

MICROPHYTOBENTHOS

TAMARA CIBIC & CHIARA FACCA*

Dipartimento di Oceanografia Biologica, Istituto Nazionale di Oceanografia e Geofisica Sperimentale (OGS),
Via A. Piccard, 54 - 34151 Trieste, Italia.
tcibic@ogs.trieste.it

*Dipartimento di Scienze Ambientali, Università Ca' Foscari Venezia, Calle Larga Santa Marta, 2137 - 30123 Venezia, Italia.

La presente checklist rappresenta la prima lista del microfitobenthos dei mari italiani e completa il catalogo delle microfite planctoniche. Con il termine microfitobenthos si definisce la flora microscopica (20-200 μm) acquatica che si trova sul fondale del mare o in prossimità di esso. Il microfitobenthos è costituito prevalentemente da organismi eucarioti (diatomee, dinoflagellati, fitoflagellati ecc.), ma comprende anche procarioti ascrivibili ai cianobatteri (MacIntyre *et al.*, 1996). Questi organismi sono diffusi nelle aree costiere dove la luce penetra fino al sedimento: lagune, spiagge, paludi, zone intertidali e subtidali fangose o sabbiose. Il popolamento microfitobentonico, soprattutto in ambienti poco profondi, è spesso arricchito dalla presenza di organismi fitoplanctonici che, in assenza di moti turbolenti, correnti di marea, o stratificazione della colonna d'acqua, possono sedimentare divenendo così parte integrante della comunità bentonica. In condizioni di turbolenza, invece, gli organismi microfitobentonici possono venir risospesi entrando a far parte della comunità fitoplanctonica (Delgado *et al.*, 1991; MacIntyre *et al.*, 1996). Inoltre le stesse classi di alghe possono essere diffuse sia nella colonna d'acqua che nel sedimento, e diventa, quindi difficile individuare le specie caratteristiche per ciascun habitat, soprattutto nelle aree di basso fondale.

Il microfitobenthos colonizza lo strato superficiale del sedimento (2-3 mm) caratterizzato da forti gradienti chimico-fisici (MacIntyre *et al.*, 1996) ma, in alcuni casi, diatomee in grado di compiere spostamenti grazie all'escrezione di sostanze polisaccaridiche dal rafe (fessura longitudinale tipica di generi appartenenti alla classe delle Bacillariophyceae), sono state osservate anche a 10 cm di profondità. La distribuzione spaziale del popolamento risulta, invece, piuttosto eterogenea e a macchia di leopardo.

Alle latitudini temperate, le diatomee bentoniche sono le principali costituenti del popolamento microfitobentonico. In base alla tipologia del sedimento, possono essere suddivise in diversi gruppi, tra cui: epipelon, diatomee che vivono sul sedimento; epipsammon, diatomee che vivono attaccate ai granuli di sabbia ed epifiton, diatomee che vivono su altri organismi vegetali (Round *et al.*, 1992).

La comunità microalgale bentonica ricopre un importante ruolo nell'ecosistema marino, nella regolazione dei flussi dei nutrienti e dell'ossigeno all'interfaccia acqua-sedimento e contribuisce grandemente alla produttività primaria, comune-

The present checklist is the first list cataloguing microphytobenthic species of the Italian seas and it completes the catalogue of planktonic microphytes. The microphytobenthos includes the microscopic aquatic algae living on or close to the bottom. Most are eukaryotic (diatoms, dinoflagellates, phytoflagellates, etc.), but some prokaryotic photosynthetic organisms, such as cyanobacteria, contribute to the benthic community as well (MacIntyre *et al.*, 1996). Such organisms are widespread in coastal areas where light penetrates to the bottom: lagoons, beaches, marshes, intertidal and subtidal muddy or sandy areas. Microphytobenthic populations, especially in shallow waters, are often enriched by phytoplanktonic species, which can settle on the sediments in the absence of turbulent movements, tidal currents or water column stratification. On the other hand, in case of strong turbulence, the microphytobenthic organisms can be resuspended in the water column entering the phytoplankton community (Delgado *et al.*, 1991; MacIntyre *et al.*, 1996). Moreover, the same algal classes can be common both in the water column and on the surface sediments, hence, complicating the ecological characterization of typical species in each habitat.

Microphytobenthos colonizes the surface sediment layer (2-3 mm thick), where strong chemical-physical gradients exist (MacIntyre *et al.*, 1996). However, some diatoms which can move through the sediment by the release of polysaccharidic substances from the raphe (a longitudinal slit typical of the Bacillariophyceae genera), were recorded at a depth up to 10 cm. Conversely, the spatial distribution of the population appears rather heterogeneous and patchy.

In temperate areas, the microphytobenthic community is mainly composed of benthic diatoms. On the basis of the sediment typology, different groups can be distinguished: epipelon, diatoms living on the sediment; epipsammon, diatoms attached to sand grains and epiphyton, diatoms living on other photosynthetic organisms (Round *et al.*, 1992).

The microphytobenthic community plays a key ecological role in the aquatic ecosystem, being responsible of nutrient and oxygen flux regulation at the water-sediment interface and contributing significantly to the primary production (MacIntyre *et al.*, 1996). Although the ecological role of microphytobenthos is widely recognized, until now only few coastal areas and lagoons

mente attribuita alla sola componente fitoplanctonica (MacIntyre *et al.*, 1996). Nonostante il ruolo ecologico del microfitobenthos sia riconosciuto, soltanto alcune aree, sia costiere sia lagunari, sono state finora esplorate. Negli ultimi decenni la letteratura riguardo la distribuzione del microfitobenthos nel bacino Mediterraneo è stata limitata e concentrata soprattutto lungo le coste francesi e spagnole (Delgado, 1989; Barranguet *et al.*, 1996; Barranguet, 1997; Riaux-Gobin *et al.*, 1998). Negli ultimi anni si sono aggiunti altri siti a livello europeo quali l'estuario di Tagus in Portogallo (Jesus *et al.*, 2009 e bibliografia ivi compresa) e la costa atlantica della Francia (Guarini *et al.*, 2004 e bibliografia ivi compresa). In tutti questi lavori, però, non vengono riportate liste tassonomiche, ma viene considerato il contenuto in clorofilla o altri pigmenti del microfitobenthos totale e viene accentuata la sua importanza come produttore primario negli ecosistemi costieri e lagunari. Per quanto riguarda i mari italiani non si dispone di serie temporali del microfitobenthos, ovvero di osservazioni continuative e costanti nello stesso sito per un lungo periodo di tempo.

La checklist del microfitobenthos dei mari italiani, aggiornata al maggio 2009, è stata compilata qualche anno più tardi rispetto alla checklist del fitoplancton. Per la classificazione ci siamo basati su Round *et al.* (1992) e sul sito web di Algaebase (<http://www.algaebase.org/>) che viene costantemente aggiornato e che propone una diversa gerarchia tassonomica. Le diatomee, per esempio, sono salite di rango e vengono classificate come phylum (Bacillariophyta), suddiviso in tre classi (Bacillariophyceae, Coscinodiscophyceae, Fragilariophyceae). I dinoflagellati sono stati raggruppati nel phylum Myzozoa, classe Dinophyceae, e così via. Per questa ragione le classificazioni delle microfite planctoniche e bentoniche sono diverse nei livelli tassonomici più alti. La lista del microfitobenthos ottenuta comprende 524 taxa suddivisi nelle seguenti divisioni: Bacillariophyta (506), Myzozoa (9), Chlorophyta (2), Cyanobacteria (4) e Heterokontophyta (3).

La componente microfitobentonica è molto meno documentata rispetto a quella planctonica e ciò è dovuto alla complessità dei campionamenti e dell'individuazione degli organismi in una matrice fangosa o sabbiosa che rende l'osservazione difficoltosa. In questo lavoro sono stati considerati i taxa provenienti da campioni naturali raccolti sul fondo nel golfo di Trieste (Sdrigotti *et al.*, 1999; Welker *et al.*, 2002; Cibic *et al.*, 2007), nella laguna di Venezia (Tolomio *et al.*, 1999, 2002; Facca *et al.*, 2002a,b, 2004; Tolomio, 2004; Facca & Sfriso, 2007), lungo la costa da Ancona verso l'estuario del Po (Totti, 2003) e nella laguna di Lesina (Gambi *et al.*, 2003). Sono stati inclusi nella lista i taxa di organismi epibionti su idroidi nel Mar Ligure (Romagnoli *et al.*, 2007), della comunità epilithica di diatomee sviluppatesi su diversi substrati duri artificiali nella zona del Conero (Totti *et al.*, 2007) e i primi stadi di colonizzazione di diatomee sviluppatesi

have been investigated. In the last decades, the literature on microphytobenthic distribution in the Mediterranean basin was limited to the Spanish and French coasts (Delgado, 1989; Barranguet *et al.*, 1996; Barranguet, 1997; Riaux-Gobin *et al.*, 1998). Only recently, have other European sites been studied, such as the Tagus estuary in Portugal (Jesus *et al.*, 2009 and references therein) and the French Atlantic coast (Guarini *et al.*, 2004 and references therein). However, these papers report total microphytobenthos as chlorophyll and pigment contents and no taxonomic list is presented. They highlight the importance of microphytobenthos as primary producers in coastal and lagoonal ecosystems but they do not give any information on its taxonomic composition. For the Italian seas time series (continuous observations in the same site for a long period with constant frequency) are not available on microphytobenthos.

The present checklist on microphytobenthos of the Italian seas (updated on May 2009), was compiled a few years later than the phytoplanktonic catalogue. For the taxonomic classification we have followed Round *et al.* (1992) and the web-site Algaebase (<http://www.algaebase.org/>), which is constantly updated and, hence, has a different taxonomic hierarchy compared to the one used to date. Diatoms, for example, are grouped in a separate phylum (Bacillariophyta), and subdivided in three classes (Bacillariophyceae, Coscinodiscophyceae, Fragilariophyceae). Dinoflagellates are represented by the class Dinophyceae in the Myzozoa phylum, and so on. For this reason the taxonomic classification of microphytoplankton is different from the microphytobenthic one, especially at the higher taxonomic level. The checklist of microphytobenthos includes 524 taxa in the following phyla: Bacillariophyta (506), Myzozoa (9), Chlorophyta (2), Cyanobacteria (4) and Heterokontophyta (3).

Compared to the phytoplankton, the literature on the microphytobenthos is poor due to the complexity of sampling and difficulties in cell identification in muddy or sandy matrices. In the present paper, the taxa from natural sediment samples of the Gulf of Trieste (Sdrigotti *et al.*, 1999; Welker *et al.*, 2002; Cibic *et al.*, 2007), the Venice lagoon (Tolomio *et al.*, 1999, 2002; Facca *et al.*, 2002a, b, 2004; Tolomio, 2004; Facca & Sfriso, 2007), the Adriatic coast from Ancona to the Po delta (Totti, 2003) and the Lesina lagoon (Gambi *et al.*, 2003) are reported. Moreover, the list includes epibiotic microalgae on marine hydroids in the Ligurian Sea (Romagnoli *et al.*, 2007), epilithic diatoms on different artificial hard substrata in the Conero area (Totti *et al.*, 2007) and the first colonising stages of diatoms on an artificial hard substratum in two stations in the Gulf of Trieste (Bartole *et al.*, 1991-94) and the Venice lagoon (Tolomio & Andreoli 1989; Tolomio *et al.*, 1991). The choice to include all these taxa in a single list is supported by the ecological strategy of

su substrato duro artificiale in due diverse stazioni nel golfo di Trieste (Bartole *et al.*, 1991-94) e nella laguna di Venezia (Tolomio & Andreoli, 1989; Tolomio *et al.*, 1991). La scelta di includere in un' unica lista tutti i taxa è confermata dalla strategia ecologica degli organismi ritrovati: le specie osservate su substrato artificiale duro (Tolomio & Andreoli, 1989; Tolomio *et al.*, 1991; Bartole *et al.*, 1991-94) possono essere ritrovate anche nella comunità microfitobentonica e infatti alcune sono state successivamente osservate nel sedimento di fondo della laguna di Venezia (Tolomio *et al.*, 1999) e del golfo di Trieste (Welker *et al.*, 2002; Cibic *et al.*, 2007), rispettivamente. La colonizzazione di diatomee epilithiche su substrato duro artificiale (plexiglas) descritta da Totti (2007) contribuisce notevolmente alla biodiversità del microfitobenthos dell'Adriatico settentrionale. Nel lavoro di Sdrigotti *et al.* (1999) il microfitobenthos di una stazione costiera, comparato con quello osservato in una stazione posizionata sotto le mitilcolture, dimostra come la biodiversità di quest'ultima sia sfavorita da fattori di disturbo quale l'effetto "ombreggiamento" dato dalle reste e come la composizione specifica, in presenza di una continua biodeposizione, venga selezionata in base alle caratteristiche di metabolismo mixotrofo di alcuni taxa appartenenti alla classe delle diatomee. Le uniche informazioni relative alla comunità microalgale bentonica nel Mar Ligure riguardano le specie epibiontiche riscontrate sull'idroide *Eudendrium racemosum* (Romagnoli *et al.*, 2007) e dimostrano come le diatomee associate a questo invertebrato marino traggano un beneficio dall'ospite e dalle condizioni ambientali per disponibilità di nutrienti e composti organici.

Le prime indagini sulla distribuzione delle diatomee bentoniche nel sedimento della laguna di Venezia sono state condotte nel 1994/95 ed hanno evidenziato un'elevata diversità specifica con rari fenomeni di dominanza stagionale. L'elevata ricchezza di specie del sedimento tende a restare costante durante tutto l'anno e ad essere influenzata dalle caratteristiche granulometriche (Tolomio *et al.*, 1999). Proprio la granulometria del sedimento sembra avere un ruolo chiave nella distribuzione delle abbondanze: nelle aree più sabbiose, vicino alle bocche di porto, tende infatti ad esserci una comunità microfitobentonica meno abbondante rispetto a quella delle zone siltose ed argillose più ricche di materia organica (Tolomio *et al.*, 2002). Sebbene venga spesso sottolineato il ruolo rilevante che le diatomee bentoniche possono avere per favorire la stabilità del sedimento grazie alle secrezioni mucopolisaccaridiche (Tolomio *et al.*, 2002), il lavoro di Facca *et al.* (2002a) descrive come, nella laguna di Venezia, la componente microalgale venga periodicamente distrutta e risospesa lungo la colonna d'acqua a seguito della raccolta dei bivalvi, con una conseguente riduzione e uniformità della diversità specifica.

La conoscenza della comunità microalgale bentonica dei mari italiani è minore rispetto a quella che deriva dalle lunghe serie temporali

the organisms: the same species recorded on an artificial hard substratum (Tolomio & Andreoli, 1989; Tolomio *et al.*, 1991; Bartole *et al.*, 1991-94) could also be observed on the soft sediment bottom of the Venice lagoon (Tolomio *et al.*, 1999) and the Gulf of Trieste (Welker *et al.*, 2002; Cibic *et al.*, 2007). Epilithic diatom colonisation on a plexiglas substratum (Totti *et al.*, 2007) contributes significantly to the biodiversity in the northern Adriatic area. Sdrigotti *et al.* (1999), compared the microphytobenthos of a coastal site with the one below a mussel farm to highlight how the ropes can affect microalgal diversity. The mussel lines produce a "shading" effect that disturbs the community and continuous biodeposition selects the species in relation to their metabolism, for example, below the lines mixotrophic diatoms are more frequent. The only available information on the microphytobenthic community of the Ligurian Sea, relates to epibiontic species on the marine hydroid *Eudendrium racemosum* (Romagnoli *et al.*, 2007), showing that diatoms living on this marine invertebrate are advantaged both by the host and environmental conditions due to the availability of nutrients and organic compounds.

The first investigation on benthic diatom distribution in the surface sediments of the Venice lagoon was carried out in 1994/95, and highlighted the high species diversity with a few phenomena showing seasonal dominance. Such high species richness in the sediment seems to persist throughout the year and to be affected by sediment grain size (Tolomio *et al.*, 1999). In fact, sediment grain size seems to play a key role in determining abundance and distribution of the organisms: in sandy areas, near the sea inlets, the cell density is lower than in silty or clayey zones rich in organic matter (Tolomio *et al.*, 2002). Benthic diatom polysaccharidic secretions have been shown to contribute to sediment stabilization (Tolomio *et al.*, 2002). However, Facca *et al.* (2002a) describes how, in the Venice lagoon, microalgae are continuously resuspended in the water column as a consequence of clam harvesting. Such disturbance destroys the community and reduces its diversity.

Knowledge on microalgal benthic communities in the Italian seas is poor when compared with longer term studies on the phytoplankton. Inclusion of data on microphytobenthic taxa enhances the total microalgal diversity and our knowledge of coastal and transitional ecosystem ecology. This first checklist on microphytobenthos, updated with the most recent books and websites, is a valuable tool to consult. However, it is of crucial importance to carry on such updating activity over time.

disponibili per la comunità microalgale planctonica. Lo studio del microfitobenthos implementa la biodiversità delle microfite e contribuisce ad ampliare la conoscenza degli ecosistemi acquatici marini costieri e delle acque di transizione. La stesura di questa prima lista del microfitobenthos rappresenta un prezioso strumento di consultazione aggiornato secondo i testi più recenti e siti web di tassonomia. È importante, però, che questo lavoro di aggiornamento sia effettuato in modo continuativo nel tempo.

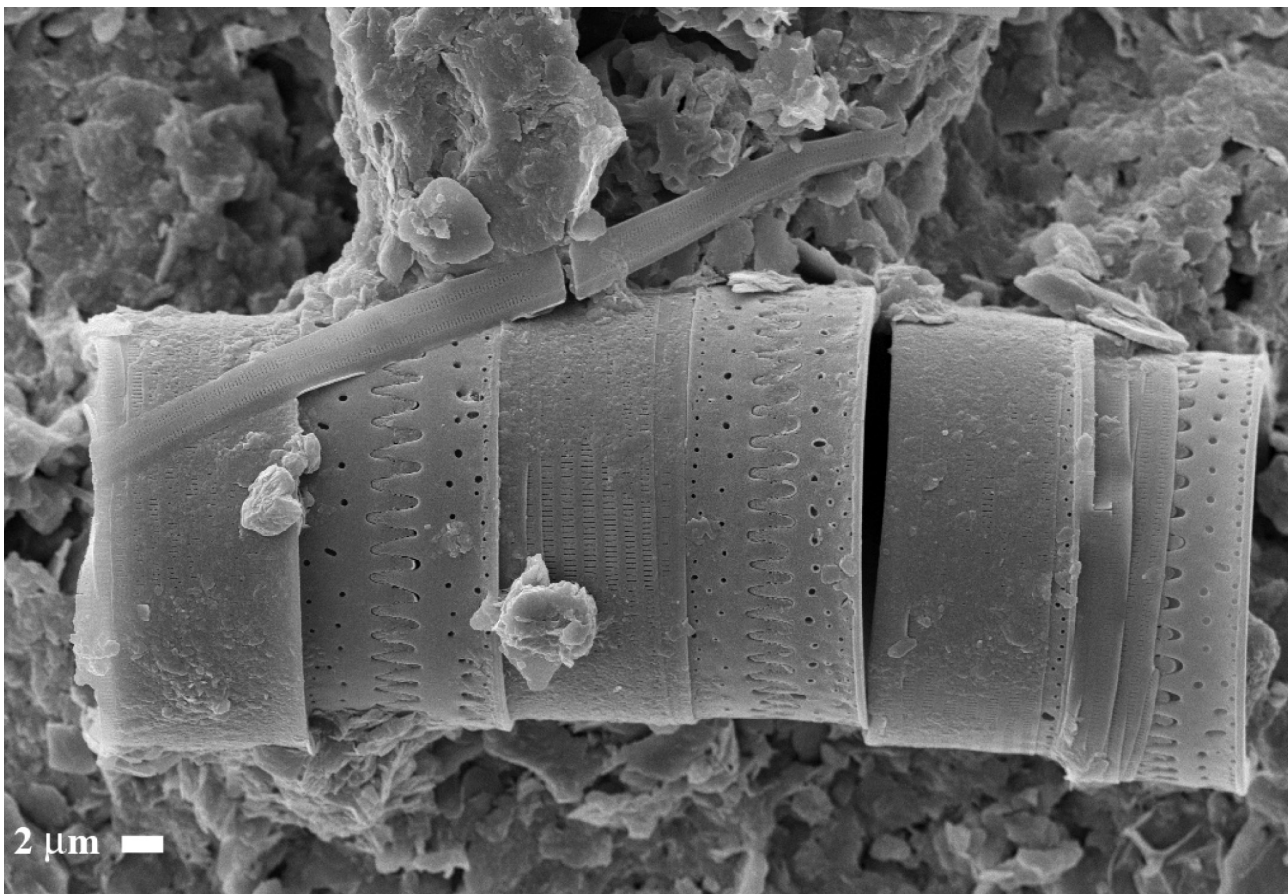
Bibliografia/References

- AAVV, 2006. *Guida al Riconoscimento del Plancton dei Mari Italiani, Vol. 1 – Fitoplancton*. Programma di Monitoraggio per il Controllo dell'Ambiente Marino Costiero, Arti Grafiche Agostini, Roma: 503 pp.
- BARRANGUET C.P., PLANTE-CUNY M.R., ALIVON E., 1996. Microphytobenthos in the Gulf of Fos, French Mediterranean. *Hydrobiologia*, 333: 181-193.
- BARRANGUET C., 1997. The role of microphytobenthic primary production in a Mediterranean mussel culture area. *Est. Coast. Shelf Sci.*, 44: 753-765.
- BARTOLE L., WELKER C., DELLAVALLE G., BRESSAN G., 1991-1994. Primi stadi di colonizzazione "a diatomee" di un substrato duro artificiale in due stazioni fisse del Golfo di Trieste (nord Adriatico). *Nova Thalassia*, 12: 163-189.
- BÉRARD-TERRIAULT L., POULIN M., BOSSÉ L., 1999. *Guide d'Identification du Phytoplancton Marin de l'Estuarie et du Golfe du Saint Laurent*. Les presses scientifiques du CNRC, Ottawa: 387 pp.
- BOON D.R., CASTENHOLZ R.W., GARRITY G.M., 2001. *Bergey's Manual of Systematic Bacteriology*, 2nd Ed., Vol. I: *The Archaer and the Deeply Branching and Phototrophic Bacteria*. Springer-Verlag, New York: 721 pp.
- CANTER-LUND H. & LUND J.W.G., 1995. *Fresh Water Algae, Their Microscopic World Explored*. Biopress Ltd: 360 pp.
- CIBIC T., BLASUTTO O., FALCONI C., FONDA UMANI S., 2007. Microphytobenthic biomass, species composition and nutrient availability in sublittoral sediments of the Gulf of Trieste (northern Adriatic Sea). *Est. Coast. Shelf Sci.*, 75: 50-62.
- DELGADO M., 1989. Abundance and distribution of microphytobenthos in the bays of Ebro Delta (Spain). *Est. Coast. Shelf Sci.*, 29: 183-194.
- DEXING J., JUNMIN L., ZHAODI C., SHICHENG L., 1985. *Marine Benthic Diatoms in China*. China Ocean Press, Beijing: 313 pp.
- DODGE J.D., 1985. *Atlas of Dinoflagellates, A Scanning Electron Microscope Survey*. Blackwell scientific publications, Palo Alto: 119 pp.
- DODGE J.D., 1982. *Marine Dinoflagellates of the British Isles*. Her Majesty's Stationery Office: 303 pp.
- FACCA C. & SFRISO A., 2007. Epipelagic diatom spatial and temporal distribution and relationship with the main environmental parameters in coastal waters. *Est. Coast. Shelf Sci.*, 75: 35-49.
- FACCA C., SFRISO A., SOCAL G., 2002a. Temporal and spatial distribution of diatoms in the surface sediments of the Venice Lagoon. *Bot. Mar.*, 45: 170-183.
- FACCA C., SFRISO A., SOCAL G., 2002b. Changes in abundance and composition of phytoplankton and microphytobenthos due to increased sediment fluxes in the Venice Lagoon, Italy. *Est. Coast. Shelf Sci.*, 54: 773-792.
- FACCA C., SFRISO A., GHETTI P.F., 2004. Abbondanza e diversità del fitoplancton e delle diatomee bentoniche in laguna di Venezia. *Biologia Ambientale*, 18 (2): 19-24.
- GAMBI C., TOTTI C., MANINI E., 2003. Impact of organic loads and environmental gradients on microphytobenthos and meiofaunal distribution in a coastal lagoon. *Chem. Ecol.*, 00: 1-17.
- GERMAIN H., 1981. *Flore des Diatomées Eaux Douces et Saumâtres*. Société Nouvelle des Éditions Boubée, Paris: 444 pp.
- GUARINI J.M., GROS P., BLANCHARD G., RICHARD P., FILLON A., 2004. Benthic contribution to pelagic microalgal communities in two semi-enclosed, European-type littoral ecosystems (Marennes-Oléron Bay and Aiguillon Bay, France). *J. Sea Res.*, 52: 241-258.
- HENDEY N.I., 1976. *An Introductory Account of the Smaller Algae of British Coastal Waters*. Otto Koeltz Science Publishers, West Germany: 317 pp.
- HORNER A.R., 2002. *A Taxonomic Guide to Some Common Marine Phytoplankton*. Biopress Limited: 195 pp.
- JESUS B., BROTAS V., RIBEIRO L., MENDES C.R., CARTAXANA P., PATERSON D.M., 2009. Adaptations of microphytobenthos assemblages to sediment type and tidal position. *Cont. Shelf Res.*, 29: 1624-1634.
- MACINTYRE H.I., GEIDER R.J., MILLER D.C., 1996. Microphytobenthos: the ecological role of the "secret garden" of unvegetated, shallow-water marine habitats. I. Distribution, abundance and primary production. *Estuaries*, 19: 186-201.
- PERAGALLO H. & PERAGALLO M., 1897-1908. *Diatomées Marines de France et des districts maritimes voisins*. Micrographe-Éditeur LK., Grez-sur-Loing, France: 491 pp.
- RIAUX-GOBIN C., VETION G., NEVEUX J., DUCHENE J.C., 1998. Microphytobenthos and phytoplankton in Banyuls bay (Gulf of Lions): standing stocks and hydroclimatic factors. *Vie Milieu*, 48: 1-13.
- RICARD M., 1987. *Atlas du Phytoplancton Marin, Vol. II: Diatomophycées*. Éditions du Centre National de la Recherche Scientifique, Paris: 297 pp.
- ROMAGNOLI T., BAVESTRELLO G., CUCCHIARI E.M., DE STEFANO M., DI CAMILLO C.G., PENNESI C., PUCE S., TOTTI C., 2007. Microalgal communities epibiontic on the marine hydroid *Eudendrium racemosum* in the Ligurian Sea during an annual cycle. *Mar. Biol.*, 151: 537-552.

- ROUND F.E., 1985. *The Ecology of Algae*. Cambridge University Press, Cambridge: 558 pp.
- ROUND F.E., CRAWFORD R.M., MANN D.G., 1992. *The Diatoms. Biology & Morphology of the Genera*. Cambridge University Press, Cambridge: 747 pp.
- SDRIGOTTI E., BARBARIOL V., WELKER C., 1999. Diatom assemblages in coastal shallow waters at the water-sediment interface (Gulf of Trieste, north Adriatic Sea). *Annales Ser. Hist. Nat.*, 2 (17): 191-202.
- SOURNIA A., 1986. *Atlas du Phytoplancton Marin, Vol. I: Cyanophycées, Dictyochophycées, Dinophycées, Raphidopycées*. Éditions du Centre National de la Recherche Scientifique, Paris: 219 pp.
- TOLOMIO C., 2004. Approche expérimentale pour l'étude des diatomées des sédiments de la lagune de Venise, Italie. *Diatom Research*, 19 (1): 81-101.
- TOLOMIO C. & ANDREOLI C., 1989. Recherches sur le periphyton à diatomées dans un vivier de la Lagune de Venise (mai 1984-mai 1985). *Diatom Research*, 4 (1): 151-162.
- TOLOMIO C., ANDREOLI C., AVIGNONE M.T., 1991. Contribution a la connaissance du periphyton diatomique des eaux saumâtres de la Valle Spiresera (Suite). *Diatom Research*, 6 (2): 391-399.
- TOLOMIO C., MORO I., MOSCHIN E., VALANDRO A., 1999. Résultats préliminaires sur les diatomées benthiques de substrats meubles dans la lagune de Venise, Italie (Mars 1994-Janvier 1995). *Diatom Research*, 14 (2): 367-379.
- TOLOMIO C., MOSCHIN E., DUZZIN B., 2002. Distribution des diatomées benthiques de substrats meubles dans le bassin sud de la lagune de Venise, Italie. *Diatom Research*, 17 (2): 401-414.
- TOMAS C.R., 1997. *Identifying Marine Phytoplankton*. Academic Press, San Diego: 858 pp.
- TOTTI C., CUCCHIARI E.M., DE STEFANO M., PENNESI C., ROMAGNOLI T., BAVESTRELLO G., 2007. Seasonal variations of epilithic diatoms on different hard substrates, in the northern Adriatic Sea. *J. Mar. Biol. Ass. U.K.*, 87: 649-658.
- TOTTI C., 2003. Influence of the plume of the river Po on the distribution of subtidal microphytobenthos in the northern Adriatic Sea. *Bot. Mar.*, 46: 161-178.
- VAN HEURCK H., 1899. *Traité des Diatomées*. Édité aux Frais de L'Auteur, Anvers: 572 pp.
- WELKER C., SDRIGOTTI E., COVELLI S., FAGANELI J., 2002. Microphytobenthos in the Gulf of Trieste (northern Adriatic Sea): relationship with labile sedimentary organic matter and nutrients. *Est. Coast. Shelf Sci.*, 55: 259-273.
- WITKOWSKI A., LANGE BERTALOT H., METZELTIN D., 2000. *Iconographia Diatomologica. Annotated Diatom Monographs. Volume 7: Diversity-Taxonomy-Identification*. Koeltz Scientific Books: 925 pp.

Algaebase: Listing the World's Algae: <http://www.algaebase.org/>

California Academy of Sciences: Diatom Collection: <http://research.calacademy.org/research/diatoms/names/index.asp>



Paralia sulcata (micrografia al microscopio elettronico a scansione).
Paralia sulcata (Scanning Electron Microscopy).

(E. Sdrigotti)

			1	2	3	4	5	6	7	8	9
Bacillariophyta											
Bacillariophyceae											
Achnanthales											
Achnanthaceae											
<i>Achnanthes</i>	1989v	•	Bory de Saint-Vincent 1822								
<i>Achnanthes brevipes</i>	1990v	•	x								x
[<i>Achnantella brevipes</i>]			(Agardh) Gaillon 1833								
[<i>Cymbosira agardhii</i>]			Kützing								
[<i>Achnantheidium brevipes</i>]			(Agardh) Heiberg 1863								
[<i>Achnantheidium brevipes</i>]			(Agardh) Cleve 1895								
<i>Achnanthes danica</i>	1991v		(Flögel) Grunow in Cleve & Grunow 1880								
[<i>Cocconeis danica*</i>]			Flögel								
[<i>Cocconeis danica</i>]			Flögel 1873								
[<i>Actinoneis danica</i>]			(Flögel) Cleve 1895								
<i>Achnanthes delicatula</i>	1992v		(Kützing) Grunow in Cleve & Grunow 1880								
[<i>Achnantheidium delicatulum*</i>]			Kützing								
[<i>Achnantheidium delicatulum</i>]			Kützing 1844								
[<i>Falcatella delicatula</i>]			(Kützing) Rabenhorst 1853								
[<i>Achnanthes delicatula</i>]			(Kützing) Brun 1880								
[<i>Microneis delicatula</i>]			(Kützing) Cleve 1895								
[<i>Planothidium delicatulum</i>]			(Kützing) Round et Bukhtiyarova 1996								
[<i>Achnantheiopsis delicatula</i>]			(Kützing) Lange-Bertalot 1997								
<i>Achnanthes exigua</i>	1993v		Grunow in Cleve & Grunow 1880								
[<i>Stauroneis exilis</i>]			Kützing 1844								
[<i>Microneis exigua</i>]			(Grunow) Comber 1901								
[<i>Achnantheidium exiguum</i>]			(Grunow) Czarnecki 1994								
<i>Achnanthes hauckiana</i>	1994v		Grunow in Cleve & Grunow 1880								
[<i>Microneis hauckiana</i>]			(Grunow in Cleve & Grunow) Cleve 1895								
[<i>Achnantheidium hauckianum</i>]			(Grunow) Czarnecki 1994								
[<i>Achnantheiopsis hauckiana</i>]			(Grunow) Lange-Bertalot 1997								
[<i>Planothidium hauckianum</i>]			(Grunow) F.E. Round & L.N. Bukhtiyarova in L.N. Bukhtiyarova 2008								
<i>Achnanthes longipes</i>	1995v	•	x								x
[<i>Achnantella longipes</i>]			Gaillon 1833								
cfr. longipes	1996v	•								x	
[<i>Achnantella longipes</i>]			Gaillon 1833								
<i>Achnanthes parvula</i>	1997v	•									x
[<i>Achnanthes brevipes</i> var. <i>parvula</i>]			(Kützing) Cleve 1895								
[<i>Achnantheidium brevipes</i> var. <i>parvulum</i>]			(Kützing) Mereschovsky 1901								
[<i>Achnantheidium brevipes</i> var. <i>parvulum</i>]			(Kützing) Cleve 1895' Van Landingham 1967								
cfr. taeniata	1998v		Grunow in Cleve & Grunow 1880								
<i>Achnanthes</i> sp.	1999v	•								x	x
Achnanthidiaceae											
<i>Achnantheidium</i>	2000v		F.T. Kützing 1844								
cfr. minutissimum	2001v		(Kützing) Czarnecki 1994								
[<i>Achnanthes minutissima*</i>]			Kützing								
[<i>Achnanthes minutissima</i>]			Kützing 1833								
[<i>Achnantheidium lanceolatum</i> f. <i>minutissima</i>]			(Kützing) Tömösvary 1879								
[<i>Achnanthes minutissima</i> var. <i>cryptocephala</i>]			Grunow 1880								
[<i>Microneis minutissima</i>]			(Kützing) Cleve 1895								
[<i>Cocconeis minutissima</i>]			(Kützing) Schönfeldt 1907								
[<i>Microneis minutissima</i>]			(Kützing) Meister 1912								

			1	2	3	4	5	6	7	8	9
<i>Melosira varians</i>	2551v	•	Agardh 1827								x
[<i>Lysiogonium varians</i>]			(Agardh) De Toni 1892								
<i>cf. varians</i>	2552v		Agardh 1827								x
[<i>Lysiogonium varians</i>]			(Agardh) De Toni 1892								
<i>Melosira sp.</i>	2553v	•		x						x	x
<i>Melosira spp.</i>	2554v	•									x
Paraliales											
Paraliaceae											
<i>Paralia</i>	2555v	•	P.A.C. Heiberg 1863								
<i>Paralia sulcata</i>	2556v	•	(Ehrenberg) Cleve 1873							x	x
[<i>Gallionella sulcata*</i>]			Ehrenberg								
[<i>Gallionella sulcata</i>]			Ehrenberg 1838								
[<i>Melosira sulcata</i>]			(Ehrenberg) Kützing 1844								
[<i>Orthoseira marina</i>]			W. Smith 1856								
[<i>Paralia marina</i>]			(W. Smith) Heiberg 1863								
<i>cf. sulcata</i>	2557v		(Ehrenberg) Cleve 1873								x
[<i>Gallionella sulcata*</i>]			Ehrenberg								
[<i>Gallionella sulcata</i>]			Ehrenberg 1838								
[<i>Melosira sulcata</i>]			(Ehrenberg) Kützing 1844								
[<i>Orthoseira marina</i>]			W. Smith 1856								
[<i>Paralia marina</i>]			(W. Smith) Heiberg 1863								
Rhizosoleniales											
Rhizosoleniaceae											
<i>Dactyliosolen</i>	2558v	•	A.F. Castracane 1886								
<i>Dactyliosolen fragilissimus</i>	2559v	•	(Bergon) G.R. Hasle 1997								x
[<i>Rhizosolenia fragilissima*</i>]			Bergon								
[<i>Rhizosolenia fragilissima</i>]			Bergon 1903								
<i>Proboscia</i>	2560v	•	Sundström 1986								
<i>Proboscia alata</i>	2561v	•	(Brightwell) Sundström 1986								x
[<i>Rhizosolenia alata*</i>]			Brightwell								
[<i>Rhizosolenia alata</i>]			Brightwell 1858								
<i>Rhizosolenia</i>	2562v	•	Brightwell 1858								
<i>Rhizosolenia sp.</i>	2563v	•		x							
Thalassiosirales											
Stephanodiscaceae											
<i>Cyclotella</i>	2564v	•	(Kützing) Brébisson 1838								
<i>Cyclotella bodanica</i>	2565v		Eulenstein in Grunow 1878								x
[<i>Cyclotella comta</i> var. <i>bodanica</i>]			(Eulenstein in Grunow) Van Heurck 1882								
<i>Cyclotella comta</i>	2566v		(Ehrenberg) Kützing 1849								x
[<i>Discoplea comta*</i>]			Ehrenberg								
[<i>Discoplea comta</i>]			Ehrenberg 1844								
[<i>Puncticulata comta</i>]			(Ehrenberg) Håkansson 2002								
<i>Cyclotella glomerata</i>	2567v	•	Bachmann 1911								x
[<i>Discostella glomerata</i>]			(Bachmann) Houk & Klee 2004								
<i>Cyclotella meneghiniana</i>	2568v	•	Kützing 1844								x
[<i>Cyclotella kützingiana</i> var. <i>meneghiniana</i>]			(Kützing) Brun 1880								
<i>Cyclotella sp.</i>	2569v	•									x
Skeletonemaceae											
<i>Skeletonema</i>	2570v	•	R.K. Greville 1865								
<i>Skeletonema costatum</i>	2571v	•	(Greville) Cleve 1878								x
[<i>Melosira costata*</i>]			Greville								
[<i>Melosira costata</i>]			Greville 1866								
<i>Skeletonema marinoi</i>	2572v		Sarno & Zingone 2005	x						x	x

			1	2	3	4	5	6	7	8	9
<i>Grammatophora</i> sp.	2691v	•									x
<i>Grammatophora</i> spp.	2692v	•									x
cfr. <i>Grammatophora</i> sp.	2693v										x
<i>Microtabella</i>	2694v	•	F.E. Round in F.E. Round, R.M. Crawford & D.G. Mann 1990								
<i>Microtabella</i> sp.	2695v		x								
<i>Striatella</i>	2696v	•	Agardh 1832								
<i>Striatella delicatula</i>	2697v		(Kützing) Grunow in Van Heurck 1881								
[<i>Hyalosira delicatula</i> *]			Kützing								
[<i>Hyalosira delicatula</i>]			Kützing 1844								
[<i>Microtabella delicatula</i>]			(Kützing) Round in Round, Crawford & Mann 1990								
<i>Striatella unipunctata</i>	2698v	•	x							x	x
[<i>Fragilaria unipunctata</i> *]			Lyngbye								
[<i>Fragilaria unipunctata</i>]			Lyngbye 1819								
[<i>Diatoma unipunctatum</i>]			(Lyngbye) Agardh 1824								
[<i>Achnanthes unipunctata</i>]			(Lyngbye) Carmichael ex Greville 1827								
[<i>Candollella unipunctata</i>]			(Lyngbye) Gaillon 1833								
[<i>Echinella unipunctata</i>]			(Lyngbye) Corda apud Sturm 1798-1839								
[<i>Thaumaleorhabdium unipunctatum</i>]			(Lyngbye) Trevisan 1848								
[<i>Tabellaria unipunctata</i>]			(Lyngbye) Schütt 1896								
cfr. <i>Striatella</i> sp.	2699v										x
Tabellariales											
Tabellariaceae											
<i>Tabellaria</i>	2700v	•	C.G. Ehrenberg ex F.T. Kützing 1844								
<i>Tabellaria fenestrata</i>	2701v	•	(Lyngbye) Kützing 1844								
[<i>Diatoma fenestratum</i> *]			Lyngbye								
[<i>Diatoma fenestratum</i>]			Lyngbye 1819								
[<i>Tabellaria flocculosa</i> var. <i>fenestrata</i>]			(Lyngbye) Rabenhorst 1847								
[<i>Striatella fenestrata</i>]			(Lyngbye) Kuntze 1898								
cfr. <i>fenestrata</i>	2702v		x								
[<i>Diatoma fenestratum</i> *]			Lyngbye								
[<i>Diatoma fenestratum</i>]			Lyngbye 1819								
[<i>Tabellaria flocculosa</i> var. <i>fenestrata</i>]			(Lyngbye) Rabenhorst 1847								
[<i>Striatella fenestrata</i>]			(Lyngbye) Kuntze 1898								
Thalassionemales											
Thalassionemataceae											
<i>Thalassionema</i>	2703v	•	A. Grunow ex C. Mereschowsky 1902								
<i>Thalassionema bacillare</i>	2704v	•	x								
[<i>Spinigera bacillaris</i> *]			Heiden								
[<i>Spinigera bacillaris</i>]			Heiden 1928								
<i>Thalassionema nitzschioides</i>	2705v	•	x								
[<i>Synedra nitzschioides</i> *]			Grunow								
[<i>Synedra nitzschioides</i>]			Grunow 1862								
[<i>Thalassiothrix nitzschioides</i>]			Grunow (Grunow) 1881								
[<i>Thalassionema nitzschioides</i>]			(Grunow) Van Heurck 1896								
<i>Thalassionema</i> sp.	2706v	•	x								
<i>Thalassionema</i> spp.	2707v	•									x
<i>Thalassiothrix</i>	2708v	•	Cleve & Grunow 1880								
<i>Thalassiothrix mediterranea</i>	2709v	•	Pavillard 1916								
<i>Thalassiothrix</i> sp.	2710v	•									x
Toxariales											
Toxariaceae											
<i>Toxarium</i>	2711v	•	J.W. Bailey 1854								

			1	2	3	4	5	6	7	8	9
[<i>Prorocentrum levantinoide</i>]		Bursa 1959									
[<i>Prorocentrum pacificum</i>]		Wood 1963									
<i>Prorocentrum</i> spp.	2729v	•									x
Chlorophyta											
Chlorophyceae											
Chlorococcales											
Hydrodictyaceae											
<i>Pediastrum</i>	2730v	Meyen 1829									
<i>Pediastrum duplex</i>	2731v	Meyen 1829									x
[<i>Pediastrum napoleonis</i>]		Ralfs									
[<i>Pediastrum pertusum</i>]		Kützing									
Scenedesmaceae											
<i>Scenedesmus</i>	2732v	Meyen 1829									
<i>Scenedesmus quadricauda</i>	2733v	(Turpin) Brébisson in Brébisson & Godey 1835									x
[<i>Achnanthes quadricauda</i> *]		Turpin									
<i>Scenedesmus</i> spp.	2734v		x								
Cyanobacteria											
Cyanophyceae											
Oscillatoriales											
Borziaceae											
<i>Borzia</i>	2735v	Cohn ex Gomont 1892									
cfr. <i>Borzia</i> sp.	2736v		x								
Phormidiaceae											
<i>Porphyrosiphon</i>	2737v	Kützing ex Gomont 1892									
<i>Porphyrosiphon luteus</i>	2738v	(Gomont) Anagnostidis & Komárek 1988	x								
[<i>Lyngbya lutea</i> *]		Gomont ex Gomont									
[<i>Oscillatoria lutea</i>]		Agardh 1824									
[<i>Lyngbya lutea</i>]		(Agardh) Areschoug 1850									
[<i>Lyngbya lutea</i>]		Agardh ex Gomont 1892									
[<i>Lyngbya lutea</i>]		Gomont ex Gomont 1892									
Pseudanabaenales											
Pseudanabaenaceae											
<i>Spirulina</i>	2739v	Turpin ex Gomont 1892									
<i>Spirulina subsalsa</i>	2740v	Örsted 1842	x								
Synechococcales											
Merismopediaceae											
<i>Merismopedia</i>	2741v	Meyen 1839									
<i>Merismopedia</i> sp.	2742v										x
Heterokontophyta											
Dictyochophyceae											
Dictyochales											
Dictyochaceae											
<i>Dictyocha</i>	2743v	Ehrenberg 1837									
<i>Dictyocha fibula</i>	2744v	Ehrenberg 1837	x								x
<i>Dictyocha stauwodon</i>	2745v	Ehrenberg 1844	x								x
<i>Octactis</i>	2746v	J. Schiller 1925									
<i>Octactis octonaria</i>	2747v	(Ehrenberg) Hovasse 1946	x								
[<i>Dictyocha octonaria</i> *]		Ehrenberg									
[<i>Dictyocha octonaria</i>]		Ehrenberg 1844									

Legenda

- Specie elencata anche nella tabella del phytoplankton.
Species listed also in phytoplankton table.

* Basionimo
Basionym