilità dell'anidride carbonica, il metabolismo e la riproduzione delle Diatomee. Queste alghe, tuttavia, mostrano una decisa predilezione per le acque fresche primaverili ed autunnali e sembrano non tollerare, se non per breve tempo, temperature superiori a 40°C.

Prendendo in considerazione la loro tolleranza alle variazioni di temperatura, le Diatomee possono essere distinte in:

- *stenoterme*, se tollerano solo piccole oscillazioni di temperatura, dell'ordine di 10°C;
- ed *euriterme*, quando sopportano oscillazioni di temperatura di maggiore ampiezza.

Se invece si prendono in considerazione i valori assoluti della temperatura le Diatomee possono essere suddivise in:

- *oligoterme*, quando si incontrano solo a basse temperature, inferiori a 15°C;
- *mesoterme*, se vivono a temperature comprese tra 15 e 30°C;
- *euterme* o *politerme*, quando esigono acque calde, con temperature superiori a 30°C.

2.5 L'ossigeno disciolto

Rispetto alle loro esigenze nei confronti dell'ossigeno disciolto, Van Dam (1994) suddivide le Diatomee in cinque classi:

- specie che esigono una ossigenazione del corpo idrico molto elevata (100% di saturazione), es. *Achnanthes flexella*, *Diatoma hyemalis*, *Surirella spiralis*;
- specie che necessitano comunque di una forte quantità di ossigeno (saturazione > 75%), es. *Gomphonema olivaceum*, *Meridion circolare*, *Navicula radiosa*;
- specie che si sviluppano in presenza di una moderata ossigenazione (saturazione >50%), es. *Caloneis amphisbaena*, *Cymatopleura solea*, *Diatoma tenuis*;

- specie per le quali è sufficiente una bassa quantità di ossigeno (saturazione > 30%), es. *Anomoeoneis sphaerophora*, *Navicula gregaria*, *Surirella ovalis*;
- specie che riescono a vivere in ambienti con una quantità di ossigeno molto bassa (circa 10% di saturazione); sono molto poche, tra queste *Navicula accomoda* e *Nitzschia umbonata*.

2.6 La silice

Le Diatomee hanno bisogno di silice per la costruzione della loro parete cellulare (frustulo); pertanto il loro sviluppo è condizionato dal tenore in silice del corpo idrico. Ogni specie possiede un proprio optimum per quanto riguarda la concentrazione della silice, che viene assunta in forma solubile, come $\text{Si}(\text{OH})_4$. Le necessità variano inoltre nel corso del ciclo vitale dell'alga e con le condizioni chimico-fisiche del mezzo ambiente.

Il frustulo risulta di quarzite, o silice amorfa idrata, cui possono essere associate piccole quantità di alluminio, magnesio, ferro e titanio; questa componente inorganica è avvolta da una componente organica costituita da aminoacidi e zuccheri, ma nei diversi generi di Diatomee vengono prodotte anche altre secrezioni extracellulari.

2.7 La sostanza organica

All'inizio del secolo appena trascorso Kolkwitz e Marsson (1902, 1908, 1909) hanno potuto dimostrare, dopo tutta una serie di osservazioni sui corsi d'acqua della Germania, che esiste una chiara relazione tra organismi acquatici e corpi idrici sottoposti ad inquinamento organico. Era così nato il "sistema degli organismi saprobi" o "sistema saprobico" che, per successive elaborazioni (tra gli altri: Liebmann, 1962; Fjerdingsstad, 1964, 1965; e soprattutto Sládeček, 1973, 1986), ha portato alla suddivisione degli organismi acquatici in vari livelli, o gradi, che manifestano un'affinità o una tolleranza crescente per la sostanza organica. Le Diatomee, che sono alghe ben integrate nel sistema saprobico, possono essere suddivise nei seguenti cinque livelli:

- Diatomee xenosaprobie: non tollerano la sostanza organica. Ne sono esempi: *Achnanthes flexella*, *Diatoma hyemalis*, *Pinnularia divergens*;
- Diatomee oligosaprobie: tollerano solo piccole quantità di sostanza organica. Esempi: *Cymbella affinis*, *Neidium binode*, *Navicula radiosa*;
- Diatomee β -mesosaprobie: si sviluppano bene in presenza di una moderata quantità di sostanza organica, che viene completamente degradata. Esempi: *Diatoma vulgaris*, *Melosira varians*, *Cymatopleura solea*;
- Diatomee α -mesosaprobie: si trovano in ambienti con elevate quantità di sostanza organica, la cui demolizione è solo parziale, si arresta quando l'ossigeno disponibile risulta tutto consumato. Esempi: *Caloneis amphibaena*, *Navicula cuspidata*, *Nitzschia hungarica*;
- Diatomee polisaprobie: sopportano una polluzione organica molto forte, in ambienti dove i processi riduttivi dominano su quelli ossidativi, con

formazione di composti tossici. Esempi: *Navicula accomoda*, *Navicula goeppertiana*, *Navicula saprophila*.

I principali parametri coinvolti nel sistema saprobico sono il BOD₅, che aumenta progressivamente passando dal primo (BOD₅ < 2 mg.l⁻¹) al quinto livello (BOD₅ > 10 mg.l⁻¹), l'ossigeno disciolto, che invece va diminuendo, ed il popolamento batterico che diviene via via più importante.

La stretta gamma di relazioni che intercorre tra la sostanza organica e gli organismi acquatici è molto complessa. Si può tuttavia ricordare brevemente che la sostanza organica disciolta contiene:

- alcuni principi nutritivi (soprattutto amminoacidi liberi);
- importanti mediatori chimici che svolgono azione per lo più oligodinamica nei confronti degli organismi viventi. Tra questi: la vitamina B₁ (o tiamina), la vitamina B₁₂ (o cianocobalammina) essenziale per l'accrescimento di molte Diatomee e la vitamina H (o biotina)
- fattori ad azione antibiotica prodotti soprattutto da batteri, cianoprocaroti (alghe azzurre), Dinoficee e funghi, che agiscono eterospecificamente a tutti i livelli della catena trofica.

L'affinità/tolleranza delle Diatomee per la sostanza organica è parte integrante dell'indice EPI-D. Gli altri parametri che influenzano direttamente questo indice sintetico sono la polluzione minerale ed il grado trofico, dei quali si parla in successione.

2.8 La salinità

La capacità di adattamento delle Diatomee alle variazioni della concentrazione salina ed in particolare ai cloruri (NaCl, MgCl₂) è talora molto limitata (forme *stenoaline*), altre volte la loro capacità di osmoregolazione è decisamente elevata (forme *eurialine*). Le prime si trovano tipicamente in acqua dolce (fiumi, laghi) o, con specie ben differenziate, in acqua salata (mari ed oceani, al largo della zona costiera); le seconde in acqua salmastra, dove le condizioni di salinità sono molto variabili (acque costiere, foci di fiumi).

Vari autori hanno tentato di elaborare un "sistema di salinità" o "sistema alobico" riferito espressamente alle Diatomee; tra questi: Kolbe (1927), Hustedt (1956), Van Dam *et al.* (1994).

Si propone e si riporta di seguito una classificazione in cinque livelli delle Diatomee che popolano i corsi d'acqua, rielaborata rispetto agli autori citati:

- Diatomee *alofobe*: forme di acqua dolce che non tollerano i cloruri, se non in concentrazione inferiore a 20 mg.l⁻¹. Esempi: *Achnanthes flexella*, *Diatoma hyemalis*, *Neidium alpinum*;
- Diatomee *oligoalobie* esigenti: tollerano solo una piccola quantità di cloruri (20-50 mg.l⁻¹). Esempi: *Achnanthes minutissima*, *Amphora inariensis*, *Fragilaria capucina*;
- Diatomee *oligoalobie* tolleranti: hanno uno sviluppo ottimale a valori di salinità compresi tra 50 e 200 mg.l⁻¹. Esempi: *Cocconeis pediculus*, *Cocconeis placentula*, *Gomphonema parvulum*;

- Diatomee *alofile*: forme per le quali un moderato contenuto in sali (cloruri) risulta stimolante; salinità compresa tra 200 e 500 mg.l⁻¹. Esempi: *Caloneis amphisbaena*, *Entomoneis paludosa*, *Cyclotella meneghiniana*; la loro presenza è il segnale di un moderato inquinamento minerale di origine antropica, se non dovuto, come talvolta può verificarsi (affioramenti di rocce evaporitiche), a cause naturali;
- Diatomee *β-mesoalobie*: forme d'acqua oligosalmastra, con salinità che oscilla tra 0,5 e 5 g.l⁻¹. Esempi: *Bacillaria paradoxa*, *Navicula halophila*, *Nitzschia lorenziana*; queste specie, ed altre dal medesimo comportamento ecologico, segnalano un forte inquinamento minerale.

Fin qui le Diatomee che si possono incontrare nei fiumi. Questa classificazione è parte integrante dell'indice diatamico EPI-D in quanto esprime la polluzione minerale del corpo idrico. Se, per completare l'argomento, si vuole estendere la classificazione alle forme che tollerano quantitativi di sali via via più elevati (ma che non interessano l'indice diatamico), si possono aggiungere:

- Diatomee *α-mesoalobie*: forme di acqua salmastra con salinità compresa tra 5 e 20 (-30) g.l⁻¹;
- Diatomee *eualobie*; forme tipicamente marine, salinità compresa tra 30 e 40 g.l⁻¹;
- Diatomee *polialobie* (o *iper-alobie*): tollerano valori di salinità superiori a 40 g.l⁻¹.

2.9 I sali nutritivi

Al sistema trofico, che mette in relazione organismi viventi e contenuto in nutrienti (soprattutto nitrati e fosfati) del corpo idrico, hanno contribuito i lavori di numerosi autori, impossibili da riassumere sia pure sinteticamente in questa sede. Tra gli ultimi che si sono occupati espressamente dei rapporti tra Diatomee e sali nutritivi figurano Hofmann (1994) e Van Dam *et al.* (1994). Semplificando le varie proposte, possiamo qui suddividere le Diatomee che popolano i corsi d'acqua in:

- specie caratteristiche di ambienti ipotrofici (o ultraoligotrofi), come *Achnanthes flexella*, *Amphora inariensis* e *Diatoma hyemalis*;
- specie caratteristiche di ambienti oligotrofi, come *Diatoma mesodon*, *Diploneis elliptica* ed *Ellerbeckia arenaria*;
- specie caratteristiche di ambienti mesotrofici, come *Diatoma vulgaris*, *Melosira varians* e *Navicula viridula*;
- specie caratteristiche di ambienti eutrofi, come *Navicula capitata*, *Navicula goeppertiana* e *Nitzschia hungarica*;
- specie caratteristiche di ambienti ipertrofici, come *Navicula accomoda*, *Navicula seminulum* e *Nitzschia capitellata*.

Si è soliti definire questi cinque livelli sulla base della concentrazione in fosforo totale, assumendo per il primo livello un valore inferiore a 4-5 µg.l⁻¹; tale valore aumenta progressivamente nei livelli successivi. Sarebbe tuttavia più opportuno, per quanto concerne le Diatomee, definire questi livelli sulla base del contenuto in ortofosfati.

Anche questa classificazione costituisce parte integrante dell'indice diatomico e ad essa si farà riferimento più oltre. Volutamente non sono stati qui inseriti gli ambienti distrofici, ricchi in acidi umici, perché tali ambienti, come ad esempio le torbiere a sfagni, non sono di regola presenti lungo i corsi d'acqua.

3 Diatomee e monitoraggio fluviale

3.1 Le Diatomee come bioindicatori

Le Diatomee, le cui caratteristiche biologiche, sistematiche ed ecologiche sono state brevemente descritte nei capitoli precedenti, rivestono un ruolo decisamente importante nel biomonitoraggio fluviale perché possiedono tutti i requisiti che contraddistinguono gli indicatori d'eccellenza. Infatti:

- sono presenti tutto l'anno in tutti i corsi d'acqua ed in tutti gli ambienti fluviali, ovviamente con generi e specie differenti a seconda delle condizioni ambientali, della stagione e della tipologia del corso d'acqua;
- sono molto sensibili alle variazioni dei parametri chimici e fisici del mezzo ambiente;
- sono completamente immerse in acqua, fisse al substrato, facili da campionare;
- sono ben conosciute sia dal punto di vista sistematico che ecologico;
- possiedono un breve tempo di resilienza (2-4 settimane); una comunità di Diatomene danneggiata o distrutta ha una elevata capacità di ricostituirsi una volta cessato il fattore di disturbo.

Per tutte queste ragioni le Diatomee trovano oggi largo impiego nella valutazione della qualità biologica e nella sorveglianza dei reticoli idrografici di molti paesi europei.

Da quanto sopra, le Diatomee che vengono prese qui in considerazione sono quelle *bentoniche*, quasi le sole che popolano le acque correnti; esse possono essere suddivise, in base all'habitat, in tre differenti categorie:

- Diatomee *epilitiche*, formanti sottili rivestimenti brunastrati sui massi sommersi, sulle pietre e sui ciottoli;
- Diatomee *epifitiche* "sensu lato", quelle che trovano il loro spazio vitale sulle o tra le macrofite acquatiche (muschi, idrofite fanerogamiche) o sulle alghe macroscopiche;
- Diatomee *epipeliche*, adagiate sul limo di fondo dell'alveo fluviale, nei tratti in cui le acque fluiscono lentamente.

Tra tutte, quelle che si lasciano decisamente preferire nel monitoraggio fluviale sono le Diatomee *epilitiche*, che vengono prelevate nel vivo della corrente con un raschietto o con uno spazzolino a setole rigide, come si vedrà meglio in seguito.

I campionamenti possono variare da due a quattro o più nel corso dell'anno in dipendenza della tipologia del corso d'acqua e degli obiettivi della ricerca.

In laboratorio, poiché la sistematica delle Diatomee riposa quasi esclusivamente sulle caratteristiche del frustulo siliceo, è necessario distruggere la sostanza organica mediante ossidanti forti e quindi montare i frustuli puliti in una resina ad elevato indice di rifrazione.

3.2 L'indice diatamico di eutrofizzazione/polluzione o EPI-D

L'indice diatamico elaborato per i fiumi d'Italia dopo un lungo periodo di ricerche sulle alghe e le comunità algali dei corsi d'acqua dell'Appennino centrale in particolare, ma anche con verifiche e confronti relativi ad ambienti lotici alpini ed appenninici meridionali, è l'Indice Diatamico di Eutrofizzazione/Polluzione o **EPI-D** (Eutrophication/Pollution Index – Diatom based) (Dell'Uomo 1996, 1999). Questo indice si basa sulla sensibilità (affinità/tolleranza) delle Diatomee ai nutrienti, alla sostanza organica ed al grado di mineralizzazione del corpo idrico, con particolare riferimento ai cloruri, che possono rappresentare un potente fattore di polluzione delle acque interne.

L'indice qui proposto si basa, come la maggior parte degli indici diatamici utilizzati in Europa, sulla formula matematica di Zelinka e Marvan (1961):

$$EPI - D = \frac{\sum_{j=1}^n a_j \cdot r_j \cdot i_j}{\sum_{j=1}^n a_j \cdot r_j}$$

dove:

- **EPI-D** = indice globale di eutrofizzazione/polluzione della stazione considerata;
- **a_j** = abbondanza della specie j; si parlerà più avanti delle modalità per attribuire i valori di abbondanza;
- **r_j** = affidabilità (dall'inglese "reliability") della specie j, inversamente proporzionale al suo "range" ecologico; valori utilizzati: 5 per un indicatore ottimo, 3 per un indicatore buono, 1 per un indicatore solo sufficiente; si vedrà più avanti come questi valori vengono attribuiti;
- **i_j** = indice integrato ponderato di sensibilità della specie j; i valori attribuiti vanno da 0 (per un specie che indica un ambiente di ottima qualità) a 4 (specie che indica un corpo idrico completamente degradato).

Vediamo ora come si è proceduto per attribuire ad ogni taxon riportato nell'Allegato 1 il valore di "i". Nella Tabella 1, con riferimento ai sistemi saprobico, alobico e trofico, di cui si è detto in precedenza e tutti e tre articolati in cinque livelli, sono stati messi in correlazione i corrispondenti livelli di questi sistemi. E' stato poi assegnato alle Diatomee caratteristiche di questi livelli un valore numerico che esprima sinteticamente la loro sensibilità (da 0, molto sensibile a 4, molto tollerante) nei confronti dei parametri considerati. Più precisamente, questi valori, ripartiti su cinque livelli, sono stati attribuiti come segue:

- **i = 0** alle specie xenosaprobie, alofobe e caratteristiche di ambienti ipotrofici (o ultraoligotrofi), che indicano quindi una eccellente qualità del corpo idrico;
- **i = 1** alle specie oligosaprobie, oligoalobie esigenti e tipiche di ambienti oligotrofici che testimoniano una buona qualità del corpo idrico, solo di poco inferiore alla precedente;
- **i = 2** alle specie β -mesosaprobie, oligoalobie tolleranti e caratteristiche di ambienti mesotrofici che attestano una mediocre qualità del corpo idrico;
- **i = 3** alle specie α -mesosaprobie, alofile e che si sviluppano tipicamente in ambienti eutrofi; queste contraddistinguono una qualità biologica del corpo idrico ormai alquanto compromessa;
- **i = 4** alle specie polisaprobie, β -mesoalobie e che popolano ambienti ipertrofici; esse segnalano un deterioramento molto spinto del corpo idrico.

Il valore di “i” così attribuito è pertanto l’indice “integrato” di sensibilità della specie, che tiene conto della reattività della specie alla polluzione organica, alla polluzione minerale ed al grado trofico del corpo idrico. Si tratta, in tutti questi casi, di Diatomee che rivestono un ruolo di “indicatori eccellenti”, in quanto possiedono una valenza ecologica molto ben definita, ovvero un “range” molto stretto nei riguardi dei parametri considerati. Esse hanno un grado di affidabilità, o peso indicatore, molto elevato nella diagnosi di qualità biologica del corpo idrico, quindi **r = 5**.

Tabella 1. Schema teorico della corrispondenza tra i vari tipi di approccio all’ecologia delle Diatomee e metodo pratico per attribuire a ciascuna di esse un indice integrato di sensibilità “i” (da 0 molto sensibile a 4 molto tollerante) nei confronti dei fenomeni di eutrofizzazione e polluzione; “r” esprime il grado di affidabilità del bioindicatore ed è inversamente proporzionale al suo “range” ecologico: $r = 5$ indicatore eccellente (i_e), $r = 3$ indicatore buono (i_b), $r = 1$ indicatore sufficiente (i_s). (Da: Dell’Uomo, 1996, modificato). Ulteriori spiegazioni nel testo.

Livello saprobico della specie	Livello alobico della specie	Livello trofico dell’ambiente	i_e $r = 5$	i_b $r = 3$	i_s $r = 1$
xenosaprobia	alofoba	ipotrofico	0	0.5	
oligosaprobia	oligoalobia esigente	oligotrofico	1	1.5	1
β -mesosaprobia	oligoalobia tollerante	mesotrofico	2	2.5	2
α -mesosaprobia	alofila	eutrofico	3	3.5	3
polisaprobia	β -mesoalobia	ipertrofico	4		

Ma non tutte le Diatomee possiedono un “range” ecologico così ben definito, molte altre avendo un comportamento intermedio tra due livelli successivi, per cui anche il loro indice di sensibilità assumerà un valore intermedio. Ad esempio, se una specie è β - α -mesosaprobica, da oligoalobica ad alofila e tipica di ambienti mesoeutrofici, essa assumerà un valore di “i” intermedio tra 2 e 3, cioè 2,5. Specie con questo comportamento sono indubbiamente buoni indicatori, ma un po’ meno affidabili dei precedenti, quindi $r = 3$.

Il valore intermedio fra due successivi livelli, inoltre, può collocarsi un po’ più in basso o un po’ più in alto del valore centrale (ad es. 2,3 o 2,7, invece di 2,5) a seconda che la specie tenda ad avvicinarsi con il suo comportamento ecologico all’uno o all’altro di questi livelli.

Ancora più tolleranti, o meno sensibili, sono infine le Diatomee la cui valenza ecologica abbraccia tre successivi livelli. Ad esempio, se una specie è xeno- β -mesosaprobica, da alofoba ad oligoalobica tollerante e si trova in ambienti da ipotrofici a mesotrofici, il suo valore di “i” sarà intermedio tra 0 e 2, cioè 1, ma allora il valore di r sarà basso ($r = 1$) perché in questo caso la specie considerata, data la sua ampia valenza ecologica, è un indicatore meno affidabile dei precedenti.

In questo modo, se anche due specie possiedono lo stesso valore di i , come ad esempio *Cocconeis pediculus* e *Gomphonema augur* ($i = 2$), esse risultano tuttavia molto ben differenziate se si va a vederne il valore di r (Allegato 1). La prima, infatti, con $r = 1$ è un indicatore solo sufficiente, mentre la seconda, con $r = 5$, risulta un indicatore eccellente del corpo idrico in cui viene rinvenuta.

Quelli appena descritti sono altrettanti esempi di come si è proceduto al calcolo dei valori di i ed r , secondo quanto schematizzato nella Tabella 1. Questi parametri, indispensabili per il calcolo dell’indice diatamico, sono riportati accanto ad ognuno dei taxa dell’Allegato 1, dove figurano tutte le specie, comprese le loro più comuni sinonimie, che sono state prese in considerazione fino a questo momento per il calcolo dell’EPI-D.

Altra precisazione importante: non sempre le Diatomee hanno un comportamento univoco, come parrebbe dagli esempi sopra esposti, nei confronti dei tre sistemi di riferimento, vale a dire i sistemi saprobico, alobico e trofico. Una specie, ad esempio, potrebbe avere un indice di sensibilità 0 nei confronti della salinità, un indice 1 per quanto riguarda la sostanza organica e un indice 2 se si considerano i nutrienti. In casi come questi i valori di i che troviamo nell’Allegato 1 “mediano”, seppure in maniera ponderata, non aritmetica, fra le sensibilità della specie ai vari parametri ambientali. Quindi l’indice i risulta, oltre che “integrato”, anche “ponderato”. Tra i tre valori di i , la media ponderata tiene sempre in maggior conto quello più elevato.

Per l’assegnazione dell’indice i a ciascuna delle specie riportate nell’Allegato 1 si è tenuto conto dei numerosi dati sull’ecologia delle Diatomee presenti in letteratura, in particolare quelli dovuti a Van Dam *et al.* (1994) e Hofmann (1994), ma anche e soprattutto dell’esperienza personale relativa ai corsi d’acqua italiani, in particolare appenninici.

Infatti, ad ogni regione geografica corrisponde anche una ben definita regione ecologica dove si sviluppano caratteristici ecotipi, ciascuno portatore di un proprio messaggio ecologico e di questi ecotipi è necessario tenere conto nella messa a punto degli indici biologici.

3.3 Interpretazione dei risultati

Il risultato fornito dall'indice EPI-D, che si ottiene estendendo la sommatoria a tutte le specie della stazione considerata, è un valore compreso tra 0 e 4, dove i valori prossimi allo 0 indicano acque pulite, mentre quelli via via più elevati stanno a significare acque sempre più compromesse. Per cogliere anche piccole, ma significative variazioni dell'indice diatamico lungo un corso d'acqua, il calcolo va effettuato alla seconda cifra decimale. L'interpretazione del risultato è stata proposta inizialmente in otto classi di qualità (Dell'Uomo, 1996, 1999; Dell'Uomo et al., 1999), come mostrato in Tabella 2.

Tabella 2. Interpretazione, in otto classi di qualità, del risultato fornito dall'indice EPI-D.

Valori EPI-D	Qualità	Colore
$0.0 < \text{EPI-D} \leq 1.0$	ambiente di qualità eccellente	celeste
$1.0 < \text{EPI-D} \leq 1.5$	ambiente di buona qualità	blu
$1.5 < \text{EPI-D} \leq 1.8$	ambiente di qualità sufficiente	verde scuro
$1.8 < \text{EPI-D} \leq 2.0$	ambiente leggermente alterato	verde chiaro
$2.0 < \text{EPI-D} \leq 2.2$	ambiente moderatamente inquinato	giallo
$2.2 < \text{EPI-D} \leq 2.5$	ambiente fortemente inquinato	arancione
$2.5 < \text{EPI-D} \leq 3.0$	ambiente pesantemente inquinato	rosso
$3.0 < \text{EPI-D} \leq 4.0$	ambiente completamente degradato	marrone

Tuttavia, allo scopo di mettere in correlazione i risultati forniti dall'EPI-D con quelli derivanti da altri indici diatomici e biotici in generale (es. IBE), ma anche chimici (es. LIM = Livello di Inquinamento da Macrodescrittori) (Cavalieri e Mazzoni, 2000), tutti articolati in cinque classi, viene qui proposto anche per l'EPI-D un giudizio in cinque classi di qualità (Tabella 3).

Tabella 3. Giudizio, espresso in cinque classi di qualità, dei risultati ottenuti con l'indice EPI-D.

Valori EPI-D	Classe	Qualità	Colore
0.0 < EPI-D < 1.0	I	ottima	blu
1.0 < EPI-D < 1.7	II	buona	verde
1.7 < EPI-D < 2.3	III	mediocre	giallo
2.3 < EPI-D < 3.0	IV	cattiva	arancione
3.0 < EPI-D < 4.0	V	pessima	rosso

I risultati che si collocano attorno ai valori soglia (1.0 ± 0.05 ; 1.7 ± 0.05 ; 2.3 ± 0.05 ; 3.0 ± 0.05) vanno interpretati come classi di passaggio. Ad esempio, per valori compresi tra 0.95 e 1.05 si può ben parlare di passaggio da una I ad una II classe (qualità da ottima a buona, colore blu-verde).

Il tipo non lineare d'interpretazione proposta, con le classi di qualità più ampie alle estremità e progressivamente più strette verso il centro, rappresenta un correttivo al comportamento ecologico delle Diatomee ed al loro modo di riunirsi in comunità composite. Diatomee ad ampia valenza ecologica, infatti, si associano solitamente, sia in acque decisamente "pulite" che in acque molto pollute, alle specie che sono caratteristiche di queste due situazioni limite. Alcuni esempi: a *Diatoma hyemalis*, che contraddistingue inequivocabilmente acque di ottima qualità, si associa spesso *Cymbella minuta*. Insieme a *Navicula accomoda*, che caratterizza acque molto deteriorate, si può trovare *Nitzschia paleacea*. La presenza di specie come *Cymbella minuta* e *Nitzschia paleacea*, che sono organismi ad ampio "range" ecologico e indicatori (con $r = 1$) decisamente meno importanti degli altri due ($r = 5$), comporta un certo addensamento dei risultati, data la struttura dell'indice EPI-D, verso i valori centrali e di questo si è tenuto conto in Tabella 2 e Tabella 3.

L'indice diatamico esprime giudizi globali sulla qualità del corpo idrico, sommando eutrofizzazione naturale ed eutrofizzazione di origine antropica, polluzione naturale e polluzione dovuta alle attività umane. Per rilevare l'impatto nel corso d'acqua dovuto ad una industria, ad un allevamento, ad un centro abitato, sarà però sufficiente confrontare i valori dell'indice diatamico rilevati a monte e a valle dell'insediamento, ovviamente adottando in entrambi i casi la stessa metodica di campionamento.

Sicuramente, però, c'è ancora del lavoro da fare in questa direzione per trovare dei valori di riferimento, o di qualità attesa.

Un errore da evitare è quello di considerare come inquinamento antropico quello dovuto, talora, alla natura geologica del terreno, come ad esempio la presenza di evaporiti fossili ricche in cloruri nel bacino idrografico di un fiume. In questo caso l'indice diatamico sale pur non essendoci riscontri oggettivi nella situazione reale. E'

sempre opportuno consultare la carta geologica in cui è compreso il bacino idrografico di un fiume.

Per la stessa ragione, come si dirà più avanti, si deve assolutamente evitare di effettuare campionamenti in prossimità della foce di un corso d'acqua, potendosi avere la risalita del cono salino.

3.4 Confronto con altri indici diatomici utilizzati in Europa

In molti paesi d'Europa vengono ormai utilizzati indici diatomici per la valutazione della qualità biologica degli ambienti lotici. Questi indici, messi a punto per le varie realtà geografiche (ecoregioni), sono anche proposti in scale differenti. Tuttavia, al fine di uniformare e poter facilmente confrontare i risultati da essi forniti, possono tutti essere ricondotti ad una scala 1-20 tramite il software OMNIDIA (Lecointe *et al.*, 1993 e successivi aggiornamenti).

Per quanto riguarda più precisamente l'EPI-D, la conversione dei valori ottenuti in scala 0-4 (EPI-D₀₋₄) a quelli in scala 1-20 (EPI-D₁₋₂₀) si effettua con la seguente formula:

$$\text{EPI-D}_{1-20} = (-4,75 \times \text{EPI-D}_{0-4}) + 20.$$

Nella Tabella 4, che deriva direttamente dalla Tabella 3, i valori dell'EPI-D che definiscono le cinque classi di qualità sono stati trasformati, con qualche arrotondamento, in quelli in scala 1-20

Tabella 4. I giudizi di qualità ottenuti con l'indice EPI-D in scala 0-4, ed espressi in cinque classi, vengono trasformati in scala 1-20 per consentire di comparare questo indice con gli altri indici diatomici utilizzati in Europa.

Valori EPI-D in scala 1-20	Classe	Qualità	Colore
20 > EPI-D > 15	I	ottima	blu
15 > EPI-D > 12	II	buona	verde
12 > EPI-D > 9	III	mediocre	giallo
9 > EPI-D > 6	IV	cattiva	arancione
6 > EPI-D > 1	V	pessima	rosso

In questa trasformazione, come mostra la Tabella 4, i valori prossimi a 20 significano acque "pulite" mentre i valori prossimi a 1 segnalano ambienti via via più compromessi; quindi l'interpretazione dei valori si inverte rispetto a quella che si ottiene con l'EPI-D in scala 0-4, pur restando identico, ovviamente, il giudizio finale. Il calcolo dell'EPI-D₁₋₂₀ si effettua alla prima cifra decimale. Anche con questo tipo di interpretazione è opportuno considerare come classi di passaggio quelle i cui i risultati sono a cavallo dei valori soglia; si può assumere come intervallo di passaggio un ± 0.5 .

Le principali differenze tra gli indici diatomici europei sono dovute alla presenza di caratteristici ecotipi nelle diverse realtà territoriali, alle differenti liste di specie prese in considerazione, al metodo (alcuni indici considerano solo o soprattutto la sensibilità delle Diatomee alla sostanza organica). Applicando la matrice di correlazione di Pearson ad un gran numero di campioni (160) provenienti da vari corsi d'acqua appenninici nel loro percorso dalla sorgente alla foce, è stata messa in evidenza, pur nella diversità dei valori assoluti, una correlazione altamente significativa (Torrise, 2003) tra l'EPI-D e alcuni tra i più utilizzati indici diatomici europei presenti nel software OMNIDIA, tra cui IPS, IBD, CEE e SLA.

3.5 Parametri chimici correlati con l'EPI-D.

I più importanti parametri chimici che influenzano l'indice EPI-D che, si ribadisce, prende in considerazione la sensibilità delle Diatomee al carico organico, al grado di mineralizzazione del corpo idrico ed alla concentrazione in nutrienti, sono i seguenti:

- ossigeno disciolto e percentuale del valore di saturazione (%V.S.),
- BOD₅,
- COD,
- fosforo totale e soprattutto ortofosfati,
- azoto ammoniacale
- azoto nitrico,
- cloruri,
- solfati,
- durezza totale,
- conducibilità.

La correlazione, data la natura dell'indice (integrato, ponderato) non avviene di regola con un singolo fattore, ma con l'insieme degli stessi, che interagiscono nel corpo idrico.

PARTE PRATICA

4 Il lavoro sul campo

4.1 Periodi di campionamento e scelta delle stazioni

I momenti ed il numero dei campionamenti nel corso dell'anno variano ovviamente in funzione dell'obiettivo della ricerca e a seconda della tipologia del corso d'acqua. I periodi indubbiamente più interessanti sono maggio-giugno, dopo le piene primaverili, quando il fiume è in morbida, e settembre-ottobre, prima della ripresa delle piogge autunnali, quando il fiume è in magra e la situazione è più critica. Inoltre, sono questi i periodi in cui si ha anche il massimo sviluppo e la maggiore diversità specifica delle comunità di Diatomee, favorite dalla elevata intensità luminosa e dalla moderata temperatura dell'acqua.

Per finalità specifiche, ad ogni modo, si possono effettuare campionamenti in ogni periodo dell'anno perché le comunità di Diatomee, più o meno ricche in specie, sono sempre presenti ed in equilibrio con le condizioni ambientali. Nei ruscelli e torrenti alpini, ad esempio, si richiede di campionare durante la stagione invernale, al fine di verificare l'impatto arrecato dall'intenso turismo nelle località sciistiche.

Le ragioni che sconsigliano campionamenti invernali di routine sono le obiettive difficoltà logistiche ed il forte rimaneggiamento dei substrati litici a causa della violenza delle acque. Per quest'ultimo motivo, dopo forti temporali, è necessario attendere tre o quattro settimane perché avvenga la piena ricolonizzazione dei substrati da parte delle Diatomee.

Anche la scelta delle stazioni dipende dalle finalità dell'indagine: solitamente, dopo avere effettuato una ricognizione per l'individuazione delle possibili fonti d'inquinamento (agglomerati urbani, industrie, allevamenti di bestiame, ecc.), si sceglie una stazione a monte ed una a valle, quest'ultima a qualche distanza dall'immissione del carico inquinante. In modo analogo si procederà per verificare l'efficienza di un impianto di depurazione, o di fitodepurazione.

L'ultima stazione di un corso d'acqua che sfocia in mare dovrà essere necessariamente ubicata a qualche distanza dalla foce per evitare la penetrazione del cono salino e quindi la contaminazione dell'acqua dolce con l'acqua salata, poiché l'indice è tarato per le acque dolci e considera il cloruro di sodio un fattore inquinante.

Il sito scelto per il campionamento non deve mai risultare completamente ombreggiato dalla vegetazione delle sponde, essendo le Diatomee organismi che operano la fotosintesi. Per la stessa ragione sono da escludere le stazioni sotto i ponti.

4.2 Substrati idonei e tecniche di campionamento

Substrati litici, Diatomee epilittiche

Le comunità di Diatomee più utili allo scopo, e decisamente da preferire ogni volta che questo risulti possibile, sono le epilittiche. I substrati sui quali effettuare il prelievo sono allora le superfici sommerse ed esposte alla luce di massi, pietre e ciottoli, facendo attenzione che questi ultimi, date le minori dimensioni e la forma

smussata, non abbiano subito recenti rotolamenti e quindi perduto gran parte della comunità diatomologica. Il prelievo viene fatto raschiando il substrato con una lama oppure utilizzando uno spazzolino a setole dure con cui si gratta a più riprese la superficie litica.

Il campionamento va realizzato, quando possibile, su tutto il transetto, evitando accuratamente eventuali immissioni puntiformi o particolari microambienti che si formino in prossimità delle sponde, come le anse morte o le pozze di ristagno dell'acqua. Indicativamente, la superficie totale da raschiare o grattare, su almeno quattro-cinque supporti litici diversi dislocati lungo il transetto, va da un minimo di 100 cm² ad un massimo di circa 500 cm², a seconda dell'abbondanza del rivestimento algale. Quest'ultimo, se è dato esclusivamente o quasi da Diatomee, può risultare anche molto sottile. Il colore della comunità varia dal verde brunastro al bruno marroncino. Ma anche quando non se ne ha la percezione visiva, le Diatomee sono solitamente presenti, sia pure con minore abbondanza.

Se non sono reperibili substrati litici naturali, il prelievo può essere effettuato su supporti artificiali duri, come la parete verticale dei piloni dei ponti e delle sponde cementificate o il fondo di chiatte galleggianti o simili che siano in posto da almeno alcune settimane, evitando in ogni caso i materiali lignei a causa dei fenomeni di marcescenza.

Substrati vegetali, Diatomee epifitiche

In alternativa, quando non è possibile utilizzare substrati litici o comunque duri, possono essere campionate le Diatomee epifitiche, che si trovano:

- sulle idrofite fanerogamiche, come *Apium nodiflorum* (L.) Lag. (il comune sedano d'acqua) *Nasturtium officinale* R. Br. (crescione d'acqua), *Veronica anagallis-aquatica* L. (veronica acquatica), *V. beccabunga* L. (erba grassa), *Ranunculus trichophyllus* Chaix (ranuncolo a foglie capillari), *Callitriche palustris* L. (gamberaja comune), *C. stagnalis* Scop. (gamberaja maggiore), *Sparganium erectum* L. (coltellaccio maggiore);
- sui muschi sommersi, es. *Brachythecium rivulare* Bruch et al., *Rhynchostegium riparioides* (Hedw.) C.E.O. Jens., *Fontynalis antipyretica* Hedw., molto frequenti nei tratti superiore e medio del corso d'acqua;
- sulle alghe macroscopiche, come *Hydrurus foetidus* (Wille) Trév. (Crisoficee), *Vaucheria* sp.pl. (Xantoficee), *Lemanea fluviatilis* (L.) Ag. (Rodoficee), *Cladophora glomerata* (L.) Kütz. (Cloroficee), *Chara vulgaris* L. (Caroficee).

La raccolta delle Diatomee epifitiche viene fatta, a seconda dei casi:

- spremendo o strizzando, in un contenitore sufficientemente ampio, esemplari di macroalghe e macrofite sommerse;
- grattando la superficie sommersa, esposta alla luce, delle foglie e dei cauli di idrofite fanerogamiche particolarmente sviluppate, come *Typha latifolia* L. (tifa maggiore), *T. angustifolia* L. (tifa a foglie strette), *Phragmites australis* (Cav.) Trin. (cannuccia di palude), o di specie di generi giunchiformi come *Juncus*, *Holoschoenus* e *Schoenoplectus*.

Substrati melmosi, Diatomee epipeliche

Nel tratto terminale del corso d'acqua, dove le acque fluiscono molto lentamente, garantendo una certa stabilità dei depositi di limo dell'alveo, e qualora non sia possibile la raccolta di campioni epilitici od epifitici, può essere effettuata la raccolta di Diatomee epipeliche. Si prende un tubo di vetro lungo e sottile e lo si immerge con l'imboccatura, chiusa con un pollice, rivolta verso il sedimento. Rilasciando gradualmente il pollice, si fa scorrere il tubo sulla superficie del sedimento. Il tubo si riempirà di un miscuglio di acqua e sedimento. Il campionamento va fatto con molta accortezza, a livello del sottile film superficiale depositato sul limo di fondo, limitando così al massimo l'influenza dei processi di degradazione organica che potrebbero dare insediamento a comunità saprofile non in sintonia con le condizioni della colonna d'acqua soprastante.

In ogni caso, il substrato utilizzato per la raccolta del campione di Diatomee va dichiarato e deve essere omogeneo per una stessa stazione. Per ogni stazione viene prelevato un solo campione unendo nel contenitore il materiale raschiato, grattato o comunque ottenuto lungo vari punti del transetto. Se però non ci sono le condizioni per effettuare la raccolta lungo tutto il transetto (acqua molto profonda, mancanza di piloni di ponti, ecc.), questa può essere limitata alle zone prossime alle sponde, sempre evitando però i microambienti marginali.

Si ricorre a substrati artificiali inerti, di varia forma e dimensione, da porre in loco per il tempo necessario, per obiettivi particolari della ricerca e quando vengano a mancare substrati naturali o supporti artificiali come quelli elencati in precedenza. Sarà opportuno, in questi casi, utilizzare materiali della stessa natura (calcarei, silicei o altro) di quelli presenti nell'alveo naturale.

Per ulteriori informazioni riguardanti le modalità e le tecniche di campionamento, si possono consultare Kelly *et al.*, 1998 e AFNOR, 2000.

4.3 Etichettatura e fissaggio dei campioni

I campioni comunque ottenuti, grattando superfici solide (Diatomee epilitiche) o spremendo piante acquatiche (Diatomee epifitiche) o passando un tubo di vetro sottile sul limo di fondo (Diatomee epipeliche), vengono immessi in contenitori di plastica di 50 cc, meglio se a doppia chiusura, e riempiti fino a circa tre quarti con l'acqua della stazione di raccolta. Come fissativo si aggiunge di solito formaldeide, possibilmente neutralizzata, nella proporzione del 4-5%, quindi si chiude con cura e si agita il contenitore. Ad ogni contenitore viene apposta un'etichetta che riporti data e luogo e di raccolta, il tipo di substrato utilizzato ed il numero d'ordine. Informazioni più complete e dettagliate, per ogni stazione, risulteranno dalla Scheda di campionamento (Allegato 4), che verrà compilata in tutte le voci per le quali si è in grado di dare una risposta.

5 Il lavoro in laboratorio

5.1 Eliminazione della sostanza organica

Per l'applicazione dell'indice EPI-D è necessario identificare le Diatomee a livello di specie e talora anche di varietà. I caratteri che consentono tale riconoscimento risiedono quasi esclusivamente nella parete cellulare (frustulo). Hanno importanza sistematica la forma e le dimensioni del frustulo, la presenza o assenza del rafe, la forma e la posizione del rafe, le ornamentazioni delle valve, la loro disposizione e densità, ecc. Per rendere ben visibili tutti questi caratteri occorre eliminare completamente la sostanza organica, ciò che può essere ottenuto in vario modo.

Vengono di seguito brevemente descritti alcuni dei metodi più utilizzati per l'eliminazione della sostanza organica; il primo, che prevede l'impiego del perossido di idrogeno, è quello attualmente preferito dalla maggior parte dei diatomologi; gli altri due hanno un interesse più limitato e vengono adoperati in casi particolari. Con tutti e tre i metodi si deve operare sotto cappa, adottando all'occorrenza altre precauzioni come l'uso di guanti, occhiali od altro.

Metodo n.1: trattamento con perossido di idrogeno a 110-130 volumi, a caldo

E' questo il metodo decisamente più utilizzato ed il più indicato quando nel campione è presente argilla, ed anche quello consigliato per l'applicazione di routine dell'indice EPI-D.

1. Scuotere ed omogeneizzare bene il campione, trasferirne una piccola quantità (2-3 ml) in un beaker.
2. Lavare con acqua distillata per eliminare la formaldeide ed i sali minerali; centrifugare delicatamente a 1500 giri/min per 4-5 minuti. Il basso numero di giri della centrifuga serve ad evitare la rottura dei frustuli più grandi o più delicati. Decantare e riprendere con acqua distillata. Il ciclo centrifugazione/decantazione/diluizione va ripetuto alcune volte.
3. Aggiungere 30-40 ml circa di perossido di idrogeno (H_2O_2) e riscaldare su piastra elettrica a non più di $90^\circ C$ (meglio non raggiungere la temperatura di ebollizione per evitare la completa evaporazione del campione) fino a quando tutta la sostanza organica sia stata ossidata (tempo occorrente: da 1 a 3 ore).
4. Ripetere l'operazione precedente solo nel caso in cui il deposito dovesse risultare ancora colorato, segno evidente che non tutta la sostanza organica è stata ossidata.
5. Lasciar raffreddare.
6. Aggiungere HCl diluito, goccia a goccia, per eliminare i carbonati e fino a cessazione dell'effervescenza, che indica il completo rilascio dell'anidride carbonica, secondo la reazione: $CaCO_3 + 2HCl \rightarrow CO_2 + CaCl_2 + H_2O$. Con questa operazione, sempre necessaria

quando sono presenti materiali calcarei, vengono rimossi anche il perossido di idrogeno residuo ed eventuali ossidi di ferro.

7. Lavare accuratamente le pareti interne del beaker con acqua distillata per non perdere parte del materiale.
8. Centrifugare, ripetendo più volte il ciclo decantazione/diluizione per rimuovere ogni traccia di acido. Il deposito in fondo al tubo da centrifuga è costituito da frustuli di Diatomee per lo più dissociati in valve.
9. Aggiungere una piccola quantità di acqua distillata e trasferire in fiala ben pulita. Alcune gocce di etanolo serviranno a prevenire la crescita di funghi e permettere la conservazione del campione.
Il trattamento con perossido di idrogeno può essere fatto anche a temperatura ambiente, ma allora per l'ossidazione della sostanza organica occorrono almeno 12 ore.

Metodo n. 2: incenerimento

Si consiglia questo metodo per preparazioni rapide di controllo, se si vogliono conservare le strutture coloniali, se il materiale a disposizione è scarso, e quando si ha a che fare con forme poco silicizzate, quindi particolarmente fragili.

1. Omogeneizzare bene il campione, prelevarne una piccola quantità (2-3 ml) e trasferirla in un beaker.
2. Lavare a più riprese con acqua distillata per eliminare la formaldeide ed i sali minerali; centrifugare delicatamente a 1500 giri/min per 4-5 minuti; decantare ogni volta e riprendere con acqua distillata.
3. Aggiungere HCl diluito per rimuovere i carbonati.
4. Ripetere il ciclo di lavaggi.
5. Prelevare con una pipetta parte del materiale preventivamente ben omogeneizzato e distribuirlo uniformemente su di una lamella copri-oggetto rotonda (di 18-19 mm) ben pulita.
6. Lasciare evaporare a temperatura ambiente o riscaldare molto delicatamente su piastra elettrica.
7. Porre la lamella in muffola ad una temperatura di circa 500°C per 35-40 minuti; la distruzione della sostanza organica deve risultare completa (si dovrà osservare alla fine un colore grigio-cenere)
8. Lasciar raffreddare; ora le Diatomee sono saldamente accollate alla lamella.
9. Lavare di seguito con acqua distillata ed alcool per eliminare le scorie dovute all'incenerimento.

Metodo n. 3: trattamento con acido solforico concentrato e permanganato di potassio

Questo metodo è ormai quasi completamente abbandonato ed è qui riportato sia per motivi storici sia perché può tornare utile in qualche occasione. In alternativa all'acido solforico possono essere utilizzati acido nitrico o acido cloridrico concentrati. I punti di seguito elencati riflettono a grandi linee il metodo proposto da Patrick e Reimer (1966).

1. Omogeneizzare il campione e trasferire 5 ml circa della sospensione in un beaker.
2. Come al punto 2. del precedente metodo.
3. Come al punto 3. del precedente metodo.
4. Come al punto 4. del precedente metodo.
5. Aggiungere con cura 5 ml di H_2SO_4 concentrato e 0,1 grammi circa di permanganato di potassio in cristalli. Questa soluzione diviene di norma molto calda per l'interazione acido-acqua. Se si scalda ulteriormente, l'ossidazione si completa in circa 20-30 minuti.
6. Agitare delicatamente per agevolare lo scioglimento dei cristalli; la soluzione diventerà di color porpora (è importante che tutto il permanganato sia sciolto prima di procedere oltre).
7. Lasciar raffreddare la soluzione, quindi aggiungere acqua distillata e centrifugare (1500 giri al minuto, tempo 4-5 minuti), decantare e ripetere l'operazione fino a pH 7 (almeno tre volte). Si deve fare qui molta attenzione per conservare tutti i frustuli che formano il sedimento.
8. Riprendere il residuo con una piccola quantità di acqua distillata e trasferire in una fiala pulita.
9. Utilizzare parte del campione per preparare vetrini permanenti. Il resto può essere conservato indefinitamente mediante aggiunta di un cristallo di timolo o di alcune gocce di etanolo per prevenire la formazione di funghi.

I metodi qui descritti possono presentare varianti e accorgimenti che sono dettati dall'esperienza di ogni singolo ricercatore.

5.2 Preparazione di vetrini permanenti

L'indice di rifrazione della silice, che costituisce i frustuli, è molto vicino a quello dell'acqua e pertanto occorre montare le Diatomee in una resina ad elevato indice di rifrazione. Naphrax, con indice di rifrazione 1.74, è la resina più utilizzata in Europa.

1. Omogeneizzare la sospensione dei frustuli (per lo più scomposti in valve) in un'opportuna quantità d'acqua distillata (metodi n. 1 n. 3).
2. Prelevare con una pipetta qualche goccia di sospensione e depositarla su di una lamella copri-oggetto, lasciarla quindi asciugare a temperatura ambiente o su di una piastra riscaldante a temperatura molto bassa. Quando l'acqua evapora, le Diatomee restano accollate alla lamella permettendone una facile manipolazione.

N.B.: se si è adottato il metodo per incenerimento, il montaggio in vetrini permanenti inizia dal successivo punto 3.

3. Porre una goccia di resina (Naphrax) sulla lamella porta-oggetto.
4. Capovolgere la lamella copri-oggetto sulla goccia di resina (ovviamente con i frustuli rivolti verso la resina).
5. Scaldare sulla piastra elettrica, a temperature via via più elevate, fino a completa eliminazione del solvente; si sviluppano bolle d'aria che devono essere completamente eliminate. Questa fase può richiedere da una decina di minuti fino ad un'ora circa, in dipendenza delle temperature applicate.
6. Togliere il vetrino dalla fonte di calore, porlo su di una superficie piana e dura e, prima che la resina si raffreddi e indurisca, fare una delicata pressione sulla lamella copri-oggetto al fine ottenere una preparazione il più possibile sottile.
7. Eliminare delicatamente con una lama l'eccesso di resina che fuoriesce dal bordo circolare del copri-oggetto.
8. Disporre con un pennellino dello smalto per unghie attorno alla lamella al fine di proteggere la resina dall'attacco dell'olio di cedro.
9. Etichettare infine la preparazione.

Il vetrino è ora pronto per l'osservazione al microscopio ottico, dove si effettueranno le operazioni di identificazione e conteggio, o valutazione delle quantità relative di ogni specie. Si preparano solitamente due vetrini per ogni campione (Figura 8).

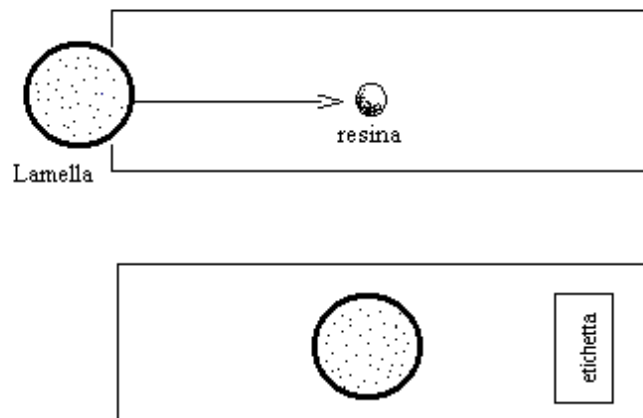


Figura 8 – Allestimento di un vetrino permanente: la lamella, contenente sulla sua superficie inferiore i frustuli puliti, viene adagiata sopra una goccia di resina posta su di un vetrino porta-oggetto. Seguirà l'eliminazione del solvente tramite riscaldamento

5.3 Identificazione dei taxa al microscopio ottico

Il microscopio dovrà possedere, come corredo minimo, una coppia di oculari 10 x e tre obiettivi: 10 x, 40 x e 100 x ad immersione. Gli oculari vanno adoperati in successione, a partire da quello che dà l'ingrandimento minore e che serve a dare una visione d'insieme del campione. E' anche necessario che il microscopio sia corredato di una camera lucida con la quale effettuare il disegno delle specie critiche. Il disegno è molto importante per la corretta determinazione delle Diatomee, soprattutto finché non si sia acquisita una sufficiente esperienza.

La prima operazione da fare consiste nella taratura delle scale. Si utilizza allo scopo un vetrino micrometrico contenente una scala in cui ogni mm è suddiviso in cento parti (ciascuna = a 10 μ m). Con il vetrino posto sul tavolo del microscopio si disegnano alla camera lucida tante scale quanti sono gli obiettivi. La più utile risulterà senz'altro quella realizzata con l'obiettivo 100 x che dà 1000 ingrandimenti, le altre servono essenzialmente per misurare la lunghezza di specie di grandi dimensioni. Con queste scale si potranno misurare direttamente le Diatomee disegnate alla camera lucida, delle quali vanno rilevate le caratteristiche sistematiche, come lunghezza, larghezza, densità delle ornamentazioni nell'unità di misura (di regola assunta in 10 μ m), ecc.

L'alternativa alla camera lucida è oggi l'analizzatore d'immagine.

Un secondo microscopio, corredato di camera per microfotografia, può risultare molto utile per documentare le forme rare o comunque interessanti dal punto di vista sistematico ed ecologico.

Con l'obiettivo 100x all'immersione si procede all'identificazione di tutte le specie presenti, utilizzando le monografie più sotto elencate, che contengono chiavi analitiche, descrizione dei taxa, microfotografie o disegni. Si effettuerà il disegno alla camera lucida per ogni specie di non facile riconoscimento. Per non farsi sfuggire nessuna specie, l'osservazione si farà procedendo a zig-zag dall'alto verso il basso della lamella.

Per l'identificazione e la denominazione dei generi e delle specie si consigliano le seguenti monografie: Patrick e Reimer, 1966, 1975; Bourrelly, 1981; Germain, 1981; e soprattutto Krammer e Lange-Bertalot, 1986, 1988, 1991a, 1991b, 2000. A questi due ultimi autori si deve la più recente e completa monografia con tutti i generi e le specie d'acqua dolce; da notare che l'ultimo volume, uscito nel 2000, è la traduzione in inglese e francese delle chiavi analitiche. Un testo che apporta molte innovazioni alla sistematica delle Diatomee, sia marine che d'acqua dolce, ma che si arresta a livello di genere, è quello di Round *et al.* (1990). Anche se di interesse soprattutto storico, merita una citazione speciale il bel volumetto di Gaj-Levra e Abate (1994) dedicato alle Diatomee d'acqua dolce d'Italia, corredato di 30 tavole accuratamente disegnate.

5.4 Valutazione delle abbondanze dei taxa nei campioni

Realizzato l'elenco delle specie, si procede alla stima delle loro abbondanze, dato indispensabile per calcolare l'indice EPI-D. Un metodo molto utilizzato consiste nella conta di 300-500 individui (solitamente 400), effettuando a 1000 ingrandimenti, all'immersione, tanti campi microscopici quanti ne occorrono per arrivare al numero prefissato. Si può procedere a zig-zag, o lungo determinate direzioni orizzontali o

verticali od oblique, oppure a caso. E' importante comunque fare attenzione a non sovrapporre i campi. Non viene fatta distinzione tra frustuli interi e valve, nelle quali i frustuli risultano per lo più dissociati a seguito del trattamento con perossido di idrogeno, o con acido solforico concentrato. Vanno presi in considerazione anche i frustuli rotti purché se ne osservi almeno una metà e questa consenta l'identificazione certa della specie. Il conteggio così realizzato va integrato con l'osservazione completa di tutti e due i vetrini per non tralasciare le forme di grandi dimensioni, che spesso sono presenti solo con uno o pochi esemplari (Figura 9).

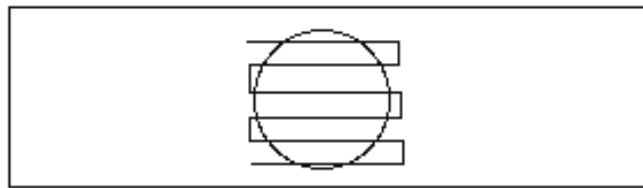


Figura 9 – Viene mostrato come si procede all'osservazione di tutto il vetrino al microscopio ottico per non tralasciare le forme rare

Altro metodo che può essere utilizzato è quello di attribuire ad ogni singola specie, dopo aver esaminato a fondo la preparazione, procedendo a zig-zag lungo la lamella, valori di abbondanza relativa da 1 a 10, in senso crescente: 1 per le specie presenti con un solo esemplare (solitamente di grandi dimensioni), 10 per le specie nettamente dominanti, spesso di piccole dimensioni; i valori intermedi sono attribuiti in crescendo. E' molto importante mantenere le proporzioni tra i vari taxa.

Il primo dei due metodi descritti, quello che prevede il conteggio a 400 esemplari è sicuramente più obiettivo. Tuttavia esso prende in considerazione esclusivamente il numero degli individui, senza tener conto della loro biomassa. Ci sono infatti Diatomee di piccole dimensioni (es. *Achnanthes minutissima*), da considerarsi come r-strategie, che figurano solitamente in numero molto elevato; mentre altre di grandi dimensioni (es. *Caloneis amphisbaena*) si comportano come K-strategie e compaiono quasi sempre con un numero ridotto di esemplari. Poiché il calcolo delle biomasse, in un lavoro di routine, risulterebbe praticamente impossibile, il problema riguardante la differenza tra numero di individui e biomassa può essere notevolmente attenuato ricorrendo alla scala delle abbondanze relative da 1 a 10, o simile. Quest'ultima, tuttavia, lascia spazio alla soggettività. L'EPI-D lascia libertà di scelta nel criterio di valutazione delle abbondanze dei taxa osservati nel campione.

Il conteggio a 400 individui è sempre necessario se si adopera il software OMNIDIA per confrontare tra di loro i vari indici diatomici.

6 Esempi di calcolo e utilizzazione dei risultati

I valori ottenuti applicando l'indice EPI-D possono essere utilizzati per elaborare tabelle, realizzare mappe della situazione ecologica dei corsi d'acqua esaminati, costruire curve o istogrammi che mostrino l'evoluzione della qualità biologica lungo il loro bacino idrografico.

Con riferimento al fiume Chienti, un tipico corso d'acqua dell'Appennino centrale, che scorre su substrati prevalentemente calcarei e sfocia nel Mare Adriatico dopo un percorso di 91 km, vengono fatti in proposito alcuni esempi.

Lungo il bacino idrografico di questo corso d'acqua si manifesta una pressione antropica crescente da monte a valle. Nei tratti iniziale e medio prevalgono attività di tipo agricolo-pastorale, con allevamenti di bestiame e fertilizzazione dei campi coltivati; industrie di vario tipo e maggiore concentrazione urbana si registrano nel tratto terminale. Per la realizzazione del monitoraggio biologico tramite Diatomee sono state scelte 12 stazioni dislocate sui due rami sorgivi del fiume, lungo l'asta principale e su due tributari.

Nell'Allegato 3 sono riportate le tabelle con le specie rinvenute nel campionamento di morbida ed in quello di magra (tutti i taxa figurano per brevità con i loro codici identificativi, gli stessi evidenziati nell'Allegato 1). Per ciascun campionamento sono state elaborate due tabelle: una con le abbondanze relative da 1 a 10, l'altra con il conteggio a 400 individui. Questo per valutare se i due metodi di attribuzione delle abbondanze portano a risultati sostanzialmente concordanti o meno.

La Tabella 5 mostra i risultati relativi al campionamento di morbida, la Tabella 6 quelli del campionamento di magra; entrambi sono stati ottenuti calcolando l'EPI-D sulla base delle rispettive tabelle riportate nell'Allegato 3. I valori di "i" ed "r" sono quelli contenuti nell'elenco generale che costituisce l'Allegato 1.

Come mostrato dalla Tabella 5 e Tabella 6, i risultati ottenuti con i due metodi di valutazione delle abbondanze, rispettivamente quantità relative da 1 a 10 e conteggio a 400 esemplari, concordano piuttosto bene tra di loro nel giudizio di qualità. Utilizzando i primi sono state elaborate le mappe biologiche di Figura 10 e di Figura 11.

Utilizzando i secondi sono state invece ricavati i grafici di Figura 12 e di Figura 13. Ognuna di queste rappresentazioni mostra con immediatezza un determinato aspetto della realtà esaminata: lo stato ecologico del fiume (mappe di qualità), l'evoluzione dell'indice lungo il suo bacino idrografico (curve), la differenza fra la situazione di morbida e quella di magra (istogramma). Ovviamente, spetterà all'operatore la scelta dell'una o dell'altra, anche a seconda dell'obiettivo della ricerca.

Rispetto ai risultati riportati da Torrisi e Dell'Uomo (2003), i dati qui mostrati per il Chienti sono stati rielaborati in seguito a revisione degli indici di sensibilità specifica, gli stessi che figurano attualmente nel software OMNIDIA e nell'Allegato 1.

Tabella 5. Risultati del monitoraggio biologico del fiume Chienti in morbida (giugno 2001). EPI-D₁₋₁₀ : valori ottenuti con le abbondanze relative da 1 a 10. EPI-D₄₀₀ = valori ottenuti con il conteggio a 400 esemplari.

Stazioni	EPI-D ₁₋₁₀	Classe di qualità		EPI-D ₄₀₀	Classe di qualità
1	0,90	I		0,61	I
2	1,20	II		0,88	I
3	1,20	II		0,99	I-II
4	1,07	II		0,93	I
5	1,62	II		1,33	II
6	1,64	II		1,41	II
7	1,75	III		1,58	II
8	1,91	III		1,96	III
9	2,10	III		2,31	III-IV
10	2,08	III		2,08	III
11	2,46	IV		2,67	IV
12	2,21	III		2,25	III

Tabella 6. Risultati del monitoraggio biologico del fiume Chienti in magra (ottobre 2001). EPI-D₁₋₁₀ : valori ottenuti con le abbondanze relative da 1 a 10. EPI-D₄₀₀ = valori ottenuti con il conteggio a 400 esemplari.

Stazioni	EPI-D ₁₋₁₀	Classe di qualità		EPI-D ₄₀₀	Classe di qualità
1	0,93	I		0,95	I
2	0,84	I		0,97	I-II
3	1,01	I-II		0,90	I
4	1,26	II		1,26	II
5	1,81	III		1,73	II-III
6	1,62	II		1,58	II
7	1,73	II-III		1,68	II-III
8	1,98	III		2,15	III
9	2,08	III		2,17	III
10	2,36	IV		2,44	IV
11	2,97	IV-V		3,03	IV-V
12	2,29	III-IV		2,27	III-IV

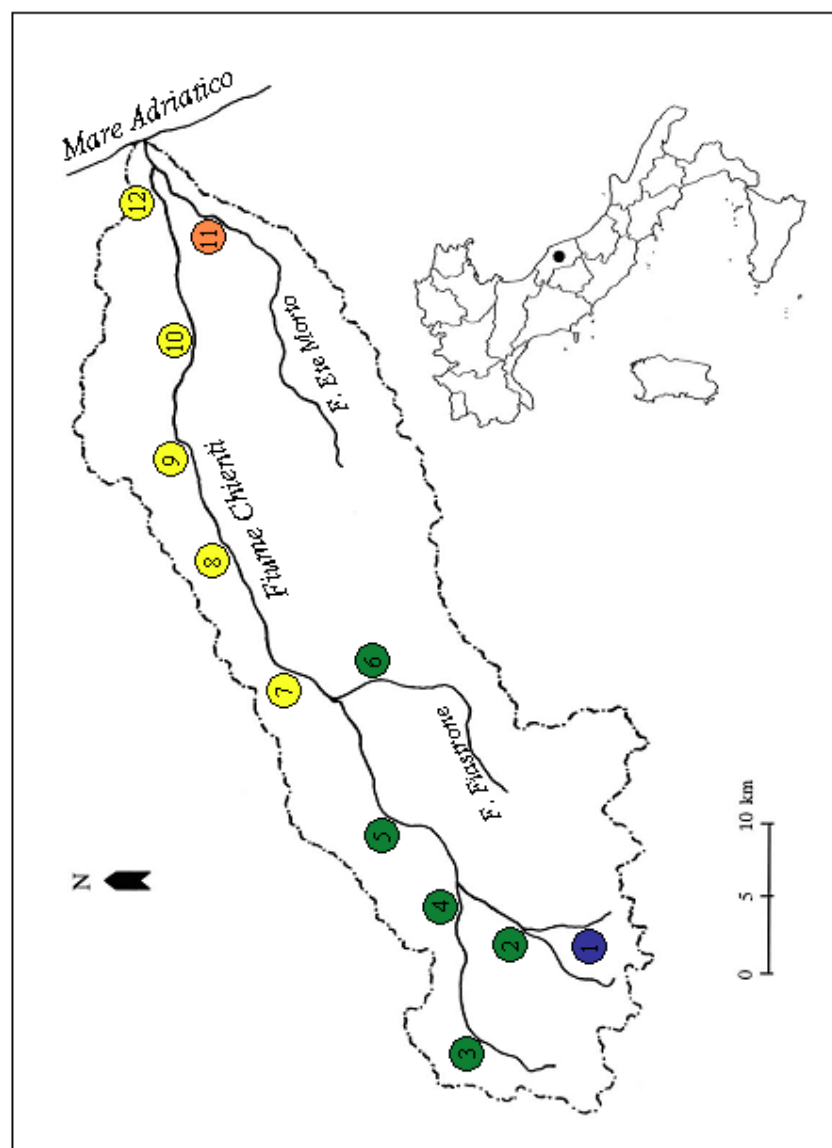


Figura 10 - Mappa della qualità biologica del fiume Chienti in morbida, ottenuta con l'indice EPI-D adottando per i valori di abbondanza una scala da 1 a 10.

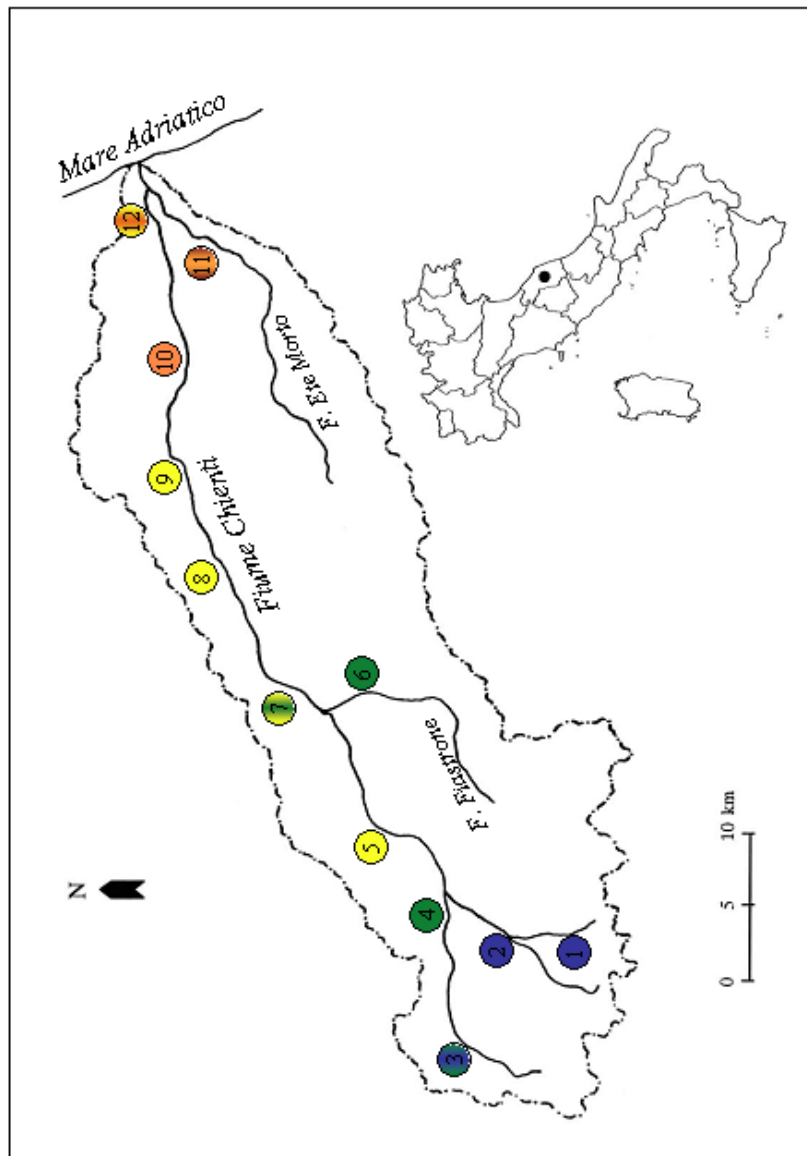


Figura 11 - Mappa della qualità biologica del fiume Chienti in magra, ottenuta con l'indice EPI-D adottando per i valori di abbondanza una scala da 1 a 10.

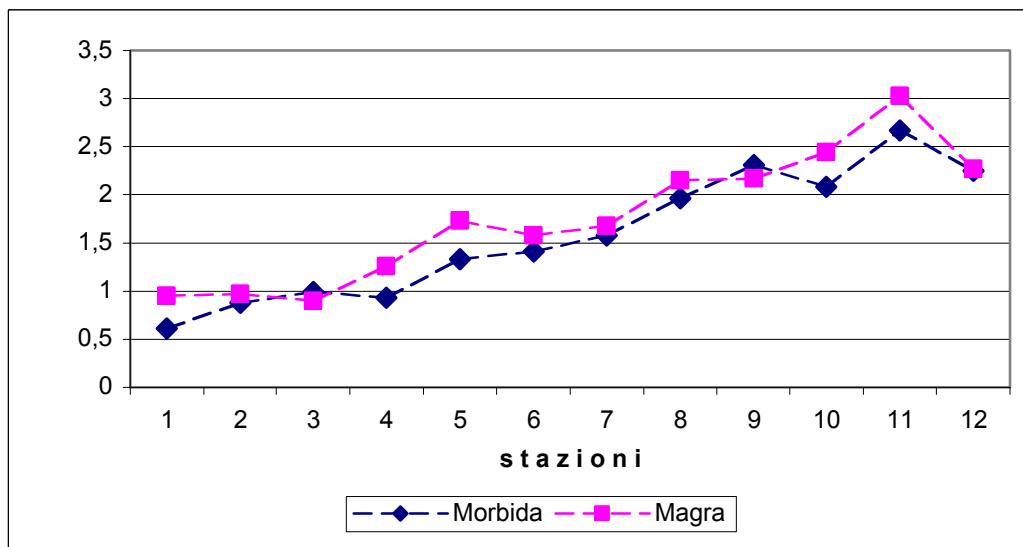


Figura 12 - Le curve mostrano l'andamento dell'indice EPI-D lungo il bacino del fiume Chienti nei due campionamenti di morbida e magra (valutazione delle abbondanze tramite conteggio a 400 esemplari). Le stazioni 6 e 11, qui graficate in continuo per semplicità, si trovano in realtà su due tributari del fiume.

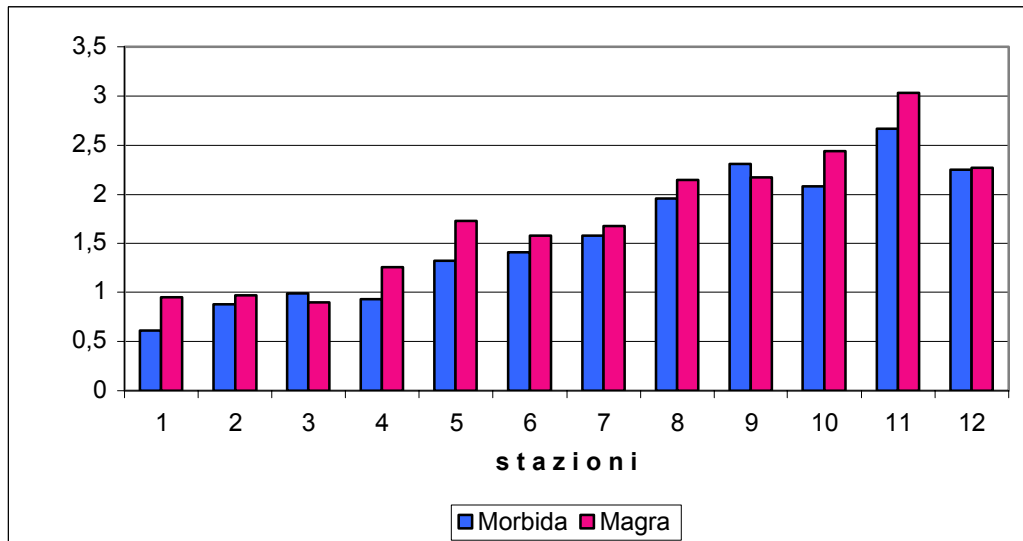


Figura 13 - L'istogramma mostra l'evoluzione dell'indice EPI-D lungo il bacino del fiume Chienti nei due campionamenti di morbida e magra (valutazione delle abbondanze tramite conteggio a 400 esemplari)

Bibliografia

- AFNOR, 2000 – Norme française NF T 90-354. Qualité de l'eau. Détermination de l'Indice Biologique Diatomées (IBD), Association Française de Normalisation, Paris, 63 pp.
- BOURRELLY P., 1981 – Les algues d'eau douce. II. Les algues jaunes et brunes. Soc. Nouv. Ed. Boubée, Paris, 517 pp.
- CAVALIERI S. & MAZZONI M., 2002 – Monitoraggio corsi d'acqua della Toscana. Anno 2002. ARPAT, Toscana, 178 pp.
- DELL'UOMO A., 1981 – Alghe di acqua corrente e loro impiego come bioindicatori. Giorn. Bot. Ital., 115: 327-342.
- DELL'UOMO A., 1986 – Diatoms and other algae from the thermal-sulphur springs of Triponzo (Central Italy). Arch. Hydrobiol., Algological Studies, 42: 79-91.
- DELL'UOMO A., 1991 – Use of benthic macroalgae for monitoring rivers in Italy. In: Whitton B.A., Rott E. & Friedrich G. (eds), Use of algae for monitoring rivers I, pp. 129-137.
- DELL'UOMO A., 1992 – Diatomées de quelques tourbières du Nord de l'Italie et leur réponse dans différentes conditions du milieu ambiant. Nova Hedwigia, 54 (3-4): 503-513.
- 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. Institut für Botanik, Universität Innsbruck, pp. 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 J. (eds), Use of algae for monitoring rivers III, Agence de l'Eau Artois-Picardie, Douai, pp. 17-25.
- DELL'UOMO A., 2003 – Les algues des milieux lotiques de l'Italie et leur importance dans l'évaluation de la qualité des cours d'eau. Boccone, 16 (1): 367-377..
- DELL'UOMO A. & GRANDONI P., 1997 – Diatomee e qualità dell'acqua: biomonitoraggio del fiume Sentino (bacino del fiume Esino, Marche). S.It.E. Atti, 18: 445-448.
- DELL'UOMO A. & MASI M.A., 1986 – Aspetti ecologici e biogeografici del popolamento a Diatomee del fiume Basento (Basilicata). Biogeographia: Lavori Soc. Ital. Biogeogr., 10: 51-65.
- DELL'UOMO A. & MASI M.A., 1988 – Studio floristico-ecologico delle Diatomee del Lago di Tovel (Nord-Italia). Riv. Idrobiol., 27 (2-3): 317-348.
- 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 (3): 253-269.
- DELL'UOMO A. & TANTUCCI C., 1996 – Impiego delle Diatomee nel monitoraggio biologico del fiume Musone (Marche). S.It.E. Atti, 17: 499-502.
- FJEDINGSTAD E., 1964 – Pollution of streams estimated by benthic phytomicro-organisms. I. A saprobic system based on communities of organisms and ecological factors. Int. Rev. Ges. Hydrobiol., 49: 63-131.

- FJEDINGSTAD E., 1965 – Taxonomy and saprobic valency of benthic phytomicro-organisms. *Int. Rev. Ges. Hydrobiol.*, 50: 475-604.
- GERMAIN H., 1981 - Flore des Diatomées: eaux douces et saumâtres. Soc. Nouv. Ed. Boubée, Paris, 444 pp.
- GHETTI P.F., 1997 – Indice Biotico esteso (I.B.E.). I macroinvertebrati nel controllo della qualità degli ambienti di acque correnti. Manuale di applicazione. Provincia Autonoma di Trento – Agenzia Provinciale per la Protezione dell'Ambiente, Trento, 222 pp.
- GIAJ-LEVRA P. & ABATE O., 1994 – Le Diatomee d'acqua dolce in Italia. ENEA, Serie Studi Ambientali, Roma, 290 pp.
- GRANDONI P. & DELL'UOMO A., 1996 – Biomonitoraggio dell'alto corso del Fiume Potenza (Marche) mediante impiego di Diatomee. *Riv. Idrobiol.*, 35: 71-85.
- HENDEY N.I., 1971 - Electron microscope studies and the classification of diatoms. In: *The micropaleontology of Oceans* (Funnell B.M. & Riedel W.R. eds.), Cambridge University Press, Cambridge, pp. 625-631.
- HOFMANN G., 1994 – Aufwuchs-Diatomeen in Seen und ihre Eignung als Indikatoren der Trophie. *Bibliotheca Diatomologica*, 30. J. Cramer, Berlin, Stuttgart, 241 pp.
- HUSTEDT F., 1956 – Kieselalgen (Diatomeen). Kosmos-Verlag Franckh, Stuttgart, 70 pp.
- KELLY M.G., Cazaubon A., Coring E., Dell'Uomo A., Ector L., Goldsmith B., Guasch H., Hürlimann J., Jarlman A., Kawecka B., Kwadrans J., Laugaste R., Lindstrom E.-A., Leitao M., Marvan P., Padisak J., Pipp E., Prygiel J., Rott E., Sabater S., Van Dam H. & Vizinet J., 1998 - Recommendations for the routine sampling of diatoms for water quality assessments in Europe. *Journal of Applied Phycology*, 10: 215-224.
- KOLBE R.W., 1927 – Zür Ökologie, Morphologie und Systematik der Brackwasser-Diatomeen. Die Kieselalgen des Sperenberger Salzgebiets. In: Kolkwitz R. (ed.), *Pflanzenforschung*, 7: 1-146.
- KOLKWITZ R. & MARSSON M., 1902 – Grundsätze für biologische Beurteilung des Wassers nach seiner Flora und Fauna. *Mitt. Prüfungsanst. Wasserversorg. Abwasserreinig.*, 1: 33-72.
- KOLKWITZ R. & MARSSON M., 1908 – Ökologie der pflanzlichen Saprobien. *Ber. Deutsch. Bot. Ges.*, 26 A: 505-519.
- KOLKWITZ R. & MARSSON M., 1909 – Ökologie der tierischen Saprobien. *Int. Rev. Ges. Hydrobiol. Hydrogr.*, 2: 126-152.
- KRAMMER K. & LANGE-BERTALOT H., 1986 – Bacillariophyceae. Süßwasserflora von Mitteleuropa, 2/1, 876 pp. G. Fischer Verlag, Stuttgart, New York.
- KRAMMER K. & LANGE-BERTALOT H., 1988 – Bacillariophyceae. Süßwasserflora von Mitteleuropa, 2/2, 596 pp. G. Fischer Verlag, Stuttgart, New York.
- KRAMMER K. & LANGE-BERTALOT H., 1991a – Bacillariophyceae. Süßwasserflora von Mitteleuropa, 2/3, 576 pp. G. Fischer Verlag, Stuttgart, Jena.

- KRAMMER K. & LANGE-BERTALOT H., 1991b – Bacillariophyceae. Süßwasserflora von Mitteleuropa, 2/4, 437 pp. G. Fischer Verlag, Stuttgart, Jena.
- KRAMMER K. & LANGE-BERTALOT H., 2000 – Bacillariophyceae. Süßwasserflora von Mitteleuropa, 2/5: English and French translation of the keys, 310 pp. Spektrum Akademischer Verlag, Heidelberg, Berlin.
- LECOINTE C., COSTE M. & PRYGIEL J., 1993 – “OMNIDIA” software for taxonomy, calculation of diatom indices and inventories management. *Hydrobiologia*, 269/70: 509-513.
- LEE R.E. , 1999 – Phycology. 3rd Edition. Cambridge University Press, 614 pp.
- LIEBMANN H., 1962 – Handbuch der Frishwasser- und Abwasserbiologie. G. Fisher Verlag, Jena, 588 pp.
- PATRICK R. & REIMER C.W., 1966 – The diatoms of the United States. Monographs of the Academy of Natural Sciences of Philadelphia, 13 (1), 688 pp.
- PATRICK R. & REIMER C.W., 1975 – The diatoms of the United States. Monographs of the Academy of Natural Sciences of Philadelphia, 13 (2), 213 pp.
- ROUND F.E., 1981 – The ecology of algae. Cambridge University Press, Cambridge, 653 pp.
- ROUND F.E., CRAWFORD R.M. & MANN D.G., 1990 – The diatoms: biology & morphology of the genera. Cambridge University Press, Cambridge, 747 pp.
- SLÁDEČEK V., 1973 – System of water quality from the biological point of view. *Arch. Hydrobiol., Ergebn. Limnol.*, 7: 1-218.
- SLÁDEČEK V., 1986 – Diatoms as indicators of organic pollution. *Acta Hydrochimica et Hydrobiologica*, 14: 555-566.
- TORRISI M., 2003 – Monitoraggio biologico dei corsi d’acqua appenninici mediante l’indice algale di eutrofizzazione/polluzione (EPI-D) comparato ad altri indici diatomici europei. Tesi di Dottorato in “Scienze e tecnologie per l’ambiente, la natura e la salute dell’uomo”, Dipartimento di Botanica ed Ecologia, Università degli Studi di Camerino.
- TORRISI M. & DELL’UOMO A., 2001a – Les diatomées benthiques des parties rhithrales et potamales des cours d’eau de l’Apennin central (Italie) et leurs significations écologiques. *Arch. Hydrobiol., Algolog. Studies*, 102: 35-47.
- TORRISI M. & DELL’UOMO A., 2001b – Contributo alle Diatomee di Abruzzo e Molise (fiumi Sangro, Trigno, Volturno) e valutazione comparativa di alcuni indici diatomici europei. *Riv. Idrobiol.*, 40 (2-3): 1-19.
- TORRISI M. & DELL’UOMO A., 2001c – Alcune Diatomee (Bacillariophyta) rare o notevoli rinvenute nelle Fonti del Clitunno (Umbria, Italia). *Arch. Geobot.*, 7 (1): 11-15.
- TORRISI M. & DELL’UOMO A., 2003 – Diatomées benthiques et qualité biologique d’un cours d’eau de l’Apennin central (Italie): le fleuve Chienti. *Bulletin de la Société des Sciences Naturelles de l’Ouest de la France*, 2ème supplément hors série, pp. 230-241
- VAN DAM H., MERTENS A. & SINKELDAM J., 1994 – A coded checklist and ecological indicator values of freshwater diatoms from the Netherlands. *Netherl. J. Aquat. Ecol.*, 28 : 117-133.

- ZELINKA M. & MARVAN P., 1961 – Zur Präzisierung der biologischen Klassifikation der Reinheit fliessender Gewässer. Arch. Hydrobiol., 57: 389-407.

Ringraziamenti:

Un sentito ringraziamento alla Dr.ssa Francesca Ciutti dell'Istituto Agrario di San Michele all'Adige che, anticipando la WFD/60/2000/EC con l'organizzazione a Trento, nel 1999, di un corso sull'utilizzo delle Diatomee nel biomonitoraggio fluviale, ha contribuito a sensibilizzare i biologi e naturalisti italiani circa l'importanza di queste alghe per il controllo dei corpi idrici.

Un grazie, inoltre, a Maria Luisa Nughes e Bruno Floris (ARPA Sardegna, Dip. di Cagliari) per aver suggerito, dopo attenta visione del manoscritto, alcuni significativi miglioramenti.

Allegato 1 Elenco delle Diatomee finora considerate per il calcolo dell'EPI-D comprese sinonimie

Consiste nell'elenco di tutti i taxa finora considerati per il calcolo dell'indice EPI-D, inclusi i più comuni sinonimi con cui molte specie sono anche conosciute. Esempio: *Fragilaria arcus* Ehrenberg, denominazione con cui questa specie figura in Krammer e Lange-Bertalot (1991a) è anche conosciuta come *Ceratoneis arcus* (Ehrenberg) Kutzing (con questo nome si trova in Germain, 1981) e come *Hannaea arcus* (Ehrenberg) Patrick (in: Patrick e Reimer, 1966).

Questo elenco contiene gli stessi taxa che sono inclusi nel software OMNIDIA e che permette il calcolo dell'EPI-D in comparazione con vari altri indici diatomici.

Ogni taxon compare nell'ordine con:

- il "codice identificativo", composto da quattro lettere maiuscole che sono le iniziali del nome del genere e di quello della specie, o della varietà. Esempi: ALAN = *Achnanthes lanceolata*; AMAF = *Achnanthes minutissima* var. *affinis*;
- il nome generico;
- il nome specifico;
- l'eventuale varietà;
- l'autore, o gli autori;
- il valore di sensibilità, ovvero l'indice integrato ponderato di eutrofizzazione e/o inquinazione "I";
- il valore di affidabilità "r", inversamente proporzionale al "range" ecologico della specie.

L'elenco è presentato in ordine alfabetico rispetto al genere.

Si tratta di un elenco di specie per le quali è già stato possibile accertare il comportamento ecologico sul territorio italiano. Questo elenco è suscettibile di essere ampliato ed aggiornato a mano a mano che giungeranno, da parte dei vari operatori che applicheranno l'indice diatamico, segnalazioni documentate di altre specie con relativo corredo di dati sulle condizioni ambientali in cui sono state rinvenute.

Codice	Genere	Specie e varietà	Autori	i	r
AAFF	<i>Achnanthes</i>	<i>affinis</i>	Grunow	0.5	3
ABIA	<i>Achnanthes</i>	<i>biasoletiana</i>	Grunow	0.5	3
ABIO	<i>Achnanthes</i>	<i>bioretii</i>	Germain	0.3	3
ACLE	<i>Achnanthes</i>	<i>clevei</i>	Grunow	1.3	3
ACOA	<i>Achnanthes</i>	<i>coarctata</i>	(Brébisson) Grunow	0.5	3
ADAO	<i>Achnanthes</i>	<i>daonensis</i>	Lange-Bertalot	0.2	5
ADEL	<i>Achnanthes</i>	<i>delicatula</i>	(Kützing) Grunow	2.8	5
ADHA	<i>Achnanthes</i>	" <i>ssp. hauckiana</i>	Lange-Bertalot & Ruppel	2.0	1
AEXG	<i>Achnanthes</i>	<i>exigua</i>	Grunow	1.3	3
AFLE	<i>Achnanthes</i>	<i>flexella</i>	(Kützing) Brun	0.0	5
AHUN	<i>Achnanthes</i>	<i>hungarica</i>	(Grunow) Grunow	3.0	5
AJOU	<i>Achnanthes</i>	<i>joursacense</i>	Héribaud	0.8	5
ALVS	<i>Achnanthes</i>	<i>laevis</i>	Oestrup	0.5	3
ALAN	<i>Achnanthes</i>	<i>lanceolata</i>	(Brébisson) Grunow	0.5	3
ALDU	<i>Achnanthes</i>	" <i>ssp. dubia</i>	(Grunow) Lange-Bertalot	0.7	3
ALAE	<i>Achnanthes</i>	" <i>var. elliptica</i>	Cleve	0.8	1
ALAR	<i>Achnanthes</i>	" <i>ssp. rostrata</i>	(Oestr.) Lange-Bertalot	0.7	3
ALAP	<i>Achnanthes</i>	<i>lapidosa</i>	Krasske	0.0	5
ALAT	<i>Achnanthes</i>	<i>laterostrata</i>	Hustedt	0.0	5
AMIC	<i>Achnanthes</i>	<i>microcephala</i>	(Kützing) Grunow	0.7	3
AMIN	<i>Achnanthes</i>	<i>minutissima</i>	Kützing	0.5	3
AMAF	<i>Achnanthes</i>	" <i>var. affinis</i>	(Grunow) Lange-Bertalot	0.5	3
AMCR	<i>Achnanthes</i>	" <i>var. cryptocephala</i>	Grunow	0.5	3
AMGR	<i>Achnanthes</i>	" <i>var. gracillima</i>	(Meister) Lange-Bertalot	0.2	5
AMON	<i>Achnanthes</i>	<i>montana</i>	Krasske	0.0	5

Codice	Genere	Specie e varietà	Autori	i	r
AOBG	<i>Achnanthes</i>	<i>oblongella</i>	Oestrup	0.0	5
APET	<i>Achnanthes</i>	<i>petersenii</i>	Hustedt	0.0	5
APLO	<i>Achnanthes</i>	<i>ploenensis</i>	Hustedt	1.0	5
ASAT	<i>Achnanthes</i>	<i>subatomoides</i>	(Hust.) Lange-Bert. & Arch.	0.3	3
ATRI	<i>Achnanthes</i>	<i>trinodis</i>	(W. Smith) Grunow	0.0	5
APEL	<i>Amphipleura</i>	<i>pellucida</i>	Kützing	1.0	5
APAL	<i>Amphiprora</i>	<i>paludosa</i>	W. Smith	3.2	5
ACOP	<i>Amphora</i>	<i>copulata</i>	(Kützing) Schoem. & Arch.	1.5	3
AINA	<i>Amphora</i>	<i>inariensis</i>	Krammer	0.3	3
ALIB	<i>Amphora</i>	<i>libyca</i>	Ehrenberg	1.5	3
AMMO	<i>Amphora</i>	<i>montana</i>	Krasske	1.2	5
ANOR	<i>Amphora</i>	<i>normanii</i>	Rabenhorst	0.0	5
AOVA	<i>Amphora</i>	<i>ovalis</i>	(Kützing) Kützing	1.5	3
APED	<i>Amphora</i>	<i>pediculus</i>	(Kützing) Grunow	1.2	1
ATHU	<i>Amphora</i>	<i>thumensis</i>	(Mayer) Cleve-Euler	0.5	3
AVEN	<i>Amphora</i>	<i>veneta</i>	Kützing	3.5	3
ANBR	<i>Anomoeoneis</i>	<i>brachysira</i>	(Brébisson) Grunow	0.0	5
ANEX	<i>Anomoeoneis</i>	<i>exilis</i>	(Grunow) Hustedt	0.3	3
ASPH	<i>Anomoeoneis</i>	<i>sphaerophora</i>	(Ehrenberg) Pfitzer	3.0	5
ASTY	<i>Anomoeoneis</i>	<i>styriaca</i>	(Grunow) Hustedt	0.0	5
AVIT	<i>Anomoeoneis</i>	<i>vitrea</i>	(Grunow) Ross	0.3	3
AFOR	<i>Asterionella</i>	<i>formosa</i>	Hassall	1.2	1
AUDI	<i>Aulacoseira</i>	<i>distans</i>	(Ehrenberg) Simonsen	0.0	5
AUGR	<i>Aulacoseira</i>	<i>granulata</i>	(Ehrenberg) Simonsen	2.0	1
AUGA	<i>Aulacoseira</i>	" var. <i>angustissima</i>	(O.M.) Simonsen	2.0	1
AUIT	<i>Aulacoseira</i>	<i>italica</i>	(Ehrenberg) Simonsen	1.3	3

Codice	Genere	Specie e varietà	Autori	i	r
BPAR	<i>Bacillaria</i>	<i>paradoxa</i>	Gmelin	3.0	5
BPAX	<i>Bacillaria</i>	<i>paxillifer</i>	(Muller) Hendey	3.0	5
BSTY	<i>Brachysira</i>	<i>styriaca</i>	(Grunow) Ross	0.0	5
BVIT	<i>Brachysira</i>	<i>vitrea</i>	(Grunow) Ross	0.3	3
CAPS	<i>Caloneis</i>	<i>alpestris</i>	(Grunow) Cleve	0.0	5
CAMP	<i>Caloneis</i>	<i>amphisbaena</i>	(Bory) Cleve	2.8	5
CBAC	<i>Caloneis</i>	<i>bacillum</i>	(Grunow) Cleve	0.7	3
CLIM	<i>Caloneis</i>	<i>limosa</i>	(Kützing) Patrick	0.5	3
CPUL	<i>Caloneis</i>	<i>pulchra</i>	Messikommer	0.0	5
CSHU	<i>Caloneis</i>	<i>schumanniana</i>	(Grunow) Cleve	0.5	3
CSIL	<i>Caloneis</i>	<i>silicula</i>	(Ehrenberg) Cleve	1.0	5
CAVE	<i>Caloneis</i>	<i>ventricosa</i>	(Ehrenberg) Meist.	1.0	5
CHIB	<i>Campylodiscus</i>	<i>hibernicus</i>	Ehrenberg	0.0	5
CNRC	<i>Campylodiscus</i>	<i>noricus</i>	Ehrenberg	0.0	5
CNHI	<i>Campylodiscus</i>	" var. <i>hibernicus</i>	(Ehrenberg) Grunow	0.0	5
CARC	<i>Ceratoneis</i>	<i>arcus</i>	(Ehrenberg) Kützing	0.2	5
CDIS	<i>Cocconeis</i>	<i>disculus</i>	(Schum.) Cleve	0.7	3
CNDI	<i>Cocconeis</i>	<i>neodiminuta</i>	Krammer	0.2	5
CPED	<i>Cocconeis</i>	<i>pediculus</i>	Ehrenberg	2.0	1
CPLA	<i>Cocconeis</i>	<i>placentula</i>	Ehrenberg	1.0	1
CPLE	<i>Cocconeis</i>	" var. <i>euglypta</i>	(Ehrenberg) Grunow	1.0	1
CPLK	<i>Cocconeis</i>	" var. <i>klinoraphis</i>	Geitler	1.0	1
CPLI	<i>Cocconeis</i>	" var. <i>lineata</i>	(Ehrenberg) Van Heurck	1.0	1
COPS	<i>Cocconeis</i>	<i>pseudothumensis</i>	Reichardt	0.5	3
COLA	<i>Coscinodiscus</i>	<i>lacustris</i>	Grunow	1,5	3
CDUB	<i>Cyclostephanos</i>	<i>dubius</i>	(Fricke) Round	2.3	3

Codice	Genere	Specie e varietà	Autori	i	r
CINV	<i>Cyclostephanos</i>	<i>invisitatus</i>	(Hohn & Hell.) T.S. & Hak.	2.5	3
CATO	<i>Cyclotella</i>	<i>atomus</i>	Hustedt	2.7	3
CCOM	<i>Cyclotella</i>	<i>comta</i>	(Ehrenberg) Kützing	0.3	3
CCCP	<i>Cyclotella</i>	<i>cyclopuncta</i>	Hakansson & Carter	0.3	3
CDTG	<i>Cyclotella</i>	<i>distinguenda</i>	Hustedt	1.2	1
CDUN	<i>Cyclotella</i>	“ var. <i>unipunctata</i> ”	(Hustedt) Hakansson & Carter	1.5	3
CKRM	<i>Cyclotella</i>	<i>krammeri</i>	Hakansson	1.3	3
CKUT	<i>Cyclotella</i>	<i>kuetzingiana</i>	Thwaites	1.3	3
CMEN	<i>Cyclotella</i>	<i>meneghiniana</i>	Kützing	2.8	5
COCE	<i>Cyclotella</i>	<i>ocellata</i>	Pantocsek	0.7	3
CRAD	<i>Cyclotella</i>	<i>radiosa</i>	(Grunow) Lemmerm.	1	5
CSTE	<i>Cyclotella</i>	<i>stelligera</i>	Cleve & Grunow	1.3	3
CWUE	<i>Cyclotella</i>	<i>wuethrichiana</i>	Druart & Straub	0.2	5
CELL	<i>Cymatopleura</i>	<i>elliptica</i>	(Brébisson) W. Smith	1.5	3
CSOL	<i>Cymatopleura</i>	<i>solea</i>	(Brébisson) W. Smith	2.2	5
CAEQ	<i>Cymbella</i>	<i>aequalis</i>	W. Smith	0.5	3
CAFF	<i>Cymbella</i>	<i>affinis</i>	Kützing	1.0	5
CALP	<i>Cymbella</i>	<i>alpina</i>	Grunow	0.0	5
CAPH	<i>Cymbella</i>	<i>amphicephala</i>	Nägeli	0.7	3
CASP	<i>Cymbella</i>	<i>aspera</i>	(Ehrenberg) Cleve	0.5	3
CCAE	<i>Cymbella</i>	<i>caespitosa</i>	(Kützing) Brun	2.0	1
CCES	<i>Cymbella</i>	<i>cesatii</i>	(Rabenhorst) Grunow	0.0	5
CCIS	<i>Cymbella</i>	<i>cistula</i>	(Ehrenberg) Kirchner	1.3	3
CCUS	<i>Cymbella</i>	<i>cuspidata</i>	Kützing	0.5	3
CCYM	<i>Cymbella</i>	<i>cymbiformis</i>	Agardh	0.8	5
CDEL	<i>Cymbella</i>	<i>delicatula</i>	Kützing	0.0	5

Codice	Genere	Specie e varietà	Autori	i	r
CELG	<i>Cymbella</i>	<i>elginensis</i>	Krammer	0.0	5
CGRA	<i>Cymbella</i>	<i>gracilis</i>	(Ehrenberg) Kützing	0.0	5
CHEB	<i>Cymbella</i>	<i>hebridica</i>	(Grunow) Cleve	0.0	5
CHEL	<i>Cymbella</i>	<i>helvetica</i>	Kützing	0.2	5
CLAC	<i>Cymbella</i>	<i>lacustris</i>	(Agardh) Cleve	1.3	3
CLAE	<i>Cymbella</i>	<i>laevis</i>	Nägeli	0.0	5
CLAN	<i>Cymbella</i>	<i>lanceolata</i>	(Ehrenberg) Kirchner	1.3	3
CLEP	<i>Cymbella</i>	<i>leptoceros</i>	(Ehrenberg) Kützing	0.5	3
CMIC	<i>Cymbella</i>	<i>microcephala</i>	Grunow	1.0	1
CMIN	<i>Cymbella</i>	<i>minuta</i>	Hilse ex Rabenhorst	1.0	1
CNAV	<i>Cymbella</i>	<i>naviculiformis</i>	(Auersw.) Cleve	1.3	3
COBT	<i>Cymbella</i>	<i>obtusiuscula</i>	Kützing	1.0	1
CPAR	<i>Cymbella</i>	<i>parva</i>	(W. Smith) Wolle	1.0	1
CPRO	<i>Cymbella</i>	<i>prostrata</i>	(Berkeley) Cleve	1.5	3
CPAW	<i>Cymbella</i>	" var. <i>auerswaldii</i>	(Rabenhorst) Reimer	1.5	3
CREH	<i>Cymbella</i>	<i>reinhardtii</i>	Grunow	0.3	3
CSLE	<i>Cymbella</i>	<i>silesiaca</i>	Bleisch	1.8	1
CSIN	<i>Cymbella</i>	<i>sinuata</i>	Gregory	1.3	3
CSAE	<i>Cymbella</i>	<i>subaequalis</i>	Grunow	0.2	5
CTUM	<i>Cymbella</i>	<i>tumida</i>	(Brébisson) Van Heurck	2.0	5
CTMD	<i>Cymbella</i>	<i>tumidula</i>	Grunow	0.5	3
CTLA	<i>Cymbella</i>	" var. <i>lancettula</i>	Krammer	0.5	3
CTUR	<i>Cymbella</i>	<i>turgida</i>	(Greg.) Cleve	0.0	5
CVEN	<i>Cymbella</i>	<i>ventricosa</i>	Kützing	1.0	1
DELE	<i>Denticula</i>	<i>elegans</i>	Kützing	0.5	3
DKUE	<i>Denticula</i>	<i>kuetzingii</i>	Grunow	0.8	5

Codice	Genere	Specie e varietà	Autori	i	r
DTEN	<i>Denticula</i>	<i>tenuis</i>	Kützing	0.3	3
DTCR	<i>Denticula</i>	" var. <i>crassula</i>	(Nägeli) Hustedt	0.5	3
DANC	<i>Diatoma</i>	<i>anceps</i>	(Ehrenberg) Kirchner	0.0	5
DEHR	<i>Diatoma</i>	<i>ehrenbergii</i>	Kützing	1.3	3
DELO	<i>Diatoma</i>	<i>elongatum</i>	(Lyngbye) Agardh	2.3	3
DHIE	<i>Diatoma</i>	<i>hyemalis</i>	(Roth) Heiberg	0.0	5
DHME	<i>Diatoma</i>	" var. <i>mesodon</i>	(Ehrenberg) Grunow	0.5	3
DMES	<i>Diatoma</i>	<i>mesodon</i>	(Ehrenberg) Kützing	0.5	3
DMON	<i>Diatoma</i>	<i>moniliformis</i>	Kützing	2.0	1
DITE	<i>Diatoma</i>	<i>tenuis</i>	Agardh	2.3	3
DTEL	<i>Diatoma</i>	" var. <i>elongatum</i>	Lyngbye	2.3	3
DVUL	<i>Diatoma</i>	<i>vulgaris</i>	Bory	1.8	1
DELL	<i>Diploneis</i>	<i>elliptica</i>	(Kützing) Cleve	0.5	3
DOBL	<i>Diploneis</i>	<i>oblongella</i>	(Nägeli) Cleve-Euler	0.7	3
DOCU	<i>Diploneis</i>	<i>oculata</i>	(Brébisson) Cleve	0.7	3
DOVA	<i>Diploneis</i>	<i>ovalis</i>	(Hilse) Cleve	0.5	3
DPAR	<i>Diploneis</i>	<i>parma</i>	Cleve	0.0	5
DPET	<i>Diploneis</i>	<i>petersenii</i>	Hustedt	0.3	3
DPSO	<i>Diploneis</i>	<i>pseudovalis</i>	Hustedt	0.5	3
DPUE	<i>Diploneis</i>	<i>puella</i>	(Schum.) Cleve	0.5	3
EARE	<i>Ellerbeckia</i>	<i>arenaria</i>	(Moore) Crawford	0.5	3
EPAL	<i>Entomoneis</i>	<i>paludosa</i>	(W.Smith) Reimer	3.2	5
EADN	<i>Epithemia</i>	<i>adnata</i>	(Kützing) Brébisson	0.7	3
EASA	<i>Epithemia</i>	" var. <i>saxonica</i>	(Kützing) Patrick	0.7	3
EARG	<i>Epithemia</i>	<i>argus</i>	(Ehrenberg) Kützing	0.3	3
ETUR	<i>Epithemia</i>	<i>turgida</i>	Kützing	0.5	3

Codice	Genere	Specie e varietà	Autori	i	r
EZEB	<i>Epithemia</i>	<i>zebra</i>	(Ehrenberg) Kützing	0.7	3
EZSA	<i>Epithemia</i>	" var. <i>saxonica</i>	Grunow	0.7	3
EALP	<i>Eunotia</i>	<i>alpina</i>	(Nägeli) Hustedt	0.0	5
EARC	<i>Eunotia</i>	<i>arcus</i>	Ehrenberg	0.5	3
EBIL	<i>Eunotia</i>	<i>bilunaris</i>	(Ehrenberg) Mills	0.5	3
ECUR	<i>Eunotia</i>	<i>curvata</i>	(Kützing) Lagerst.	0.5	3
EDIA	<i>Eunotia</i>	<i>diadema</i>	Ehrenberg	0.0	5
EDIO	<i>Eunotia</i>	<i>diodon</i>	Ehrenberg	0.0	5
EEXI	<i>Eunotia</i>	<i>exigua</i>	(Brébisson) Rabenhorst	0.5	3
EFAB	<i>Eunotia</i>	<i>faba</i>	Grunow	0.0	5
EGLA	<i>Eunotia</i>	<i>glacialis</i>	Meister	0.0	5
ELUN	<i>Eunotia</i>	<i>lunaris</i>	(Ehrenberg) Brébisson	0.5	3
EMIN	<i>Eunotia</i>	<i>minor</i>	(Kützing) Grunow	0.5	3
ENAE	<i>Eunotia</i>	<i>naegeli</i>	Migula	0.0	5
EPEC	<i>Eunotia</i>	<i>pectinalis</i>	(Dyllwyn) Rabenhorst	0.2	5
EPRA	<i>Eunotia</i>	<i>praerupta</i>	Ehrenberg	0.5	3
ESER	<i>Eunotia</i>	<i>serra</i>	Ehrenberg	0.0	5
ESDI	<i>Eunotia</i>	" var. <i>diadema</i>	(Ehrenberg) Patrick	0.0	5
EVAL	<i>Eunotia</i>	<i>valida</i>	Hustedt	0.3	3
FARC	<i>Fragilaria</i>	<i>arcus</i>	(Ehrenberg) Cleve	0.2	5
FBCP	<i>Fragilaria</i>	<i>biceps</i>	(Kützing) Lange-Bertalot	2.0	1
FBRE	<i>Fragilaria</i>	<i>brevistriata</i>	Grunow	1.8	1
FCAP	<i>Fragilaria</i>	<i>capucina</i>	Desmazières	1.0	5
FCAH	<i>Fragilaria</i>	" spp. <i>amphicephala</i>	(Kützing) Lange-Bertalot	0.8	5
FCAU	<i>Fragilaria</i>	" ssp. <i>austriaca</i>	(Grunow) Lange-Bertalot	0.3	3
FCCP	<i>Fragilaria</i>	" var. <i>capitellata</i>	(Grunow) Lange-Bertalot	1.5	3

Codice	Genere	Specie e varietà	Autori	i	r
FCME	<i>Fragilaria</i>	" var. <i>mesolepta</i>	(Rabenhorst) Rabenhorst	0.7	3
FCRU	<i>Fragilaria</i>	" ssp. <i>rumpens</i>	(Kützing) Lange-Bertalot	1.2	1
FCVA	<i>Fragilaria</i>	" var. <i>vaucheriae</i>	(Kützing) Lange-Bertalot	2.0	1
FCON	<i>Fragilaria</i>	<i>construens</i>	(Ehrenberg) Grunow	1.0	1
FCBI	<i>Fragilaria</i>	" f. <i>binodis</i>	(Ehrenberg) Grunow	0.8	1
FCVE	<i>Fragilaria</i>	" f. <i>venter</i>	(Ehrenberg) Grunow	1.0	1
FCRO	<i>Fragilaria</i>	<i>crotonensis</i>	Kitton	1.3	3
FDAN	<i>Fragilaria</i>	<i>danica</i>	(Kützing) Lange-Bertalot	1.5	3
FDEL	<i>Fragilaria</i>	<i>delicatissima</i>	(W. Smith) Lange-Bertalot	1.2	1
FDIL	<i>Fragilaria</i>	<i>dilatata</i>	(Brébisson) Lange-Bertalot	1.0	5
FFAS	<i>Fragilaria</i>	<i>fasciculata</i>	(Agardh) Lange-Bertalot	2.7	3
FHAR	<i>Fragilaria</i>	<i>harrisonii</i>	(W. Smith) Grunow	0.8	1
FINT	<i>Fragilaria</i>	<i>intermedia</i>	Grunow	1.8	1
FLEP	<i>Fragilaria</i>	<i>leptostauron</i>	(Ehrenberg) Hustedt	0.8	1
FLDU	<i>Fragilaria</i>	" var. <i>dubia</i>	(Grunow) Hustedt	0.8	1
FMAR	<i>Fragilaria</i>	<i>martyi</i>	(Héribaud) Lange-Bertalot	0.8	1
FNOP	<i>Fragilaria</i>	<i>neoproducta</i>	Lange-Bertalot	0.2	5
FPAR	<i>Fragilaria</i>	<i>parasitica</i>	(W.Smith) Grunow	2.0	1
FPIN	<i>Fragilaria</i>	<i>pinnata</i>	Ehrenberg	1.2	1
FRAD	<i>Fragilaria</i>	<i>radians</i>	(Kützing) Will. & Round	1.2	1
FROB	<i>Fragilaria</i>	<i>robusta</i>	(Fusey) Manguin	0.5	3
FTEN	<i>Fragilaria</i>	<i>tenera</i>	(W. Smith) Lange-Bertalot	0.3	3
FULN	<i>Fragilaria</i>	<i>ulna</i>	(Nitz.) Lange-Bertalot	2.0	1
FUAC	<i>Fragilaria</i>	" var. <i>acus</i>	(Kützing) Lange-Bertalot	1.3	3
FUAN	<i>Fragilaria</i>	" var. <i>angustissima</i>	(Grunow) Lange-Bertalot	1.5	3
FUBI	<i>Fragilaria</i>	" var. <i>biceps</i>	(Kützing) Lange- Bert.	2.0	1

Codice	Genere	Specie e varietà	Autori	i	r
FUDA	<i>Fragilaria</i>	" <i>danica</i>	(Kützing) Compère	1.5	3
FUOX	<i>Fragilaria</i>	" <i>var. oxyrhynchus</i>	(Kützing) Lange-Bertalot	2.0	1
FVAU	<i>Fragilaria</i>	<i>vaucheriae</i>	(Kützing) Petersen	1.8	1
FVCA	<i>Fragilaria</i>	" <i>var. capitellata</i>	(Grunow) Ross	1.8	1
FVIR	<i>Fragilaria</i>	<i>virescens</i>	Ralfs	0.2	5
FVCP	<i>Fragilaria</i>	" <i>var. capitata</i>	Oestrup	0.2	5
FRHO	<i>Frustulia</i>	<i>rhomboides</i>	(Ehrenberg) De Toni	0.0	5
FRSA	<i>Frustulia</i>	" <i>var. saxonica</i>	(Rabenhorst) De Toni	0.0	5
FVUL	<i>Frustulia</i>	<i>vulgaris</i>	(Thw.) De Toni	1.5	3
GACU	<i>Gomphonema</i>	<i>acuminatum</i>	Ehrenberg	1.5	3
GABR	<i>Gomphonema</i>	" <i>var. brebissonii</i>	(Kützing) Grunow	1.5	3
GACO	<i>Gomphonema</i>	" <i>var. coronata</i>	(Ehrenberg) W. Smith	1.5	3
GAFF	<i>Gomphonema</i>	<i>affine</i>	Kützing	0.8	5
GAMO	<i>Gomphonema</i>	<i>amoenum</i>	Lange-Bertalot	0.8	5
GANG	<i>Gomphonema</i>	<i>angustatum</i>	(Kützing) Rabenhorst	1.5	3
GAPR	<i>Gomphonema</i>	" <i>var. productum</i>	Grunow	2.0	1
GANT	<i>Gomphonema</i>	<i>angustum</i>	Agardh	0.5	3
GAUG	<i>Gomphonema</i>	<i>augur</i>	Ehrenberg	2.0	5
GBOH	<i>Gomphonema</i>	<i>bohemicum</i>	Reichelt & Fricke	0.0	5
GCLA	<i>Gomphonema</i>	<i>clavatum</i>	Ehrenberg	0.5	3
GCON	<i>Gomphonema</i>	<i>constrictum</i>	Ehrenberg	1.3	3
GCCA	<i>Gomphonema</i>	" <i>var. capitatum</i>	(Ehrenberg) Grunow	1.3	3
GDIC	<i>Gomphonema</i>	<i>dichotomum</i>	Kützing	0.5	3
GFAN	<i>Gomphonema</i>	<i>fanensis</i>	Maillard	0.5	3
GGRA	<i>Gomphonema</i>	<i>gracile</i>	Ehrenberg	1.0	1
GINT	<i>Gomphonema</i>	<i>intricatum</i>	Kützing	0.5	3

Codice	Genere	Specie e varietà	Autori	i	r
GIPU	<i>Gomphonema</i>	" var. <i>pumilum</i>	Grunow	0.8	1
GLON	<i>Gomphonema</i>	<i>longiceps</i>	Ehrenberg	0.5	3
GLSU	<i>Gomphonema</i>	" var. <i>subclavatum</i>	Grunow	0.5	3
GMIN	<i>Gomphonema</i>	<i>minutum</i>	(Agardh) Agardh	1.2	1
GOLI	<i>Gomphonema</i>	<i>olivaceum</i>	(Hornem.) Brébisson	1.0	5
GOLC	<i>Gomphonema</i>	" var. <i>calcareum</i>	(Cleve) Cleve	1.0	5
GOMI	<i>Gomphonema</i>	" var. <i>minutissimum</i>	Hustedt	0.3	3
GPAP	<i>Gomphonema</i>	<i>parvulum</i>	Kützing	2.2	1
GPMI	<i>Gomphonema</i>	" var. <i>micropus</i>	(Kützing) Cleve	1.8	1
GAPR	<i>Gomphonema</i>	<i>productum</i>	(Grunow) Lange-B. & Reich.	2.0	1
GPUM	<i>Gomphonema</i>	<i>pumilum</i>	(Grunow) Reich. & Lange-B.	0.8	1
GSCL	<i>Gomphonema</i>	<i>subclavatum</i>	Grunow	0.5	3
GSUB	<i>Gomphonema</i>	<i>subtile</i>	Ehrenberg	0.5	3
GTER	<i>Gomphonema</i>	<i>tergestinum</i>	Fricke	1.3	3
GTRU	<i>Gomphonema</i>	<i>truncatum</i>	Ehrenberg	1.5	3
GVIB	<i>Gomphonema</i>	<i>vibrio</i>	Ehrenberg	0.8	1
GVIN	<i>Gomphonema</i>	<i>vibrio v. intricatum</i>	(Kützing) Ross	0.5	3
GVPU	<i>Gomphonema</i>	<i>vibrio v. pumilum</i>	(Grunow) Ross	0.5	3
GYAC	<i>Gyrosigma</i>	<i>acuminatum</i>	(Kützing) Rabenhorst	1.8	5
GYAT	<i>Gyrosigma</i>	<i>attenuatum</i>	(Kützing) Rabenhorst	1.8	5
GNOD	<i>Gyrosigma</i>	<i>nodiferum</i>	(Grunow) Reimer	2.5	3
GSCA	<i>Gyrosigma</i>	<i>scalproides</i>	(Rabenhorst) Cleve	2.5	3
GSPE	<i>Gyrosigma</i>	<i>spencerii</i>	(Quekett) Griff.&Hen.	2.5	3
GSNO	<i>Gyrosigma</i>	" var. <i>nodiferum</i>	(Grunow) Cleve	2.5	3
HARC	<i>Hannaea</i>	<i>arcus</i>	(Ehrenberg) Patrick	0.2	5
HAMP	<i>Hantzschia</i>	<i>amphioxys</i>	(Ehrenberg) Grunow	2.0	1

Codice	Genere	Specie e varietà	Autori	i	r
MSMI	<i>Mastogloia</i>	<i>smithii</i>	Thwaites	3.0	5
MSLA	<i>Mastogloia</i>	" var. <i>lacustris</i>	Grunow	1.5	3
MVAR	<i>Melosira</i>	<i>varians</i>	Agardh	1.8	1
MCIR	<i>Meridion</i>	<i>circulare</i>	(Greville) Agardh	0.5	3
MCCO	<i>Meridion</i>	" var. <i>constrictum</i>	(Ralfs) van Heurck	0.5	3
NACO	<i>Navicula</i>	<i>accomoda</i>	Hustedt	3.8	5
NAPH	<i>Navicula</i>	<i>amphibola</i>	Cleve	0.2	5
NATO	<i>Navicula</i>	<i>atomus</i>	(Kützing) Grunow	3.5	3
NAPE	<i>Navicula</i>	" var. <i>permitis</i>	(Hustedt) Lange-Bertalot	3.3	3
NAVE	<i>Navicula</i>	<i>avenacea</i>	Brébisson	2.5	3
NBAC	<i>Navicula</i>	<i>bacillum</i>	Ehrenberg	1.3	3
NBRY	<i>Navicula</i>	<i>bryophila</i>	Boye Petersen	0.2	5
NCAP	<i>Navicula</i>	<i>capitata</i>	Ehrenberg	1.7	3
NCHU	<i>Navicula</i>	" var. <i>hungarica</i>	(Grunow) Ross	1.5	3
NCPR	<i>Navicula</i>	<i>capitatoradiata</i>	Germain	2.5	3
NCAR	<i>Navicula</i>	<i>cari</i>	Ehrenberg	1.8	1
NCIN	<i>Navicula</i>	<i>cincta</i>	(Ehrenberg) Ralfs	2.7	3
NCIH	<i>Navicula</i>	" var. <i>heufleri</i>	Grunow	2.5	3
NCLE	<i>Navicula</i>	<i>clementis</i>	Grunow	1.5	3
NCOC	<i>Navicula</i>	<i>cocconeiformis</i>	Gregory ex Greville	0.3	3
NCON	<i>Navicula</i>	<i>contenta</i>	Grunow	1.2	1
NCRY	<i>Navicula</i>	<i>cryptocephala</i>	Kützing	2.3	3
NCEX	<i>Navicula</i>	" var. <i>exilis</i>	Grunow	2.3	3
NCVE	<i>Navicula</i>	" var. <i>veneta</i>	(Kützing) Rabenhorst	3.5	3
NCTE	<i>Navicula</i>	<i>cryptotenella</i>	Lange-Bertalot	1.2	1
NCUS	<i>Navicula</i>	<i>cuspidata</i>	Kützing	2.5	3

Codice	Genere	Specie e varietà	Autori	i	r
NCAM	<i>Navicula</i>	" var. <i>ambigua</i>	(Ehrenberg) Cleve	2.5	3
NDEC	<i>Navicula</i>	<i>decussis</i>	Oestrup	1.3	3
NDIC	<i>Navicula</i>	<i>dicephala</i>	Ehrenberg	1.2	1
NELG	<i>Navicula</i>	<i>elginensis</i>	(Greg.) Ralfs	1.2	1
NGAL	<i>Navicula</i>	<i>gallica</i>	(W. Smith) Lagerstedt	0.3	3
NGPE	<i>Navicula</i>	" var. <i>perpusilla</i>	(Grunow) Lange-Bertalot	0.3	3
NGBL	<i>Navicula</i>	<i>gibbula</i>	Cleve	1.0	1
NGOE	<i>Navicula</i>	<i>goeppertiana</i>	(Bleisch) H.L. Smith	3.5	3
NGOT	<i>Navicula</i>	<i>gottlandica</i>	Grunow	2.3	3
NGRA	<i>Navicula</i>	<i>gracilis</i>	Ehrenberg	0.8	1
NGRE	<i>Navicula</i>	<i>gregaria</i>	Donkin	3.0	5
NHAL	<i>Navicula</i>	<i>halophila</i>	(Grunow) Cleve	3.5	3
NHAM	<i>Navicula</i>	<i>hambergii</i>	Hustedt	1.0	1
NINO	<i>Navicula</i>	<i>ignota</i>	Krasske em. Lund	1.8	1
NIAC	<i>Navicula</i>	" var. <i>acceptata</i>	(Hustedt) Lange-Bertalot	1.0	1
NINS	<i>Navicula</i>	<i>insociabilis</i>	Krasske	0.7	3
NJAK	<i>Navicula</i>	<i>jakovlevicii</i>	Hustedt	0.7	3
NJOU	<i>Navicula</i>	<i>joubaudii</i>	Germain	1.5	3
NKOT	<i>Navicula</i>	<i>kotschyi</i>	Grunow	1.0	5
NLAE	<i>Navicula</i>	<i>laevissima</i>	Kützing	0.5	3
NLAN	<i>Navicula</i>	<i>lanceolata</i>	(Agardh) Ehrenberg	2.3	3
NLAT	<i>Navicula</i>	<i>laterostrata</i>	Hustedt	1.5	3
NLEN	<i>Navicula</i>	<i>lenzii</i>	Hustedt	0.5	3
NLST	<i>Navicula</i>	<i>leptostriata</i>	Jorgensen	0.2	5
NLUN	<i>Navicula</i>	<i>lundii</i>	Reichardt	0.7	3
NMEN	<i>Navicula</i>	<i>menisculus</i>	Schumann	2.3	3

Codice	Genere	Specie e varietà	Autori	i	r
NMIN	<i>Navicula</i>	<i>minima</i>	Grunow	3.0	5
NMIS	<i>Navicula</i>	<i>minuscula</i>	Grunow	1.5	3
NMNO	<i>Navicula</i>	<i>minusculoides</i>	Hustedt	3.0	5
NMLF	<i>Navicula</i>	<i>molestiformis</i>	Hustedt	3.3	3
NMUT	<i>Navicula</i>	<i>mutica</i>	Kützing	2.7	3
NMUU	<i>Navicula</i>	"f. <i>undulata</i>	(Hilse) Cleve	2.7	3
NMVE	<i>Navicula</i>	" var. <i>ventricosa</i>	(Kützing) Cleve & Grunow	2.7	3
NNIV	<i>Navicula</i>	<i>nivalis</i>	Ehrenberg	2.0	1
NOBL	<i>Navicula</i>	<i>oblonga</i>	Kützing	1.2	5
NPRM	<i>Navicula</i>	<i>paramutica</i>	Bock	2.0	1
NPEL	<i>Navicula</i>	<i>pelliculosa</i>	(Bréb. ex Kützing) Hilse	2.2	1
NPHY	<i>Navicula</i>	<i>phyllepta</i>	Kützing	3.3	3
NPLA	<i>Navicula</i>	<i>placentula</i>	(Ehrenberg) Kützing	1.5	3
NPRA	<i>Navicula</i>	<i>praeterita</i>	Hustedt	0.5	3
NPRO	<i>Navicula</i>	<i>protracta</i>	(Grunow) Cleve	3.0	5
NPAG	<i>Navicula</i>	<i>pseudoanglica</i>	Lange-Bertalot	1.5	3
NPSL	<i>Navicula</i>	<i>pseudolanceolata</i>	Lange-Bertalot	1.0	5
NPSC	<i>Navicula</i>	<i>pseudoscutiformis</i>	Hustedt	0.5	3
NPUP	<i>Navicula</i>	<i>pupula</i>	Kützing	2.5	3
NPYG	<i>Navicula</i>	<i>pygmaea</i>	Kützing	3.0	5
NRAD	<i>Navicula</i>	<i>radiosa</i>	Kützing	0.7	3
NRTE	<i>Navicula</i>	" var. <i>tenella</i>	(Brébisson) Cleve & Möller	1.0	1
NRCS	<i>Navicula</i>	<i>recens</i>	(Lange-Bert.) Lange-Bert.	2.5	3
NRCH	<i>Navicula</i>	<i>reichardtiana</i>	Lange-Bertalot	1.7	3
NREI	<i>Navicula</i>	<i>reinhardtii</i>	Grunow	1.2	5
NRHY	<i>Navicula</i>	<i>rhynchocephala</i>	Kützing	2.0	5

Codice	Genere	Specie e varietà	Autori	i	r
NSAL	<i>Navicula</i>	<i>salinarum</i>	Grunow	3.0	5
NSAP	<i>Navicula</i>	<i>saprophila</i>	Lange-Bertalot & Bonik	3.5	3
NSCH	<i>Navicula</i>	<i>schoenfeldii</i>	Hustedt	1.0	5
NSHR	<i>Navicula</i>	<i>schroeteri</i>	Meister	2.5	3
NSME	<i>Navicula</i>	<i>semen</i>	Ehrenberg	0.0	5
NSEM	<i>Navicula</i>	<i>seminulum</i>	Grunow	3.5	3
NSPD	<i>Navicula</i>	<i>splendicula</i>	Van Landingham	1.0	5
NSTL	<i>Navicula</i>	<i>striolata</i>	(Grunow) Lange-Bertalot	0.5	3
NSTR	<i>Navicula</i>	<i>stroemii</i>	Hustedt	0.5	3
NSBH	<i>Navicula</i>	<i>subhamulata</i>	Grunow	1.5	3
NSLU	<i>Navicula</i>	<i>sublucidula</i>	Hustedt	2.2	1
NSBM	<i>Navicula</i>	<i>subminuscula</i>	Manguin	3.5	3
NTEN	<i>Navicula</i>	<i>tenelloides</i>	Hustedt	2.0	1
NTPT	<i>Navicula</i>	<i>tripunctata</i>	(O.F.M.) Bory	0.8	1
NTRV	<i>Navicula</i>	<i>trivialis</i>	Lange-Bertalot	3.0	5
NTUS	<i>Navicula</i>	<i>tuscula</i>	Ehrenberg	0.5	3
NVEN	<i>Navicula</i>	<i>veneta</i>	Kützing	3.5	3
NVTL	<i>Navicula</i>	<i>ventralis</i>	Krasske	0.5	3
NVIR	<i>Navicula</i>	<i>viridula</i>	Ehrenberg	2.2	5
NVRO	<i>Navicula</i>	" var. <i>rostellata</i>	(Kützing) Cleve	2.2	5
NVUL	<i>Navicula</i>	<i>vulpina</i>	Kützing	0.3	3
NEAF	<i>Neidium</i>	<i>affine</i>	(Ehrenberg) Pfitzer	0.0	5
NALP	<i>Neidium</i>	<i>alpinum</i>	Hustedt	0.0	5
NEAM	<i>Neidium</i>	<i>ampliatum</i>	(Ehrenberg) Krammer	0.2	5
NBID	<i>Neidium</i>	<i>binode</i>	(Ehrenberg) Hustedt	1.0	5
NBNF	<i>Neidium</i>	<i>binodeforme</i>	Krammer	1.0	5

Codice	Genere	Specie e varietà	Autori	i	r
NBIS	<i>Neidium</i>	<i>bisulcatum</i>	(Lagerst.) Cleve	0.5	3
NEDU	<i>Neidium</i>	<i>dubium</i>	(Ehrenberg) Cleve	1.2	5
NIRI	<i>Neidium</i>	<i>iridis</i>	(Ehrenberg) Cleve	0.8	5
NEIV	<i>Neidium</i>	"fo. <i>vernalis</i>	Reichelt ex Hustedt	0.5	3
NEPR	<i>Neidium</i>	<i>productum</i>	(W.M. Smith) Cleve	1.3	3
NACI	<i>Nitzschia</i>	<i>acicularis</i>	(Kützing) W.M. Smith	3.0	5
NACU	<i>Nitzschia</i>	<i>acula</i>	Hantzsch	1.7	3
NAMP	<i>Nitzschia</i>	<i>amphibia</i>	Grunow	2.5	3
NIAN	<i>Nitzschia</i>	<i>angustata</i>	Grunow	1.5	3
NAPI	<i>Nitzschia</i>	<i>apiculata</i>	(Greg.) Grunow	3.0	5
NBRE	<i>Nitzschia</i>	<i>brevissima</i>	Grunow	3.2	5
NICA	<i>Nitzschia</i>	<i>calida</i>	Grunow	3.0	5
NCPL	<i>Nitzschia</i>	<i>capitellata</i>	Hustedt	4.0	5
NCLA	<i>Nitzschia</i>	<i>clausii</i>	Hantzsch	3.0	5
NCOM	<i>Nitzschia</i>	<i>communis</i>	Rabenhorst	3.5	3
NCOT	<i>Nitzschia</i>	<i>constricta</i>	(Kützing) Ralfs	2.7	3
NDEB	<i>Nitzschia</i>	<i>debilis</i>	(Arnott) Grunow	2.5	3
NDIS	<i>Nitzschia</i>	<i>dissipata</i>	((Kützing) Grunow	2.0	1
NDUB	<i>Nitzschia</i>	<i>dubia</i>	W.M. Smith	2.5	3
NELE	<i>Nitzschia</i>	<i>elegantula</i>	Grunow	3.0	5
NFON	<i>Nitzschia</i>	<i>fonticola</i>	Grunow	1.5	3
NIFR	<i>Nitzschia</i>	<i>frustulum</i>	(Kützing) Grunow	2.8	1
NGES	<i>Nitzschia</i>	<i>gessneri</i>	Hustedt	1.3	3
NIGR	<i>Nitzschia</i>	<i>gracilis</i>	Hantzsch	1.7	3
NHAN	<i>Nitzschia</i>	<i>hantzschiana</i>	Rabenhorst	0.7	3
NHEU	<i>Nitzschia</i>	<i>heufleriana</i>	Grunow	1.2	1

Codice	Genere	Specie e varietà	Autori	i	r
NZHO	<i>Nitzschia</i>	<i>holsatica</i>	Hustedt	2.0	1
NIHU	<i>Nitzschia</i>	<i>hungarica</i>	Grunow	3.0	5
NINC	<i>Nitzschia</i>	<i>inconspicua</i>	Grunow	2.5	3
NINT	<i>Nitzschia</i>	<i>intermedia</i>	Hantzsch	2.7	3
NLEV	<i>Nitzschia</i>	<i>levidensis</i>	(W. Smith) Grunow	3.2	5
NLIN	<i>Nitzschia</i>	<i>linearis</i>	(Agardh) W.M. Smith	2.3	3
NLOR	<i>Nitzschia</i>	<i>lorenziana</i>	Grunow	3.5	3
NNAN	<i>Nitzschia</i>	<i>nana</i>	Grunow	1.5	3
NOVA	<i>Nitzschia</i>	<i>ovalis</i>	Arnott ex Grunow	3.0	5
NPAL	<i>Nitzschia</i>	<i>palea</i>	(Kützing) W. Smith	3.0	1
NPAD	<i>Nitzschia</i>	<i>" var. debilis</i>	(Kützing) Grunow	2.8	1
NPAE	<i>Nitzschia</i>	<i>paleacea</i>	Grunow	2.0	1
NPAR	<i>Nitzschia</i>	<i>parvula</i>	W.M. Smith	2.5	3
NIPM	<i>Nitzschia</i>	<i>perminuta</i>	(Grunow) M. Peragallo	0.7	3
NIPR	<i>Nitzschia</i>	<i>pura</i>	Hustedt	1.2	1
NIPU	<i>Nitzschia</i>	<i>pusilla</i>	(Kützing) Grunow	2.7	3
NREC	<i>Nitzschia</i>	<i>recta</i>	Hantzsch	2.0	1
NROM	<i>Nitzschia</i>	<i>romana</i>	Grunow	1.5	3
NSIG	<i>Nitzschia</i>	<i>sigma</i>	(Kützing) W.M. Smith	3.0	5
NSIO	<i>Nitzschia</i>	<i>sigmoidea</i>	(Nitz.) W.M. Smith	2.5	3
NSIN	<i>Nitzschia</i>	<i>sinuata</i>	(Thw.) Grunow	1.3	3
NSDE	<i>Nitzschia</i>	<i>" var. delognei</i>	(Grunow) Lange-Bertalot	1.7	3
NSOC	<i>Nitzschia</i>	<i>sociabilis</i>	Hustedt	2.3	3
NISO	<i>Nitzschia</i>	<i>solita</i>	Hustedt	2.8	5
NSTG	<i>Nitzschia</i>	<i>stagnorum</i>	(Rabenhorst) Grunow	3.0	1
NSBL	<i>Nitzschia</i>	<i>sublinearis</i>	Hustedt	1.0	1

Codice	Genere	Specie e varietà	Autori	i	r
NZSU	<i>Nitzschia</i>	<i>supralitorea</i>	Lange-Bertalot	2.5	3
NTRY	<i>Nitzschia</i>	<i>tryblionella</i>	Hantzsch	3.5	3
NUMB	<i>Nitzschia</i>	<i>umbonata</i>	(Ehrenberg) Lange-Bert.	3.5	3
NVER	<i>Nitzschia</i>	<i>vermicularis</i>	(Kützing) Hantzsch	2.0	1
NIVI	<i>Nitzschia</i>	<i>vitrea</i>	Norman	3.5	3
PBOR	<i>Pinnularia</i>	<i>borealis</i>	Ehrenberg	0.0	5
PBRN	<i>Pinnularia</i>	<i>brauniana</i>	(Grunow) Mills	0.0	5
PBRA	<i>Pinnularia</i>	<i>braunii</i>	(Grunow) Cleve	0.0	5
PBAM	<i>Pinnularia</i>	" var. <i>amphicephala</i>	(A. Mayer) Hustedt	0.0	5
PBRE	<i>Pinnularia</i>	<i>brebissonii</i>	(Kützing) Rabenhorst	1.2	5
PDIV	<i>Pinnularia</i>	<i>divergens</i>	W. Smith	0.0	5
PGIB	<i>Pinnularia</i>	<i>gibba</i>	Ehrenberg	1.0	1
PGLI	<i>Pinnularia</i>	" var. <i>linearis</i>	Hustedt	0.5	3
PINT	<i>Pinnularia</i>	<i>interrupta</i>	W. M. Smith	0.5	3
PLEG	<i>Pinnularia</i>	<i>legumen</i>	Ehrenberg	0.5	3
PMAY	<i>Pinnularia</i>	<i>major</i>	(Kützing) Rabenhorst	0.5	3
PMAY	<i>Pinnularia</i>	<i>mayeri</i>	Krammer	0.0	5
PMES	<i>Pinnularia</i>	<i>mesolepta</i>	(Ehrenberg) W.M. Smith	0.5	3
PMIC	<i>Pinnularia</i>	<i>microstauron</i>	(Ehrenberg) Cleve	1.2	1
PMBR	<i>Pinnularia</i>	" var. <i>brebissonii</i>	(Kützing) Mayer	2.0	1
PNOB	<i>Pinnularia</i>	<i>nobilis</i>	(Ehrenberg) Ehrenberg	0.0	5
PNOD	<i>Pinnularia</i>	<i>nodosa</i>	(Ehrenberg) W. Smith	0.0	5
PPUL	<i>Pinnularia</i>	<i>pulchra</i>	Oestrup	0.0	5
PPUA	<i>Pinnularia</i>	" var. <i>angusta</i>	(Cleve) Krammer	0.0	5
PSTO	<i>Pinnularia</i>	<i>stomatophora</i>	(Grunow) Cleve	0.0	5
PSCA	<i>Pinnularia</i>	<i>subcapitata</i>	Gregory	0.5	3

Codice	Genere	Specie e varietà	Autori	i	r
PVIF	<i>Pinnularia</i>	<i>viridiformis</i>	Krammer	1.0	1
PVIR	<i>Pinnularia</i>	<i>viridis</i>	(Nitz.) Ehrenberg	2.0	1
PLEV	<i>Pleurosira</i>	<i>laevis</i>	(Ehrenberg) Compère	3.0	5
RSIT	<i>Reimeria</i>	<i>sinuata</i>	(Greg.) Kociol. & Stoer.	1.3	3
RUNI	<i>Reimeria</i>	<i>uniseriata</i>	Sala Guerrero & Ferr.	1.3	3
RABB	<i>Rhoicosphenia</i>	<i>abbreviata</i>	(Agardh) Lange-Bertalot	1.5	3
RCUR	<i>Rhoicosphenia</i>	<i>curvata</i>	(Kützing) Grunow	1.5	3
RGIB	<i>Rhopalodia</i>	<i>gibba</i>	(Ehrenberg) O. Müller	1.0	5
RGPA	<i>Rhopalodia</i>	" var. <i>parallela</i>	(Grunow) H. & M. Perag.	0.5	3
RGBL	<i>Rhopalodia</i>	<i>gibberula</i>	(Ehrenberg) O. Müller	1.5	3
STAN	<i>Stauroneis</i>	<i>anceps</i>	Ehrenberg	0.7	3
STKR	<i>Stauroneis</i>	<i>kriegeri</i>	Patrick	1.0	5
SPHO	<i>Stauroneis</i>	<i>phoenicenteron</i>	(Nitz.) Ehrenberg	0.7	3
SPGR	<i>Stauroneis</i>	" fo. <i>gracilis</i>	(Ehrenberg) Hustedt	0.7	3
SSMI	<i>Stauroneis</i>	<i>smithii</i>	Grunow	1.3	3
STCU	<i>Stenopterobia</i>	<i>curvula</i>	(W. Smith) Krammer	0.0	5
SDUB	<i>Stephanodiscus</i>	<i>dubius</i>	(Fricke) Hustedt	2.3	3
SHAN	<i>Stephanodiscus</i>	<i>hantzschii</i>	Grunow	3.0	5
SANG	<i>Surirella</i>	<i>angusta</i>	Kützing	1.8	1
SBIS	<i>Surirella</i>	<i>biseriata</i>	Brébisson	1.0	5
SBRE	<i>Surirella</i>	<i>brebissonii</i>	Krammer & Lange-Bertalot	1.8	1
SBRI	<i>Surirella</i>	<i>brighwellii</i>	W. Smith	3.0	5
SUCA	<i>Surirella</i>	<i>capronii</i>	Brébisson & Kitton	1.8	5
SHEL	<i>Surirella</i>	<i>helvetica</i>	(Brun) Meister	0.5	3
SLIN	<i>Surirella</i>	<i>linearis</i>	W.M. Smith	1.0	5
SLCO	<i>Surirella</i>	" var. <i>constricta</i>	(Ehrenberg) Grunow	1.0	5

Codice	Genere	Specie e varietà	Autori	i	r
SLHE	<i>Surirella</i>	" var. <i>helvetica</i>	(Brun) Meister	0.5	3
SUMI	<i>Surirella</i>	<i>minuta</i>	Brébisson	1.8	1
SOVI	<i>Surirella</i>	<i>ovalis</i>	Brébisson	3.0	5
SOVA	<i>Surirella</i>	<i>ovata</i>	Kützing	1.8	1
SOPI	<i>Surirella</i>	" var. <i>pinnata</i>	(W. Smith) Van Heurck	1.8	1
SURO	<i>Surirella</i>	<i>robusta</i>	Enrenberg	0.5	3
SSPI	<i>Surirella</i>	<i>spiralis</i>	Kützing	0.0	5
SSPL	<i>Surirella</i>	<i>splendida</i>	(Ehrenberg) Kützing	1.3	3
SUTE	<i>Surirella</i>	<i>tenera</i>	Gregory	1.5	3
SACU	<i>Synedra</i>	<i>acus</i> = <i>FUAC</i>	Kützing	1.3	3
SAAN	<i>Synedra</i>	" var. <i>angustissima</i>	Grunow	1.2	1
SARA	<i>Synedra</i>	" var. <i>radians</i>	(Kützing) Hustedt	1.2	1
SAMP	<i>Synedra</i>	<i>amphicephala</i>	Kützing	0.8	5
SAMA	<i>Synedra</i>	" var. <i>austriaca</i>	(Grunow) Hustedt	0.3	3
SCAP	<i>Synedra</i>	<i>capitata</i>	Ehrenberg	1.2	5
SFSC	<i>Synedra</i>	<i>fasciculata</i>	(Agardh) Kützing	2.7	3
SULN	<i>Synedra</i>	<i>ulna</i>	(Nitz.) Ehrenberg	2.0	1
SUBI	<i>Synedra</i>	" var. <i>biceps</i>	(Kützing) Schoenfeldt	1.8	1
SUDA	<i>Synedra</i>	" var. <i>danica</i>	(Kützing) Grunow	1.5	3
SUOX	<i>Synedra</i>	" var. <i>oxyrhynchus</i>	(Kützing) Rabenhorst	2.0	1
TFEN	<i>Tabellaria</i>	<i>fenestrata</i>	(Lyngbye) Kützing	0.2	5
TFLO	<i>Tabellaria</i>	<i>flocculosa</i>	(Roth) Kützing	0.5	3
TFAS	<i>Tabularia</i>	<i>fasciculata</i>	(Agardh) Will. & Round	2.7	3
TRUP	<i>Tetracyclus</i>	<i>rupestris</i>	(Braun) Grunow	0.0	5
TWEI	<i>Thalassiosira</i>	<i>weissflogii</i>	(Grunow) Fryx. & Hasle	2.7	3

Allegato 2 – Microfotografie di alcune più significative o frequenti Diatomee che caratterizzano le cinque classi di qualità biologica

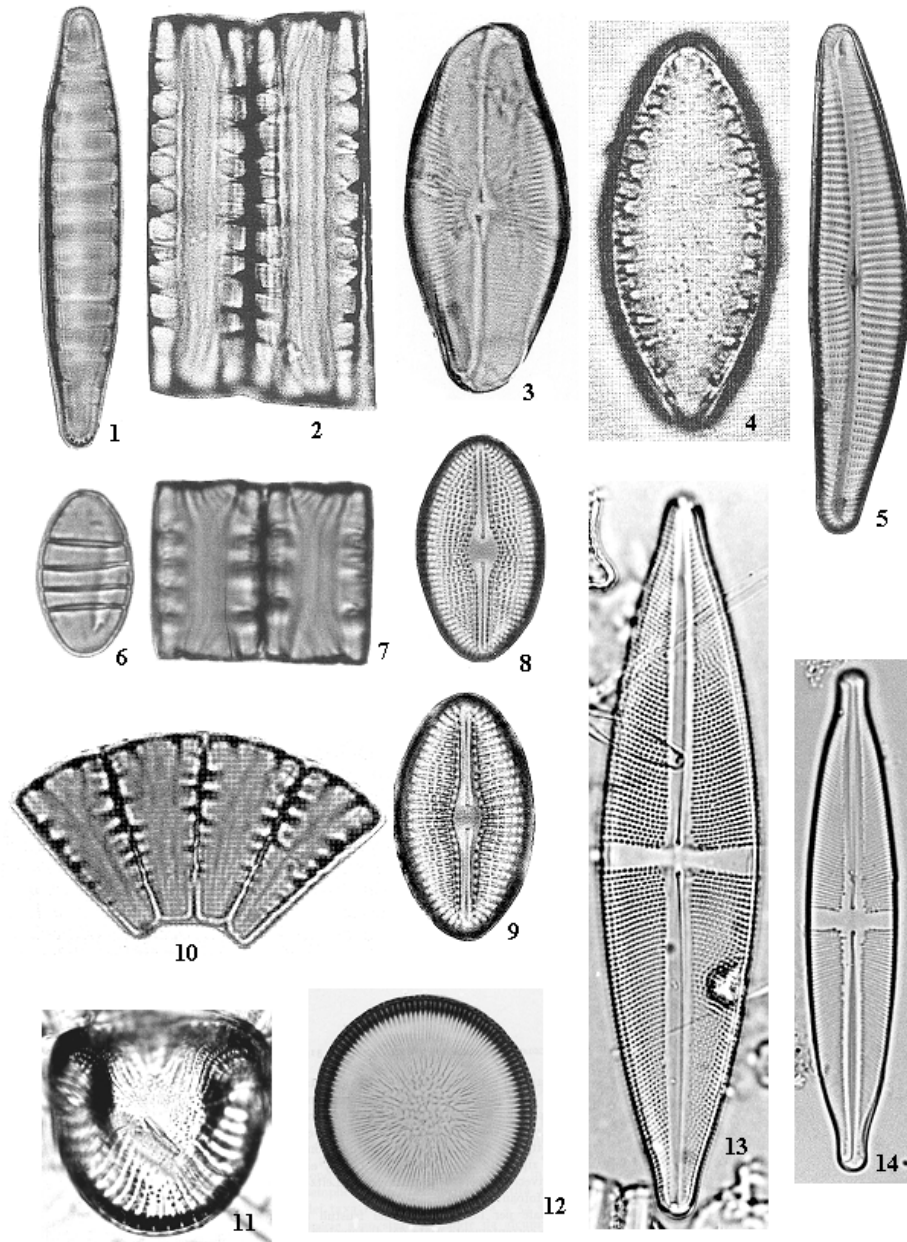
Sono presentate 72 microfotografie di Diatomee ripartite nelle cinque classi di qualità del corpo idrico. Le denominazioni seguono Krammer & Lange-Bertalot (1986-1991), ad eccezione di *Navicula jakovlevicii* che non è presente nell'opera suddetta; per alcuni taxa vengono riportate le più comuni sinonimie.

Le foto sono state realizzate con un apparato fotoautomatico al microscopio ottico, con l'obiettivo ad immersione, a 1000 ingrandimenti, ricorrendo solo in alcuni casi al contrasto di fase. Le microfotografie non sono in scala.

Di ciascuna specie vengono riportate le dimensioni (L = lunghezza; W = larghezza) e la densità delle ornamentazioni (numero di strie, punti, fibule, coste in 10 μm) secondo Krammer & Lange-Bertalot (o.p.), se non altrimenti specificato. La larghezza del frustulo ed il numero delle ornamentazioni nell'unità di misura (10 μm) sono sempre riferite alla parte mediana della cellula.

Diatomee che indicano la I Classe di qualità

- 1 – *Diatoma hyemalis* (Roth) Heiberg, in vista valvare
L 30-100 µm, W 7-13 µm; coste trasversali robuste 2-4 in 10 µm, strie 18-22 in 10 µm
- 2 – *Diatoma hyemalis* (Roth) Heiberg, due cellule in vista connettivale
- 3 – *Achnanthes flexella* (Kützinger) Brun
L 14-82 µm, W 7-26 µm; strie della valva con rafe 21-32 in 10 µm, strie della valva senza rafe 18-28 in 10 µm
- 4 – *Surirella linearis* W.M. Smith var. *helvetica* (Brun) Meister
L 35-60 µm, W 12-20 µm (Germain, 1981); coste marcate 2-3 in 10 µm, strie 20-22 in 10 µm
- 5 – *Cymbella helvetica* Kützinger
L 22-170 µm, W 8-27 µm; strie dorsali 8-12 in 10 µm
- 6 – *Diatoma mesodon* (Ehrenberg) Kützinger, in vista valvare
L 10-40 µm, W 6-14 µm; coste trasversali 3-6 in 10 µm, strie numerose
- 7 – *Diatoma mesodon* (Ehrenberg) Kützinger, due cellule in vista connettivale
- 8 – *Diploneis ovalis* (Hilse) Cleve
L 20-100 µm, W 10-35 µm; strie 13-16 e punti 13-20 in 10 µm
- 9 – *Diploneis elliptica* (Kützinger) Cleve
L 20-130 µm, W 10-60 µm; strie 8-14 in 10 µm, formate da grossi punti, in numero di 12-14 in 10 µm
- 10 – *Meridion circulare* (Greville) Agardh, 4 cellule in vista connettivale
L 10-82 µm, W 4-8 µm in vista valvare; coste trasversali 2-5 e strie 12-16 in 10 µm
- 11 – *Campylodiscus hibernicus* Ehrenberg
Diametro 25-150 µm; fibule 1-2 in 10 µm
- 12 – *Ellerbeckia arenaria* (Moore) Crawford (= *Melosira arenaria* Moore)
Diametro 38-135 µm, ornamentazione della valva variamente raggiata; caratteristica sistematica importante: i fianchi delle valve hanno ornamentazione decussata
- 13 – *Stauroneis phoenicenteron* (Nitzsch) Ehrenberg
L 70-360 µm, W 16-53 µm; strie 12-20 e punti 12-21 in 10 µm
- 14 – *Stauroneis anceps* Ehrenberg
L 20-130 µm, W 6-18 µm; strie 20-33 in 10 µm, più spesso in numero di 20-25



Diatomee che indicano la I Classe di qualità (seguito)

15 – *Navicula radiosa* Kützing

L 40-120 µm, W 10-15 µm; strie 10-12 in 10 µm

16 – *Navicula striolata* (Grunow) Lange-Bertalot, a contrastodi fase

L 50-70 µm, W 10-14 µm; strie 7-9 in 10 µm

17 – *Navicula jakovlevicii* Hustedt

L 32-50 µm, W 8-10 µm; strie lineolate circa 13 in 10 µm (dati rilevati da Torrisi e Dell’Uomo, 2001c)

18 – *Navicula tripunctata* (O.F.M.) Bory

L 30-70 µm, W 6-10 µm; strie 9-12 in 10 µm

19 – *Caloneis alpestris* (Grunow) Cleve

L 45-92 µm, W 6-15 µm ; strie 19-24 in 10 µm

20 – *Neidium ampliatus* (Ehrenberg) Krammer

L 40-100 µm, 14-24 µm; strie 16-20 in 10 µm

21 – *Denticula tenuis* Kützing

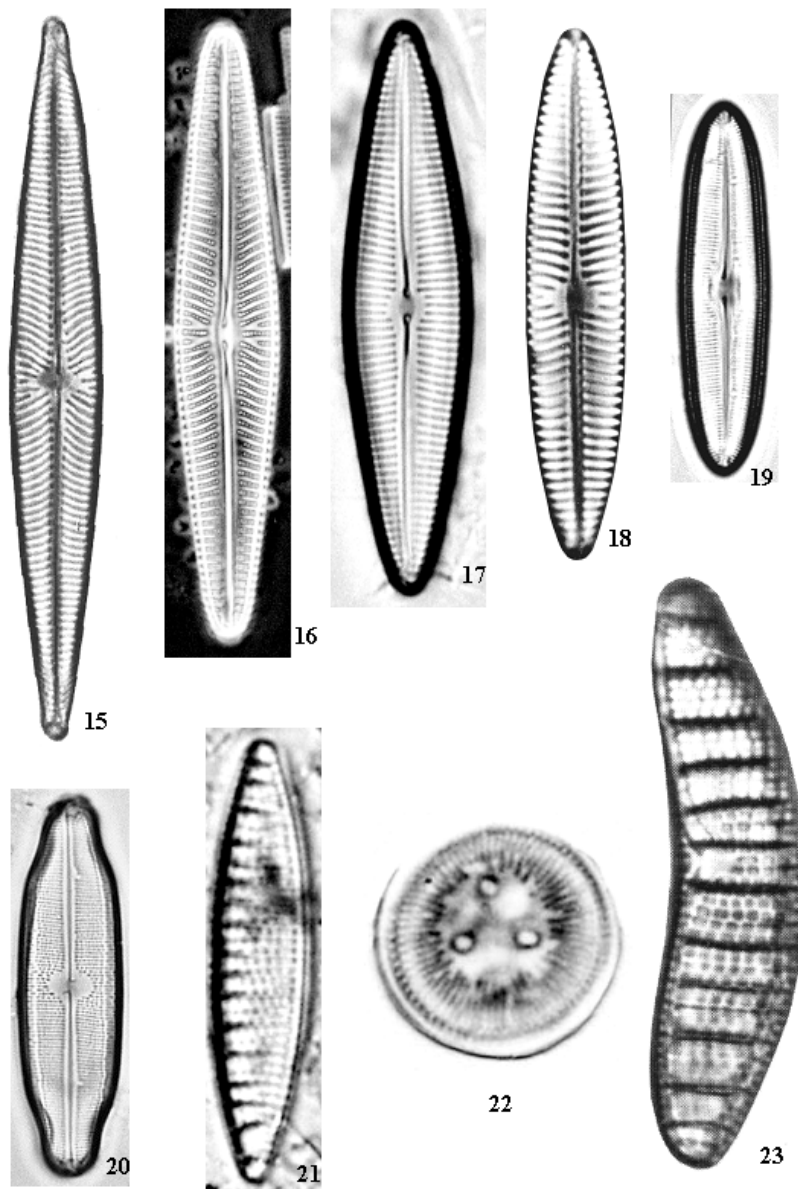
L 6-42 µm, W 3-7 µm; fibule 5-7 e strie 25-30 in 10 µm

22 – *Cyclotella ocellata* Pantocsek

Diametro 6-25 µm; strie radiali, alla periferia del frustulo, 13-15 circa in 10 µm; al centro, alcuni grossi noduli

23 – *Epithemia adnata* (Kützing) Brébisson

L 15-150 µm, W 7-14 µm; fibule 2-4 e strie 11-14 in 10 µm



Diatomee che indicano la II Classe di qualità

24 – *Amphora ovalis* Kützing

Cellula lunga 30-105 µm, larga 17-50 µm; larghezza della valva 9-17 µm; strie 10-13 in 10 µm

25 – *Amphora copulata* (Kützing) Schoem. & Arch. (= *A. libyca* Ehrenberg)

Cellula lunga 20-80 µm, larga 14-35 µm; larghezza della valva 5,5-12 µm; strie 11-15 in 10 µm

26 – *Pinnularia brebissonii* (Kützing) Rabenhorst [= *P. microstauron* (Ehrenberg) Cleve var. *brebissonii* (Kützing) Mayer]

L 20-90 µm, W 7-11 µm; strie 10-13 in 10 µm

27 – *Frustulia vulgaris* (Twaites) De Toni

L 50-70 µm, W 10-13 µm; strie 23-26 in 10 µm

28-29 – *Navicula splendicula* Van Landingham

L 30-46 µm, W 7-9 µm; strie 12-16 in 10 µm

30 – *Navicula clementis* Grunow

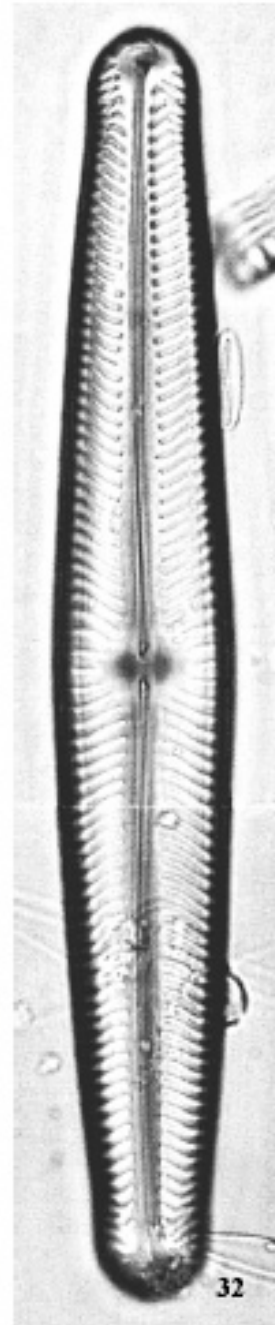
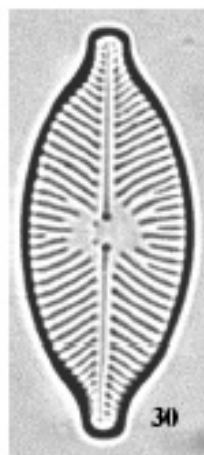
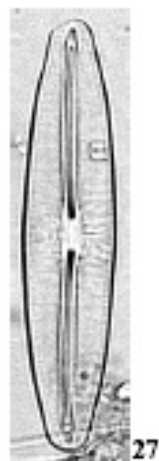
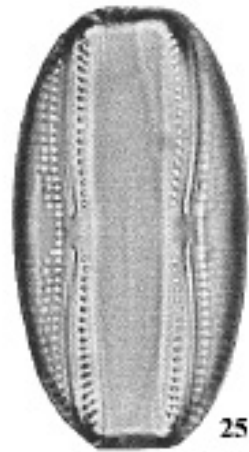
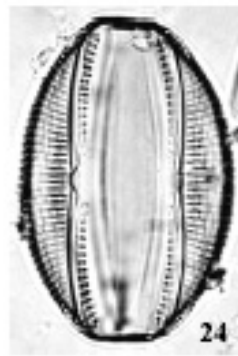
L 15-50 µm, W 7-15 µm; strie 8-15 in 10 µm

31 – *Navicula bacillum* Ehrenberg

L 30-90 µm, W 10-20 µm; strie 12-14 in 10 µm

32 – *Navicula oblonga* Kützing

L 70-220 µm, W 12-24 µm; strie 6-9 in 10 µm



Diatomee che indicano la II Classe di qualità (seguito)

33 – *Gomphonema acuminatum* Ehrenberg

L 20-120 µm, W 5-17 µm; striae 8-13 in 10 µm.

34 – *Gomphonema olivaceum* (Hornemann) Brébisson

L 8-45 µm, W 3,5-13 µm; striae 9-16 in 10 µm

35-36 – *Gomphonema truncatum* Ehrenberg

L 13-75 µm, W 7-17 µm; striae 9-12 in 10 µm

37 – *Cymbella cistula* (Ehrenberg) Kirchner

L 35-120 µm, W 13-25 µm; striae dorsali 7-10 in 10 µm

38 – *Cymbella prostrata* (Berkeley) Cleve

L 38-92 µm, W 16-31 µm; striae dorsali 7-11 in 10 µm

39 – *Cymbella affinis* Kützinger

L 20-50 µm, W 7-12 µm; striae dorsali 9-11 in 10 µm

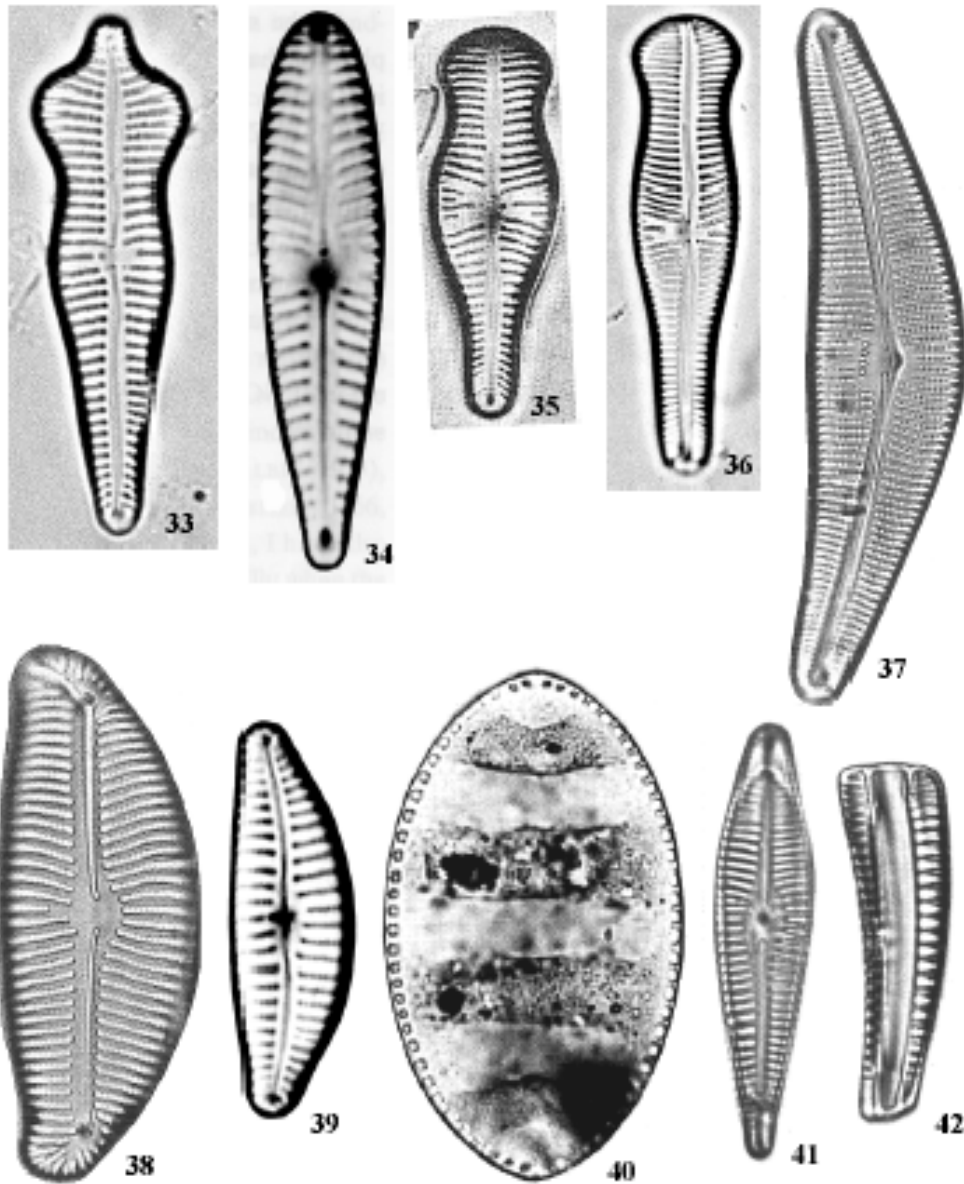
40 – *Cymatopleura elliptica* (Brébisson) W. Smith

L 60-220 µm, W 30-90 µm; fibule 2,5-6 e striae 15-20 in 10 µm

41 – *Rhoicosphenia abbreviata* (Agardh) Lange-Bertalot (= *R. curvata* (Kützinger) Grunow),
vista valvare

L 10-75 µm, W 3-8 µm; striae 15-20 in 10 µm

42 – *Rhoicosphenia abbreviata* (Agardh) Lange-Bertalot, vista connettivale



Diatomee che indicano la III Classe di qualità

43 – *Navicula lanceolata* (Agardh) Ehrenberg

L 28-70 µm, W 9-12 µm; strie 10-13 in 10 µm

44 – *Navicula rhynchocephala* Kützing

L 35-80 µm, W 9-14 µm; strie 7-12 e lineole 20-25 in 10 µm

45 – *Navicula capitata* Ehrenberg

L 10-47 µm, W 4-10 µm; strie 8-11 in 10 µm

46 – *Ghomphonema augur* Ehrenberg

L 17-60 µm, W 8-13 µm; strie 7-13 in 10 µm

47 – *Cymatopleura solea* (Brébisson) W. Smith

L 30-300 µm, W 10-45 µm; fibule e strie 6-9 in 10 µm

48 – *Cocconeis pediculus* Ehrenberg

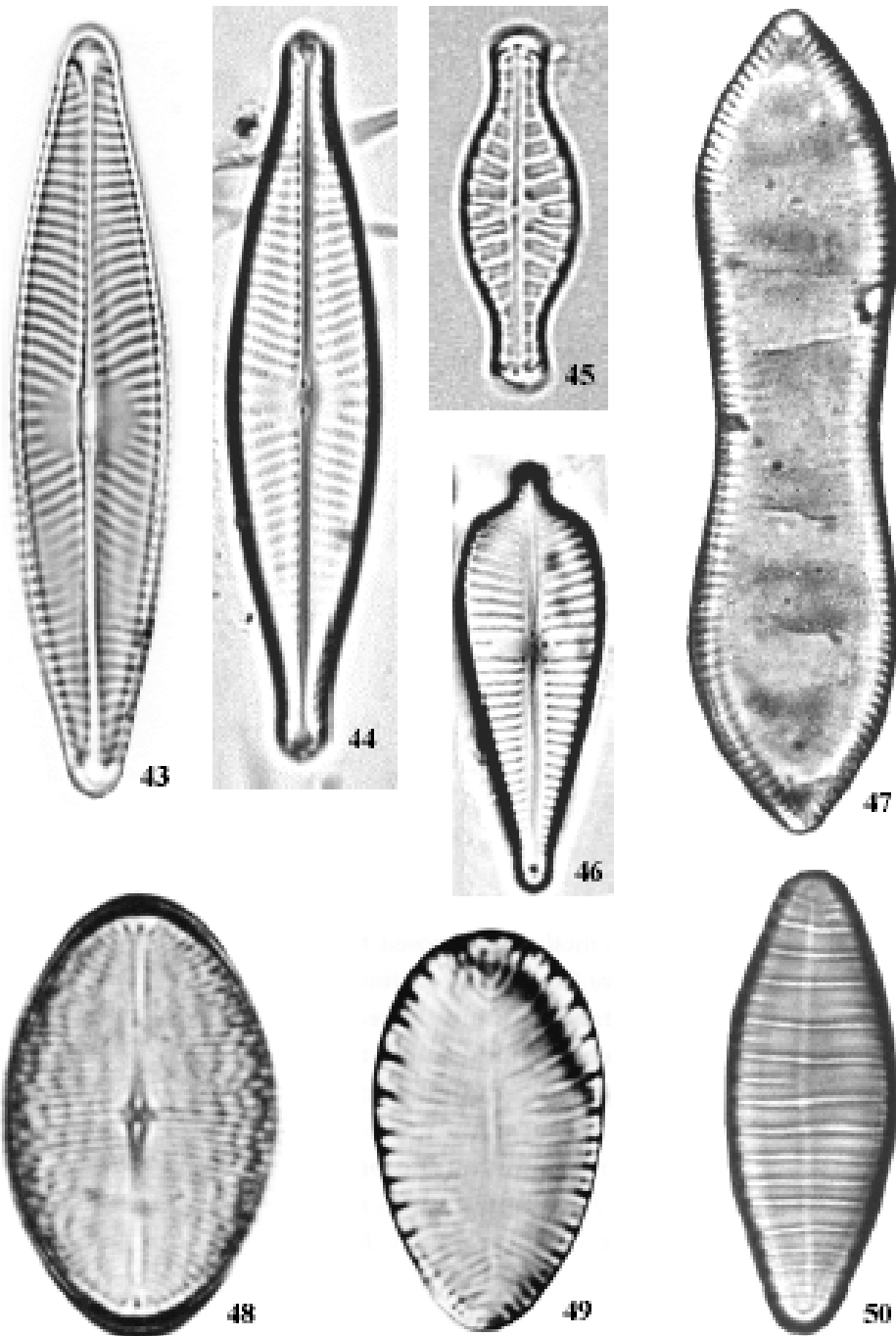
L 12-54 µm, W 7-37 µm; strie punteggiate 16-24 in 10 µm

49 – *Surirella brebissonii* Krammer & Lange-Bertalot

L 8-70 µm, W 8-30 µm; coste 3,5-6 in 10 µm, strie 17-19 in 10 µm

50 – *Diatoma vulgaris* Bory

L 8-75 µm, W 7-18 µm; coste trasversali 5-12 in 10 v, strie molto numerose



Diatomee indicano la IV Classe di qualità

51 – *Caloneis amphisbaena* (Bory) Cleve

L 36-80 µm, W 20-30 µm; strie 15-18 in 10 µm

52 – *Gyrosigma scalpoides* (Rabenhorst) Cleve

L 40-70 µm, W 7-11 µm; strie 20-24 in 10 µm

53 – *Navicula cuspidata* Kützinger

L 30-120 µm, W 13-25 µm; strie 11-19 in 10 µm

54 – *Navicula capitatoradiata* Germain

L 25-45 µm, W 7-10 µm; strie 11-14 in 10 µm

55 – *Navicula protracta* (Grunow) Cleve

L 17-60 µm, W 5-10 µm; strie 14-20 in 10 µm

56 – *Mastogloia smithii* Twaites

L 20-60 µm, W 8-14 µm; strie 15-20 e punti 15-21 in 10 µm; la presenza di camere o loggette marginali è una caratteristica del genere

57 – *Surirella ovalis* Brébisson

L 16-120 µm, W 12-45 µm; coste 3,5-6 in 10 µm, strie 17-19 in 10 µm

58 – *Nitzschia hungarica* Grunow

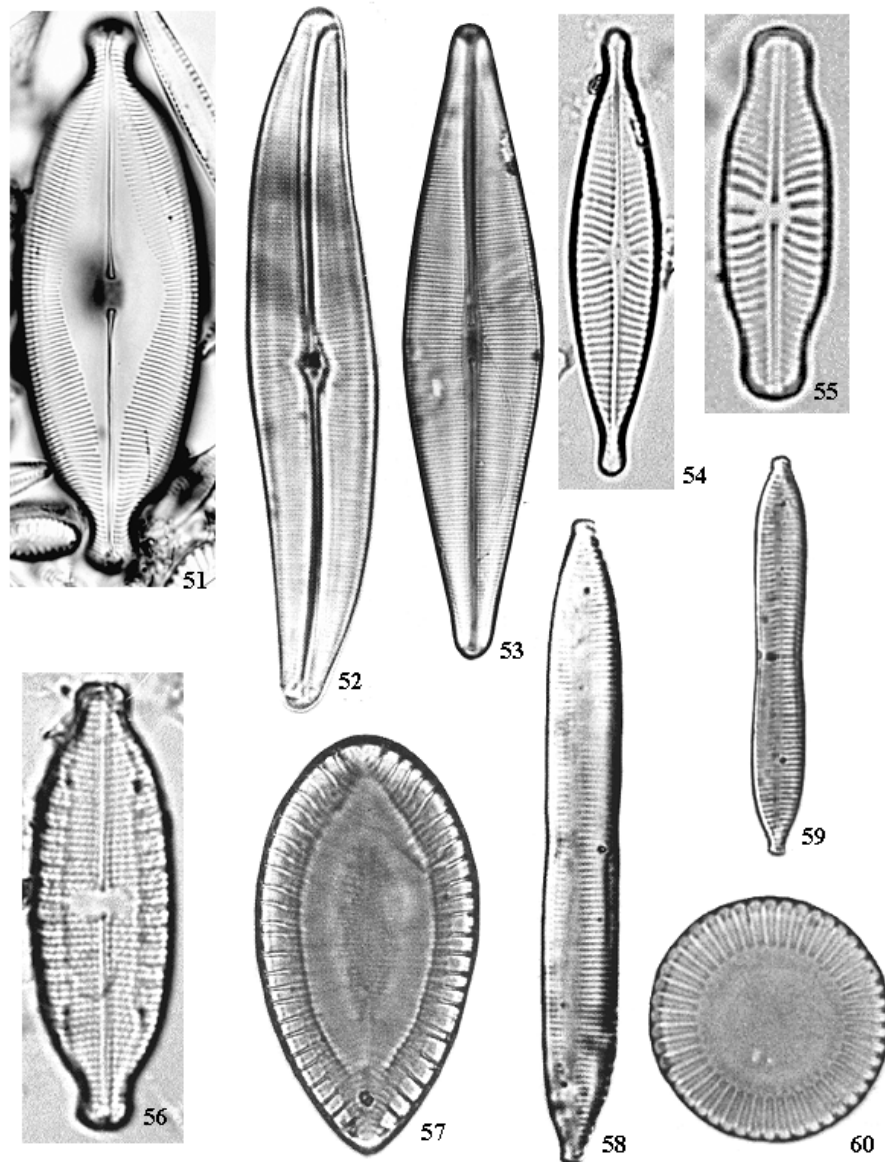
L 35-130 µm, W 5-9 µm; fibule 7-10 e strie 16-20 in 10 µm

59 – *Nitzschia constricta* (Kützinger) Ralfs

L 20-58 µm, W 4,5-8,5 µm; fibule e strie 15-20 in 10 µm

60 – *Cyclotella meneghiniana* Kützinger

Diametro 5-43 µm; strie radiali marcate 6-10 in 10 µm, limitate alla periferia del frustulo



Diatomee che indicano la V Classe di qualità

61 – *Navicula goeppertiana* (Bleish) H.L. Smith

L 10-65 µm, W 6-15 µm; strie circa 15 in 10 µm

62 – *Navicula pygmaea* Kützing, a contrasto di fase

L 10-62 µm, W 6-24 µm; strie 22-28 in 10 µm

63 – *Navicula seminulum* Grunow

L 3-21 µm, W 2-5 µm; strie 18-22 in 10 µm

64 – *Navicula veneta* Kützing

L 13-30 µm, W 5-6 µm; strie 13-15 in 10 µm

65 – *Navicula accomoda* Hustedt

L 17-25 µm, W 4,5-8 µm; strie 17-25 in 10 µm

66 – *Navicula phyllepta* Kützing

L 12-45 µm, W 4-8 µm; strie 14-20 in 10 µm

67 – *Navicula subminuscula* Manguin

L 7-12,5 µm, W 3,5-6 µm; strie 15-26 in 10 µm

68 – *Nitzschia clausii* Hantzsch

L 20-55 µm, W 3-5 µm; fibule 10-13 in 10 µm

69 – *Nitzschia tryblionella* Hantzsch

L 60-180 µm, W 16-30 µm; fibule 5-9 in 10 µm

70 – *Nitzschia levidensis* (W. Smith) Grunow

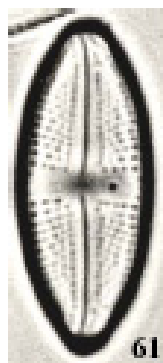
L 18-65 µm, W 8-23 µm; fibule 6-12 in 10 µm

71 – *Entomoneis paludosa* (W. Smith) Reimer (= *Amphiprora paludosa*) W. Smith,
in contrasto di fase

L 40-130 µm, W 20-50 µm; strie 19-23 in 10 µm

72 – *Amphora veneta* Kützing

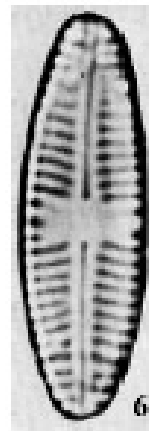
Cellula lunga 5-60 µm, larga 7-18 µm; larghezza della valva 3-8 µm; bande
mediane circa 12 in 10 µm, strie numerose



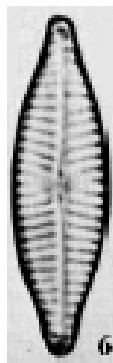
61



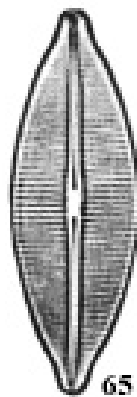
62



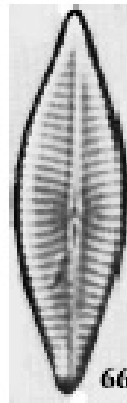
63



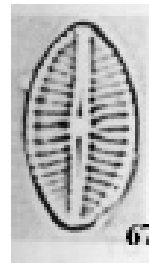
64



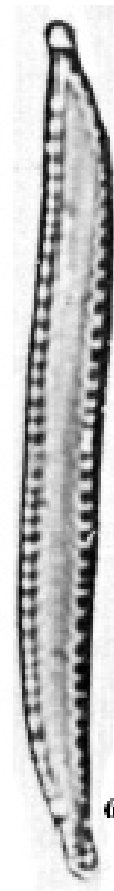
65



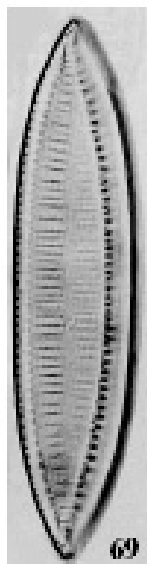
66



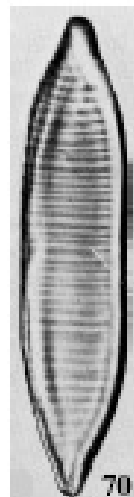
67



68



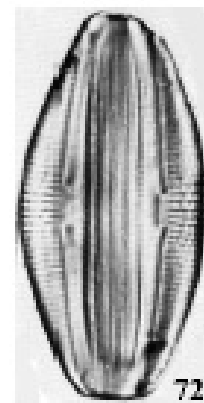
69



70



71



72

Allegato 3 – Tabelle con i campionamenti di morbida e di magra del fiume Chienti

E' costituito da 4 Tabelle (A;B;C e D) riguardanti il campionamento del fiume Chienti (Marche) in morbida (giugno 2001) e in magra (ottobre 2001).

Nelle prime due tabelle compaiono le abbondanze relative valutate con una scala da 1 a 10; nelle altre due è stato effettuato il conteggio a 400 esemplari.

Questi dati, insieme ai parametri “i” ed “r” che figurano nell’Allegato 1, hanno consentito di elaborare Tabella 5 e Tabella 6, inoltreFigura 10, Figura 11, Figura 12 e Figura 13 del capitolo 6 ” Esempi di calcolo e utilizzazione dei risultati”.

Campionamento del fiume Chienti in morbida (abbondanze relative da 1 a 10)												
Taxa	st. 1	st. 2	st. 3	st. 4	st. 5	st. 6	st. 7	st. 8	st. 9	st. 10	st. 11	st. 12
FCAP							2					
FCVA	1		2					1				1
FULN		2					1	1	1	2	1	
FVUL	1											
GANG	1		4	1	2				2			1
GANT	5	3	2	1				4			3	1
GMIN											3	
GOLI	1	1	8	1	2	2		3	1	2	4	2
GPAR			2			1	1			1	3	
GPUM						4	2			4		4
GTER		2	5	2	10	6	2	2	2	10	1	
GYAC		1								1	1	
MCIR	1		2									
MVAR		1					1					
NAMP								1				4
NAPE						1					3	
NATO								4			1	
NCLA									3	2		
NCOT	1	1						1		3	3	1
NCPL					2		1					1
NCPR	1	1			1				3	2		3
NCRY									3			
NCTE	3		1	5		3		2		3	1	2
NDIS		2	2		2	2	2	3		4	3	4
NFON	1		1	4								
NGOE							1	1	3			
NGRE						1				3	3	3
NHUN										1		
NIAN		1										
NINC	1		3	1	2	7	6	10	9	10	3	10
NLAN			3		2	3	1	1	2	3	3	2
NLIN	1	1					1					2
NMEN						2		2		1	1	

TABELLA - B

Campionamento del fiume Chienti in magra (abbondanze relative da 1 a 10)												
Taxa	st. 1	st. 2	st. 3	st. 4	st. 5	st. 6	st. 7	st. 8	st. 9	st. 10	st. 11	st. 12
ACOP					1	1						2
AINA				1		1						
ALAN	2		3	2								
AMIN	5	4	4	3	4	5		3	3			1
AOVA					3		1					1
APED		1	3			3	3	3	1		1	2
APEL						1						
CAFF	3	1		1		2	1	3	2	2		2
CBAC			1		1				1			
CCAE						1	1	3	2	1		1
CDEL		4										
CDUB							1					
CELL					5	2						
CHEL		2										
CMEN								3			3	1
CMIC							3	2				1
CMIN	3	2	3	3		3	3	3	1		1	1
COCE					1		2	2				
CPED		1	3	3	2	5	2	3	1		1	
CPLE			2	2			2		1			
CPLI		2	4	2	5	3	5	3	3	1	1	2
CPRO					2	1			2			1
CRAD							1	1				
CSHU						1						
CSIN	1	1	1		1		2	2	2	1		2
CSOL					2	1			1			1
DELL							1					
DHIE	2		1			1						
DMES	7	3	3	1								
DMON				3	1							
DOBL						1						
DPSO					1	1						

Campionamento del fiume Chienti in magra (abbondanze relative da 1 a 10)												
Taxa	st. 1	st. 2	st. 3	st. 4	st. 5	st. 6	st. 7	st. 8	st. 9	st. 10	st. 11	st. 12
DTEN		1										
DVUL	1	2		3	1	1	1		1	1		
EADN					1							
EARE							1					
FCAP				1								
FCVA	1				1		2	5	1			
FPAR					1							
FPIN					1							
FULN		1		2	1		1	2	1			
GANG	1			2	1					1	1	
GANT	4	3		3		2	1		3	1		2
GCLE							1					
GGRA											1	
GMIN							2		3			2
GNOD					3	4						1
GOLI	4	2		3	1	1	2	2	1	3		
GPAR				1	1	2			3	3	8	2
GSCA						1		2				1
GTER	10	10	3	3		1			1			
GTRU						1						
GYAC					4	1			2			
GYAT						3	1					
MCIR	5			1								
MVAR				1	2		1					
NAMP							1		2			3
NAPE	1						1		2	1	3	1
NATO								3				
NCAP					1							
NCAR								2			2	
NCLA							1	3	2	1		1
NCOM											1	
NCOT					2	1			2		3	2
NCPL									1	2	5	2

Campionamento del fiume Chienti in magra (abbondanze relative da 1 a 10)												
Taxa	st. 1	st. 2	st. 3	st. 4	st. 5	st. 6	st. 7	st. 8	st. 9	st. 10	st. 11	st. 12
NCPR					3	3	2	5	2	3		2
NCRY					1	1			1		7	
NCTE		2	4	3	3	3	5	3	3	4		2
NCUS					1							
NDEC					1							
NDIS			2	2	3	3	3	5	3	7		2
NEDU							1					
NFON	1	3	3	3				1				
NGOE										1		2
NGRE					3					1		
NIAN					1	2	1					
NICA											1	2
NINC	1			2		3	3		10	10	8	10
NLAN		1		1	2			3	1	1	1	1
NLIN						1	1					1
NMEN							1			3		2
NMIN							1		2	2		1
NMUT						1	1	8		1		1
NNIV	1											
NPAL			2	2				3	1		5	
NPUP						2						
NRCH	1		2		2	2	2		1	2		
NREC					1							
NSAP											4	
NSBH						1						
NSBL					1							
NSBM					3	2	3		4	7	10	2
NSEM											1	
NSHR						2	1		2	2	1	2
NSIG												1
NSIN												1
NSIO					2	2			1			
NSOC						3						

Campionamento del fiume Chienti in magra (abbondanze relative da 1 a 10)												
Taxa	st. 1	st. 2	st. 3	st. 4	st. 5	st. 6	st. 7	st. 8	st. 9	st. 10	st. 11	st. 12
NTPT		2	10	7	3	4	9	3	3	3	2	2
NTRV							1			1	3	
NVEN											4	
NVER					5							
NVIR					2	1			2	1		2
PINT						1						
RABB	2	1	1	10	3	2	2		1	2		1
SANG						1		1				
SBRE				1	2	2	1		2	3	2	2
SLHE					2	2	1					
SSMI					1		1					

TABELLA - C

[illegible]

[illegible]

TABELLA - D

Campionamento del fiume Chienti in magra (conteggio a 400 esemplari)												
Taxa	st. 1	st. 2	st. 3	st. 4	st. 5	st. 6	st. 7	st. 8	st. 9	st. 10	st. 11	st. 12
ACOP					1	1						3
AINA				1		2						
ALAN	3		4	4								
AMIN	30	30	52	24	32	54		10	10			2
AOVA					9		1					3
APED		1	12			18	20	21	1		1	12
APEL						1						
CAFF	4	1		1		4	1	11	8	4		5
CBAC			1		1				1			
CCAE						1	1	7	3	2		1
CDEL		45										
CDUB							1					
CELL					46	4						
CHEL		2										
CMEN								8			3	1
CMIC							3	3				2
CMIN	4	3	14	15		17	25	18	2		1	1
COCE					2		10	3				
CPED		1	14	23	5	40	5	10	2		1	
CPLE			8	10			6		1			
CPLI		3	52	10	50	10	45	25	10	2	1	21
CPRO					4	1			3			2
CRAD							1	1				
CSHU						1						
CSIN	1	1	2		1		7	5	4	2		12
CSOL					5	1			1			3
DELL							1					
DHIE	3		2			2						
DMES	84	12	6	1								
DMON				15	1							
DOBL						2						
DPSO					2	1						

Campionamento del fiume Chienti in magra (conteggio a 400 esemplari)												
Taxa	st. 1	st. 2	st. 3	st. 4	st. 5	st. 6	st. 7	st. 8	st. 9	st. 10	st. 11	st. 12
DTEN		1										
DVUL	2	4		15	1	1	1		1	2		
EADN					1							
EARE							2					
FCAP				2								
FCVA	1				1		5	45	2			
FPAR					1							
FPIN					1							
FULN		1		4	2		2	5	1			
GANG	1			3	1					2	2	
GANT	23	10		12		4	3		26	2		14
GCLE							1					
GGRA											2	
GMIN							6		14			12
GNOD					12	34						1
GOLI	13	3		25	1	1	12	3	1	14		
GPAR				1	1	4			16	8	72	14
GSCA						2		4				2
GTER	193	265	4	24		1			2			
GTRU						1						
GYAC					32	1			3			
GYAT						24	1					
MCIR	35			1								
MVAR				2	6		2					
NAMP							1		4			22
NAPE	1						3		4	2	3	1
NATO								25				
NCAP					1							
NCAR								3			2	
NCLA							3	7	4	2		2
NCOM											1	
NCOT					3	1			3		3	8
NCPL									1	4	33	5

Campionamento del fiume Chienti in magra (conteggio a 400 esemplari)												
Taxa	st. 1	st. 2	st. 3	st. 4	st. 5	st. 6	st. 7	st. 8	st. 9	st. 10	st. 11	st. 12
NCPR					14	13	5	33	3	8		6
NCRY					1	1			1		54	
NCTE		3	43	16	18	24	43	25	25	22		12
NCUS					1							
NDEC					1							
NDIS			3	10	8	22	22	30	26	70		12
NEDU							1					
NFON	1	11	13	12				2				
NGOE										2		3
NGRE					12					1		
NIAN					1	3	1					
NICA											2	4
NINC	2			5		11	28		146	130	62	215
NLAN		1		2	7			22	2	2	1	1
NLIN						2	2					2
NMEN							3			8		4
NMIN							2		4	3		2
NMUT						1	1	50		2		1
NNIV	1											
NPAL			3	9				13	2		34	
NPUP						5						
NRCH	1		8		5	8	4		2	6		
NREC					1							
NSAP											4	
NSBH						1						
NSBL					2							
NSBM					10	3	21		36	61	100	3
NSEM											1	
NSHR						4	2		5	6	1	4
NSIG												2
NSIN												1
NSIO					5	8			1			
NSOC						10						

Campionamento del fiume Chienti in magra (conteggio a 400 esemplari)												
Taxa	st. 1	st. 2	st. 3	st. 4	st. 5	st. 6	st. 7	st. 8	st. 9	st. 10	st. 11	st. 12
NTPT		2	158	63	18	30	83	10	20	10	3	13
NTRV							1			2	3	
NVEN											9	
NVER					46							
NVIR					4	1			3	1		4
PINT						1						
RABB	3	1	1	100	14	8	8		2	4		2
SANG						1		2				
SBRE				2	4	3	2		4	16	3	7
SLHE					3	6	1					
SSMI					2		1					

Allegato 4 – Scheda pratica di campionamento per l'applicazione dell'indice EPI-D

Nome del corso d'acqua

Bacino idrografico

Ubicazione della stazione:

- Località Provincia Regione

- km a monte di km a valle di

- m sul livello del mare

Numero della stazione (con progressione da monte a valle)

Data ora Condizioni meteorologiche

Larghezza dell'alveo bagnato: m

Larghezza dell'alveo in piena: m

Profilo del corso d'acqua e indicazione della profondità:

Temperatura dell'aria (°C)

Temperatura dell'acqua (°C)

pH

Trasparenza: totale [] ridotta [] nulla []

Velocità di corrente: molto elevata [] elevata [] moderata [] debole [] molto debole []

Granulometria (copertura % dell'alveo): roccia in posto massi

pietre ciottoli ghiaia sabbia limo

Ricoprimento da alghe macroscopiche (%)

Aspetto delle alghe macroscopiche:

tallo filamentoso [] tallo crostoso [] feltro [] colonie gelatinose []

Macroalghe riconoscibili in loco

.....

Ricoprimento da muschi (%)

Idrofite in alveo

.....

Igrofite spondali

.....

Alberi ed arbusti

Ombreggiamento del corso d'acqua: nullo [] parziale [] se totale [] non campionare !

Tipo di alveo: naturale [] rimaneggiato [] artificiale []

Sponda destra: naturale [] seminaturale [] rimaneggiata [] artificiale []

Sponda sinistra: naturale [] seminaturale [] rimaneggiata [] artificiale []

Allegato 5 – Attrezzature, materiali, reagenti e riferimenti utili

Per trattare i campioni:

- cappa aspirante,
- piastra riscaldante termostata,
- centrifuga da tavolo,
- muffola (solo se si trattano i campioni per incenerimento)
- beaker, tubi da centrifuga, vetreria varia,
- formaldeide, meglio se neutralizzata
- perossido di idrogeno (H_2O_2) a 110 o 130 volumi,
- acido cloridrico,
- acido solforico concentrato,
- permanganato di potassio,
- cristalli di timolo
- etanolo.

Per allestire vetrini permanenti:

- resina ad elevato indice di rifrazione (Naphrax High Resolution Diatom Mountant) da sciogliere in xilene o toluene. Questa resina è fornita da:

BRUNEL MICROSCOPES Ltd
Unit 6 Enterprise Centre
Bumpers Farm Industrial Estate
Chippenham, Wiltshire
SN14 6QA. UK.
e-mail: brunelmicro@compuserve.com

Tel.: 0044(0)1249 462655

Fax: 0044(0)1249 445156

- vetrini porta-oggetto;
- lamelle copri-oggetto circolari, molto sottili, del diametro di 18-19 mm.

Per l'osservazione al microscopio ottico:

- microscopio da laboratorio provvisto (corredo minimo) di una coppia di oculari 10x e di obiettivi 10x, 40x e 100x ad immersione;
- olio ad immersione;
- camera lucida (o tubo da disegno) montata sul microscopio; in alternativa, se si preferisce, l'analizzatore d'immagini;
- vetrino micrometrico: quello che si trova normalmente in commercio ha una scala di due mm suddivisi ognuno in cento parti, la distanza tra due successive tacche essendo di 10 μm ; serve per tarare una scala per ogni obiettivo, con la quale misurare direttamente i disegni realizzati alla camera lucida;
- microscopio corredato di apparato per microfotografia: serve a documentare forme rare o comunque interessanti;
- il contrasto di fase ed il contrasto interferenziale possono risultare utili, soprattutto il secondo.

Per il calcolo dell'indice EPI-D, quando si vogliono i risultati in scala 1-20 e si desidera fare il confronto tra i principali indici diatomici europei, si consiglia il software OMNIDIA3 aggiornato, elaborato a Monbazillac, Francia. Si può avere in versione Windows o Macintosh, in francese o in inglese.

E-mail: clci@club-internet.fr

Prof. Antonio Dell'Uomo
Dipartimento di Botanica ed Ecologia
Università di Camerino
tel 0737-404507
E-mail: antonio.delluomo@unicam.it