Atti del 10° Congresso A.I.O.L.
Alassio, 4-6 Novembre 1992
da pag. 389 a pag. 401

ANALISI DEGLI EFFETTI PRODOTTI SULLA FASCIA COSTIERA DALLE MODIFICAZIONI DELLE STRUTTURE PORTUALI DI LERICI (Mar Ligure)

*Ornella FERRETTI, *Francesco IMMORDINO e **Roberto MELONI

*ENEA Centro Ricerche Ambiente Marino, La Spezia
**CNR ISDGM Stazione Oceanografica, La Spezia

SUMMARY

The aim of this work is to study the impact of the Lerici harbour new pier on the dose coastal area.

During the summer '89 and the winter '90 surficial sediment samples were collected to determine the textural characters and statistic parameters; bathimetric profiles were executed and compared with historical data.

Results show an isobaths backward movement with sedimentary material loosing that nevertheless does not cause rilevant erosional processes on the dose beaches.

On the basis of granulometric data, some zones with different characters were distinguished:
- the harbour zone, characterized by fine sediments and low sorting values;
- a zone around the isobath of l0m, with fine sediments, corrisponding to low energy area;
- a zone between the isobaths of 3 and 7 m, with fine sands and silty sediments;
- a zone near the coast (between the isobaths of 2 and 3 m) characterized by sand sediments, high sorting values and variable skewness. This characters are attributed to the different waves actions, the shore defences and the artificial beach supplies.

The experimental and historical data could be useful for a numerical computation model to predicting beach evolution due to natural conditions or construction of coastal protections.

1. INTRODUZIONE

L'ENEA ha svolto un'indagine sulla baia di Lerici volta alla valutazione dell'impatto ambientale provocato dal prolungamento del molo posto a protezione dell'abitato. Questo contributo ha lo scopo di rilevare le possibili variazioni indotte da tale prolungamento sull'andamento dei fondali e dei litorali limitrofi. A tal fine è stato programmato uno studio batimetrico e sedimentologico dell'area strettamente portuale e dell'intera baia.

I parametri sperimentali così ottenuti saranno utilizzati, in una seconda fase di modellizzazione, al fine di prevedere gli effetti del programmato prolungamento del molo.

2. CARATTERI GENERALI DELL'AREA

L'area presenta una morfologia di tipo "costa alta" (Anselmi et al., 1980) con affioramenti rocciosi agli estremi ed una serie di piccole spiagge altamente antropizzate, interrotte da impianti turistici (stabilimenti balneari, alberghi) e massicciate di protezione; sono presenti, inoltre due strutture portuali: il porto di Lerici ed il porticciolo di S. Terenzo.

Nella zona il materiale sedimentario che alimenta il litorale proviene dal disfacimento della falesia (Federici e Raggi, 1975) e dagli apporti terrigeni del Fiume Magra. La componente sabbiosa di questo fiume interessa la baia lericina, mentre il materiale in sospensione si distribuisce più al largo, oltrepassando l'isola del Tino, e alimentando la zona delle Cinque Terre (Anselmi et al., 1983) (Fig. 1).

I venti di massima intensità e di massima frequenza nella zona (Aiello et al., 1976) sono, nella stagione invernale, quelli del primo settore (tramontana e grecale), mentre nella stagione estiva i più frequenti ed intensi provengono dal quadrante opposto.

Il porto di Lerici ed il litorale fra Lerici e S. Terenzo sono riparati dai venti del primo quadrante che tendono a spianare la superficie marina sopratutto nella zona litoranea. I venti del terzo quadrante investono invece tutta l'area e avendo un fetch di notevole ampiezza provocano moto ondoso ad alta energia; risulta quindi la traversia dominante del paraggio ed in particolare la zona di S. Terenzo è maggiormente esposta.

Misure correntometri che sono state eseguite a largo di Viareggio, la velocità misurata è di circa 10.9 cm/s (Astraldi & Gasparini, 1986). Sono state eseguite, nell'area in esame, misure di corrente di tipo Langrangiano alla profondità di 5m indicano una velocità di circa 5 cm/s. La circolazione risulta quindi debole ed il trasporto dei sedimenti avviene essenzialmente durante le fasi di mare agitato ed è causato dall'azione del moto ondoso ed è in massima parte trasversale.

3. CAMPIONAMENTO E METODI DI STUDIO

Sono stati eseguiti 10 profili batimertici nell'area compresa fra S. Terenzo e ed il molo del porto di Lerici (Fig. 2a): i primi 5 profili sono al di fuori dell'area strettamente portuale e si spingono fino alla batimetrica dei 10 m; i successivi sono interni all'area portuale.

I profili sono stati eseguiti con ecoscandaglio e con posizionamento mediante "Motorola": i dati così ottenuti sono stati elaborati al computer per ottenere i profili trasversali e le carte batimetriche.

E' stato eseguito un campionamento di sedimenti superficiali mediante benna su transetti perpendicolari alla costa, alle batimetriche di 2, 5, 7, 10 m (fig. 2b).

Per le analisi granulometriche, i sedimenti sono stati sottoposti ai trattamenti di routine con lavaggio per l'eliminazione dei sali, setacciatura ad umido con rete da 63 µm e successivamente analisi al Sedigrafo per la frazione <63 µm e setacciatura a secco con setacci di 1/2 phi per la frazione >63 µm.

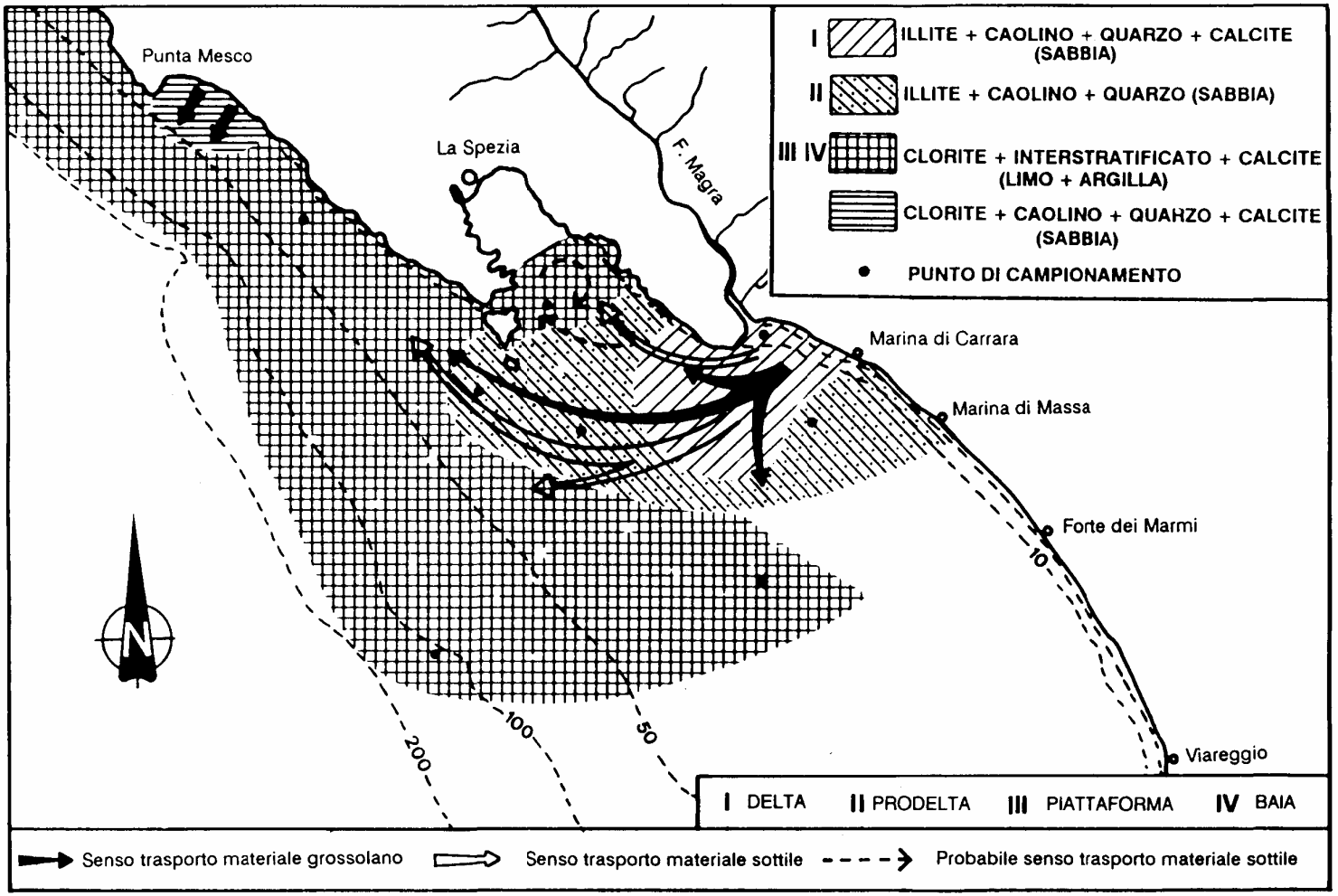


Fig. 1 - Sintesi dei dati mineralogici e granulometrici (da Anselmi et al., 1983)

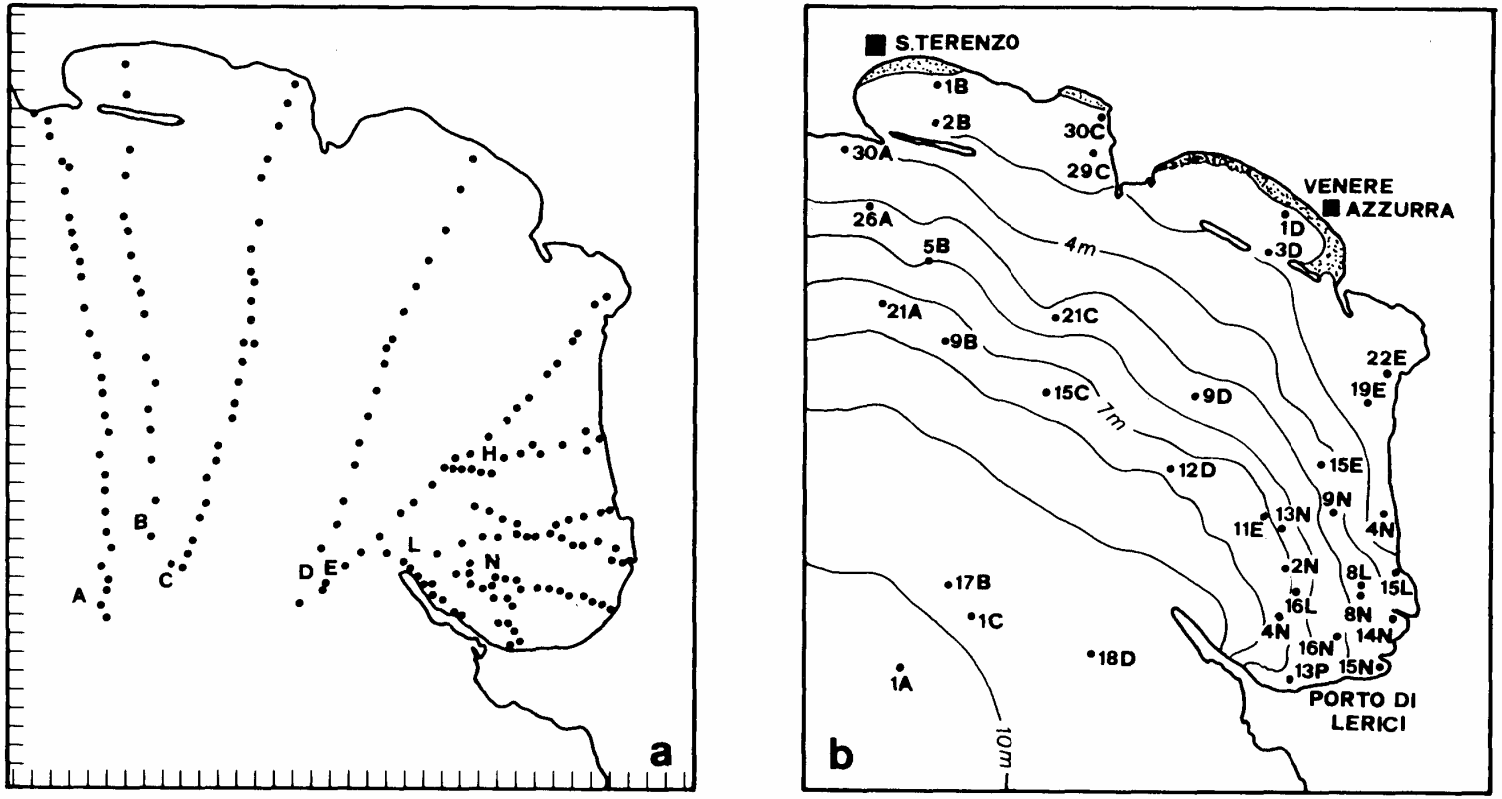


Fig. 2 - a) Rilievi batimetrici
b) Mappa di campionamento dei sedimenti superficiali

4. RISULTATI

3.2 Analisi tessitura!} dei sedimenti

I profili dei transetti sono riportati nella figura 3. Per i transetti E, H, L, N, è stato effettuato un confronto fra la situazione attuale (estate 1989) e quella relativa all'anno 1969 (rilevamenti dell'Istituto Idrografico della Marina, scalai:25.000) (Figg. 4 e 5) da cui si nota una ridistribuzione del materiale verso batimetrie più profonde ed un approfondimento dei profili stessi.

Il confronto fra i dati batimetrici attuali e quelli dell'intera area in esame desunti dal rilevamento in scala 1:25.000 (Foglio 215, Carta Nautica, 1987) dell'Istituto Idrografico della Marina permette di osservare un generale arretramento (Fig. 6) nel periodo compreso fra il 1987 e 1989.

4.1 Rilevamenti batimetrici

Le granulometrie dei sedimenti della zona esterna al porto risultano regolari con diminuzione delle dimensioni procedendo dalla costa verso il largo e distribuzione a fasce omogenee lungo le stesse batimetrie (Figg. 7 e 8).

Dall'esame degli istogrammi dei sedimenti interni all'area strettamente portuale si può osservare che generalmente le distribuzioni sono irregolari bimodali con code nelle frazioni fini. Questo indica che l'area portuale costituisce una "zona d'ombra" con la possibilità di deposito di tali frazioni; inoltre la presenza di curve bimodali evidenzia apporti più grossolani (probabilmente artificiali) che si sommano a sedimenti fini.

Sulla base dei dati granulometrici sono stati calcolati i parametri statistici (Folk & Ward, 1957): Mz, Ds, Sk, Kg. Dall'esame delle loro distribuzioni si può osservare quanto segue (fig. 9a, b, e):

- la zona interna al porto è caratterizzata da granulometrie fini, valori di Sk positivo, scarso grado di classamento; tutto questo indica una situazione di deposizione con debole energia;
- una seconda zona si rinviene intorno alla batimetrica dei 10 m con granulometrie prevalentemente fini, scarso classamento e Sk positivo che caratterizza una zona iniziale di deposizione non influenzata dal moto ondoso;
- la zona intermedia, fra le batimetriche dei 3 e 7 m, è caratterizzata da granulometrie regolarmente decrescenti; da segnalare la presenza di un'area ristretta a Sk molto negativo che probabilmente indica sottrazione di materiale, in accordo con quanto già osservato nelle analisi dei profili batimetrici;
- l'area strettamente costiera (batimetriche dei 2 e 3 m) presenta granulometrie sabbiose con valori prevalentemente elevati di classamento e valori di Sk variabili. Tale variabilità è giustificata dall'azione del moto ondoso di differente forza a seconda dell'orientazione del litorale, dall'azione dei moli protettori e ancora da eventuali interventi di ripascimento artificiale.

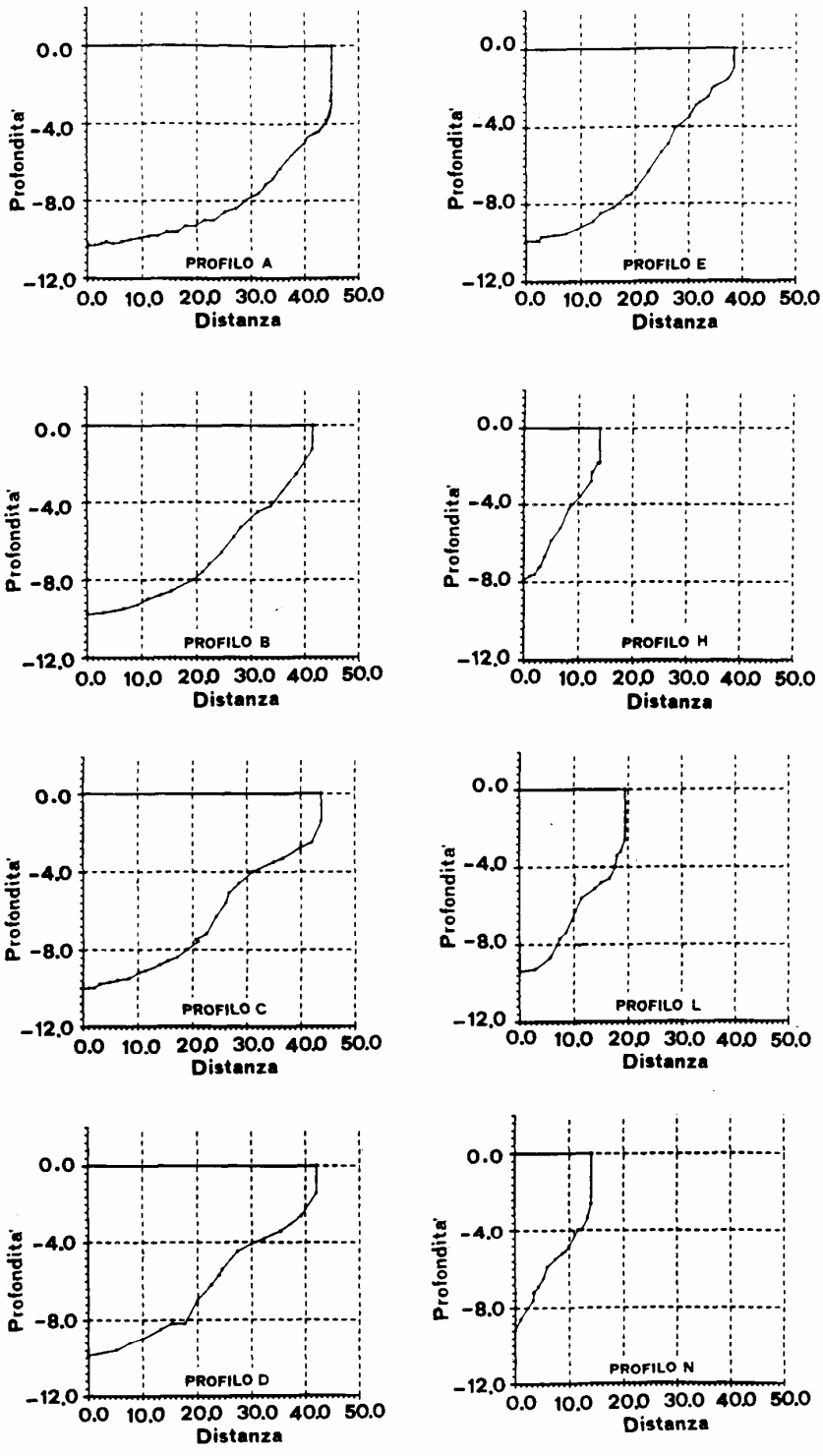


Fig. 3 - Profili verticali

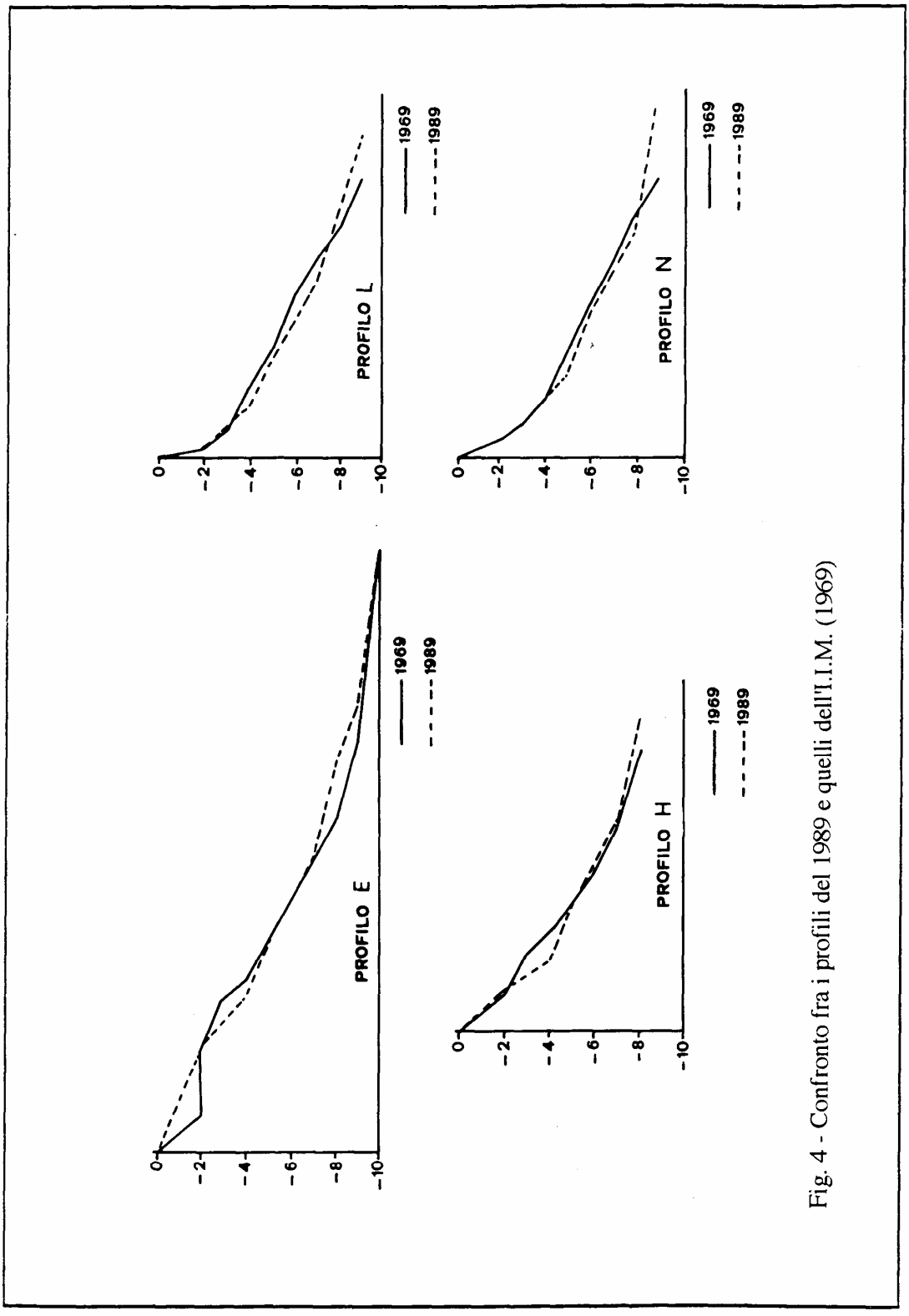


Fig. 4 - Confronto fra i profili del 1989 e quelli dell'I.I.M. (1969)

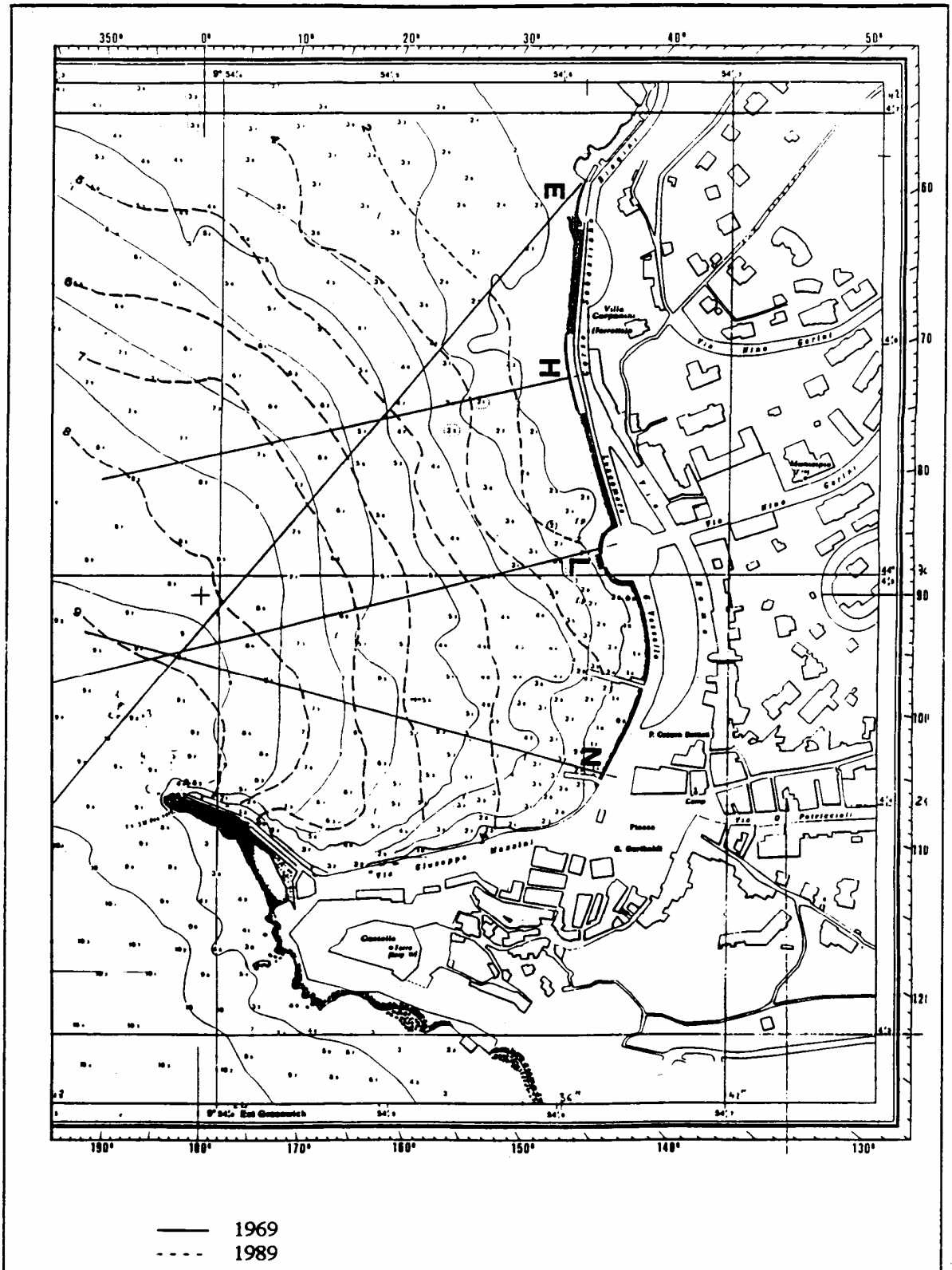


Fig. 5 - Porto di Lerici: confronto fra le batimetriche del 1969 e 1989

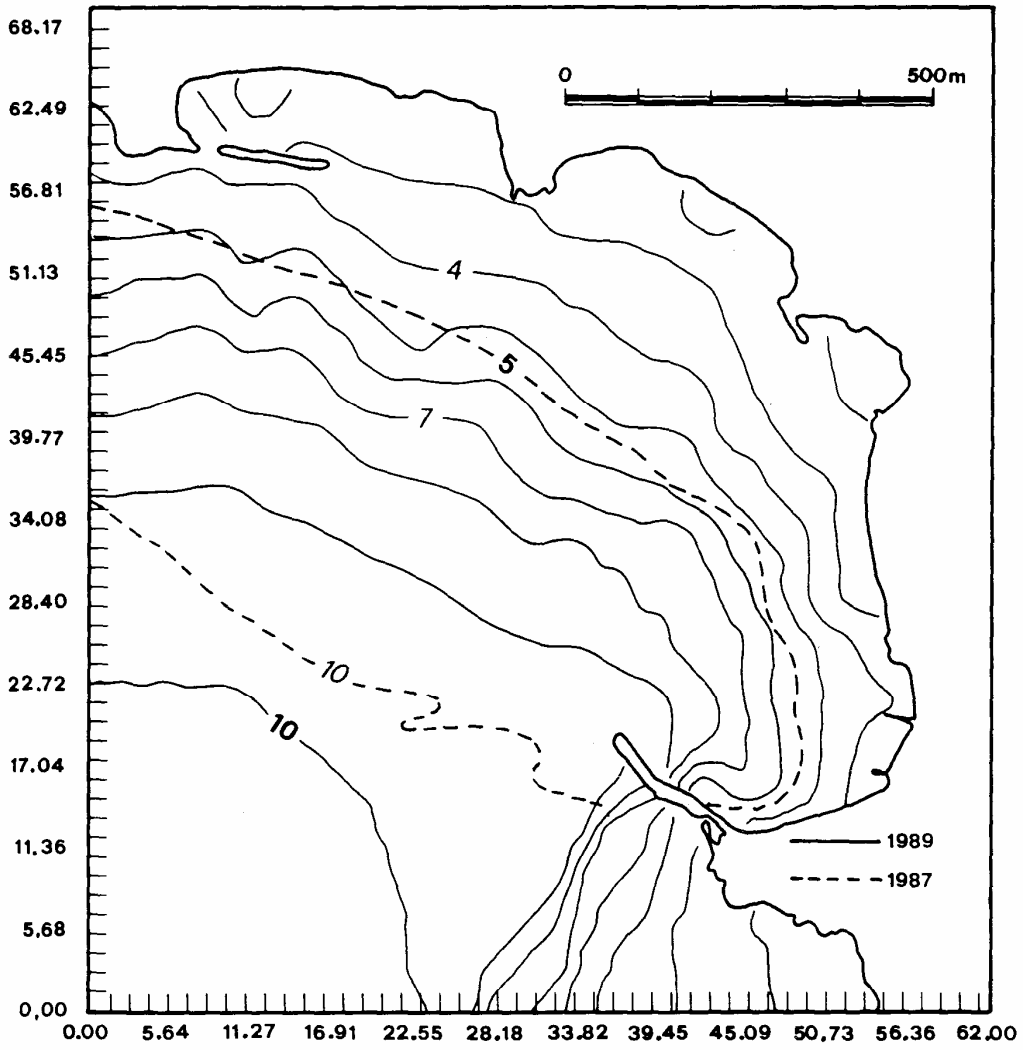


Fig. 6 - Baia di Lerici: confronto fra le batimetriche del 1989 e 1987

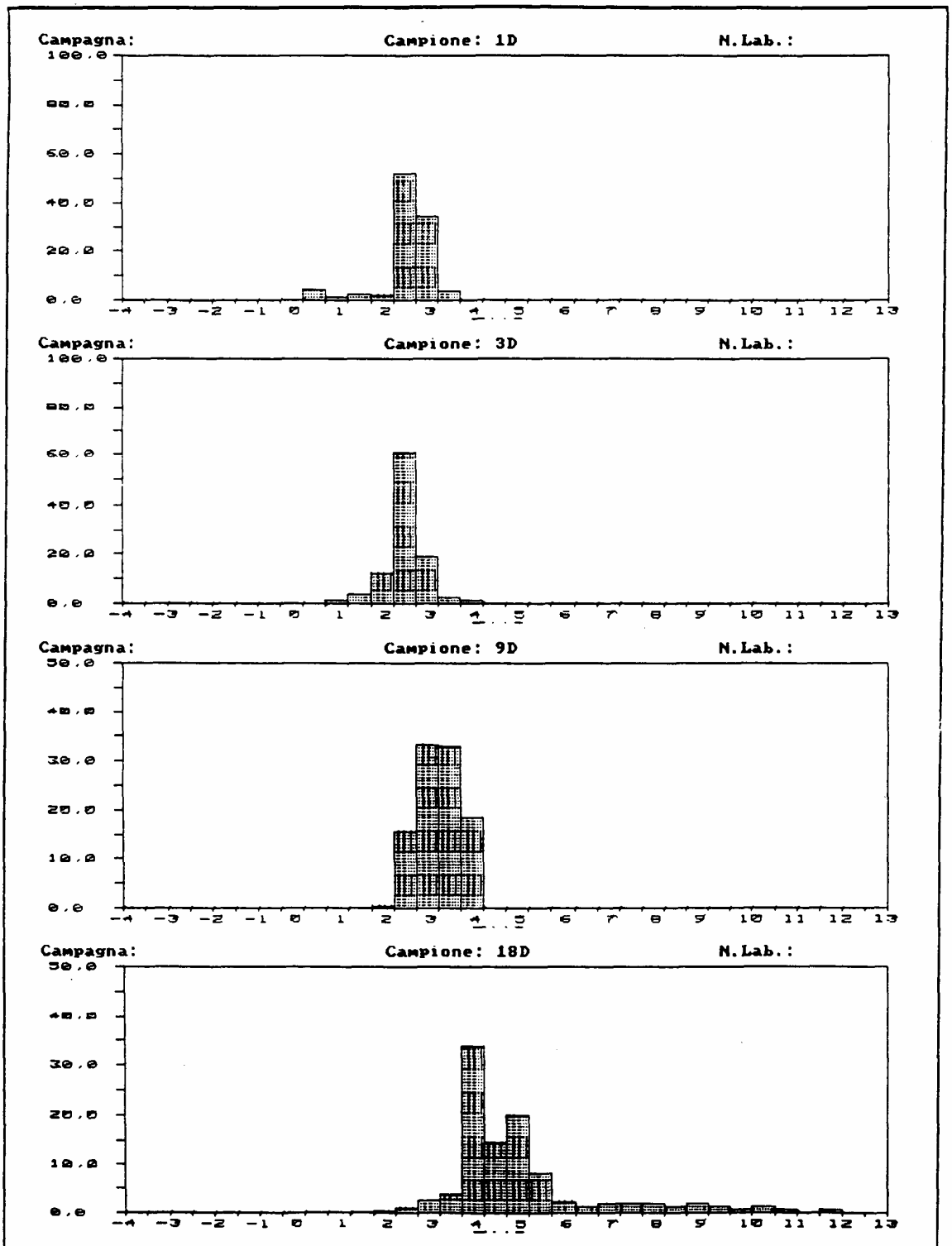


Fig. 7 - Istogrammi di frequenza caratteristici della zona esterna all'area portuale

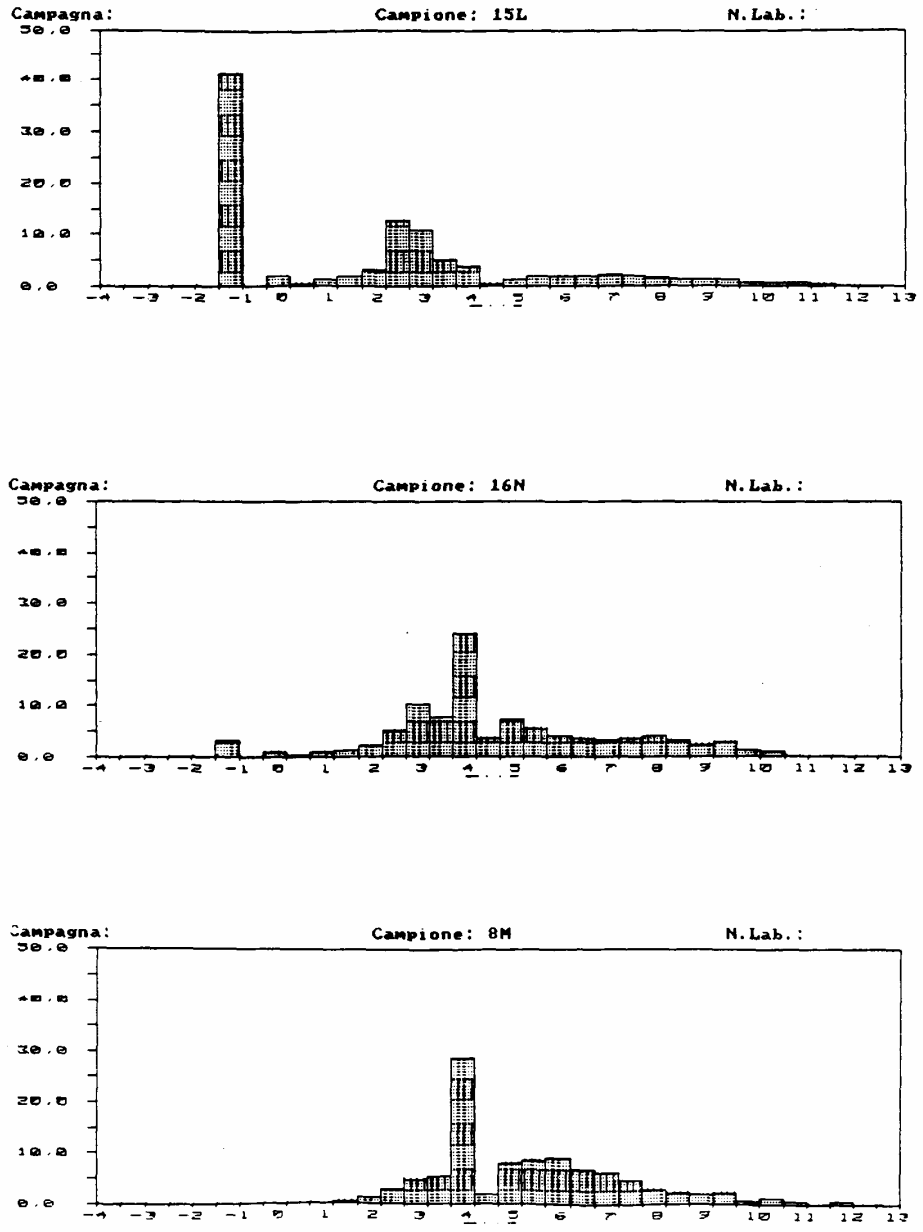


Fig. 8 - Istogrammi di frequenza caratteristici della zona portuale

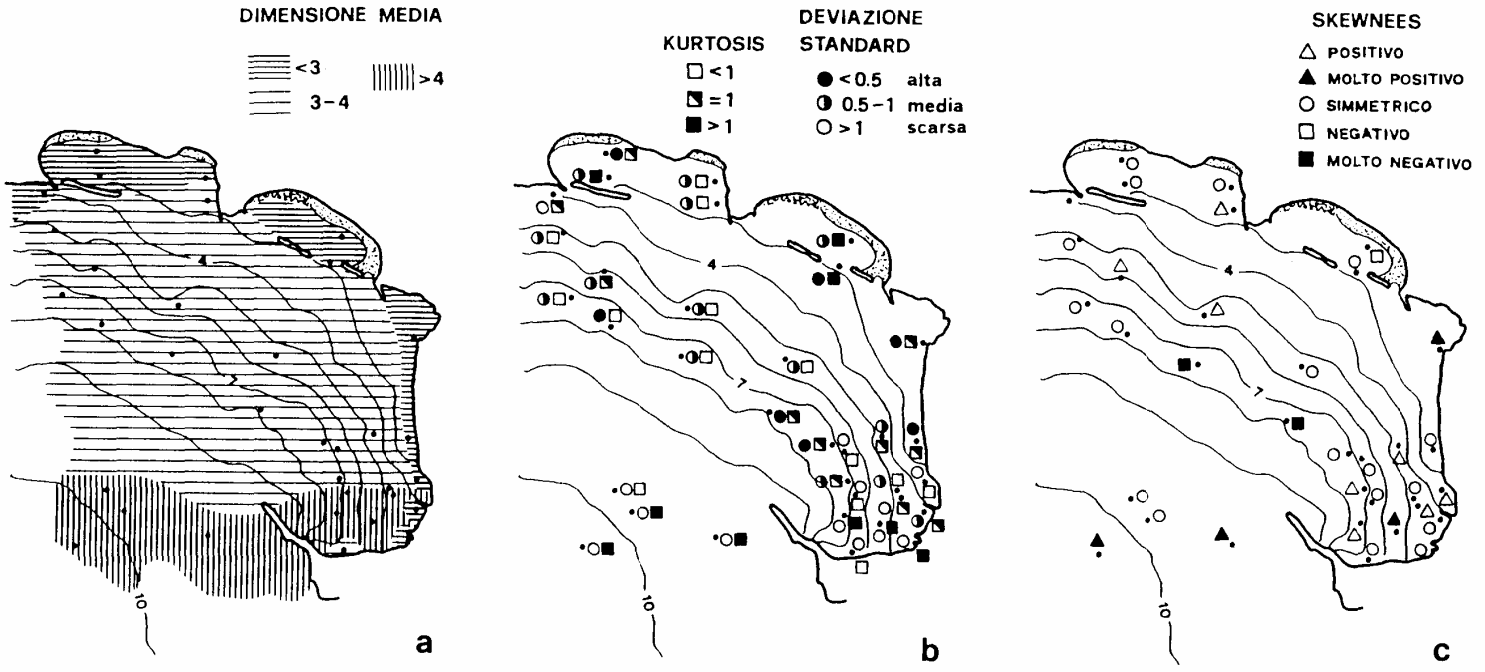


Fig. 9 - Distribuzione areale dei parametri statistici:
a) dimensione media (Mz)
b) deviazione standard (Ds) e Kurtosis (Kg)
c) skewnees (Sk)

5. CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

Dall'esame dei rilevamenti batimetrici del 1969, 1987 e del 1989 è risultato un arretramento generalizzato delle isobate con conseguente aumento della profondità dei fondali. Fra le cause più importanti, la diminuzione di apporti sedimentari da parte del fiume Magra e l'antropizzazione spinta dell'area costiera di Lerici che ha bloccato la naturale alimentazione dalla falesia ai litorali.

Inoltre per la zona interna al porto si può ipotizzare che l'approfondimento dei fondali sia anche provocato sia dall'azione continua del passaggio di natanti, che mettono in sospensione i materiali del fondo con conseguente ridistribuzione, sia dai dragaggi effettuati per permettere una navigazione più facile, in special modo nelle aree in vicinanza dei distributori di carburante e degli ormeggi dei pescherecci a pescaggio elevato.

I dati indicano un'alternanza di tratti in erosione o stabilità nell'area più strettamente costiera; la costruzione, quindi, del primo tratto di prolungamento del molo non sembra aver provocato rilevanti effetti negativi sui litorali.

Nel caso di un generale ripascimento dei litorali, l'attuale assetto portuale potrebbe considerarsi vantaggioso in quanto renderebbe l'area della baia di Lerici maggiormente protetta dall'azione del moto ondoso. Sarebbe opportuno, prima di una qualunque azione di ripascimento, verificare la presenza, nella spiaggia sottomarina, di depositi sabbiosi con dimensioni granulometriche compatibili con quelle delle spiagge dell'area e quindi più adatti all'alimentazione degli stessi.

La seconda fase di studio, che si attuerà attraverso un approccio modellistico, permetterà di verificare gli effetti generali del previsto prolungamento del molo portuale ed in particolare la sua azione, in relazione ad interventi di ripascimento.

BIBLIOGRAFIA

Aiello, E., C. Bartolini, C. Caputo, L. D'Alessandro, F. Fanucci, G. Fierro, M. Gnaccolini, G. B. La Monica, E. Lupia Palmieri, M. Piccazzo & E. Pranzini. 1976.Il trasporto litoranee lungo la costa tra la foce del Fiume Magra e i Monti dell'Uccellina. *Boll. Soc. Geol IL,* 94: 1519-1571.

Anselmi, B., F. Benvegnù, A. Brondi & O. Ferretti. 1980, Classificazione geomorfologica delle coste italiane come base per l'impostazione di studi sulla contaminazione marina. *Atti del III Convegno AIOL,* Sorrento 1978.

Anselmi, B., A. Brondi, O. Ferretti & S, Feliciti. 1983. Studio granulometrico e mineralogico dei sedimenti della piattaforma costiera fra Punta Mesco e Viareggio. *Atti del IV Convegno AIOL,* Chiavari, 1980.

Astraldi, M. & G.P. Gasparini. 1986. La circolazione costiera nel Mar Ligure orientale. *Boll. Mus. Ist. Biol. Univ. Genova , 52* suppl.: 317-331.

Federici, R. & G. Raggi. 1975. Una nuova interpretazione della tettonica dei Monti della Spezia. *Boll. Soc. Geol. It,* 94: 945-960, 2 ff., 1 tav.

Folk R.L. & W.C. Ward. 1957. Brazos River bar: A study in the significance of grain size parameters. *Jour. Sed. Petr.,* v. 27: 3-27.

Atti del 10° Congresso A.I.O.L.
Alassio, 4-6 Novembre 1992
da pag. 403 a pag. 412

RITMI NICTEMERALI IN AMBIENTI LENTICI PADANI A DIVERSO GRADO DI TROFIA

Renato SCONFIETTI e Silvia AIRO'

Dipartimento di Genetica e Microbiologia
Sezione di Ecologia - Piazza Botta, 10 1-27100 Pavia
Centro Interuniversitario di Ecologia delle Acque Interne

SUMMARY

DIAL RHYTHMS AS INDICATORS OF DIFFERENT TROPHIC STAGES IN LENTIC WATERS.

The dynamics of some ecological factors have been investigated in three ox-bow ponds in northern Italy, on the right side of the River Ticino near Pavia. The different trophic stages of each biotope cause different patterns of the dial rhythms for dissolved oxygen, pH, algal chlorophyll *a.* In particular, in the dystrophic pond "lanca del Rottone", were the carnivorous hydrophyte *Utricularia vulgaris* L. prevails and nitrates lack, the bottom is almost anoxic; near the surface the photosynthesis, that produces up to 150% of oxygen saturation at 10 a.m., is inhibited by very high values of solar radiation. The dissolved oxygen becomes limiting also at the surface at the end of night.

1. INTRODUZIONE

A partire da circa un decennio fa il nostro gruppo di ricerca ha eseguito numerosi studi sulle variazioni nictemerali dei fattori ecologici in biotopi lentici. Con questo lavoro si intende completare una serie di ricerche volte a definire un aspetto particolare del metabolismo globale, legato da un lato alla dinamica generale dei piccoli sistemi lentici, dall'altro al diverso grado di trofìa dei biotopi considerati.

Gli ambienti lentici presentano molti tratti comuni (canneti, vegetazione acquatica in genere rigogliosa, profondità limitata) che li rendono molto simili nell'aspetto fisionomico generale. Al di là di questa apparente omogeneità, stagni anche topograficamente vicini e con origine analoga sono, in realtà, eterogenei dal punto di vista del trofismo e delle componenti biotiche magari meno appariscenti, ma non per questo meno caratterizzanti (Cazzalini & Sconfietti, 1993). Per mettere in evidenza le differenti dinamiche a livello del metabolismo globale, si è pensato, quindi, di rilevare i ritmi nictemerali dei principali fattori ecologici all'inizio dell'estate, che costituisce la fase più significativa e potenzialmente critica per l'attività biologica.

2. GLI AMBIENTI STUDIATI

Lungo il tratto pavese del fiume Ticino, ricco di zone umide, sono stati presi in considerazione tre stagni in sponda destra: la "Lanca dei Roverini" (Fig. 1-A), posta a circa 14 km a monte di Pavia nel comune di Zerbolò; la "Lanca del Rottone" (Fig. 1-B) e la "Lanca del Topo" (Fig. I-C), situate nei pressi della città di Pavia. Una nostra ricerca (Airò & Sconfietti, 1993) ha delineato il diverso livello trofico di questi biotopi, simili per origine ma diversi per età e localizzazione topografica: la lanca del Topo, formatasi oltre due secoli fa per rettificazione artificiale di un ampio meandro, conserva una ricca diversità idrofitica e mostra i primi sintomi di una naturale eutrofìa; la lanca del Rottone, isolata per taglio naturale di meandro, è distrofa, quasi ovunque impaludata, e manca di spazi liberi da maggio ad ottobre, soffocati dall'espansione dell'idrofila carnivora *Utricularia vulgaris* L.; la lanca dei Roverini, di forma allungata e dotata sia di un immissario, non sempre attivo, che di un emissario, presenta una ricca vegetazione tipica di acque lentiche e, in parte, anche correnti. In un passato non molto remoto quest'ultimo biotopo era un ramo attivo del Ticino e a tutt'oggi mantiene caratteristiche di oligotrofia.

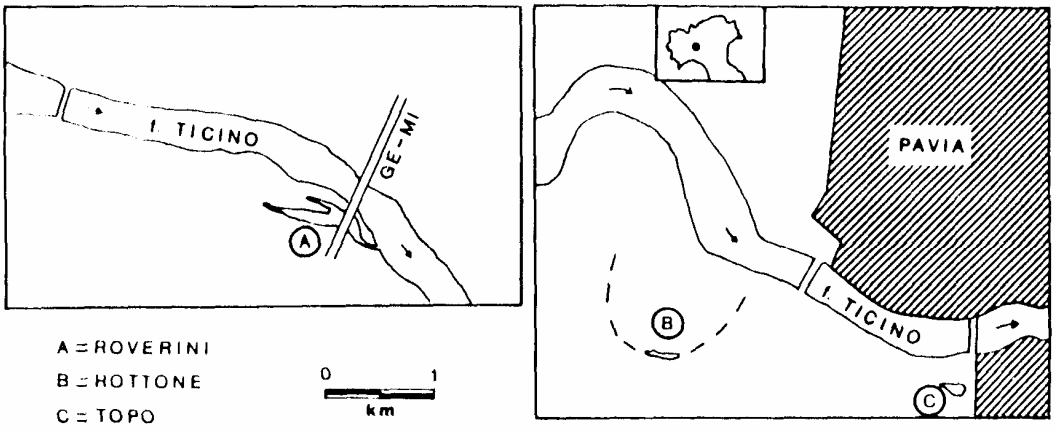


Fig. 1 - Localizzazione dei biotopi studiati.

3. MATERIALI E METODI

Per i principali fattori ecologici sono stati seguiti ritmi nictemerali in una stazione scelta come rappresentativa per ciascun biotopo: quasi contemporaneamente (sfasamento di mezz'ora per il trasferimento in automobile) alla lanca del Topo e a quella del Rottone il 21/22 giugno 1991; la settimana seguente, il 28/29, alla lanca dei Roverini.

In nostri lavori precedenti (Maganza et al., 1985; Sconfietti et al., 1993) ci eravamo adeguati allo schema classico ricorrente in letteratura, che prevede l'inizio delle osservazioni alle ore 8 o 10 del mattino e la conclusione alla stessa ora del giorno successivo. Tale inizio, indubbiamente comodo dal punto di vista operativo, non rispetta, però, la periodicità intrinseca del fenomeno studiato,in quanto il ciclo nictemerale viene ottenuto riunendo due fasi incomplete di cicli consecutivi. Questo artifizio presuppone una rigida replicabilità dei fenomeni circadiani, soggetti invece a variazioni anche a brevissimo termine. Si è pensato, quindi, di iniziare i prelievi alle ore 4 solari, quando con il sorgere del sole riprende l'attività fotosintetica. In questo modo è possibile cogliere la

fase iniziale del ciclo nictemerale e seguirla fino alla sua conclusione logica, quando, cioè, comincia il ciclo successivo.

I ritmi sono stati rilevati in acqua libera dalla vegetazione alla lanca del Topo e alla lanca dei Roverini; al Rottone, le misure sono state necessariamente eseguite all'interno dell'estesa massa di *Utricularia.* In quest'ultimo stagno si sono aggiunte, allo scopo di considerare separatamente il metabolismo algale e quello idrolitico, le misurazioni in due microambienti sperimentali costituiti da vaschette galleggianti di plexiglass da 10 litri, contenenti l'una solo acqua, l'altra *Utricularia* ad elevata densità. Lo stesso metodo era stato da noi sperimentato con successo (Sconfietti & Airò, 1992).

La temperatura (Conductivitymeter AMEL 131), l'ossigeno disciolto (IDRONAUT-OXYLIQUID Mod. 22, controllato periodicamente con il metodo di Winkler) ed il pH (pHmeter AMEL 333) sono stati misurati, in superficie ed in prossimità del fondo, con cadenza bioraria. Le stesse misurazioni sono state eseguite all'interno delle vaschette sperimentali. Per inconvenienti tecnici degli strumenti, in alcuni casi non è stato possibile rilevare alcune misurazioni di pH.

Per quanto riguarda i nutrienti, campionati solo sottosuperficialmente, le analisi sono state limitate ai composti azotati e agli ortofosfati, per i quali è stata adottata una cadenza basata sulla ritmicità circadiana del ciclo biologico: ore 6, 8, 14, 20 e ore 4 del giorno dopo.

Accanto a questi parametri chimici si è deciso di seguire anche il ritmo delle concentrazioni di clorofilla *a* fitoplanctonica, parametro più strettamente biologico, in genere ben correlato alle variazioni dei nutrienti. Anche per la clorofilla sono stati scelti intervalli non convenzionali, ma che dovrebbero individuare meglio le variazioni nictemerali. Sono stati, quindi, eseguiti campionamenti frequenti durante il dì (ore 6-8-12-14-16-20 solari), mentre si è fatto un solo prelievo nella fase di buio, al termine della notte (ore 4 solari); il prelievo delle ore 6 è stato ripetuto il giorno seguente.

Per le analisi dei nutrienti, sono stati utilizzati i metodi suggeriti dal manuale HACH (1987), riconducibile nelle sue linee essenziali agli Standard Methods (1965). Per quanto riguarda le concentrazioni di clorofilla *a,* si è optato per un'analisi spettrofotometrica dopo estrazione con acetone dei pigmenti clorofilliani; il metodo usato, riportato per esteso da Cantonali (1992), è sostanzialmente quello descritto da Strickland & Parsons (1972), integrato in alcuni passaggi secondo Golterman et al. (1978) e Talling (1971).

4. RISULTATI E DISCUSSIONE

E' superfluo - per la sua evidenza e, da un certo punto di vista, banalità - soffermarsi sull'andamento giornaliero della temperatura. Bisogna, tuttavia, sottolineare che alla lanca dei Roverini i valori dell'aria sono più elevati rispetto agli altri due ritmi, in quanto i campionamenti sono stati eseguiti dopo una settimana, mentre l'acqua è relativamente fresca e mostra un ritmo meno accentuato, in conseguenza della vicinanza al fiume dal quale viene alimentata quasi direttamente attraverso il subalveo. I ritmi nictemerali di ossigeno disciolto e di pH seguono la dinamica della fotosintesi e della respirazione. Al Topo questo andamento è appena accennato per quanto riguarda l'ossigeno (la saturazione oscilla intorno al 100%) ed evidente per il pH (Fig. 2).

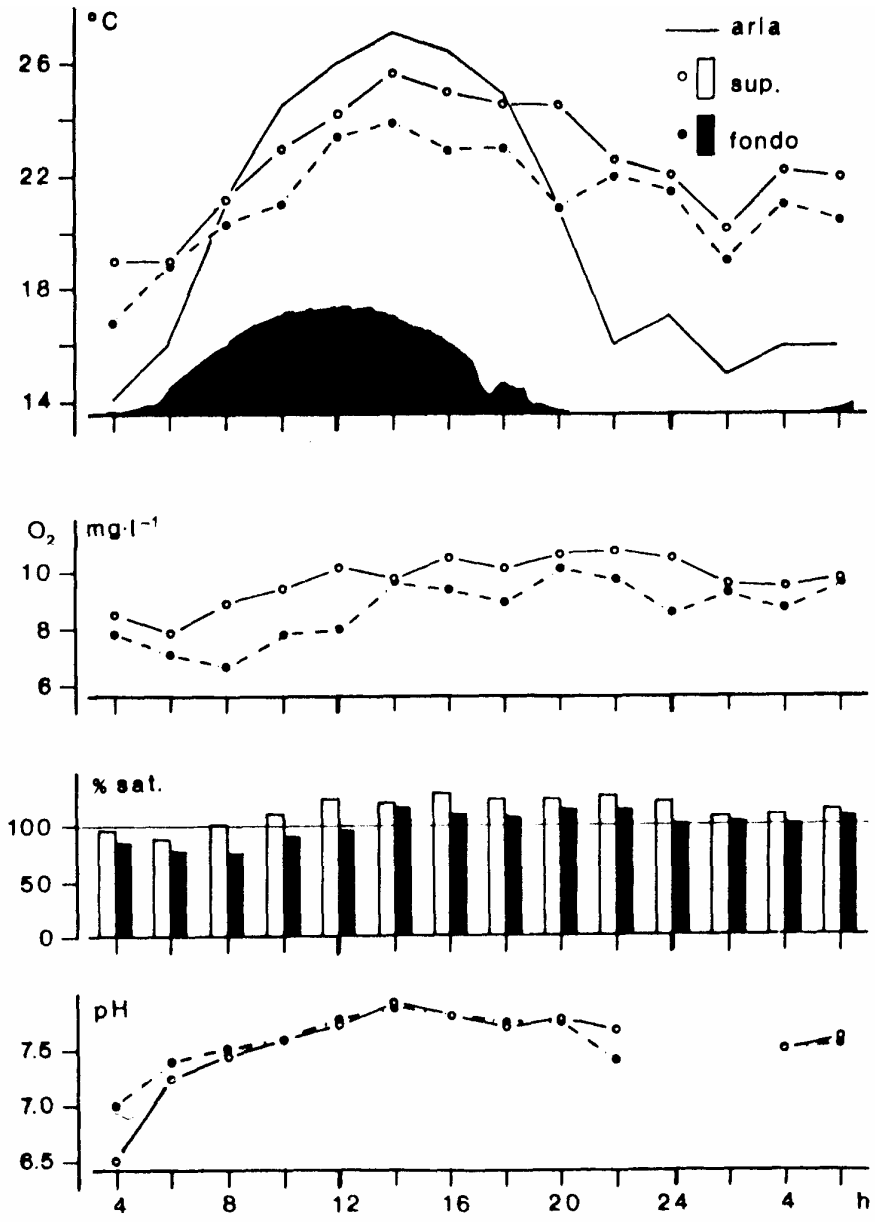


Fig. 2 - Andamento nictemerale di temperatura, ossigeno disciolto e pH nella lanca del Topo. La parte annerita indica la radiazione globale espressa in unità arbitrarie.

Al Rottone, invece, il fenomeno si manifesta in maniera più accentuata (Fig. 3): in 4 ore, infatti, si registra un aumento netto di ben 12 mg/l di ossigeno, con valori di saturazione che passano da 0 a circa 150% a causa della notevole biomassa, in gran parte fotosintetizzante, di *Utricularia vulgaris* in rapporto alle ridotte dimensioni dello specchio d'acqua. Poiché *Utricularia* è un'idrofita flottante, risulta maggiormente sensibile al fenomeno dell'inibizione luminosa.

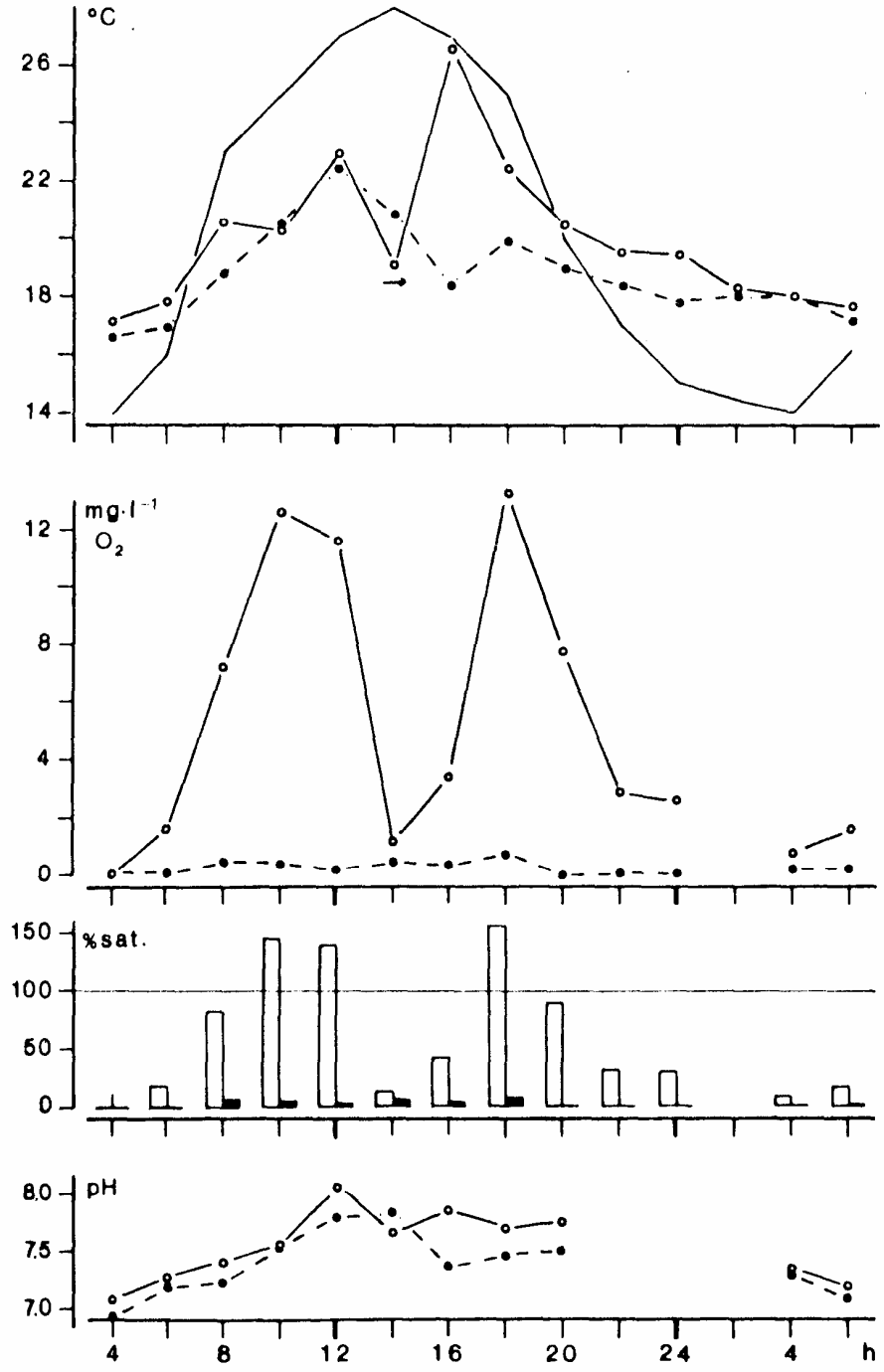


Fig. 3 - Andamento nictemerale di temperatura, ossigeno disciolto e pH nella lanca del Rottone. Per la radiazione globale si veda fig. 2.
Nel grafico di temperatura la freccia indica un periodo di forte ventosità.

A questo proposito, nelle prime ore di luce la produzione fotosintetica aumenta parallelamente alla radiazione luminosa, fino a raggiungere una soglia di saturazione; poi la fotosintesi, inibita, si arresta, in quanto la pianta si trova in condizioni di stress

fisiologico (ore 14 solari: ossigeno disciolto 1,2 mg/l e saturazione 13%). Quando l'intensità luminosa si attenua, anche in funzione dell'ombreggiamento causato dalla bordura, *Utricularia* riprende la sua piena attività, come dimostrano i 13 mg/l di ossigeno (157% di saturazione) registrati alle 18, molto simili a quelli registrati alle ore 10; nella vaschetta sperimentale con *Utricularia* si nota solo una stabilizzazione dei valori di ossigeno a partire già dalle ore 10, con sovrasaturazioni più rilevanti rispetto all'acqua ambiente a causa dell'isolamento dal fondo, fortemente riducente (Fig. 4). Lo stesso motivo e, soprattutto, l'assenza di *Utricularia* determinano condizioni meno critiche nella vaschetta con sola acqua, dove peraltro anche durante il dì si rimane in condizioni di sottosaturazione.

Diversamente si comporta la lanca dei Roverini, nella quale il continuo ricambio da parte delle acque sorgive iposature impedisce una efficace ossigenazione per via fisica: qui la saturazione di ossigeno oscilla intorno al valori del 50%, senza mostrare alcun ritmo (Fig. 5). Andamenti irregolari si osservano sul fondo, dove il pH supera il valore 8. Questo fatto si spiega considerando che, nel punto di campionamento, la profondità dello stagno era di circa 2,5 m; le piante, quindi, non raggiungono la superficie e mancano idrofite sia galleggianti che a foglie flottanti.

Trattandosi, nel complesso, di ambienti con trofismo relativamente contenuto, le concentrazioni dei nutrienti sono poco rilevanti e i ritmi poco accentuati; bisogna, comunque, ricordare che questi ritmi sono stati seguiti in estate, quando la circolazione dei nutrienti è massima. Da rilevare, in particolare, la quasi totale assenza di nitrati al Rottone - che spiega, in parte, la prevalenza della carnivora *Utricularia* - con accumulo relativo di ammoniaca (fino a 1,5 mg/l di azoto), che si contrappone alla situazione riscontrata alla lanca dei Roverini (tab. 1).

Di particolare interesse è l'andamento nictemerale delle concentrazioni di clorofilla, che mostra marcate differenze tra gli stagni (Fig. 6).

Ai Roverini le clorofille sono scarse, intorno ai 2 mg/m^3, e praticamente non mostrano alcuna ciclicità, mantenendosi al limite di sensibilità dell'analisi spettrofotometrica. Nelle altre due lanche si osservano ritmi differenti, in relazione alle diverse caratteristiche dei biotopi. Nella lanca del Topo i valori di clorofilla, elevati alle 6 del mattino in risposta alle prime ore di luce, diminuiscono progressivamente fino alle 20, per riprendere ad aumentare verso l'alba. Tenendo conto della limitata profondità dei prelievi (35 cm) e della completa esposizione alla luce solare diretta, è ragionevole supporre una migrazione verso il basso della componente fitoplanctonica.

	$P\text{-}PO_4^{=}$	$N\text{-}NH_4^{+}$	$N\text{-}NO_2^{-}$	$N\text{-}NO_3^{-}$
L. del Topo	0,000-0,160	0,000-0,902	0,017-0,026	0,036-0,153
L. del Rottone	0,006-0,130	0,000-1,475	0,014-0,016	0,000-0,027
L. dei Roverini	0,032-0,170	0,000-0,119	0,015-0,022	0,208-0,467

Tab. 1 - Valori minimi e massimi espressi in mg/l delle concentrazioni di ortofosfati, azoto ammoniacale, nitroso e nitrico registrate durante i ritmi nictemerali nelle lanche in studio.

Al Rottone, più in ombra, il crollo dell'ossigeno registrato per *Utricularia vulgaris* non ha un riscontro sulla clorofilla *a* fitoplanctonica, sottratta alla luce troppo intensa dalla stessa idrofita.

Al Rottone, più in ombra, il crollo dell'ossigeno registrato per *Utricularia vulgaris* non ha un riscontro sulla clorofilla *a* fitoplanctonica, sottratta alla luce troppo intensa dalla stessa idrofita.

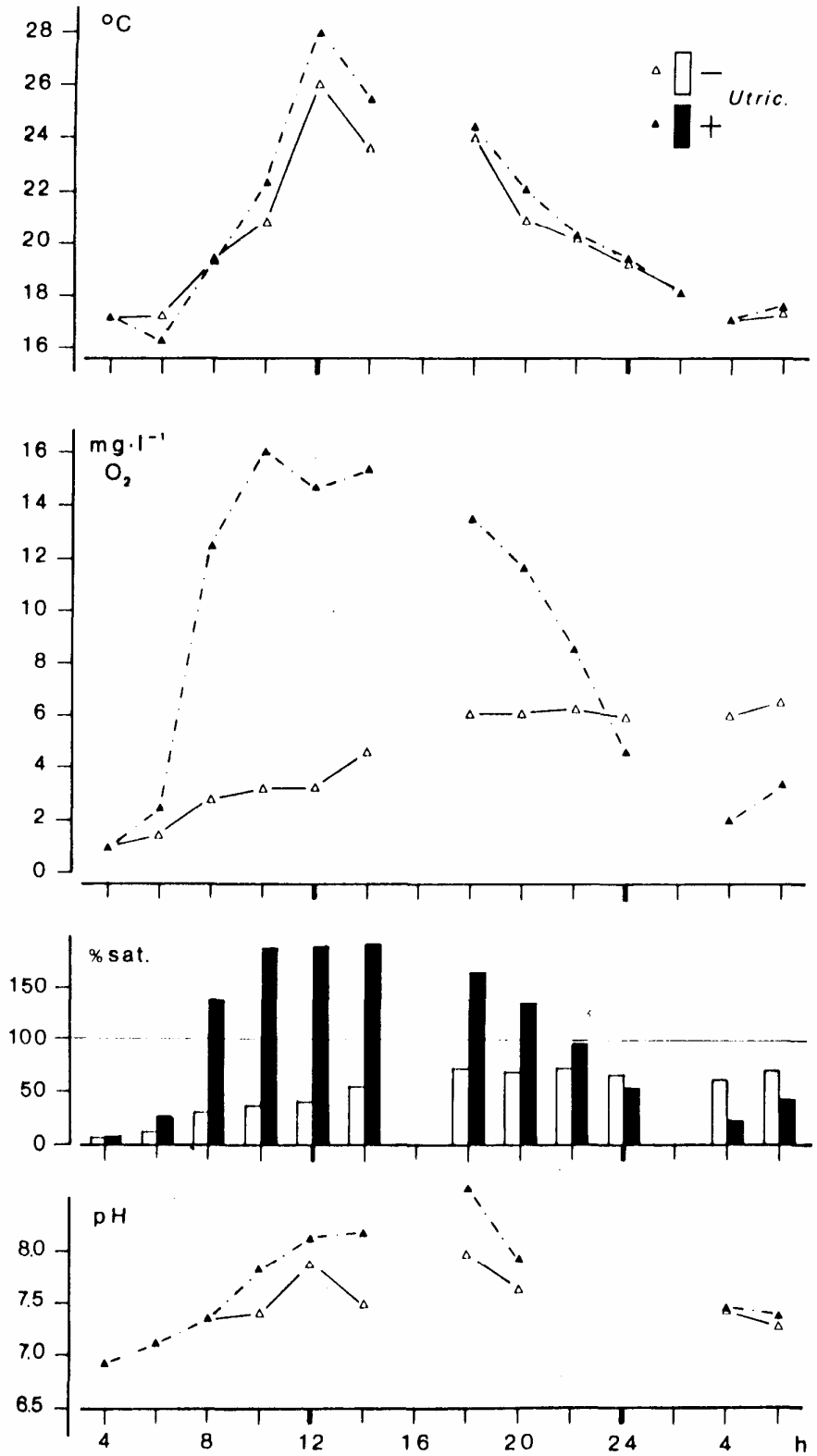


Fig. 4 - Andamento nictemerale di temperatura, ossigeno disciolto e pH in ambienti semi-sperimentali collocati nella lanca del Rottone.

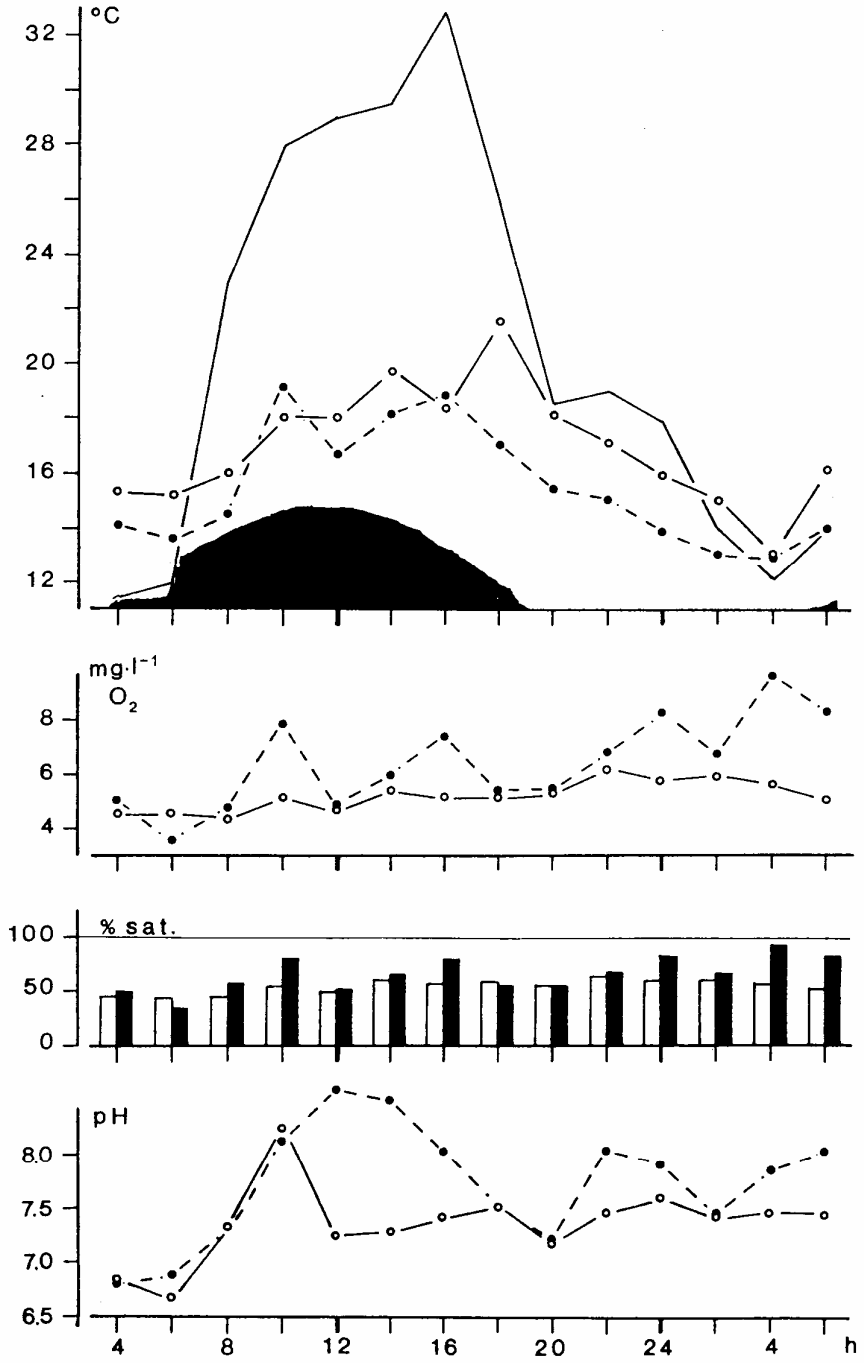


Fig. 5 - Andamento nictemerale di temperatura, ossigeno disciolto e pH nella lanca dei Roverini. La parte annerita indica la radiazione globale espressa in unità arbitrarie.

5. CONCLUSIONI

Ancora una volta la misurazione dei ritmi nictemerali nelle acque stagnanti dimostra la sua efficacia nell'esprimere sinteticamente le dinamiche metaboliche, peculiari per ciascun

biotopo. Allo stesso tempo, le ricerche di questi anni hanno dimostrato che, al di là dei molti tratti comuni nella fisionomia generale, gli stagni rivelano una spiccata eterogeneità dal punto di vista biologico ed ecologico (Sacchi et. al., 1993).

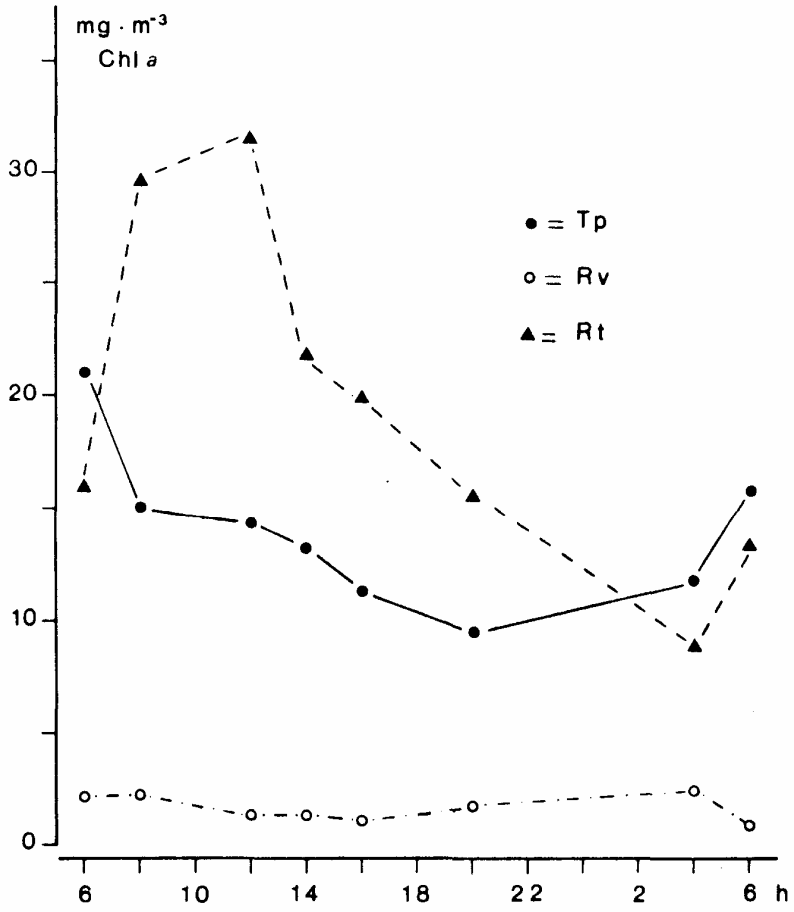


Fig. 6 - Ritmo nictemerale di clorofilla *a* nei tre biotopi.
Tp = Lanca del Topo; Rt = lanca del Rottone; Rv = Lanca dei Roverini.

Contrariamente a quanto ci si potrebbe aspettare, essi non sono affatto monotoni né confrontati l'uno con l'altro, come si riscontra anche dai dati emersi da questa ricerca, né visti nella loro evoluzione temporale.

A tale proposito, in soli tre anni di osservazioni abbiamo verificato nello stesso stagno, la lanca del Topo, prima i sintomi, poi le manifestazioni dirette di una evoluzione endogena del trofismo verso livelli più elevati, visibili sia nella dinamica del metabolismo sia, per esempio, nella dinamica delle comunità zooplanctoniche (Cantonali & Sconfietti; in stampa; Cazzalini & Sconfietti, cit.).

L'ambiente stagnale, quindi, si presta in modo soddisfacente ad essere utilizzato come una sorta di laboratorio naturale - all'interno del quale le variabili non possono comunque essere controllate, ma almeno circoscritte con buona approssimazione e registrate con

sufficiente attendibilità - in cui misurare, valutare ed interpretare le interazioni reali tra le componenti biologiche e quelle fisico-chimiche.

RINGRAZIAMENTI

Gli Autori ringraziano tutti quanti hanno attivamente collaborato allo svolgimento del lavoro sul campo.

BIBLIOGRAFIA

Airò, S. & R. Sconfietti, 1993. Lanche del basso Ticino a confronto. I. Evoluzione del trofismo. *Mem. Soc. Tic. Se. Nat.,* 4: 165-174.

A.P.H.A., A.W.W., W.P.C.F.. 1965. Standard methods for the examination of water and wastwater, including bottom, sediments and sludge. Inc. New York 12th. ed. Ed. American Public Haelth Association. 769 pp.

Cantonati, M. 1992. Ricerche sul plancton di un ambiente laterale di Ticino: clorofille e "standing crop". *Atti Soc. Ital. Sci. Nat. Museo civ. Stor. Nat.* Milano, 132 (1991),. 19: 241-254.

Cantonati, M. & R. Sconfietti. In stampa. Short term evolution of the zooplankton community in a lateral fluvial ecosystem. *Aqua,* Gruppo Intern. Coimbra, Granada.

Cazzalini, O. & R. Sconfietti. 1993. Lanche del basso Ticino a confronto. II. Ecologia e dinamica dei popolamenti zooplanctonici. *Mem. Soc. Tic. Se. Nat., 4:* 175-184.

Golterman, H.L., R.S. Clymo & M.A.M. Ohnstad. 1978. Methods of physical and chemical analysis of fresh waters. IPB Handbook n° 8, second edition. Blackwell Scientific Publications. 214 pp.

Hach Company. 1987. Mach water analysis handbook. Mach Company-World HDQrs. 435 pp.

Maganza, M., R. Sconfietti & E. Varsi. 1985. Ritmi nictemerali di fattori ambientali in un ecosistema stagnale. *Riv. Idrobiol,* 24, 1-2: 19-40.

Sacchi, C.F., R. Sconfietti & A. Occhipinti. 1993. Ambienti fluviali marginali: lanche del Pavese. *S.IT.E. Atti, Acqua-Aria,* 7: 738-741.

Sconfietti, R., S. Airò, M. Cantonati, S. Cattani & P. Rossini. 1993. Ricerche sul trofismo di ecosistemi stagnali lombardi: cicli stagionali e nictemerali in una lanca del Ticino. *Atti X Convegno Gruppo di Ecologia di Base "G. Gadio",* Padova, 1990: 283-308.

Sconfietti, R. & S. Airò. 1992. Misure sperimentali di produzione primaria in uno stagno mesotrofo sulla base delle variazioni nictemerali di ossigeno disciolto. *Atti IX Convegno A.I.O.L.,* Santa Margherita: 81-92.

Strickland, J.D.H. & T.R. Parsons. 1972. A practical handbook of seawater analysis. Fish. Res. Bd. Canada, Ottawa, Bull. 167 (II ed.). 310 pp.

Talling, J.F. 1971. Photosynthetic pigments. General outline of spectrophotometric methods. In: Vollenweider R.A. (ED.), A manual on methods for measuring primary production in aquatic environments. IBP Handbook n° 12. Blackwell Scientific Publications: 22-24.

Atti del 10° Congresso A.I.O.L.
Alassio, 4-6 Novembre 1992
da pag. 413 a pag. 419

CONSIDERAZIONI SUL RINVENIMENTO DI *CAULERPA PROLIFERA* (FORSSKÅL) LAMOROUX SUI FONDALI DEL GOLFO TIGULLIO (MAR LIGURE)

Leonardo TUNESI e Marino VACCHI

ICRAM - Via Lorenzo Respighi, 5 -1-00197 Roma

SUMMARY

At the end of the 50's the sub-tropical alga *Caulerpa prolifera* became very abundant in the Tigullio Gulf (Eastern Ligurian Sea). This area represented the northern spot of its geographic distribution in the western Mediterranean.

The results of following studies on littoral benthos pointed out the lack of this species in vegetai assemblages in the area.

In 1991, *C. prolifera* was found in a small localized area. The surface of the vegetation was measured in May 1991 and in July 1992. On the latter occasion, the density of primary and secondary blades and the average length of the primary blades, were also evaluated. The results showed a spatial increase of *C. prolifera* (from 12 m^2 to 100 m^2) and a low density of blades.

The finding of one faunistic element (the opisthobranch *Lobiger serradifalci)* of *C. prolifera'*s assemblage in the Tigullio Gulf supports some bioclimatological hypothesis on the presence of the alga in the area.

1. INTRODUZIONE

La famiglia delle Caulerpacee, appartenente alla classe Cloroficee, è monotipica accogliendo il solo genere *Caulerpa;* questo gruppo sistematico comprende circa sessanta specie, tutte ad affinità tropicale e subtropicale (Meinesz, 1972), 6 delle quali sono segnalate in Mediterraneo (Meinesz & Hesse, 1991).

La specie più comune nelle acque italiane è *Caulerpa prolifera* (Forsskål) Lamoroux, ad affinità subtropicale, presente oltre che in Mediterraneo anche in Oceano Atlantico ed in aree tropicali, quali quelle caraibiche (Feldmann, 1937); negli ultimi anni ad essa si è affiancata *Caulerpa taxifolia* (Vahl.) C. Agardh (Relini & Torchia, 1992), la cui comparsa ha implicato molteplici problematiche (Tunesi, 1993).

Il tallo di *C. prolifera* è costituito da uno stolone dal quale si dipartono inferiormente delle appendici (rizoidi), e delle formazioni espanse simili a foglie

(filloidi); le fronde uniassiali e gli stoloni hanno una struttura a sifone, percorsa da numerose trabecole inserite sulla parte interna della membrana e costituenti un reticolo. Questa specie è localizzata in una zona superficiale del Piano Infralitorale, in tratti riparati su fondali costituiti da silt o sabbia fine (Pérès, 1967).

Nelle acque costiere del Mar Ligure, che costituiscono il limite Nord della distribuzione di questa specie termofila nel bacino occidentale del Mediterraneo, *C. prolifera* presenta uno sviluppo marcatamente stagionale con la scomparsa dei filloidi al sopraggiungere dell'inverno e la persistenza degli stoloni infossati nel sedimento (Meinesz, 1972). Le condizioni sfavorevoli che l'alga incontra in quest'area influiscono anche sulle sue capacità riproduttive: osservazioni condotte nelle acque francesi hanno permesso di rilevare che le emissioni di gameti, che avvengono dall'inizio di giugno alla prima metà di ottobre, portano costantemente a riproduzioni sessuate imperfette (Meinesz, 1979a) obbligando questa specie a riprodursi solo per via vegetativa.

L'analisi dei dati disponibili sulla distribuzione di *C. prolifera* nelle acque costiere del bacino Nord-occidentale del Mediterraneo mostra che la sua presenza risulta abbastanza comune lungo le coste tirreniche, sino all'Isola d'Elba (Bianchi et al., 1993) e nelle acque di Livorno (Cinelli, comunicazione personale) mentre, per quanto riguarda il versante occidentale, lungo le coste francesi essa è stata segnalata in stazioni abbastanza localizzate, che però coprono l'arco compreso tra il confine italiano e le foci del Rodano (Meinesz, 1972).

Per quanto riguarda le acque costiere italiane del Mar Ligure, va rilevato che studi condotti alla fine degli anni '50 segnalavano quest'alga nel Golfo Tigullio (Riviera ligure di levante). In particolare Tortonese (1962) rilevava la presenza di densi popolamenti di *C. prolifera* che coprivano "ampie estensioni di fondo a melma fine contigue a quelle di fanerogame marine ... , prosperando in particolare nell'intervallo di profondità compreso tra -10 e -20 metri".

A questa situazione è seguito un radicale mutamento dei popolamenti vegetali, caratterizzato dalla scomparsa di *C. prolifera;* il fenomeno è testimoniato dal mancato rinvenimento di questa specie nei numerosi rilevamenti condotti negli anni '70 ed '80 nelle acque del Golfo Tigullio: sui tratti a "mattes" morte di *Posidonia oceanica* (L.) Delile, *C. prolifera* risultava sostituita da un'altra alga verde, anch'essa appartenente all'ordine *Caulerpales, Udotea petiolata* (Morri et al, 1986).

Il rinvenimento di *C. prolifera* nel 1991 su di un tratto di fondale del Golfo Tigullio ha permesso di condurre alcune osservazioni sulle superfici interessate da questo popolamento e su alcune sue caratteristiche.

2. MATERIALI E METODI

Immersioni subacquee con sistema A.R.A., effettuate nel mese di aprile del 1991, hanno permesso di verificare la presenza C. *prolifera* nel Golfo Tigullio, segnalata da un subacqueo locale, e di rilevare la posizione, la profondità e le superfici interessate da questa specie. L'anno successivo, sono state condotte ulteriori osservazioni allo

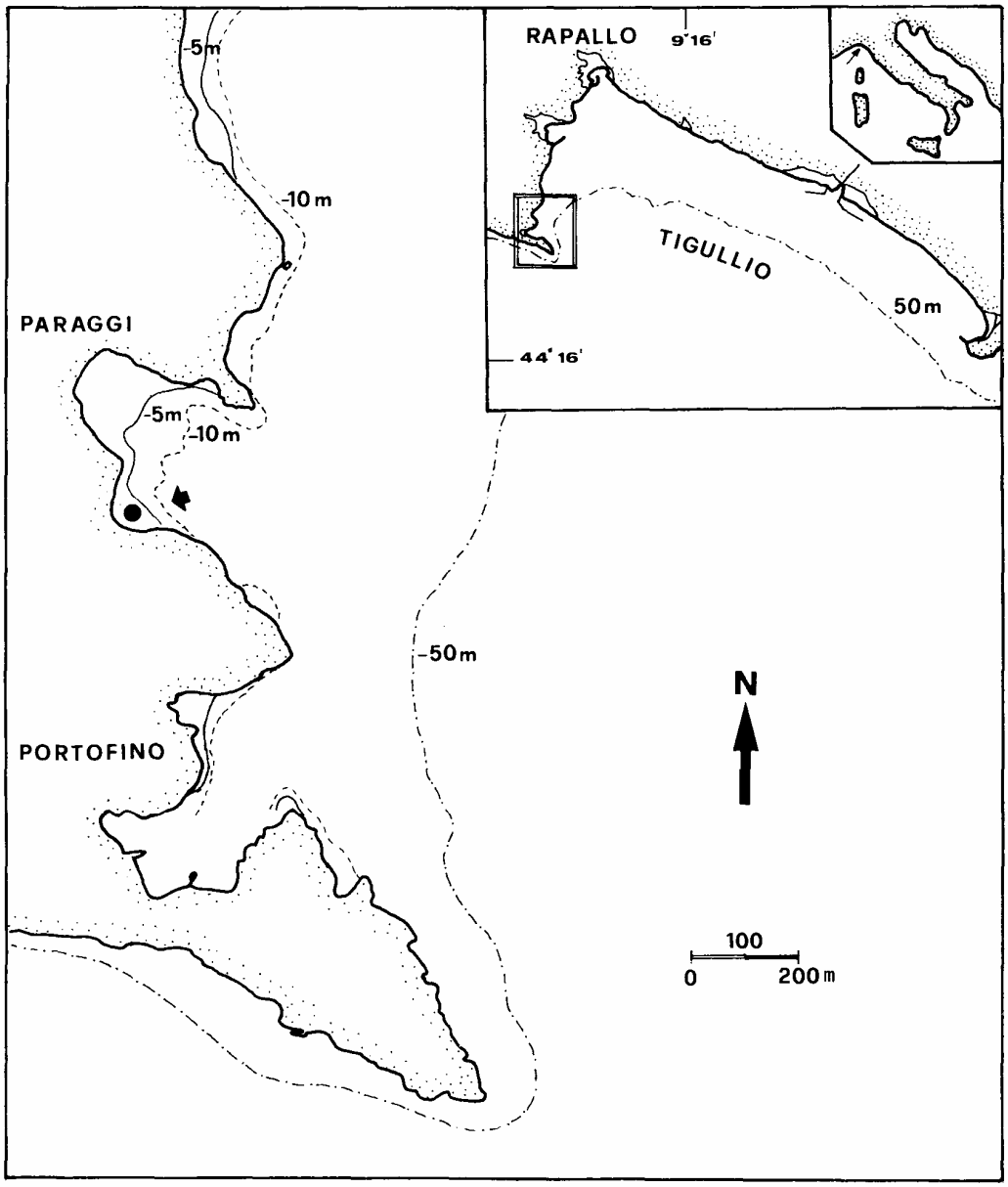


Figura 1 - Ubicazione del sito di rinvenimento di *Caulerpa prolifera* nel Golfo Tigullio; la stazione è indicata dal pallino.

scopo di raccogliere informazioni su alcune caratteristiche del popolamento in oggetto e di registrare eventuali differenze nella sua estensione.

Data la ridotta superficie interessata da questa specie, il rilevamento dei parametri relativi al popolamento è stato condotto direttamente in immersione, allo scopo di evitare anche il minimo impatto determinato dal prelievo di campioni. In particolare, in due diverse stazioni, sono stati rilevati il numero fronde primarie e secondarie per metro quadrato ed inoltre, per ognuna di queste due categorie, è stato conteggiato il numero di fronde in cattivo stato.

3. RISULTATI E DISCUSSIONE

Immersioni effettuate nel mese di aprile del 1991 hanno permesso di rilevare la presenza di *C. prolifera* su di un tratto di fondale del Golfo Tigullio, nella baia a Sud del Seno di Paraggi (Figura 1); in quest'area *Caulerpa* cresce su un fondo costituito da "mattes" morta di posidonia. L'insediamento nel 1991 interessava una superfice di circa 12 metri quadrati, nell'intervallo di profondità 3-3,2 metri; esso iniziava (partendo dalle acque più superficiali), sostituendosi ad un popolamento composto da *Udotea petiolata* (Turra) Bòrg. e *Padina pavonica* (L.) Thivy, per arrestarsi, al suo limite inferiore, con la comparsa della parte vitale della prateria di posidonia.

Immersioni condotte nel mese di Luglio del 1992, nel medesimo sito, hanno permesso di rilevare un notevole incremento delle superfici interessate da *C. prolifera;* infatti, anche se presente con densità delle fronde molto variabili in funzione dei tratti, quest'alga nel complesso copriva circa 100 m2, comparendo già alla profondità di 2,5 m. Nell'area limitrofa, sempre su mattes morta, era presente un popolamento algale caratterizzato da *Acetabularia* sp., *U. pedalata* e *P. pavonica.*

In questa occasione è stata rilevata la densità delle fronde primarie e secondarie di *C. prolifera* per m^2 in due diverse stazioni, ubicate nelle aree ove il popolamento appariva più fitto (Stazione A) e più rado (Stazione B). La stima di questi parametri ha permesso di osservare che la densità delle fronde nel sito di studio è abbastanza modesta se paragonata a quella rilevata in una stazione posta a -3 metri di profondità nelle acque francesi di Port Crouton - Juan Les Pins (Meinesz, 1979b) (Tab. I).

Tabella I: Densità delle fronde primarie e secondarie di *Caulerpa prolifera* per m^2, rilevate in due stazioni a diversa profondità e collocazione rispetto alla parte vitale della limitrofa prateria di *Posidonia oceanica* (Stazione A, sita ad in metro di distanza dalla prateria; Stazione B, a circa 7 metri dalla prateria, verso la battigia); per confronto sono forniti i valori rilevati da Meinesz (1979b) a Port Crouton - Juan Les Pins il 10.7.1975, per una superficie di 500 cm^2.

PARAMETRO	**Stazione A** (-3,2 m) S= 1 m^2	**Stazione B** (-2,7 m) S= 1 m^2	**Port Crouton** (-3 m) S= 500 cm^2
N° Fronde Primarie	568	270	*274*
N° Fronde Primarie in cattivo stato	12	8	*65*
N° Fronde Secondarie	360	92	*146*
N° Fronde Secondarie in cattivo stato	-	-	*8*

La lunghezza media delle fronde primarie non prolifere, valutata su un campione di 100 misure, è risultata di 52,5 mm (SD= 12,8 mm), quindi maggiore di quella rilevata per lo stesso mese dell'anno nella citata stazione francese (31,48 mm con SD= 8,36).

Nel corso delle osservazioni è stato rinvenuto un esemplare del mollusco opistobranco *Lobiger serradifalci* (Calcara), elemento faunistico caratteristico del popolamento a *Caulerpa prolifera,* la cui presenza non risulta ancora segnalata per le acque liguri.

4. CONSIDERAZIONI

Il rinvenimento di *Caulerpa prolifera* nel Golfo del Tigullio costituisce l'occasione per effettuare alcune considerazioni sull'evoluzione della presenza di questa specie termofila in un'area, quella del Promontorio di Portofino, di notevole interesse naturalistico (Diviacco et al., 1992).

Tortonese (1962), nel segnalare questa specie nelle acque del Tigullio alla fine degli anni '50 e nel descriverne il successo nel colonizzare ampie superfìci, prima interessate da *P. oceanica,* suggerisce alcune possibili cause del fenomeno, quali "... rilevanti inquinamenti... elevato tenore di sostanze azotate ...", segnalando un aumento della pressione antropica in quel periodo nell'area in oggetto.

Diversi studi (Punk, 1927; Ollivier, 1929) permettono di rilevare che questa specie termofila, la cui temperatura ottimale per svolgere l'attività fotosintetica è di 24 °C (Gattuso, 1989), è particolarmente sensibile alle basse temperature invernali. A questo proposito Meinesz (1972), che ha studiato il fenomeno lungo le coste francesi disponendo di serie storiche di dati di temperatura, ha ipotizzato che proprio questo parametro costituisca il fattore limitante la distribuzione geografica di *C. prolifera* nelle acque del Mar Ligure, che costituisce il limite Nord dell'area distributiva dell'alga nel bacino occidentale del Mediterraneo.

E' quindi ipotizzabile che il succedersi di inverni freddi quali quelli riscontrati lungo le coste mediterranee francesi verso la fine degli anni '60 (Augier & Robert, 1981) abbia portato, alla scomparsa di *C. prolifera* anche dalla maggior parte dei fondali del Golfo Tigullio, limitandone la sopravvivenza solo in un sito particolarmente protetto dalle escursioni termiche.

La continuità nella presenza di questa specie sui fondali in oggetto sarebbe supportato dal rinvenimento di elementi faunistici caratteristici del popolamento a *Caulerpa,* quali l'opistobranco *Lobiger serradifalci,* che si nutre esclusivamente proprio di quest'alga. L'attuale estrema localizzazione del popolamento sarebbe motivata dal fatto che nelle acque del Mar Ligure *C. prolifera* si riproduce essenzialmente per via vegetativa (Meinesz, 1979a).

In base ad ulteriori segnalazioni dell'alga, pervenuteci per siti molto localizzati nelle acque della Liguria, è ipotizzabile che variazioni periodiche delle temperature minime invernali nelle acque costiere (legate a cicli pluriennnali), permettano a *Caulerpa,* partendo da stazioni particolarmente protette, di colonizzare più ampi tratti

di fondale. Riveste quindi un notevole interesse la possibilità di seguire l'evoluzione di queste popolazioni in modo da approfondire la conoscenza delle loro caratteristiche ecologiche in condizioni particolari quali quelle presenti in un'area limite della loro distribuzione; a questo scopo va evidenziata l'importanza di disporre di serie storiche di dati relativi all'evoluzione dei principali parametri ambientali.

Si propone, per il significato biogeografico che riveste *C. prolifera* nelle acque del Golfo Tigullio, che questa specie sia oggetto di forme di tutela nell'ambito delle iniziative previste nella realizzazione dell'area marina protetta del promontorio di Portofmo.

RINGRAZIAMENTI

Gli autori rivolgono un particolare ringraziamento al Sig. Francesco Castagnaro per aver indicato la presenza di *Caulerpa prolifera* nel sito studiato ed al Dr. Riccardo Cattaneo-Vietti per l'identificazione dell'esemplare di *Lobiger serradifalci* e per le preziose informazioni fornite sulla biologia di questo opistobranco.

BIBLIOGRAFIA

Augier, H. & P. Robert. 1981. Sur la présence de *Caulerpa prolifera* (Forsskal) Lamoroux (Algue *Bryopsidophyceae)* dans les Iles d'Hyères et sur sa signification bioclimatique et ecologique. *Trav. sci. Pare nailon. Port-Cros,* 7: 119-128.

Bianchi, C.N., I. Ceppodomo, I. Niccolai, S. Aliani, S. De Ranieri, M. Abbiati, F. Dell'amico & C. Morri. 1993. Benthos dei mari toscani. II: Isola d'Elba - Montecristo (Crociera ENEA 1986). In: "Arcipelago Toscano - Studio oceanografico, sedimentologico, geochimico e biologico", A cura di Ferretti, Immordino e Damiani, ENEA, Roma: 291-315.

Diviacco, G., L. Marini & L. Tunesi. 1992. Parco marino di Portofmo: criteri metodologici per la stesura della proposta di zonazione. *Oebalia,* suppl. 17: 503-507.

Feldmann, J. 1937. Végétation marine de la Mediterranee. La côte des Albères. *Rev. Alg.,* 10: 339 pp.

Funk, G. 1927. Die Algenvegetation des Golfs von Neapel nach neueren ökologischen Untersuchungen. *Puh. Stat. zool. Napoli, 7* (Suppl.): 507 pp.

Gattuso, J.P. 1989. Effect of temperature on the photosynthesis-irradiance curves of two caulerpales algae grown in aquaria. *Bull. Institut océanogr., Monaco,* n° special 5: 173-180.

Meinesz, A. 1972. Repartition de *Caulerpa prolifera* (Forskål) Lamoroux sur les côtes continentales francaises de la Mediterranee. *Téthys,* 4 /4: 843-858.

Meinesz, A. 1979a. Contribution a l'étude de *Caulerpa prolifera* (Forsskål) Lamoroux (Chlorophycée, Caulerpale). II- La reproduction sexuée sur les côtes occidentales de la Méditerranée. *Botanica Marina,* 22/2: 117-121.

Meinesz, A. 1979b. Contribution a l'étude de *Caulerpa prolifera* (Forsskål) Lamoroux (Chlorophycée, Caulerpale). I- Morphogénè et croissance dans une station des côtes continentales de la Mediterranee. *Botanica Marina,* 22/1: 27-39.

Meinesz, A. & B. Hesse. 1991. Introduction et invasion de l'algue tropicale *Caulerpa taxifolia* en Mediterranee nord-occidentale. *Oceanologica Acta,* 14/4: 415-426.

Morri, C., C.N. Bianchi, V. Damiani, A. Peirano, G. Romeo & L. Tunesi. 1986. L'ambiente marino tra Punta della Chiappa e Sestri Levante (Mar Ligure): profilo ecotipologico e proposta di carta bionomica. *Boll. Mus. Ist. Biol. Univ. Genova,* 52suppl.: 213-231.

Ollivier, G. 1929. Etude de la flore marine de la Côte d'Azur. *Ann. Inst. océanogr. Monaco,* 7/3: 173 pp.

Pérès, J.M. 1967. The mediterranean benthos. *Océanogr. Mar. Biol. Ann. Rev., 5:* 449-533.

Relini, M. & G. Torchia. 1992. Prima segnalazione di *Caulerpa taxifolia* in acque italiane. *Doriana, sappi. Ann. Mus. Civ. St. Nat. Genova,* 6: 1-4.

Tortonese, E. 1962. Recenti ricerche sul benthos in ambienti litorali del mare Ligure. *Pubbl. stai. zool. Napoli,* 32 suppl.: 99-116.

Tunesi, L. 1993. Problemi connessi alla presenza di *Caulerpa taxifolia* (Vahl.) C. Agardh sui fondali del mar Ligure. *Quaderno ICRAM:* in stampa.

Atti del 10° Congresso A.I.O.L.
Alassio, 4-6 Novembre 1992
da pag. 421 a pag. 430

STUDI SUL TRATTO DI MARE ANTISTANTE LO STABILIMENTO INDUSTRIALE ENICHEM DI PORTO TORRES. QUINDICI ANNI D'INDAGINI.

Andrea Cossu e Bastianina Manca

Dipartimento di Botanica ed Ecologia Vegetale, Università di Sassari

SUMMARY

The creation of the vertical-face breakwater, near the industrial area in Porto Torres completed in 1992. This compromises the water circulation. During the summer there have been fitoplanctonic bloom; the colour of the water has become whitish green and less clear. Because of this a research has begun in order to evaluate the nature and the importance of the phenomenon that causes fitoplanctonic foams and deposits down in the end of the heat exchargers of the sea water in the oil industry.

The work has began since 1991. Among three collection points, two inside of the breakwater, and one outside of the slip, samples are collected once or sometimes twice a month for $N\text{-}NO_3$, $N\text{-}NO_2$, $N\text{-}NH_3$, $P\text{-}PO_4$, $P\text{-}PO_4$ tot, $Si\text{-}SiO_2$, and phytoplanctonic chlorophyll *a* analysis; moreover in situ, temperature, oxygen, salinity, pH and Secchi disk measure.

Since 1991 the results have shown an worsening of the sea environment conditions for the reduction of the transparence, the high values of chlorophyll a and oxygen during summer time. The concentration of algal nutrients is high in the winter and low in the summer because of the phytoplancton activity.

The aim of present work is to compare the data with the old ones acquired in the last fifteen years.

1. INTRODUZIONE

Nel 1977 si avvia un'indagine chimico-fisica e biologica sul tratto di mare del porto industriale influenzato dagli scarichi dello stabilimento al fine di valutare gli effetti delle acque industriali del depuratore, in fase di realizzazione (Barone et al. 1985; Giaccone et al, 1980). I risultati evidenziano vari gradi di compromissione di un ampio tratto di mare come conseguenza dello scarico in mare del materiale di dragaggio del nascente porto industriale. La cartografia dei popolamenti bentonici mostra quattro zone a caratterizzazione chimico-fisica e biologica differenti. L'indagine mira anche

alla valutazione dell'impatto ambientale come conseguenza dell'utilizzazione del territorio a terra e a mare sia come sito di un'industria petrolchimica sia come sede di un'infrastruttura portuale di recente costruzione.

Nel 1984 si attiva l'impianto consortile di depurazione. Nel 1987 gli studi sono ripresi in collaborazione con l'allora l'Istituto di Botanica dell'Università di Sassari. Dopo tre anni di funzionamento del depuratore si vuole verificare l'efficacia delle opere di risanamento valutando sia la qualità dell'acqua, sia i popolamenti bentonici in diverse aree. Gli studi mettono in evidenza un miglioramento di alcune zone in particolare del tratto di mare situato a nord-est del porto industriale definito nella precedente indagine particolarmente compromesso (Giaccone et al. 1988). I risultati suggeriscono tuttavia una certa cautela nella progettazione o realizzazione di opere che in qualche modo possano limitare il ricambio in un'area, sicuramente in fase di ripresa, ma che ancora risente degli effetti eutrofici causati dal refluo depurato con trattamento biologico e scarico in riva.

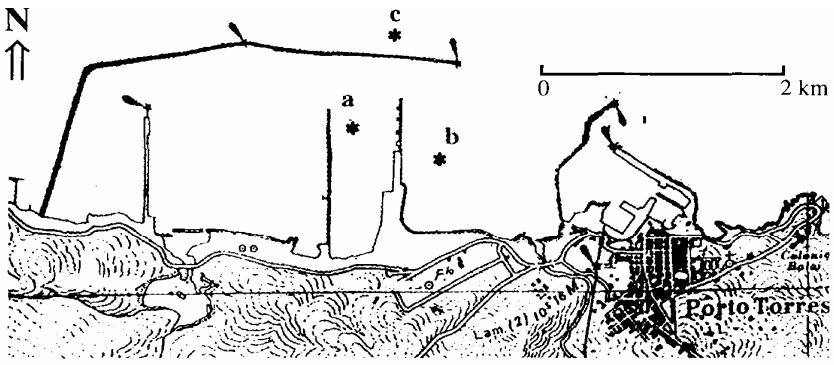


Fig. 1 Area del porto industriale di Porto Torres. Ubicazione delle stazioni: st. a, in prossimità del pontile liquidi; st. b, tra il molo C.A.S.I e il molo del porto civico; st. c, esterna alla diga foranea.

Nel 1992 vengono ultimati i lavori di costruzione della diga foranea che chiude il lato Ovest del tratto di mare (fig. 1); ciò altera la naturale circolazione delle acque e già durante l'estate del 1991, non appena la diga, ancora in fase di costruzione, chiude la darsena, si verificano fioriture fitoplanctoniche che rendono il tratto di mare di colore verde-biancastro, riducendo la trasparenza a pochi centimetri di profondità. Nella darsena si attinge e si scarica l'acqua di mare per lo scambio termico del complesso e inoltre si scarica l'acqua dolce trattata nel depuratore consortile. Imponenti schiume e maleodoranti depositi di fitoplancton si manifestano a valle degli scambiatori di calore degli stabilimenti petrolchimici. Lo studio viene ripreso all'inizio del novembre del 1991 onde valutare la natura e l'entità del fenomeno.

Il presente lavoro si propone di esporre dei risultati delle recenti indagini, ed inoltre di comparare i dati attuali con i pregressi in rapporto al mutato assetto a terra e a mare che questo territorio ha subito in questi ultimi quindici anni.

2. METODI

Sulla base delle precedenti esperienze e della localizzazione delle stazioni delle cam-

pagne del 1978 e del 1987, sono fissati tre punti di prelievo (fig. 1); la stazione a, ubicata all'interno della darsena portuale, in prossimità del pontile liquidi; una seconda (stazione b), tra il molo del porto civico e il pontile C.A.S.I., una terza (stazione e) come punto di controllo, in una zona non influenzata da scarichi industriali, esterna alla diga foranea.

Il periodo d'indagine va dal novembre del '91 al settembre del '92. Le acque destinate alle analisi sono prelevate a cadenza mensile e talvolta quindicinale con una bottiglia di Niskin ogni 2,5 m di profondità. Si valuta la composizione qualitativa e quantitativa dei popolamenti fitoplanctonici, le quantità di $N\text{-}N0_3$, $N\text{-}N0_2$, $N\text{-}NH_3$, $P\text{-}P0_4$, $P\text{-}P0_4$ tot., silice reattiva, clorofilla *a* fitoplanctonica (Strikland-Parsons, 1972). Si utilizza inoltre una sonda multiparametrica per rilevare i profili di temperatura; ossigeno disciolto, sia come come percentuale di saturazione sia come concentrazione; salinità; pH; torbidità; la trasparenza dell'acqua si misura con il disco di Secchi; nella stazione esterna si analizza soltanto il campione di superficie e quando le condizioni meteo-marine lo rendono possibile, viene impiegata la sonda multi parametrica. Sono in corso inoltre misure di composizione, densità e biomassa del fitoplancton che saranno oggetto di un successivo lavoro.

3. RISULTATI

Vengono riportate le variazioni della temperatura in funzione della profondità e del tempo della stazione interna (fig.2). L'area in bianco al centro della figura indica il periodo di non funzionamento della sonda (da febbraio ad aprile). L'andamento del parametro evidenzia il passaggio da una situazione di omeotermia in inverno ad una stratificazione estiva intorno a tre metri di profondità come altresì una meno marcata intorno a quindici metri.

La trasparenza (fig. 3a) mostra per la stazione a e b valori sempre molto contenuti con una media annuale inferiore ai 4 m e minimo di un metro di profondità a giugno; la stazione b presenta valori leggermente più elevati. La stazione e esterna mostra valori sempre più elevati e per quasi tutto l'anno è visibile nitida-

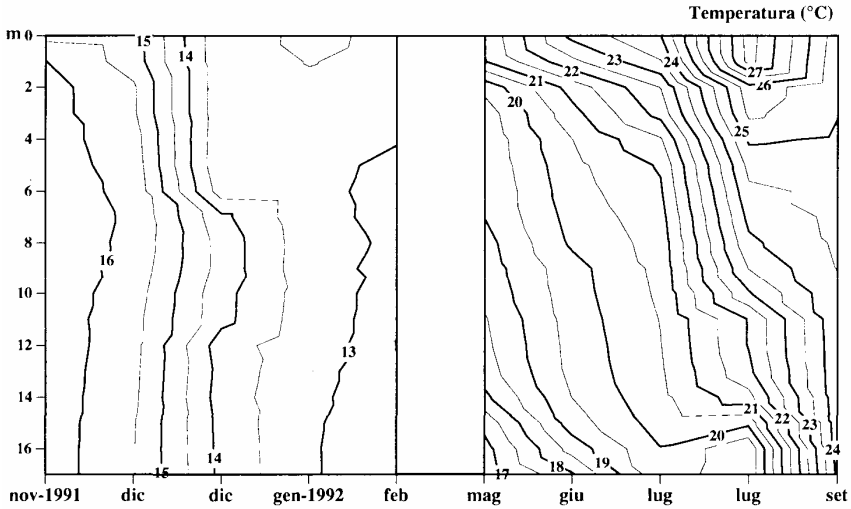


Fig. 2 - Andamento della temperatura nella stazione a

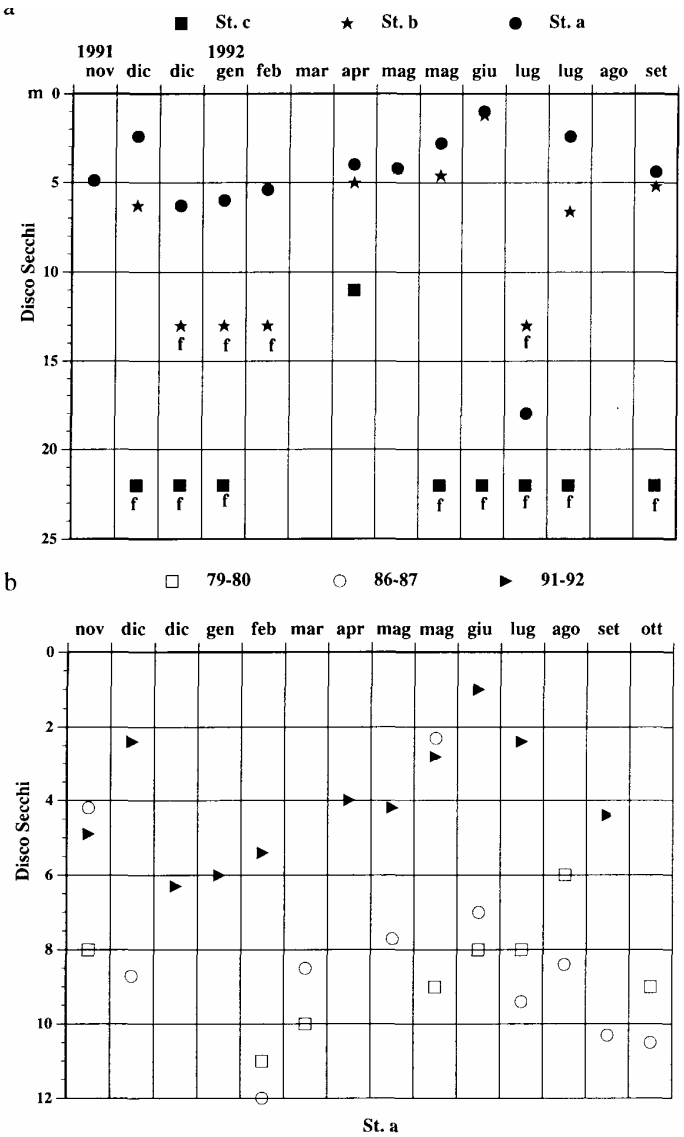


Fig. 3 (a) - Valori di trasparenza nelle tre stazioni nella campagna 91-92; f, fondo; (b) confronto tra le diverse campagne di capionamento nella stazione a

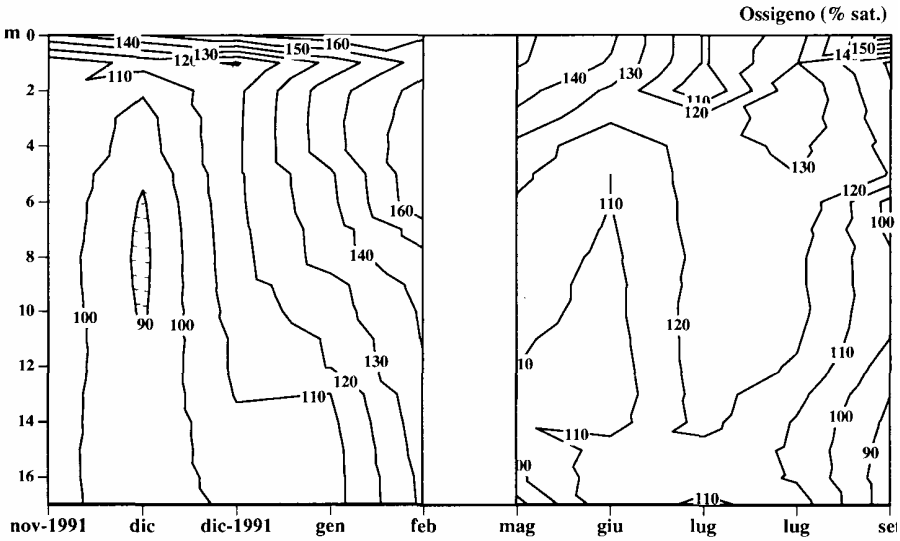


Fig. 4 - Andamento dell'ossigeno (percentuale di saturazione) nella stazione a

mente il fondale. Il confronto delle tre campagne nella stazione a evidenzia altresì una forte diminuzione della trasparenza nel 1991-92 (fig. 3b).

L'ossigeno (fig. 4) presenta nella stazione a valori sempre superiori a 100% di saturazione su tutta la colonna d'acqua; quelli più elevati sono in superficie dove si raggiungono i massimi con oltre 150% nel periodo invernale; non si evidenziano significative differenze negli strati più superficiali tra le stazioni a e b.

L'evoluzione temporale della colonna d'acqua della stazione a, relativamente al $P\text{-}PO_4$ (fig. 5), evidenzia come le concentrazioni del nutriente algale risultino significative solo durante il periodo invernale. Il massimo si raggiunge negli strati superficiali nel campionamento di novembre, con valori di oltre 2,5 µg $P\text{-}PO_4$ l^{-1}. Successivamente esso diminuisce fino a gennaio dove raggiunge valori al limite della sensibilità del metodo (<0,5 µg $P\text{-}PO_4$ l^{-1}).

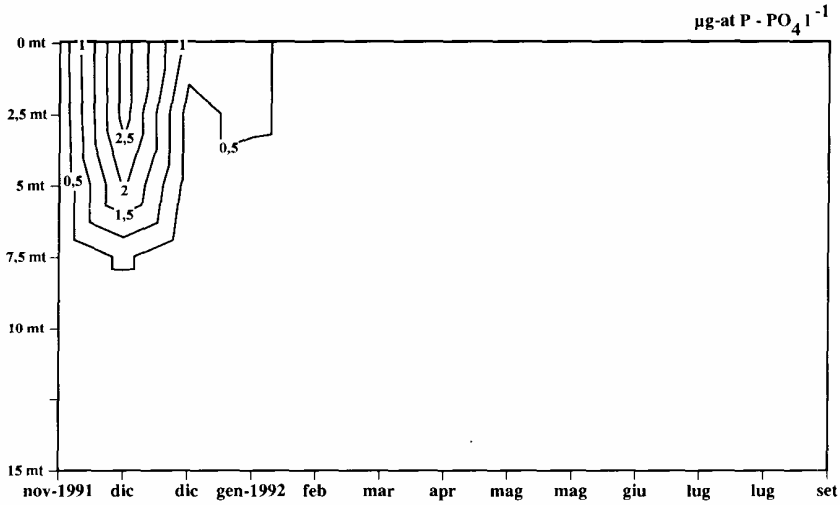


Fig. 5 - Andamento del P-PO_4 nella stazione a

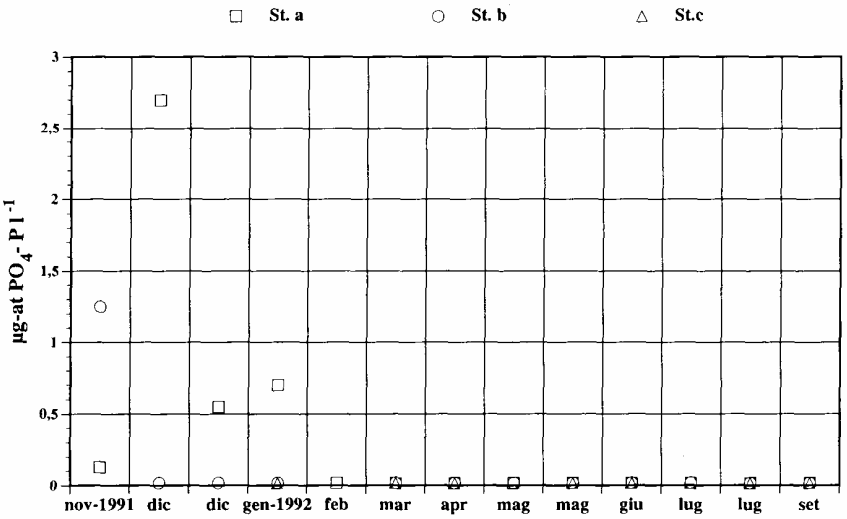


Fig. 6 Valori di P-PO_4 nelle tre stazioni nella campagna 91-92. (Media 0 - 2,5 m)

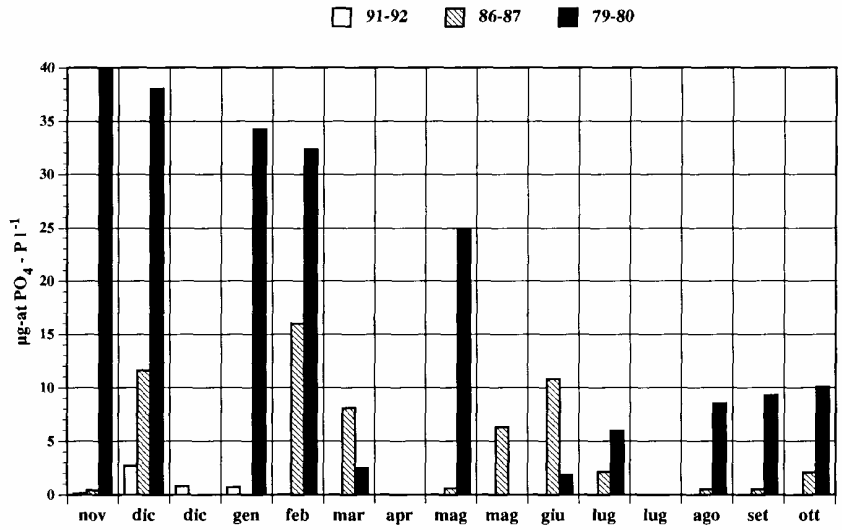


Fig. 7 - Confronto del P-PO_4 tra le diverse campagne nella stazione a

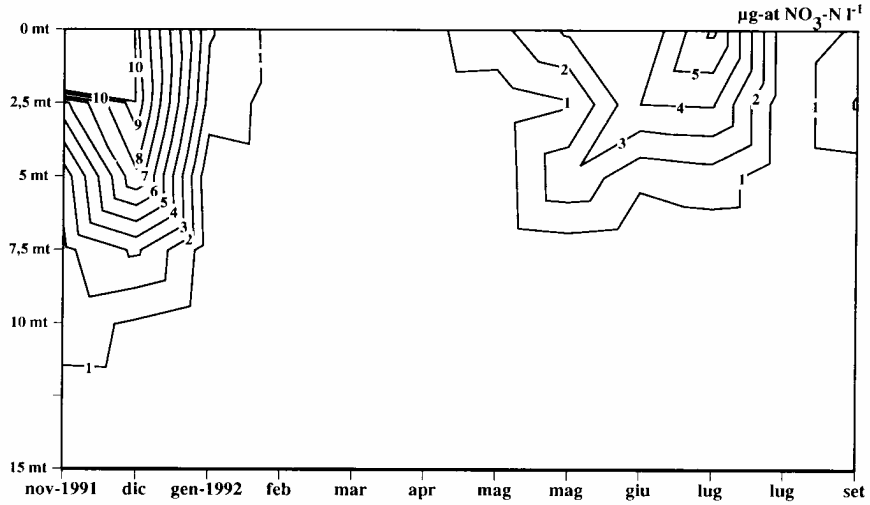


Fig. 8 - Andamento del N-NO_3 nella stazione a

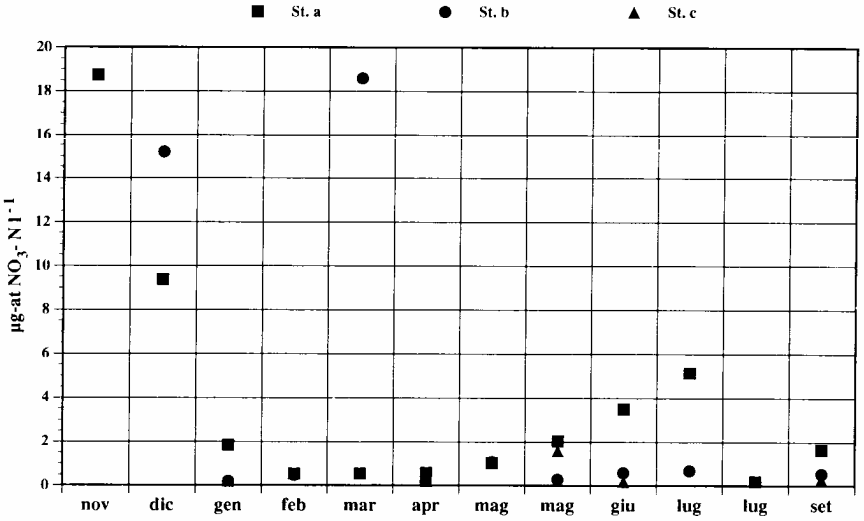


Fig. 9 - Valori di N-NO_3 nelle tre stazioni (campagna 91-92; media 0 - 2,5 m)

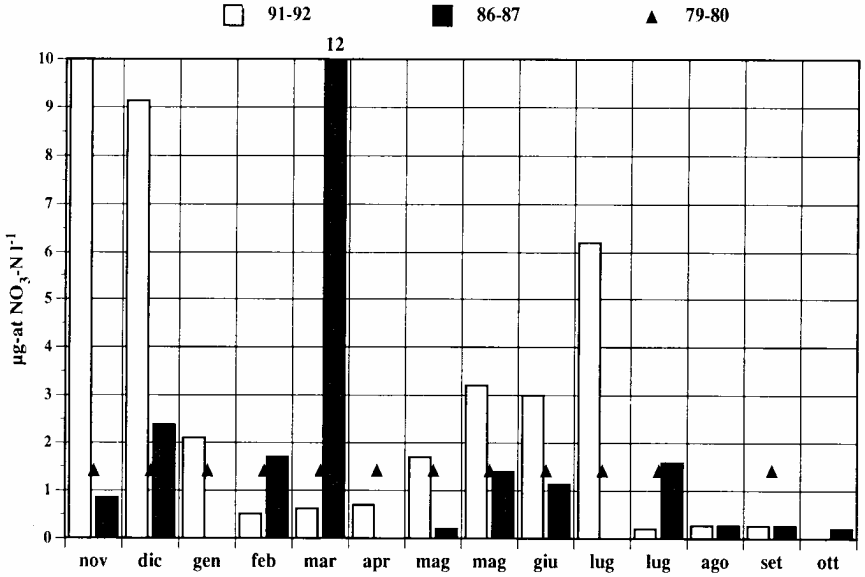


Fig. 10 - Confronto delle concentrazioni di N-NO_3 tra le diverse campagne nella stazione a

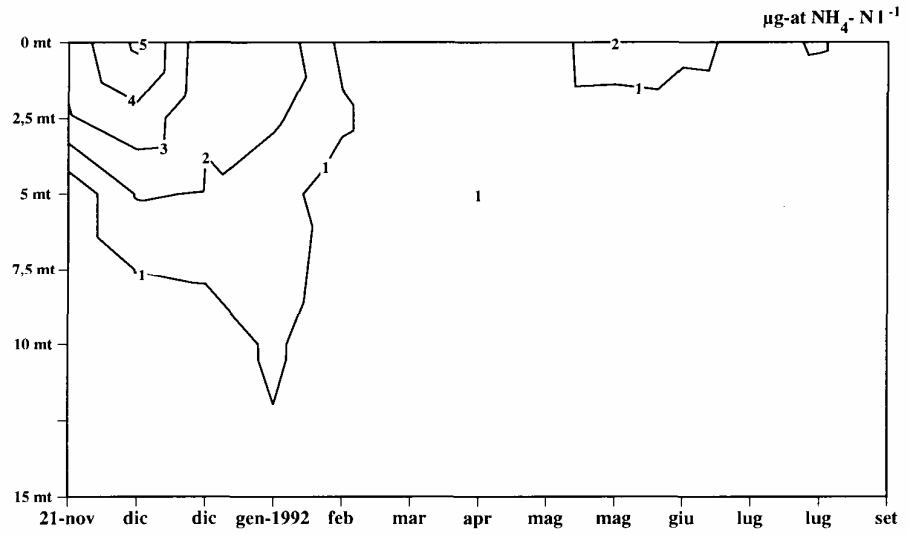


Fig. 11 - Andamento del N-NH_4^+ nella stazione a

Tale situazione si protrae per il restante periodo dell'anno. La stazione a (fig. 6) presenta valori invernali superficiali superiori alle altre due stazioni. Significativa appare la diminuzione progressiva del nutriente dal '80 ad oggi nella st. a (fig. 7); le concentrazioni registrate in quell'anno infatti risultavano molto elevate, con valori massimi invernali di oltre 40 µg P-PO_4 l^{-1} , una diminuzione consistente si registra anche nella campagna 86-87 dove il valore massimo nello stesso periodo dell'anno è stato di 15 µg P-PO_4 l^{-1}. Il fenomeno è da porre in relazione alla cessata movimentazione della fosforite, materia prima dello stabilimento.

L'andamento temporale dell' azoto nitrico ed ammoniacale nella stazione a (figg. 8 e 11) presenta delle analogie; infatti i due parametri mostrano il massimo della concentrazione nel periodo invernale nel mese di dicembre rispettivamente con oltre 30 µg N-NO_3 l^{-1} e oltre 5 µg N-NH_4^+ l^{-1} negli strati più superficiali; si registra poi una graduale diminuzione fino al mese di febbraio con valori inferiori rispettivamente a 1 µg N-NO_3 l^{-1} e

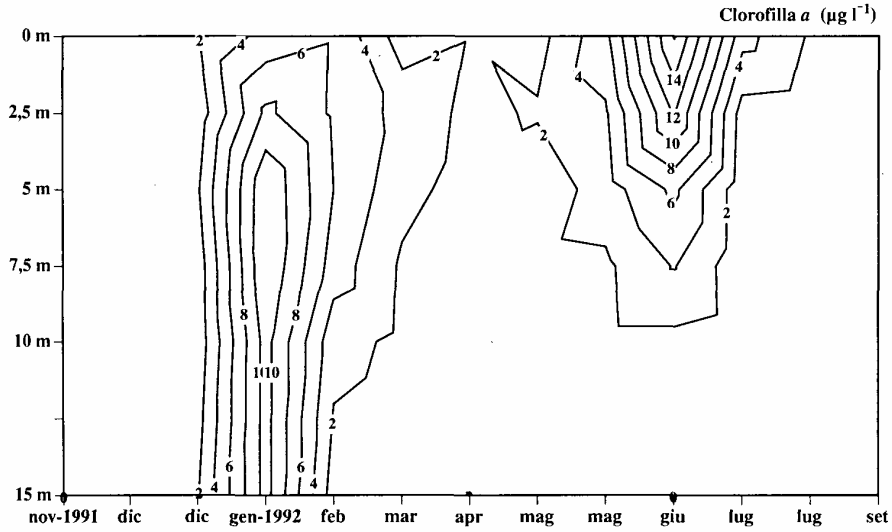


Fig. 12 - Andamento della clorofilla *a* fitoplanctonica nella stazione a

oltre 1 µg $N\text{-}NH_4^+$ l^{-1}; a partire da maggio l'azoto nitrico tende nuovamente ad aumentare fino a 6 µg $N\text{-}NO_3$ l^{-1}alla fine del mese di giugno. Tale aumento è presente ma molto meno consistente per l'azoto ammoniacale. La stazione a registra i valori più elevati di $N\text{-}NH_4^+$ ma solo nel periodo invernale. Come per il fosforo ortofosforico nella st. a anche per l'azoto ammoniacale si evidenzia la diminuzione progressiva del nutriente dal '80 ad oggi; opposta invece è la tendenza dell'azoto nitrico (figg. 9 e 10) che risulta, nell'ultima campagna, in netto aumento.

La clorofilla *a* fitoplanctonica (fig. 12) nella stazione a mostra valori elevati da dicembre a febbraio, superiori a 10 µg l^{-1}su quasi tutta la colonna d'acqua e da maggio a luglio (15 µg l^{-1}), solo nei primi 5 m. Questa stazione registra altresì i valori più elevati rispetto alle altre; appena dosabile è sempre nella stazione e esterna alla diga (fig. 13).

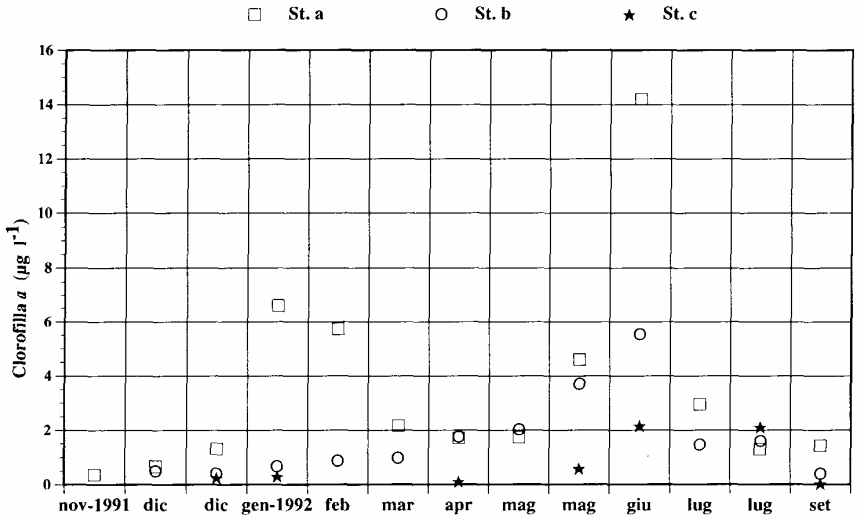


Fig. 13 - Valori di clorofilla *a* fitoplanctonica delle tre stazioni (campagna 91-92; media 0 - 2,5 m)

Le tre campagne (fig. 14) evidenziano una tendenza della darsena portuale ad un significativo aumento della concentrazione della clorofilla a, infatti quasi tutti i valori mensili del periodo '91-'92 sono superiori a quelli degli stessi mesi delle precedenti campagne.

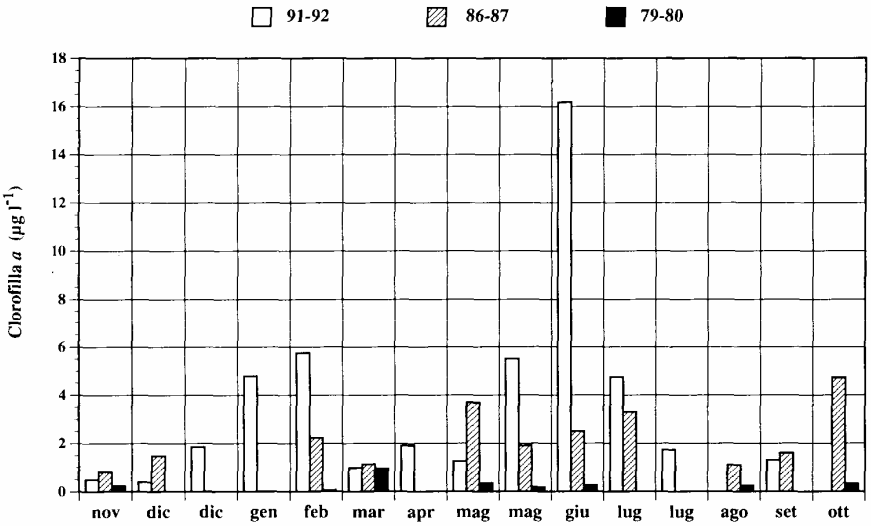


Fig. 14 - Confronto della clorofilla *a* fitoplanctonica tra le diverse campagne nella stazione a

4. DISCUSSIONE E CONCLUSIONI

La prima evidente deduzione che si può trarre dall'analisi dei dati è che la chiusura del lato ovest con il radicamento a terra della diga foranea ha causato un complessivo peggioramento delle condizioni ecologiche del sito. Il diminuito ricambio idrico conseguente al confinamento del tratto di mare determina un consistente impatto dei nutrienti algali, soprattutto della frazione dell'azoto. Nell'area si manifesta una notevole proliferazione fitoplanctonica segnalata dagli alti valori della clorofilla *a* registrati nella stazioni a e, anche se in minor misura nella stazione b; i valori della stazione esterna alla diga (st. e) sono sempre bassi. Benché il tenore degli ortofosfati sia diminuito nel tempo, è aumentato decisamente quello dei nitrati. Il temuto effetto eutrofizzante già annunciato nella campagna del 86-87 si è puntualmente verificato. La situazione allora descritta all'interno della darsena era non ottimale e risentiva dei nutrienti derivanti dal refluo depurato. La creazione di un ambiente chiuso ha determinato l'instaurarsi di un reattore biologico in cui il tempo di residenza delle acque è considerevolmente aumentato abbassando la soglia di innesco dei fenomeni legati all'eutrofizzazione. I blooms algali si verificano improvvisi; da una analisi preliminare dei dati relativi alla concentrazione e alla biomassa del fitoplancton, si evidenzia una grande dinamicità dei popolamenti. Si registrano infatti fioriture improvvise che raggiungono in qualche caso, densità di 20-25 milioni di cellule per litro in pochi giorni. Tali blooms sembrano legati alle condizioni meteomarine e si verificano in calma di vento. Quando questo si leva con una certa intensità, essi scompaiono rapidamente, poiché le correnti superficiali creano un adeguato ricambio nell'area portuale. I canali sottomarini, pur presenti nel radicamento a terra della diga foranea, non sembrano sufficienti a garantire un efficiente ricambio in condizioni di stasi meteorologiche con blande correnti superficiali pur presenti nell'area (Canò e Stocchino, 1966; ENEL-CRIS, 1988).

Un miglioramento dell'area potrebbe derivare dall'intercettazione del refluo del depuratore e scarico mediante una condotta di diffusione opportunamente ubicata al di fuori della diga foranea; restano tuttavia degli aspetti che andrebbero approfonditi quali la dinamica delle masse d'acqua in ingresso e in uscita dall'area in oggetto, il carico interno dei nutrienti legati al sedimento, l'influenza del vicino Rio Mannu, non che la valutazione dell'impatto derivante dal riscaldamento e rimescolamento generato dalle cospicue masse d'acqua (40.000 m^3 h^{-1}) utilizzate per gli scambiatori di calore degli impianti.

BIBLIOGRAFIA

Barone, R., R. Delorenzo, D. Drago, G. Giaccone & P. N. Muscetta. 1985. Metodi per la valutazione dell'impatto ambientale a mare: La cartografia biocenotica. *Ingegneria Ambientale* 14(10): 563-572.

Cano', M. & C. Stocchino. 1966. Sulla circolazione delle correnti nel Golfo dell'Asinara e nelle Bocche di Bonifacio. *Atti dell'Ass. Geofìsica Ital.* VI.

ENEL-CRIS. 1988. IV Campagna di idrografia marina di Fiume Santo nella zona del Golfo dell'Asinara indicata dal PEN, per il raddoppio dell'impianto termoelettrico. Relazione.

Giaccone, G., R. Barone, R. Delorenzo & P. N. Muscetta. 1980. Effet des polluants pétrolchimiques sur les végétaux marms de Porto Torres (Sardaigne, Italie): Méthodologie d'analyse et d'interprétation des données. *CIESM - V° Journées d'études sur les pollutions marines en Méditerranée.* Cagliari 9-13 octobre 1980: 87-94.

Giaccone, G., A. Cossu, R. Delorenzo, D. Drago & P. N. Muscetta. 1988. Studio di impatto ambientale nerll'area portuale antistante lo stabilimento industriale EniChem di Porto Torres. *Boll Soc. Sarda Sci. Nat.,* 26:43-67.

Strickland, J. D. H & T. R. Parsons : 1972. A Practical Handbook of Seawater Analysis. *Fischeries Research of Canada* - Bulletin 167 Secon Edition. 322 pp.

Atti del 10° Congresso A.I.O.L.
Alassio, 4-6 Novembre 1992
da pag. 431 a pag. 440

ALCUNE OSSERVAZIONI SU DIVERSI TIPI DI MUCO PRESENTI NEL GOLFO DI TRIESTE (NORD ADRIATICO)

Chiara WELKER

Laboratorio di Biologia Marina - Strada Costiera 336 - 34010 Trieste

SUMMARY

Simple and complex polysaccharides are liberated by a large number of taxonomically diverse algae. A variety of complex structural polysaccharides produced by green, brown and red seaweeds are released through the cell membranes to form the cell wall matrix. This substances may be considered extracellular products, and may account for part of the large quantities of polysaccharide materials released by seaweeds into the aquatic environment under various conditions.

The aim of this work is to investigate the specific variability in natural mucous populations present in the Gulf of Trieste, identify corrispondence with similar phenomena in other seas (e.g. Tirrenian Sea) and identify the chemical nature of polysaccharides present in mucous aggregates.

Three different mucous forms were collected in the Gulf of Trieste in Summer 1992.

The first is a "planktonic form", well known like "marine snow", the second is a "metaphytic form" present on algae and marine Phanerogames and the third is a "benthic form" present on artificial surfaces.

The "planktonic form" is caracterized by the presence of planktonic organisms like centric and pennate diatoms, coccolitophorideae and dinoflagellates.

The "metaphytic form" and the "benthic form" are instead formed by macroalgae *(Chlorophyta* and *Phaeophyta)* but diatoms and other microalgae are present and contribute to enrich the mucous aggregates.

Although, using histochemical techniques, the presence of anionic molecules were detected in all three mucous forms.

1. INTRODUZIONE

La composizione dei vari tipi di muco presenti in natura è estremamente variabile.

Il muco può essere definito come attributo ubiquitario in tutto il mondo algale (Boney, 1981), ma anche protozoi ciliati, flagellati (Guillard & Wangersky, 1958) ed altri microrganismi sono in grado di produrre essudati.

La funzione di tali essudati può essere sia strutturale (Percival & McDowell,1967), sia di protezione (Chamberlain, 1976), sia indotta da stress fisiologici (Lewin, 1955; Myklestad & Haug, 1972).

Le secrezioni di natura citoplasmatica (Daniel, 1983; Welker et al., 1992) sono legate a diversi sistemi, organali ed apparati. Tali secrezioni possono dare origine a delle componenti strutturali ben distinte o rimanere a livello di componente di matrice.

Si hanno così caratteristiche strutture morfologiche, quali peduncoli e cuscinetti per l'adesione al substrato e guaine per la formazione di colonie, mentre secrezioni mucose di matrice si trovano legate a fenomeni di locomozione (Hopkins, 1967), di veicolazione di sostanze, di riproduzione e attivazione di gameti (Claes, 1971) e spore (Boney, 1981).

In buona parte il muco è costituito da molecole polisaccaridiche cariche o neutre e tale natura può essere evidenziata mediante coloranti istochimici elettivi.

Lo scopo del presente lavoro è quello di caratterizzare i diversi tipi di muco, presenti in natura nel Golfo di Trieste, in relazione alla forma ("dispersa", "metafitica", "bentonica") e alle eventuali corrispondenze specifiche con analoghi fenomeni presenti in altri mari del bacino Mediterraneo (es. Tirreno, 1991, Sartoni & Sonni, 1991) e di investigare sulla natura istochimica delle diverse componenti.

2. MATERIALI E METODI

II materiale esaminato è stato raccolto, mediante immersioni con A.R.A., nel mese di giugno 1992 nel Golfo di Trieste, in due stazioni poste a 200 metri da riva, a profondità comprese tra i -5 ed i -15 metri (Fig. 1).

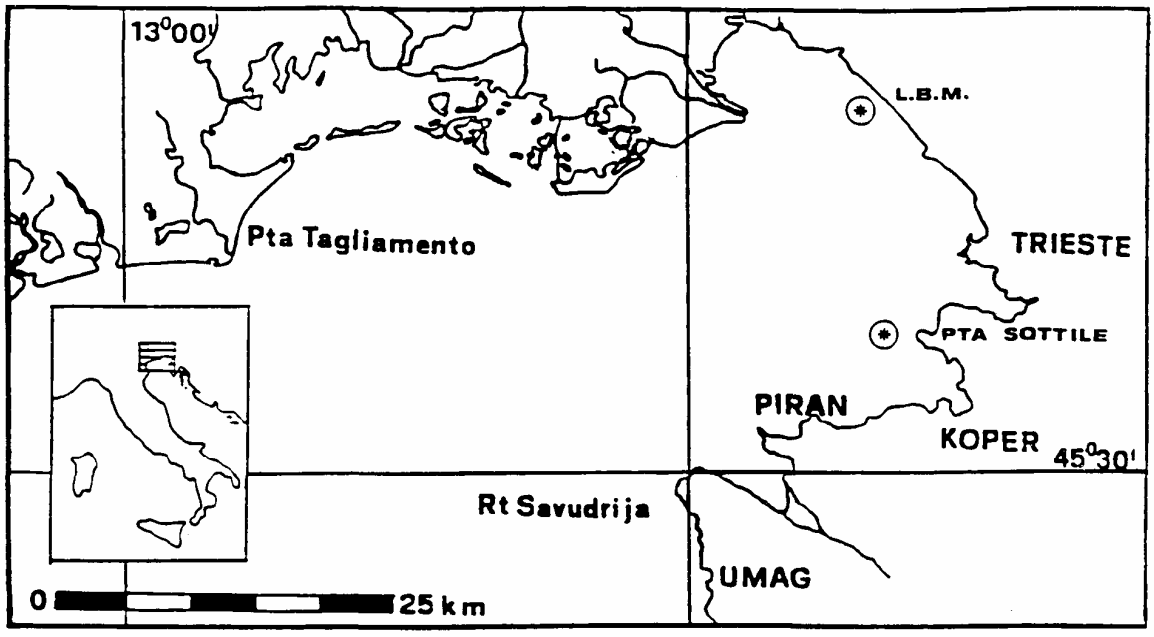


Fig. 1 - Stazioni di prelievo

La forma "dispersa" (neve marina) è stata prelevata mediante siringa (in plastica) da 5 ml, ed è stata rilevata la densità degli aggregati mediante un reticolo graduato costituito da quattro quadrati di 15x 15 cm.

Il muco bentonico, le macroalghe e le foglie di *Cymodocea nodosa* (Ucria) Aschers. sono state raccolte direttamente.

Il materiale è stato quindi fissato in una soluzione di acqua di mare e formalina al 4%, tamponata con esametilentetramina.

Per le caratterizzazioni istochimiche elettive sono stati utilizzati i seguenti coloranti:

- Ruthenium Red (Blanquett, 1976);
- Alcian Blue 8GX (Barka & Anderson, 1963).

I campioni sono stati osservati e fotografati utilizzando un Microscopio Ottico Leitz Diaplan dotato di macchina fotografica Wild Photoautomat.

3. RISULTATI E DISCUSSIONE

L'osservazione diretta in mare, in immersione, ha permesso di evidenziare tre diversi aspetti del muco presente in natura nel Golfo di Trieste.

Nella colonna d'acqua è stata osservata una forma "dispersa" (3.1.), quindi libera, nota come neve marina e presente in tutti i mari ed oceani. La comparsa di tali formazioni è un fenomeno ben conosciuto, infatti la produzione di muco da parte di diatomee è del tutto naturale, si verifica ogni estate e viene segnalata costantemente, in dimensioni e densità variabili, sia dagli studiosi che dai pescatori.

Passando al fondo è stata notata una forma ancorata, "metafilica" (3.2.) (sensu Round, 1981) su varie macroalghe ma soprattutto su fanerogame marine ed ancora una forma ancorata, "bentonica" (3.3.) (Sartoni & Sonni, 1991) rilevata sui moduli di una struttura artificiale sommersa.

3.1. Forma "dispersa"

La forma "dispersa" rinvenuta, è costituita da piccoli filamenti della lunghezza di circa 5-7 cm e del diametro di 0.3-0.5 cm, di colore biancastro, scala Seguy (1936) n. 235, distribuiti uniformemente nella colonna d'acqua dai -5 m al fondo (-15 m) e con densità abbastanza variabile di circa 30-40 fiocchi su una superficie rilevata di 15x15 cm (Fig.2).

Tali filamenti, all'osservazione microscopica appaiono caratterizzati floristicamente dalla presenza di:

a) diatomee centriche del genere *Chaetoceros* Ehr., con la predominanza delle specie *C. lauderi* Cleve e *C. decipiens* Cleve (Fig. 3) e *Leptocylindrus* Cleve, con la predominanza della specie *L. danicus* Cleve;

b) diatomee pennate del genere *Nitzschia* Hassall e da *Cylindrotheca closterium* (Ehr.) Reimann & Lewin;

e) dinoficee, tra cui il genere *Prorocentrum* Ehr., con le specie *P. micans* Ehr. e *P. minimum* (Pav.) Schill;

d) coccolitoforidee, cianoficee, exuvie di copepodi e larve di Policheti, a diversi stadi di sviluppo, si trovano inglobati all'interno della massa mucillaginosa.

Gli organismi osservati appaiono con cloroplasti e contenuto citoplasmatico intatti e così pure le componenti diatomologiche mostrano una normale silicificazione del frustulo.

Fig. 2 - Filamenti mucillaginosi nella colonna d'acqua

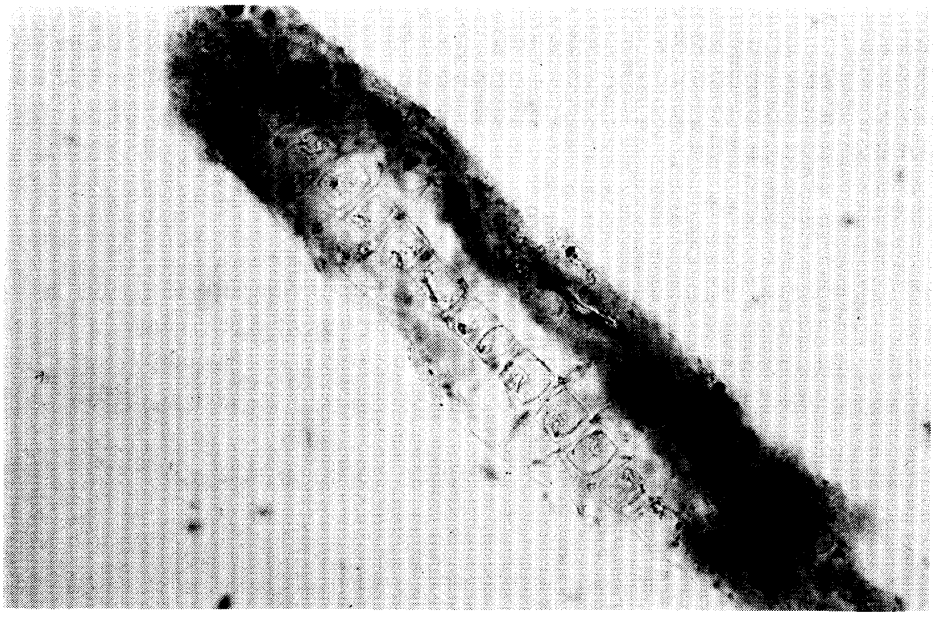


Fig. 3 - *Chaetoceros decipiens* Cleve inglobato nella matrice mucillaginosa (x 500)

3.2 Forma "metafitica"

Di tutt'altra natura appare invece la forma "metafitica" ben evidente su macroalghe (ad es. *Gracilaria verrucosa* (Hud.) Papenfuss) ma soprattutto su fanerogame marine (ad es. *Cymodocea nodosa* (Ucria) Aschers.) (Fig. 4) dove si presenta ben adesa alla porzione distale della pagina adassiale della foglia. Tali formazioni metafitiche di colore giallognolo, scala Seguy (1936) n. 262, vanno a costituire una sorta di feltro particolarmente sviluppato dato da una struttura fibrillare reticolata.

L'analisi microscopica rivela che il feltro mucoso è costituito propriamente dal groviglio di una alga verde del genere *Cladophora* Kütz. in condizioni di clorosi avanzata, le cellule infatti sono in parte depigmentate, più o meno deteriorate oltre che a

loro volta massicciamente epifitate da diatomee del genere *Cocconeis* (Ehr.) (Fig. 5) come anche da forme filamentose e coloniali di cianoficee, diatomee come *Licmophora* Agardh e *Navicula* Bory. Frammenti di macroalghe contribuiscono a dare consistenza a tale denso reticolo mucoso.

Questo eterogeneo popolamento algale si addensa ulteriormente sia per la presenza di particellato inorganico sospeso che si accumula, nel groviglio, per l'azione di filtraggio esercitata dai filamenti algali, che per la presenza di macrofauna e meiofauna inglobata all'interno (es. Nematodi).

Fig. 4 - Formazioni "metafitiche" su *Cymodocea nodosa* (Ucria) Aschers.

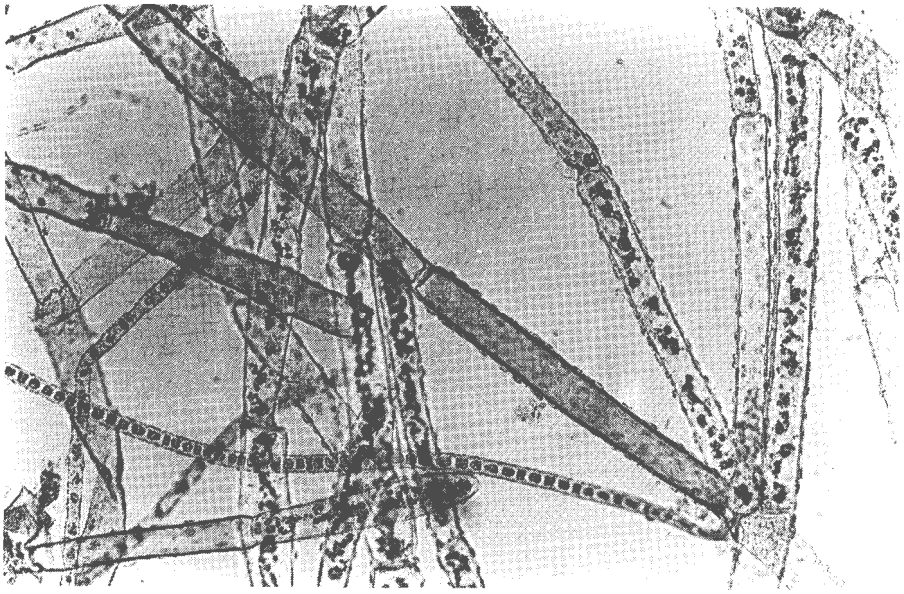


Fig. 5 - *Cladophora* sp. Kützing (*Chlorophyta*) in condizioni di clorosi avanzata (x 312.5)

3.3. Forma "bentonica"

Le abbondanti formazioni mucillaginose bentoniche presenti sulla barriera artificiale posta nelle vicinanze del Laboratorio di Biologia Marina, sembrano essere molto simili a quelle riscontrate lungo le coste toscane nell'estate 1991 (Sartoni & Sonni, 1991).

Per inciso ricordiamo che tale struttura sommersa, costituita da moduli di cemento è stata posizionata di recente, a partire dall'estate 1989, per cui la colonizzazione è alle prime fasi di copertura (Falace & Bressan, 1990; Falace & Bressan, in press).

Nel mese di giugno le pareti orizzontali di questa struttura erano ricoperte da un fitto tappeto mucoso alto 10-15 cm. e di colore bruno grigiastro, scala Seguy (1936) n. 703. Le pareti verticali invece erano colonizzate per lo più da animali e solo piccole frange mucose ricadevano a livello degli spigoli.

Ad un esame diretto tali formazioni apparivano colonizzate da macrofauna (es. Nematodi) e ricoperte da una notevole quantità di sedimento, frammenti di macroalghe ed aghi di pino (Fig. 6).

Analogamente ai popolamenti mucillaginosi metafitici (sensu Round, 1981) del Tirreno, il groviglio è generato da una macroalga bruna dell'Ordine delle *Ectocarpales (Phaeophyta)* molto simile ad *Acinetospora crinita* (Carm.) Sauvageau rinvenuta da Sartoni & Sonni (1991) lungo le coste toscane nell'estate 1991.

L'esame microscopico della componente strutturale permette di rilevare come le cellule algali siano normalmente pigmentale, con contenuto citoplasmatico e con organi riproduttivi evidenti, distinti in sporocisti pluriloculari e monoloculari, sia sessili che peduncolate (Fig. 7).

Diatomee e cianoficee, oltre a notevole quantità di particellato, contribuiscono, anche in questo caso, a dare consistenza all'insieme mucoso.

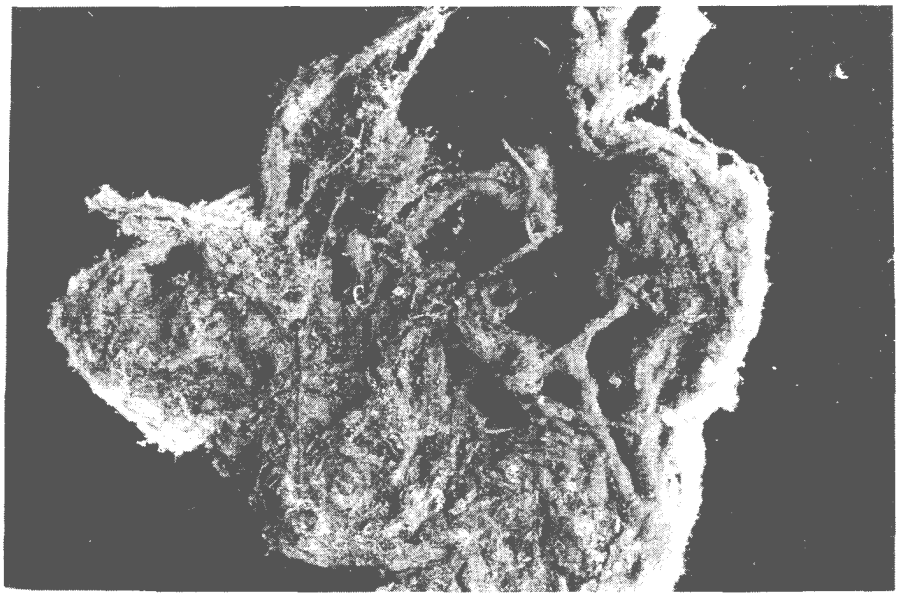


Fig. 6 - Formazioni mucillaginose bentoniche

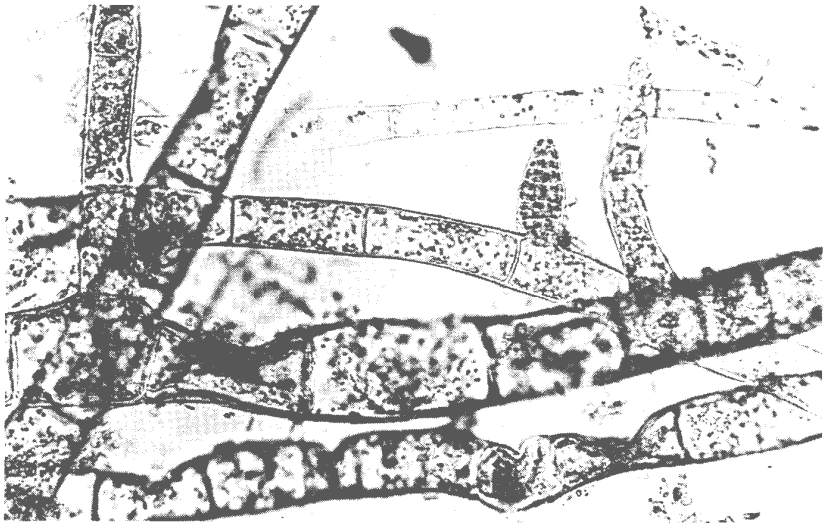


Fig. 7 - Alga bruna dell'Ordine delle *Ectocarpales* (*Phaeophyta*) (x 312.5)

3.4. Caratterizzazioni istochimiche

Al fine di cogliere una possibile somiglianza a livello di componente mucosa tra queste tre forme, tanto diverse per origine e struttura, si è cercato di caratterizzare la natura istochimica delle relative macromolecole mediante colorazioni elettive specifiche.

L'impiego di coloranti altamente selettivi, ha permesso di mettere in luce come tutti i campioni presentino polisaccaridi anionici.

Nella forma "dispersa" (3.1.), non si nota la formazione di alcuna struttura morfologica evidente, ma la secrezione polisaccaridica rimane in questo caso una indistinta componente di matrice di natura fibrillare.

Al contrario, sia nella forma "metafitica" (3.2.) che in quella "bentonica" (3.3.), tali macromolecole entrano a far parte di una vera e propria struttura, la parete cellulare, e possono essere in tal modo considerati polisaccaridi strutturali (Fig. 8).

Della stessa natura appaiono anche le macromolecole polisaccaridiche rinvenute nelle guaine delle cianoficee filamentose e nelle strutture di sostegno e di adesione delle diatomee coloniali che contribuiscono a dare consistenza al denso reticolo mucoso.

Tali diverse strategie di produzione e liberazione dei polisaccaridi sono legate alle caratteristiche proprie della specie al gale (Percival & McDowell, 1967) ed alle condizioni ambientali (Lewin, 1955).

La quantità di materiale rilasciato nell'ambiente dalle microalghe può rappresentare una frazione considerevole della sostanza organica prodotta (Lewin, 1956).

Infatti alcune alghe sono in grado di rilasciare tali sostanze già durante la fase attiva di crescita (es. *Chlamydomonas* sp.), mentre altre producono polisaccaridi extracellulari solamente quando entrano nella fase stazionaria (es. *Isochrysis* sp., *Dunaliella tertiolecta,* Guillard & Wangersky, 1958).

Le macroalghe producono una grande varietà di polisaccaridi complessi che vengono però rilasciati attraverso le cellule per formare poi la matrice della parete cellulare (Percival & McDowell, 1967). In questo caso i polisaccaridi secreti possono essere definiti come una componente strutturale propria dell'alga poiché legata ad un tessuto o localizzata negli spazi intercellulari (Parker & Diboll, 1966).

Tali polisaccaridi costituiscono parte integrante della parete cellulare ma la liberazione di tali sostanze è particolarmente stimolata da condizioni di stress, di senescenza o quando l'alga è in via di decomposizione (Watt, 1969; Guillard & Hellebust, 1971; Mann, 1973) (Fig. 9). Tali sostanze debbono essere così considerate dei prodotti extracellulari che per motivi fisiologici legati a fattori di membrana, vanno a costituire una parte del materiale polisaccaridico rilasciato nell'ambiente.

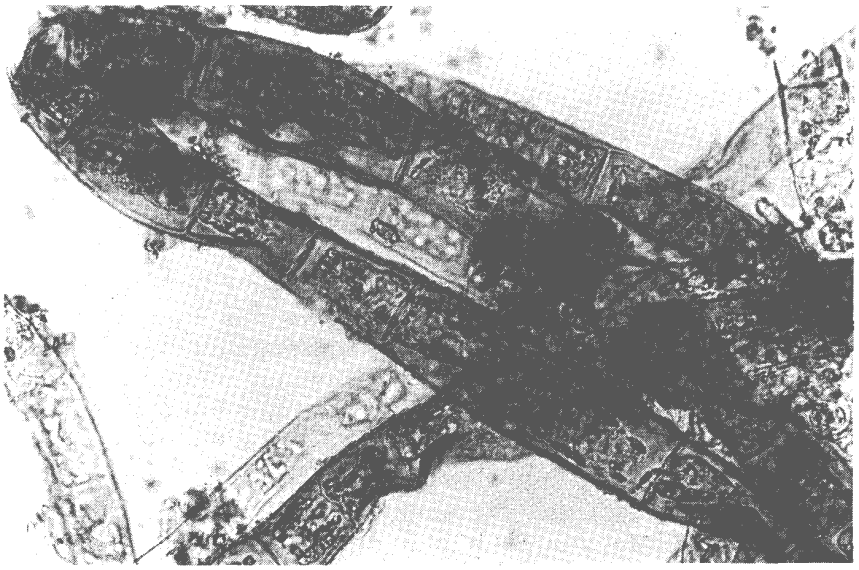


Fig. 8 - Caratterizzazione istochimica (Ruthenium Red) dei polisaccaridi strutturali della forma bentonica (*Ectocarpales*, *Phaeophyta*) (x 312.5)

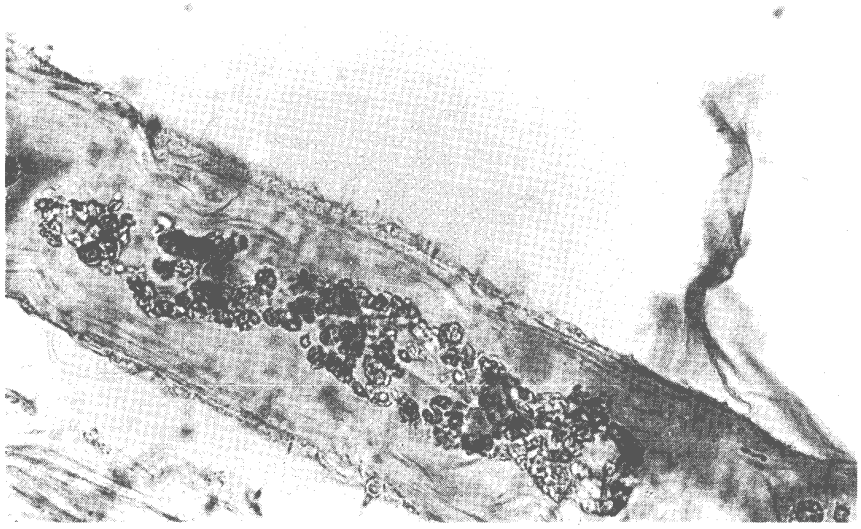


Fig. 9 - Caratterizzazione istochimica (Alcian Blue 8GX) dei polisaccaridi strutturali di *Cladophora* sp. Kützing (*Chlorophyta*), in condizioni di senescenza (x 500)

4. CONCLUSIONI

In conclusione, si può affermare che tutti i popolamenti mucillaginosi rinvenuti nel Golfo di Trieste possono costituire un microcosmo per diversi organismi sia vegetali che animali che progressivamente si aggregano provvedendo ad aumentare la stessa massa mucillaginosa iniziale.

In relazione alla forma "dispersa" tale fenomeno di aggregazione può essere sicuramente imputato alle caratteristiche proprie dei filamenti che spostandosi, per i movimenti della massa d'acqua, entrano in contatto con particellato e vario materiale organico e sono sottoposti all'effetto spugna imputabile alla matrice gelatinosa.

Al contrario, le formazioni mucillaginose "metafitiche", svolgono una azione di filtraggio esercitata dal denso reticolo dei filamenti algali e costituiscono un ambiente favorevole alla vita ed allo sviluppo di stadi iniziali di meiofauna e macrofauna.

Anche se non si conosce molto delle formazioni mucillaginose "bentoniche" che si sviluppano avvolgendo, più o meno completamente, organismi sessili, è stata individuata una parziale corrispondenza a livello tassonomico fra il muco bentonico del Golfo di Trieste ed i popolamenti metafitici rinvenuti lungo le coste toscane ed in altre località tirreniche.

In tutti i casi comunque si è potuto notare che alla base delle formazioni rivenute vi è una componente mucopolisaccaridica di natura acida, che rimane come secrezione di matrice nella forma dispersa, mentre entra a far parte di vere e proprie strutture morfologiche nelle forme ancorate.

Per quanto riguarda il Golfo di Trieste saranno necessarie ulteriori indagini in merito alla proliferazione delle formazioni mucillaginose bentoniche, soprattutto perché non ancora segnalate su substrati naturali. Sarà necessaria una attenta analisi dei diversi stadi di sviluppo delle alghe pluricellulari bentoniche responsabili e delle condizioni ambientali che possono influire sulla comparsa ed il successivo sviluppo di tali aggregati.

Infine, confronti con settori biogeografici diversi, ma vicini, permetteranno una miglior comprensione e controllo del fenomeno che recentemente ha creato numerosi problemi all'esercizio della pesca lungo le coste toscane e tirreniche.

RINGRAZIAMENTI

L'autore desidera ringraziare il prof. G. Bressan per l'aiuto e la lettura critica del lavoro, la prof. S. Fonda Umani per la lettura critica del lavoro, la prof. L. Talarico per i suggerimenti ed il sig. A. Doz per l'assistenza fotografica.

BIBLIOGRAFIA

Barka, T. & P.J. Anderson. 1963. Histochemistry, Hoeber Medicai Division, Harper and Row, Pubbl. New York.

Blanquet, P.R. 1976. Ultrahistochemical study on ruthenium red surface staining. Part II. Nature and affinity of the electron dense marker. *Histochemistry,* 47: 175-189.

Boney, A.D.1981. Mucilage: the ubiquitous algal attribute. *Br. phycol. J.,* 16: 115-132.

Chamberlain, A.H.L. 1976. Algal settlement and secretion of adhesive materials.-In • *Proceeding of the 3rd International biodegradation symposium.* Ed. by J.M. Sharpley & A.M. Kaplan. Applied Science Publ., London: 417-432.

Claes, H. 1971. Autolyse der Zellwand bei den Gameten von *Chlamydomonas reinhardii. Arch. Mikrobiol,* 78: 180-188.

Daniel, G.F.. 1983. The Importance of Diatoms as Marine Fouling Organisms. *Ph.D. Thesis,* Portsmouth Polytechnic.

Falace, A. & G. Bressan. 1990. Dinamica della colonizzazione algale di una barriera artificiale sommersa nel Golfo di Trieste: macrofouling. *Hydrores,* 7 (8): 5-27.

Falace, A. & G. Bressan. In press. Some observations on periphyton colonization of artificial substrates in the Gulf of Trieste (North Adriatic Sea). In *Proceeding of the 5th International Conference on Aquatic habitat enhancement.* 3-7 november 1991, Long Beach. *Bull. Marine Science* .

Guillard, R.R.L. & P.J. Wrangesky. 1958. The production of extracellular carbohydrates by some marine flagellates. *Limnol. & Oceanogr.,* 3: 449-454.

Guillard, R.R.L. & J.A. Hellebust. 1971. Growth and the production of extracellular substances by two strains of *Phaeocystis poucheti. J. Phycol., 1:* 330-338.

Hopkins J.T. 1967. The diatoms trail. *J. Quekett Microscop. Club,* 30: 209-217.

Lewin, J.C. 1955. The capsule ofthe diatom *Navicula pelliculosa. J. Gen. Microbiol.,* 13: 162-169.

Lewin, J.C. 1956. Extracellular polysaccharides of green algae. *Con. J. Microbiol.,* 2: 665-672.

Mann, K.H. 1973. Seaweeds: their productivity and strategy for growth. *Science,* 182/4116:975-981.

Myklestad, S. & A. Haug. 1972. Production of carbohydrates by the marine diatom *Chaetoceros affinis* var. *willei* (Gran) Hustedt. I. Effect of the concentration of nutrients in the culture medium. /. *exp. mar. Biol. Ecol.,* 9: 125-136.

Parker, B.C. & A.G. Diboll. 1966. Alcian stains for histochemical localization of acid and sulfated polysaccharides in algae. *Phy colo già,* 6: 37-46.

Percival, E. & R.H. McDowell. 1967. Chemistry and enzymology of marine algal polysaccharides. Accademie Press, London & New York.

Round, F.E. 1981. The ecology of algae. University Press, Cambridge.

Sartoni, G. & C. Sonni. 1991. *Tribonema marinum* J. Feldmann e *Acinetospora crinita* (Carmichael) Sauvegeau nelle formazioni mucillaginose bentoniche osservate sulle coste toscane nell'estate 1991. *Inforni. Eoi. hai,* 1/23: 23-30.

Seguy, E. 1936. Code universel des couleurs (720 couleurs). Ed. P. Lechevalier, Paris.

Watt, W.D. 1966. Release of dissolved organic material from the cells of phytoplankton populations. *Proc. R. soc. B.,* 164: 521-551.

Welker, C., Dellavalle G. & G. Bressan. 1992. Light microscope histochemistry of Diatoms in the Gulf of Trieste (North Adriatic Sea). *Rapp. Comm. int. Mer Médit.,* 33: 365.

Atti del 10° Congresso A.I.O.L.
Alassio, 4-6 Novembre 1992
da pag. 441 a pag. 450

ALCUNE OSSERVAZIONI SULLA FORMAZIONE DI FILAMENTI MUCOSI IN CONDIZIONI CONTROLLATE

Marina MONTI, Chiara WELKER, Giuseppe DELLA VALLE e Licia CASARETTO

Laboratorio di Biologia Marina - Strada Costiera, 336 - 34010 Trieste

SUMMARY

In May 1992 surface and bottom (16 m) sea water samples were collected in the Gulf of Trieste (Northern Adriatic Sea). The samples (20 litres) were placed in plastic tanks and stored at temperature and light controlled. After ten days a formation of some mucous filamento in bottom water samples occurred. The filaments were observed under light, scanning and transmission microscopes. At fixed intervals subsamples of water were taken for phytoplankton, clorophyll a, and nutrient analyses. Mucus analysis revealed a succession of species in the formation of mucilaginous filaments. Several *Chaetoceros* species were included in the first small aggregates, then pennate diatoms (species *Cylindrotheca closterium* (Ehr.) Reimann & Lewin) formed larger mucous filaments. Differences in nutrient and phytoplankton values between surface and bottom water were detected while SiO_2 followed a similar trend in ali the different tanks. Two hypothesis are discussed. The former considers that mucous formation, in the bottom water, is related to high diatom concentration, supported by high $P\text{-}PO_4$ values. The latter considers two populations of *C.closterium,* separated by a strong picnocline at the sampling time. The mucous formation, in this case, could be attributed to a different reaction, by the two populations, to the same controlled increase of light intensity and temperature.

1. INTRODUZIONE

Negli ultimi anni l'Alto Adriatico è stato interessato dalla presenza di imponenti quantità di aggregati mucillaginosi. Tali aggregati sembrano essere della stessa natura di quelli segnalati anche nel secolo scorso nelle acque dello stesso mare (Fonda Umani et al., 1989). Ciò nonostante non si hanno ancora sufficienti elementi per poter spiegare in modo esauriente le cause e la dinamica di formazione di masse imponenti di materiale mucillaginoso.

Gli studi finora condotti si riferiscono soprattutto all'analisi della composizione tassonomica degli aggregati mucillaginosi raccolti in mare (Fanuko et al., 1989; Marchetti et al., 1989; Revelante & Gilmartin, 1990; Stachowitsch et al., 1990; Andreoli et al, 1992; De Angelis & De Angelis, 1992; Honsell & Talarico, 1992; Guerrera et al., 1992; Monti et al., 1992b; Pettine et al., 1992). Le analisi qualitative effettuate hanno presentato sempre notevoli difficoltà perché i fattori che possono influenzare e modificare l'originale natura degli aggregati sono molteplici, quali, ad esempio, la zona di formazione, l'area e le modalità di prelievo, il tempo trascorso in mare, le condizioni meteo-marine etc. Sappiamo inoltre che gli ammassi mucosi costituiscono un

microhabitat estremamente favorevole per differenti comunità di batteri, microalghe e flagellati eterotrofi (Silver et al., 1978; Caron et al, 1982; Alldredge & Youngbluth, 1985; Alldredge et al., 1986; Herndl & Peduzzi, 1988; Lochte, 1991; Volterra et al., 1992), che possono svilupparsi in un secondo tempo e modificarne in tal modo la composizione originaria.

I nutrienti rivestono un ruolo particolarmente importante nella iperproduzione di essudati. Più Autori (Myklestad & Haug, 1972; Myklestad et al., 1989) riportano la diretta correlazione tra tale comportamento e gli squilibri nella disponibilità dei nutrienti. Sembra infatti che in carenza di uno degli elementi nutritivi di base, come il fosforo (Myklestad et al., 1989) o l'azoto (Rinaldi et al., 1990) le diatomee, impedite nella funzione riproduttiva e quindi nella formazione di nuova biomassa, producano polisaccaridi. La carenza di fosfati inibisce o, quantomeno, rallenta la divisione cellulare (Pirson et al., 1952) e favorisce un'accumulo di carboidrati all'interno delle cellule (Kuhl, 1968).

Negli ultimi anni condizioni climatiche particolari hanno influito sulla distribuzione dei nutrienti presenti nell'Alto Adriatico (Degobbis, 1989; Marchetti, 1990; Fanuko & Turk, 1990).

Alcuni dei fattori secondari, che disturbano la reale natura degli aggregati, possono essere eliminati solo lavorando in laboratorio, in condizioni controllate. Studi in merito hanno permesso di comprendere la natura fisica dell'aggregazione della "neve marina" e dei macrofiocchi (Kranck & Milligan, 1980), ma ancora molti dubbi sussistono sull'origine e sull'evoluzione degli aggregati in relazione alla componente biotica (Herndl, 1988; Casaretto et al., 1992; Monti et al., 1992a).

Proprio per cercare di comprendere quali siano le cause e gli organismi implicati nella produzione di grandi masse di muco, sono state condotte alcune esperienze in laboratorio.

2. MATERIALI E METODI

Campioni d'acqua sono stati raccolti il 15 maggio 1992 in una stazione posta a circa un miglio al largo del Laboratorio di Biologia Marina di Trieste (Fig. 1).

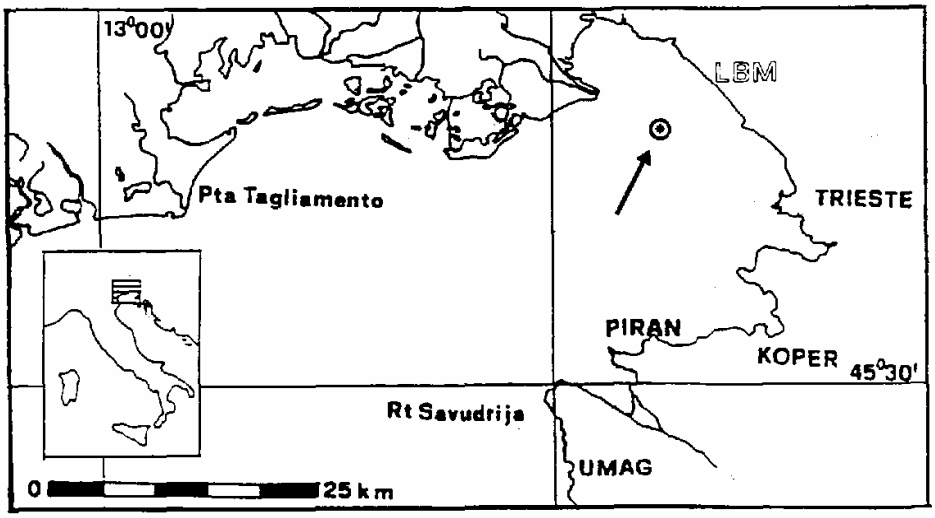


Fig. 1 - Stazione di prelievo

I prelievi sono stati effettuati alla quota superficiale ed al fondo (16 m), mediante l'utilizzo di una bottiglia Niskin da 5 litri. Contemporaneamente sono stati rilevati i dati di temperatura, salinità, ossigeno disciolto e pH con una sonda multiparametrica Idronaut mod. 401.

I campioni d'acqua, trasferiti in vaschette di plastica della capienza di 20 litri, sono stati posti in condizioni controllate di luce e temperatura (rapporto luce:buio di 16:8; temperatura di 20 °C).

A scadenza fissa sono stati prelevati dei subcampioni d'acqua per caratterizzare quali-quantitativamente il fitoplancton e per l'analisi dei nutrienti. Campioni d'acqua per l'analisi della clorofilla a sono stati raccolti il giorno del campionamento in mare (15 maggio 92) e l'ultimo giorno dell'esperimento (15 giugno 92). Sono stati inoltre registrati giornalmente i valori di temperatura, salinità, ossigeno disciolto e pH con l'utilizzo di una sonda da laboratorio (WTW mod. OXI196, WTW mod. LF 196, ORION mod. SA 250 equip. con elettrodo RHOSS).

Le concentrazioni dei nutrienti ($P\text{-}PO_4$, $N\text{-}NO_2$, $N\text{-}NO_3$, $N\text{-}NH_3$) e $SI\text{-}SIO_2$ sono state misurate ogni tre giorni. Le analisi sono state effettuate mediante colorimetria con un analizzatore a flusso continuo Alliance mod. Integral, secondo le procedure analitiche di Strickland & Parson (1972).

Le analisi della clorofilla § sono state condotte spettrofotometricamente secondo il metodo Panella & Magazzù (1978). Per l'analisi del fitoplancton sono stati prelevati 30 cc di acqua ogni tre giorni. Il materiale è stato immediatamente fissato con formalina al 4 % tamponata con tetraborato di sodio ed analizzato al microscopio rovesciato secondo il metodo di Utermóhl (1931).

L'analisi dei campioni di muco, formati nelle vaschette, è stata solo di tipo qualitativo, i filamenti sono stati osservati al microscopio ottico rovesciato, al microscopio ad epifluorescenza, al microscopio elettronico a scansione (SEM) e a quello a trasmissione (TEM).

II materiale per il SEM è stato filtrato su filtri Nuclepore 0.8 µm, disidratato in una serie graduale di etanolo ed analizzato con un microscopio elettronico Philips 201 dopo metallizzazione con Oro-Palladio.

I campioni per il TEM sono stati trattati con un agente ossidante (comunicazione personale della Dr.ssa A.M. Schmid), posti su retini, in rame ricoperti con formvar, da 300 mesh ed osservati al microscopio elettronico Philips 201.

3. RISULTATI E DISCUSSIONE

3.1 Nutrienti, SiO2 e clorofilla

L'analisi dei nutrienti da noi effettuate durante l'esperimento, ha messo in luce come l'andamento del $P\text{-}PO_4$ presenti delle fluttuazioni. I valori presenti nell'acqua di superficie sono pari a 0.01 µM dm^{-3} all'inizio dell'esperimento, 2.34 (µM dm^{-3} dopo sei giorni, 3.98 µM dm^{-3} dopo tredici giorni, fino a raggiungere un massimo di 7.56 (µM dm^{-3} alla fine dell'esperimento (Fig. 2). Nell'acqua di fondo si passa da un valore iniziale di 0.18 µM dm^{-3} al valore di 4.01 (µM dm^{-3}, raggiunto al terzo giorno. Nei giorni seguenti i valori sono rimasti sempre al di sotto di 1.5 µM dm^{-3} (Fig. 2). In coincidenza con la formazione dei grumi e del filamento (21 - 25 maggio), la concentrazione del $P\text{-}PO_4$ cala quasi a zero, per risalire il 4 giugno, dopo circa una settimana dalla formazione del filamento (Fig. 2).

Le fluttuazioni dei valori di P-PO_4 sono in concordanza di fase con quelle di N-NO_2, N-NO_3 ed N-NH_3 nell'acqua superficiale, mentre sono in discordanza di fase solo con N-NO3 nell'acqua di fondo (Fig. 2). Nell'acqua di superficie la silice raggiunge il massimo assoluto il 21 maggio (5.04 µM dm^{-3}), mentre nell'acqua di fondo i valori sono inferiori, con un massimo di 2.71 µM dm^{-3} sempre il 21 maggio. Dopo la formazione del filamento si sono registrati i valori minimi (Fig. 2).

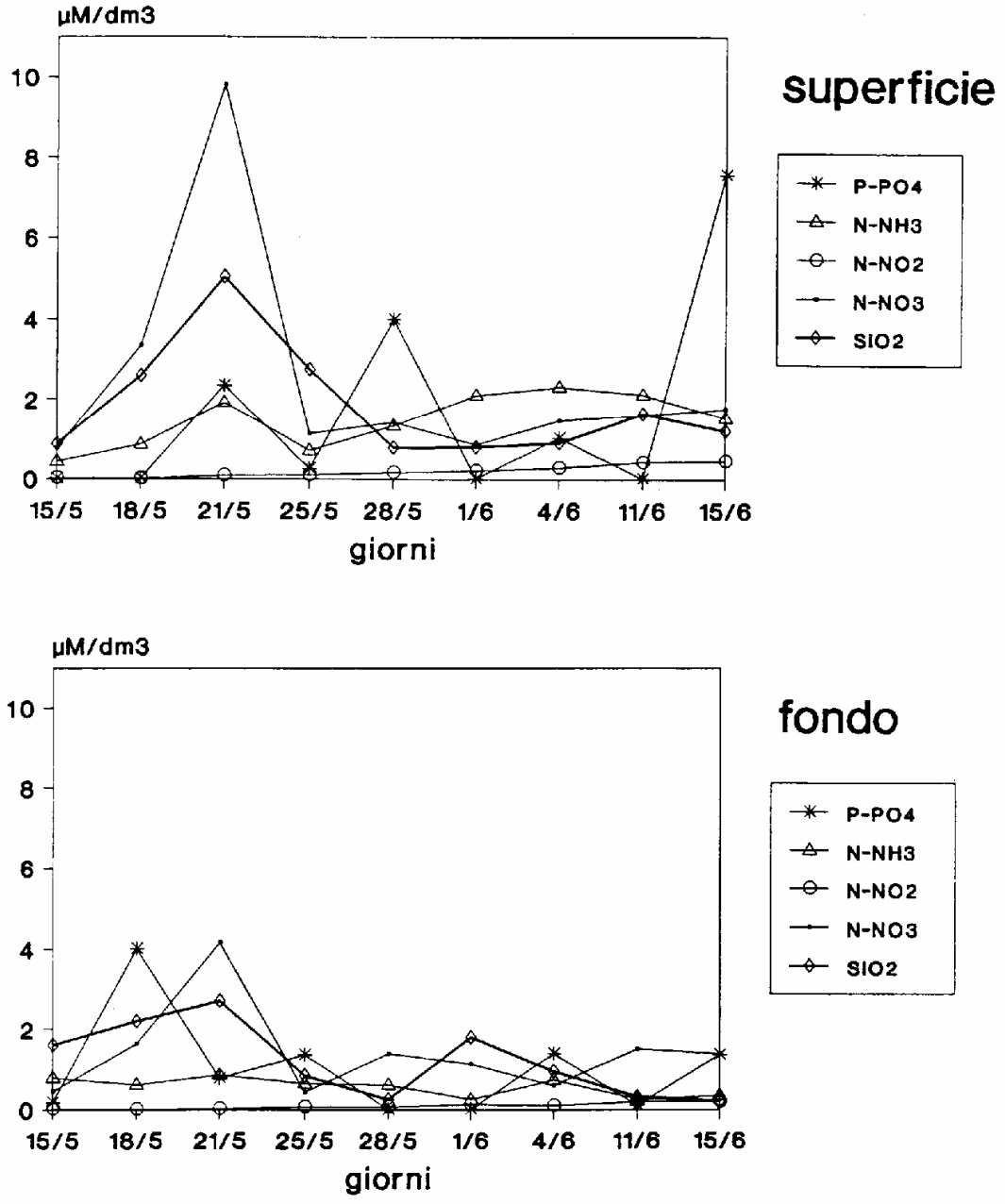


Fig. 2 Andamento di P-PO_4, N-NH_3, N-NO_2, N-NO_3 e Si-SiO_2

Il rapporto N/P, ottenuto dalla sommatoria di azoto nitrico + azoto nitroso + azoto ammoniacale / ortofosfato, nell'acqua di fondo presenta dei valori molto variabili e non concordanti con quelli calcolati per l'acqua di superficie (Tab. 1).

		$P\text{-}PO_4$	$N\text{-}NO_3$	$N\text{-}NO_2$	$N\text{-}NH_3$	$Si\text{-}SiO_2$	N/P
		$\mu M\ dm^{-3}$	$\mu M\ dm^{-3}$	$\mu M\ dm^{-3}$	$\mu M\ dm^{-3}$	$\mu M\ dm^{-3}$	
15.05.92	superficie	0.01	0.77	0.03	0.44	0.87	124
	fondo	0.18	0.45	0.02	0.79	1.60	7
18.05.92	superficie	0.01	3.35	0.01	0.86	2.60	422
	fondo	4.01	1.63	0.01	0.61	2.21	0.56
21.05.92	superficie	2.34	9.81	0.09	1.92	5.04	5.05
	fondo	0.79	4.16	0.03	0.86	2.71	6.39
25.05.92	superficie	0.25	1.13	0.11	0.71	2.74	7.80
	fondo	1.35	0.43	0.07	0.65	0.84	0.85
28.05.92	superficie	3.98	1.41	0.16	1.33	0.79	0.73
	fondo	0.01	1.38	0.08	0.61	0.26	207
01.06.92	superficie	0.01	0.86	0.21	2.10	0.80	317
	fondo	0.01	1.13	0.13	0.26	1.80	152
04.06.92	superficie	1.03	1.47	0.29	2.31	0.91	3.95
	fondo	1.38	0.60	0.11	0.73	0.95	1.04
11.06.92	superficie	0.01	1.60	0.42	2.11	1.63	413
	fondo	0.11	1.50	0.20	0.25	0.32	17.7
15.06.92	superficie	7.56	1.75	0.45	1.52	1.21	0.49
	fondo	1.35	1.37	0.19	0.35	0.21	1.41

Tab. 1 - Valori dei nutrienti, $Si\text{-}SiO_2$ e del rapporto N/P nell'acqua prelevata dalle vasche a scadenza fissa.

La clorofilla a, è stata misurata il giorno del campionamento e l'ultimo giorno dell'esperimento. Le concentrazioni nell'acqua di superficie ed in quella di fondo sono risultate simili ed, in entrambi i casi, si è registrato un sensibile aumento. I valori variano da 0.34 mg m^{-3} del 15 maggio a 1.24 mg m^{-3} per la superficie e 1.13 mg m^{-3} per il fondo il 15 giugno.

3.2. Fitoplancton

L'analisi qualitativa dei campioni d'acqua, raccolti all'interno delle vaschette ogni tre giorni, ha portato alla determinazione di diatomee centriche, con alcune specie del il genere *Cyclotella,* e di diatomee pennate, con alcune specie dei generi *Nitzschia, Navicula, Cylindrotheca, Thalassiotrix* e *Thalassionema..* Sempre presenti inoltre le dinoficee, con il genere *Gymnodinium* e la specie *Prorocentrum micans* Ehrenberg. Sia

nell'acqua di superficie che in quella di fondo sono sempre risultati ben rappresentati i microflagellati e la composizione specifica non ha evidenziato sostanziali differenze.

L'analisi quantitativa ha evidenziato valori che non superano mai 400000 cell dm^{-3}. La superficie ha presentato concentrazioni mediamente più elevate rispetto all'acqua di fondo, con una prevalenza delle dinoficee sulle diatomee. Nell'acqua di superficie le dinoficee variano da 22434 cell dm^{-3} il 18 maggio fino a valori prossimi allo zero il 4 giugno. Nelle due settimane seguenti si è quindi verificato un aumento fino ad una concentrazione finale di 22972 cell dm^{-3}. Le diatomee variano da un massimo di 9000 cell dm^{-3} il 21 maggio fino a valori prossimi allo zero nell'ultimo periodo di esperimento. Nell'acua di fondo le dinoficee mostrano un graduale aumento (da 8590 cell dm^{-3} il 15 maggio a 70600 cell dm^{-3} l'11 giugno), mentre le diatomee hanno mostrato un massimo assoluto il 21 maggio con 251770 cell dm^{-3}, per rimanere poi sempre al di sotto di 50000 cell dm^{-3}. I popolamenti fitoplanctonici a diatomee sono inoltre risultati concordi all'andamento della silice.

I microflagellati mostrano, nell'acqua di superficie, un andamento in accordo con le diatomee (valore massimo di 252160 cell dm^{-3} il 21 maggio) mentre nell'acqua di fondo raggiungono la massima concentrazione, con 401050 cell dm^{-3} dopo la formazione dei filamenti mucosi.

3.3. Filamenti mucosi

Dopo dieci giorni dall'inizio dell'esperimento dei piccoli agglomerati mucosi sono comparsi nelle vasche contenenti acqua di fondo. L'analisi al microscopio ottico di tali grumi ha permesso di rilevare l'esclusiva presenza di diatomee centriche con la dominanza del genere *Chaetoceros* ed in misura minore del genere *Cyclotella.*

Un ulteriore approfondimento è stato condotto con l'utilizzo del SEM. Si è cosi notata la presenza di due diverse specie del genere *Chaetoceros* ed è stata possibile la determinazione della specie *Cyclotella bodanica* Eulenst.

Dopo due giorni dalla comparsa degli agglomerati, nelle stesse vasche, si sono sviluppati dei filamenti mucosi. Tali filamenti si sono distribuiti dalla superficie dell'acqua fino al fondo delle vasche, aderendo in parte alle pareti di queste in modo da formare una apparente ragnatela (Fig. 3). Piccole porzioni di filamenti sono state prelevate ed analizzate al microscopio ottico. Tali analisi hanno evidenziato una notevole abbondanza di diatomee pennate, pur rimanendo ancora ben rappresentate le diatomee centriche.

L'osservazione al microscopio ad epifluorescenza ha evidenziato inoltre la vitalità di tutte la cellule e la loro attività fotosintetica. Un ulteriore studio al SEM dei filamenti ha permesso l'identificazione dei generi *Cylindrotheca, Amphiprora e Thalassionema,* mentre le diatomee centriche erano rappresentate ancora da catene del genere *Chaetoceros.* Le catene apparivano, in questo caso, spezzate, formate da cellule e sete molto rovinate. Per una corretta indagine tassonomica è stato utilizzato il TEM ed è stata quindi classificata la diatonica *Cylindrotheca closterium* (Ehr.) Reimann & Lewin. Per la classificazione sono state evidenziate le strie ondulate, irregolari ed oblique, le fibulae e la punteggiatura lungo il canale del rafe.

I filamenti sono stati prelevati ed analizzati periodicamente per seguire l'evoluzione degli organismi inglobati. I popolamenti fitoplanctonici presenti al loro interno hanno evidenziato un graduale cambiamento in composizione. Si è infatti notata la sempre maggiore presenza di diatomee pennate, appartenenti ai generi *Nitzschia, Cylindrotheca,*

Amphiprora e *Thalassionema*, mentre le diatomee centriche, appartenenti al genere *Chaetoceros,* diminuivano gradualmente fino a scomparire del tutto negli ultimi prelievi.

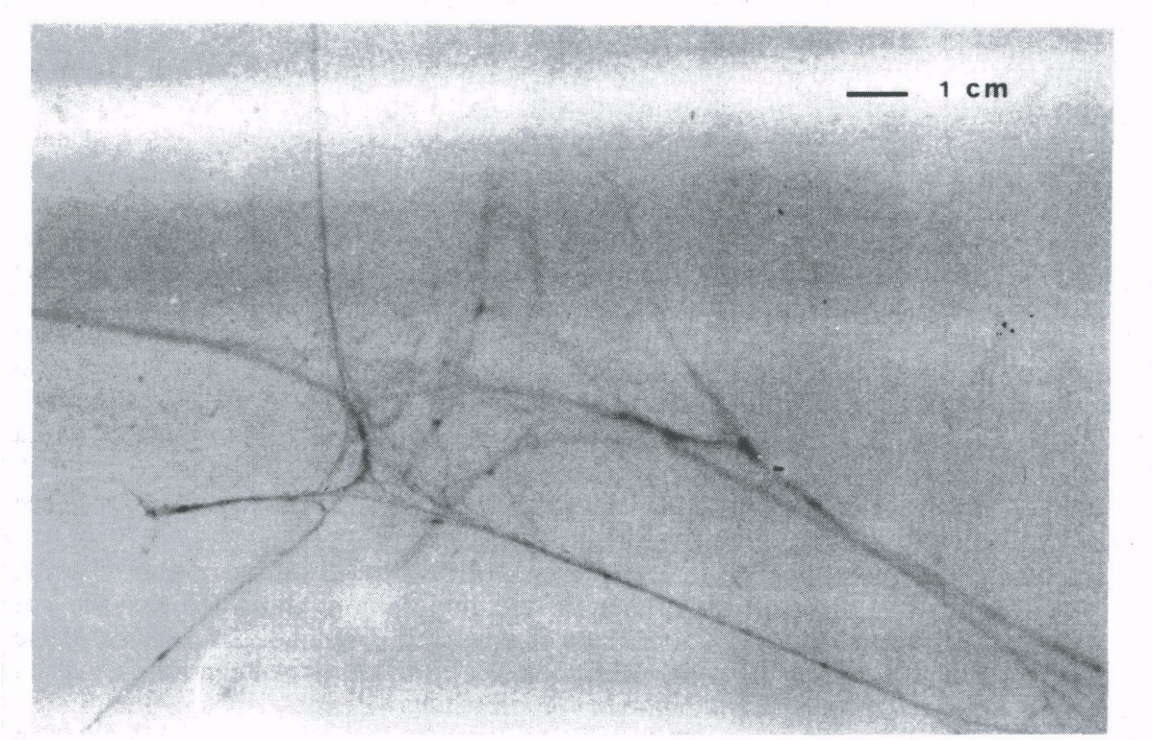


Fig. 3 - Filamenti mucosi formati nell'acqua di fondo posta a condizioni controllate di luce e temperatura.

3.4. Parametri chimico-fisici

Poco si conosce sugli effetti della temperatura sulla produzione di composti algali esogeni, ma si sa che rapidi cambiamenti delle condizioni ambientali, inclusa la temperatura, spesso portano al rilascio di alte concentrazioni di materiale extracellulare (Jones & Stewart, 1969; Sieburth, 1969).

La temperatura, al momento del camponamento, era di 16.2 °C in superficie e di 13.3 °C al fondo. La colonna presentava un netto termoclino tra 2 e 7 metri. Una volta posta nelle vasche l'acqua si è mantenuta ad una temperatura costante di 20 °C.

Anche i valori di salinità indicavano una stratificazione al momento del campionamento, con dei valori che passavano da 36.2 PSU in superficie a 37.4 PSU al fondo. Una volta posta nelle vaschette la salinità ha avuto un costante aumento fino ad arrivare a 44 PSU per l'acqua di superficie e 40 PSU in quella di fondo. L'aumento dei valori di salinità all'interno delle vasche è probabilmente da imputare al fenomeno di evaporazione al quale sono state soggette. Parallelamente sono state anche rilevate delle piccole variazioni nel valore del pH (min 8.09, max 8.20).

L'ossigeno ha presentato un andamento simile nelle diverse vasche, con una diminuzione nel periodo dal 18 (5-5.8 mgO_2 ml^{-1}) al 21 maggio (4.2-4.3 mgO_2 ml^{-1}), si è mantenuto più o meno costante nei giorni corrispondenti alla formazione dei filamenti (4.6-4.7 mgO_2 ml^{-1}) per risalire il 28 maggio (5.2-5.4 mgO_2 ml^{-1}), dopo la loro formazione.

4. CONCLUSIONI

L'esperienza da noi condotta ha portato alla formazione di filamenti mucosi nella vasca contenente acqua di fondo.

Tali filamenti hanno presentato un'evoluzione sia nella fisionomia che nella composizione. Ai piccoli aggregati mucosi, presenti nella fase iniziale, è seguita la formazione di filamenti con struttura ben definita, spesso simile ad una ragnatela. Parallelamente a tale evoluzione morfologica, anche i popolamenti fitoplanctonici rilevati all'interno delle formazioni hanno evidenzialo un graduale cambiamento. Si è passati infatti da un popolamento costituito quasi esclusivamente da diatomee centriche, formanti gli agglomerati, ad uno formato da diatomee pennate che, con la dominanza della specie *C. closterium,* costituivano il filamento finale.

L'analisi qualitativa dei popolamenti fitoplanctonici presenti nell'acqua di superficie ed in quella di fondo non ha evidenziato sostanziali diversità. I valori quantitativi sono risultati tra loro paragonabili fino ai giorni precedenti la formazione dei filamenti, quando, nell'acqua di fondo, si è notato un sensibile aumento di diatomee, dato soprattutto dalla specie *C. closterium.* Tale aumento è probabilmente legato all'alta concentrazione di fosforo presente il 18 maggio solo nell'acqua di fondo, e questa disponibilità avrebbe quindi stimolato il tasso di divisione cellulare di questa specie.

E' altrimenti possibile pensare che lo "shock" termico e luminoso, da noi imposto, abbia provocato una risposta differente in due popolazioni di *C. closterium,* una sviluppatesi nell'acqua di superficie ed una in quella di fondo, separate in ambiente naturale da una netta stratificazione termoalina, e che, una volta poste ad uguali condizioni di luce e temperatura, abbiano reagito in maniera diversa.

Dopo essersi riprodotte, e a causa della carenza di fosforo, di azoto e di silice, le diatomee possono aver quindi formato i filamenti rilasciando materiale polisaccaridico precedentemente accumulato. Tale ipotesi è supportata anche dai valori del rapporto N/P. Nell'acqua di fondo si è infatti notato un brusco aumento del valore di tale rapporto proprio nei giorni corrispondenti alla formazione dei filamenti. Si è passati infatti da una situazione di N-limitazione ad una di P-limitazione. Anche nell'acqua di superficie, pur se sfasato di tre giorni, si è verificato lo stesso fenomeno, ma in questo caso la mancata formazione del filamento mucoso sarebbe da imputare alla scarsa presenza di *C. closterium.*

Ringraziamenti

Gli Autori desiderano ringraziare i Proff. S. Fonda Umani e G. Bressan per gli utili suggerimenti e per la lettura critica del lavoro. Il Sig. F. Aizza per le analisi chimiche dei nutrienti e della clorofilla.

BIBLIOGRAFIA

Alldredge, A.L. & M.J. Youngbluth. 1985. The significance of macroscopic aggregates (marine snow) as sites for heterotrophic bacterial production in the mesopelagic zone of the subtropical Atlantic. *Deep-Sea Res.,* 32(12): 1445-1456.

Alldredge, A.L., J.J. Cole & D.A. Caron. 1986. Production of heterotrophic bacteria inhabiting macroscopic organic aggregates (marine snow) from surface waters. *Limnol. Oceanogr.,* 31(1): 68-78.

Andreoli, C., I. Moro, R.L. Scarabei & C. Tolomio. 1992. Observations sur le phytoplancton de l'Adriatique du Nord en presence de macroaggrégats mucilagineux (Août 1991). *Rapp. Comm. Int. Mer Medii.,* 33: 366.

Caron, D.A., P.G. Davis, L.P. Madin & J.McN. Sieburth. 1982. Heterotrophic bacteria and bacterivorous protozoa in Oceanie macroaggregates. *Science,* 218:795-797.

Casaretto, L., G. Dellavallc, C. Welker & M. Monti. 1992. Mucous filaments development under controlied conditions: ultrastructure observations. *Rapp. Comm. int. Mer Médit., 33: 368.*

De Angelis, G. & C.M. De Angelis. 1992. Composizione del fitoplancton in concomitanza con la presenza di mucillagini in una stazione fissa del litorale marchigiano. *Biologia Marina, suppl. al notiziario S.I.B.M.,* 1: 19-22.

Degobbis, D. 1989. Increased eutrophication of the Northern Adriatic Sea - second act. *Mar. Poli. Bull.,* 20: 452-457.

Fanuko, N., J. Rode & K. Draslar. 1989. Microflora from the Adriatic mucous aggregations. *Biol. Vestn.,* 4: 27-34.

Fanuko, N. & V. Turk. 1990. The oceanologic proprieties of the seawater in the Gulf of Trieste before and during the "mare sporco" phenomenon (summer 1988). *Boll. Oceanol. Teor. Appl.* ,8:3-11.

Fonda Umani, S., E. Ghirardelli & M. Specchi. 1989. Gli episodi di "mare sporco" nell'Adriatico dal 1729 ai giorni nostri. *Regione Autonoma Friuli-Venezia-Giulia, Trieste:* 178 pp.

Guerrera, E., A.L. Serafino, R. Lecce & M. Giani. 1992. Osservazioni sugli aggregati gelatinosi presenti nell'Adriatico settentrionale e nel Tirreno centrale nel 1991. *Biologia Marina, suppl. al notiziario S.I.B.M.,* 1: 47-48.

Herndl, G.J. 1988. Ecology of amorphous aggregations (marine snow) in the Northern Adriatic Sea. II. Microbial density and activity in marine snow and its implication to overall pelagic processes. *Mar. Ecol. Prog. Ser.,* 48: 265-275.

Herndl, G.J. & P. Peduzzi. 1988. The ecology of amorphous aggregations (marine snow) in the Northern Adriatic Sea. I. General considerations. *Mar. Ecol., 9:* 79-90.

Honsell, G. & L. Talarico. 1992. Ultrastructure of gelatinous aggregates in the Northern Adriatic Sea. *Rapp. Comm. int. Mer Médit.,* 33: 369.

Jones, K. & W.D.P. Stewart. 1969. Nitrogen turnover in marine and brackish habitats. IH. The production of extracellular nitrogen by *Calotrix scopulorum. J. mar. biol. Ass. U.K.,* 49: 475-488.

Kranck, K. & T. Milligan. 1980. Macroflocs: production of marine snow in the laboratory. *Mar. Ecol. Prog. Ser.,* 3: 19-24.

Kuhl, A. 1968. Phosphate metabolism of green algae. In, Jackson, D.F. (ed.) Algae, Man and the environment, Syracuse University Press, Syracuse: 37-52.

Locthe, K. 1991. Protozoa as makers and breakers of marine aggregates. In, Protozoa and their role in marine process. NATO ASI '88. Plymouth P.

Marchetti, R. 1990. Algal blooms and gel production in the Adriatic Sea. In, Barth, H. & L. Fegan (eds.) Eutrophication-related phenomena in the Adriatic sea and in other Mediterrancan costai zones., *Wat. Poli. Res. Rep.,* 16: 21-42, CEE EUR 12978.

Marchetti, R., M. Iacomini, G. Torri & B. Focher. 1989. Caratterizzazione preliminare degli essudati di origine fitoplanctonica raccolti in Adriatico nell'estate 1989. *Acqua-Aria,* 8: 883-887.

Monti, M., L. Casaretto, G. Dellavalle & C. Welker. 1992a. Mucous filaments development under controlled conditions: some detected organisms. *Rapp. Comm. int. Mer Médit.,* 33: 371.

Monti, M., G. Dellavalle, C. Wclker, L. Casaretto & B. Cataletto. 1992b. Analisi qualitativa degli aggregati mucillaginosi in una stazione del Golfo di Trieste (Luglio 1992). *Biologia Marina, suppl. al notiziario S.I.B.M.,* 1: 27-29.

Myklestad, S. & A. Haug. 1972. Production of carbohydrates by the marine diatom *Chaetoceros affinis* var. *willei* (Gran) Hustedt. I. Effect of the concentration of nutrients in the culture medium. *J. exp. mar. Biol. Ecol., 9:* 125-136.

Myklestad, S., O. Holm-Hanscn, K.M. Varum & B.E. Volcani. 1989. Rate of release of extracellular amino acids and carbohydrates from the marine diatom *Chaetoceros affinis. J. Plankton Res.,* 11: 763-773.

Panella, S. & G. Magazzù. 1978. Analisi dei pigmenti fitoplanctonici. In, Metodi per lo studio del plancton e della produzione primaria. Edizioni GM: 19-33.

Pettine, M., A. Puddu, C. Tolti, A. Zoppini, A. Artesiani & R. Pagnotta. 1992. Caratterizzazione chimica e biologica di aggregati mucillaginosi raccolti in Adriatico settentrionale (Luglio 1991). *Biologia Marina, suppl. al notiziario S.I.B.M., 1:* 39-42.

Pirson, A., C. Tichy & G. Wilhelmi. 1952. Stoffwechsel und mineralsalzernahrung einzelliger Grunalgen. I. Vergleichende Untersuchungen an Mangelkulturen von Ankistrodesmus. *Planta,* 40: 199-253.

Revelante, N. & M. Gilmartin. 1990. The phytoplankton composition and population enrichment in gelatinous "macroaggregates" in the Northern Adriatic during the Summer of 1989. *Rapp. Comm. ini. Mer Médit.,* 32: 200.

Rinaldi, A., G. Montanari, A. Ghetti, C.R. Ferrari & N. Penna. 1990. Presenza di materiale mucillaginoso nell'Adriatico Nord-Occidentale negli anni 1988 e 1989. *Acqua Aria,* 7/8: 561-567.

Sieburth, J.McN. 1969. Studies on algal substances in the sea. III. The production of extracellular organic matter by littoral marine algae. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.,* 3: 290-309.

Silver, M.W., A.L. Shanks & J.D. Treni. 1978. Marine snow: microplankton habitat and source of small scale patchiness in pelagic populations. *Science,* 201: 371-373.

Stachowilsch, M., N. Fanuko N. & M. Richter. 1990. Mucous aggregates in the Adriatic sea: an overview of stages and accurences. P.S.Z.N.I. *Mar. Ecol.,* 11: 327-350.

Strickland, J.D.H. & T.R. Parson (eds). 1972. A practical handbook of seawater analysis. /. *Fish. Res. Bd. Can.* 167, 2nd edit.: 310 pp.

Utermöhl, H. 1931. Neue Wege in der quantitativen Erfassung des Planktons (mit besonders Berucksichtigung des Ullraplanktons). *Vehr. int. Ver. theor. Angew. Limnol.,* 5(2): 567-596.

Volterra, L., F.A. Aulicino, L. Bonadonna, M. De Maltia, I. Di Girolamo, R. Liberti & L. Mancini. 1992. Microbiological analyses of Adriatic sea mucilages. In, Vollenweider, R.A., R. Marchetti & R. Viviani (eds) *Marine Coastal Eutrophication,* Elsevier, Amsterdam: 551-556.

Atti del IO ° Congresso Al O.L.
Alassio, 4-6 Novembre 1992
da pag. 451 a pag. 460

ALTERAZIONE DEGLI ECOSISTEMI COSTIERI MARINI NEL PARCO NATURALE DELLA MAREMMA

Giovanna MORI, Mario INNAMORATI, Luca MASSI, Caterina NUCCIO, Francesco LAVISTA e Lisa NIDIACI

Dipartimento di Biologia Vegetale, Laboratorio di Ecologia, Università di Firenze

SUMMARY

In 1975-76 the seasonal variations of phytoplankton biomass and its composition were studied along the coast of the Parco Naturale della Maremma (Grosseto), which is influenced by the mouth of the Ombrone river. The results indicated that the area was not involved in any process of environmental pollution and biomass annual cycles were those generally reported for temperate seas. The study was performed again in 1989-90, showing a striking change in the trophic and biological situation, especially near the mouth of the river. The phytoplankton composition and its temporal variations were completely modified, following the heavy impact from the Ombrone river, whose nutritional load is often similar to that of eutrophicated areas.

1. INTRODUZIONE

Lo scopo di questo lavoro è quello di definire lo stato del tratto di mare antistante il Parco Naturale della Maremma e di confrontare la situazione attuale con quella descritta nel 1975-76, come risultato di un anno di ricerca svolto dal nostro laboratorio in vista dell'istituzione del parco marino.

Il tratto di costa antistante il Parco si presenta infatti particolarmente ricco di ambienti che vanno da quelli di foce, con fondali limosi e sabbiosi (zone paludose del delta dell'Ombrone), a quelli di arenile della spiaggia di Collelungo, a quelli di scoglio con prateria di Posidonia antistanti la falesia che va da Cala di Forno a Talamone. La zona di foce in particolare costituisce un ecosistema interessante ma estremamente delicato perché soggetto facilmente a modificazioni e alterazioni causate dagli apporti fluviali. L'Ombrone riceve infatti sia le acque reflue dell'agricoltura che provengono dalle provincie di Siena e Grosseto, sia le acque luride di un canale collettore di Grosseto e quindi rappresenta una reale fonte di inquinamento per il tratto di mare antistante e a nord della foce. La forza di Coriolis dirige infatti le correnti costiere verso nord e devia il pennacchio del fiume verso la zona settentrionale del Parco, interessando solo sporadicamente, in conseguenza dei venti di NO, la zona più a sud

della foce. La situazione messa in luce con la precedente ricerca (Arrigoni et al., 1976, Lenzi Grillini & Lazzara, 1978, 1980) era quella di un tratto di mare in buonissimo stato di conservazione; sia la fauna che il fitobenthos e il fitoplancton presentavano cicli biologici "da manuale" (Arrigoni et al., 1976). In particolare il fitoplancton presentava un ciclo regolarissimo e una precisa stagionalità (Fig. 1), tipica delle zone temperate. Va sottolineato che quantità e composizione della biomassa fitoplanctonica erano molto simili lungo tutto il tratto di costa studiato, compresa la foce, che si distingueva solo per le sue caratteristiche idrologiche. La concentrazione media di clorofilla era 0.59, con un picco di 3.4 mg/m^3 durante la fioritura primaverile (in febbraio), mentre la densità fitoplanctonica media era di 56.000 $cell/dm^3$, con 830.000 $cell/dm^3$ durante la fioritura. Anche la composizione del popolamento era quella classica descritta per i nostri mari. Nel periodo di fioritura, il popolamento era dominato dalle Diatomee, soprattutto con le specie *Skeletonema costatum* e *Thalassiosira cfr. decipiens,* mentre in estate dominavano le Dinoficee. Altre classi (Primnesioficee, Crisoficee, Cianoficee e Prasinoficee) erano irrilevanti. Come vedremo, la normale successione è, nella situazione attuale, completamente stravolta.

2. MATERIALI E METODI

La ricerca è stata svolta per circa 3 anni, dal marzo 1989 al gennaio 1992, con campionamenti mensili in 5 stazioni lungo la costa, a 500 m dalla riva (Fig. 1). In mare sono state effettuate misure di temperatura, ossigeno disciolto, pH e luce sottomarina, mediante batisonda e fotobatisonda Idronaut mod. Ocean Seven 401.

Sui campioni sono state eseguite le filtrazioni (filtri GF/F in fibra di vetro) e successive analisi per la determinazione dei nutrienti fitoplanctonici (nitriti, nitrati, silicati, fosforo inorganico disciolto e fosforo totale) con i metodi riportati da Strickland & Parsons (1972), e della clorofilla con il metodo spettrofotometrico SCOR-UNESCO (1980) riportato da Strickland & Parsons (1972) e modificato da Lazzara et al. (1990). Le concentrazioni delle clorofille e dei feopigmenti sono state calcolate rispettivamente con le equazioni di Jeffrey & Humphrey (1975) e Lorenzen (1967). Un campione da 250 mi è stato fissato con soluzione di Lugol all'I % per il conteggio e riconoscimento al microscopio, secondo il metodo Uthermol (Hasle, 1978).

I dati qui riportati si riferiscono al periodo compreso tra marzo 1989 e settembre 1990. Data la gran quantità di dati, l'esame del periodo successivo (ottobre '90-gennaio '92) è ancora in corso.

3. RISULTATI E DISCUSSIONE

II dato più saliente che emerge dalla ricerca è il pesante influsso esercitato dall'Ombrone sulla costa settentrionale del Parco, che definisce due zone molto diverse, non solo dal punto di vista idrologico e delle caratteristiche termo-aline, ma anche, e soprattutto, dal punto di vista dello stato trofico e biologico. Nella zona di

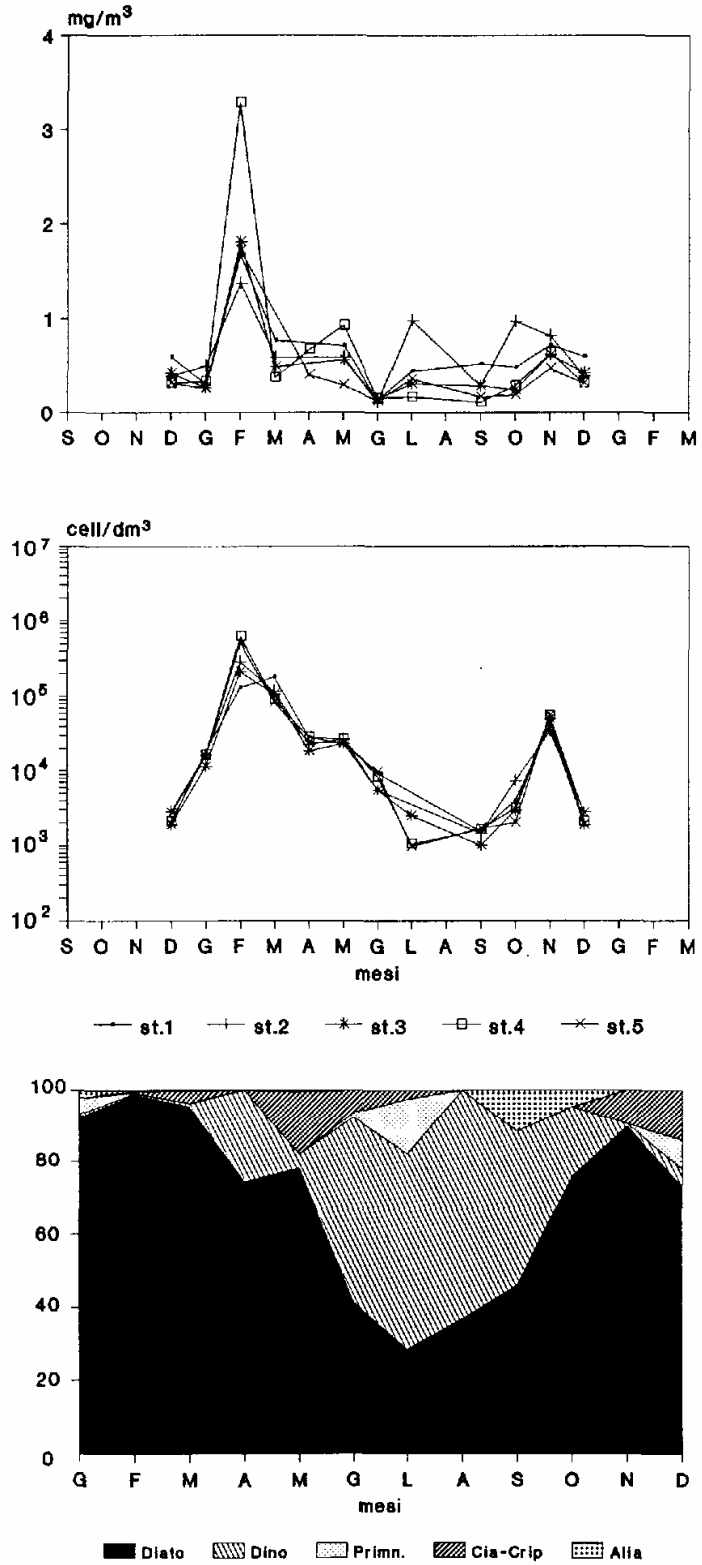


Fig. 1 - Variazione temporale di: a) clorofilla (mg/m^3); b) densità fitoplanctonica (cell/dm^3); c) densità relativa delle classi fitoplanctoniche nel 1975-76.

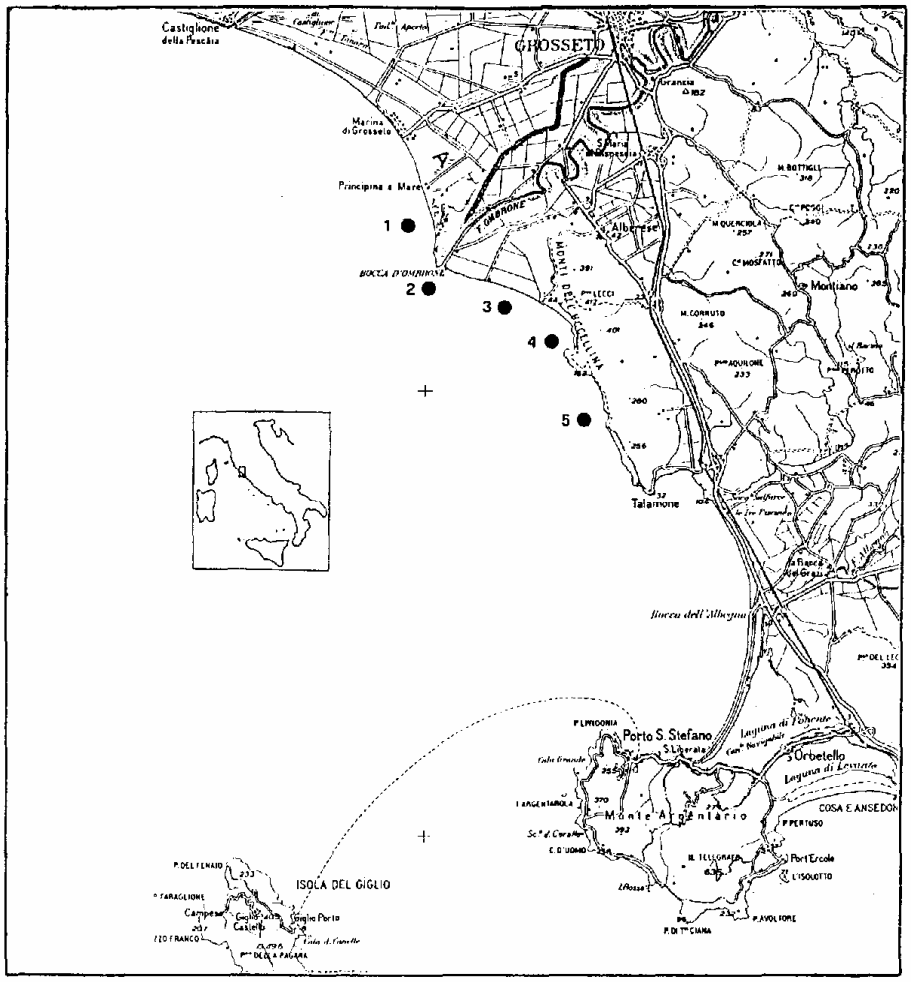


Figura 2 - Zona e stazioni di campionamento.

foce (st. 1 e 2), si ha un forte gradiente alino (Fig. 3) determinato dalla stratificazione dell'acqua dolce superficiale, sotto la quale l'acqua marina spesso forma un cuneo salino che risale il fiume anche per diversi km dalla foce. La presenza di correnti marine prevalentemente orientale verso nord, spingono il pennacchio del fiume verso la st. 1, con caratteristiche fisiche, chimiche e biologiche più simili a quelle della stazione di Bocca d'Ombrone, mentre le 3 stazioni meridionali sono, da un punto di vista idrologico tipicamente marine, con salinità oscillante intorno a 38.1 psu e variazioni che dipendono solo dalla situazione stagionale. L'apporto di acqua dolce fluviale si riflette anche sull'andamento dell'ossigeno disciolto (Fig. 4), che alle st. 1 e 2 presenta, soprattutto in superficie, variazioni più ampie rispetto ad un valore medio di 7.47 ppm. Il minimo di 4.87 misurato alla st. 2 nel luglio '90 è in relazione ad un grave episodio di anossia verificatosi nell'Ombrone in seguito alla sua scarsissima portata e che ha avuto pesanti conseguenze sulla sua fauna ittica.

L'influenza del fiume sulla zona è però maggiormente messo in evidenza dagli

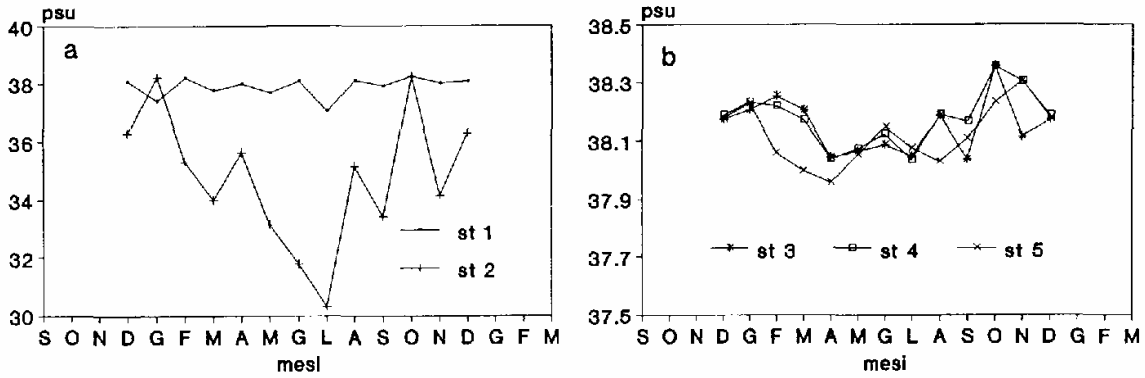


Fig. 3 - Variazione temporale della salinità (psu) alle stazioni indicate (medie della colonna d'acqua).

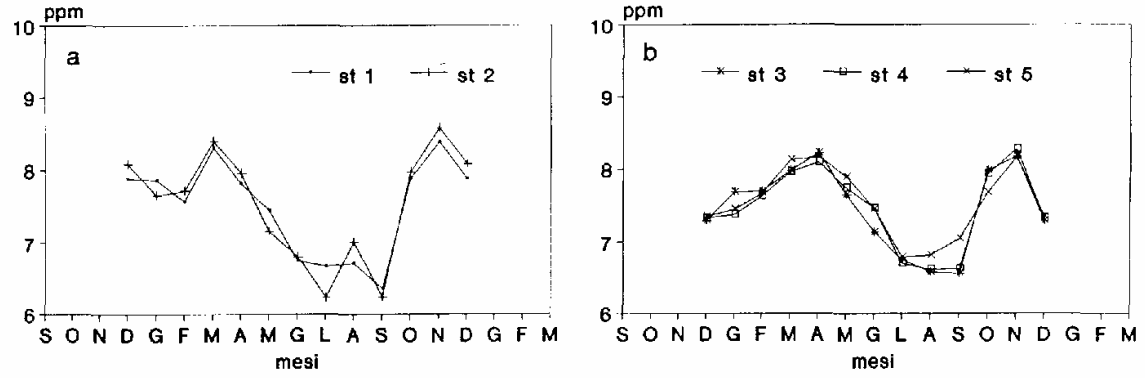


Fig. 4 - Variazione temporale dell'ossigeno disciolto (ppm) (medie della colonna d'acqua).

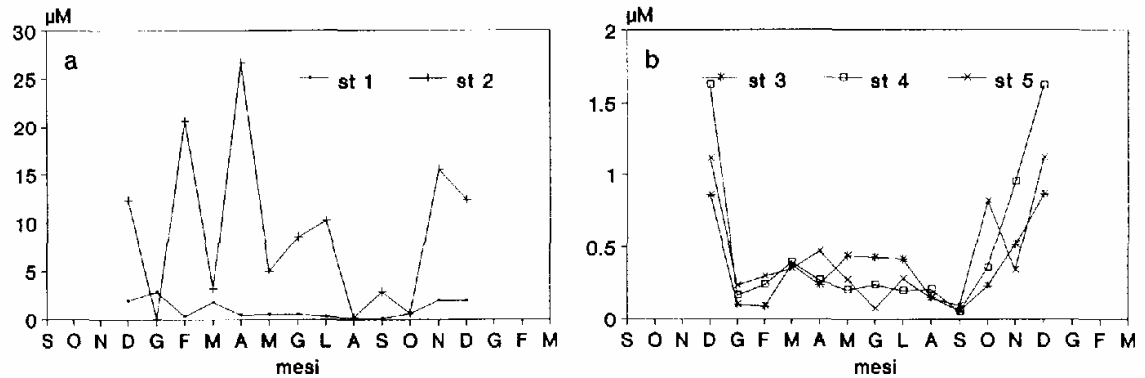


Fig. 5 - Variazione temporale dei nitrati (µ M) (medie della colonna d'acqua).

apporti nutritizi. A Bocca d'Ombrane si hanno infatti concentrazioni fino a 30 volte più elevate che nelle stazioni meridionali; questo stravolge il normale ciclo stagionale marino, soprattutto in superficie, dove è più evidente l'apporto fluviale. Per quanto concerne i nitrati, la concenti-azione media in superficie è circa 16 µM, con picchi fino a 35-40 e addirittura 65 µM (Fig. 5 a). L'influenza del fiume è rilevabile anche a 2.5 m. L'andamento stagionale alle stazioni 3, 4 e 5 (Fig. 5 b) è invece un po' più regolare. Pur con qualche differenza fra le stazioni e nella colonna d'acqua, le concentrazioni medie rientrano nell'intervallo generalmente rilevate in altre zone costiere, non soggette a particolari apporti da terra.

Gli andamenti dei nitriti e degli ortofosfati confermano la situazione già delineata dai nitrati.

La biomassa fitoplanctonica mette in evidenza in modo ancora più netto quali siano stati i cambiamenti verificatisi nella zona, sia per quanto riguarda la quantità che la composizione del popolamento (Figg. 6 a, b, e). In generale in tutta la zona il ciclo non presenta la netta stagionalità che caratterizzava la situazione rilevata nel 1975-76, e l'andamento risulta particolarmente stravolto nella zona interessata dalla foce, dove si assiste a numerose fioriture estive, infatti la clorofilla (Fig. 6 a), nel luglio '90 arriva a 68.8 mg/m^3, e in genere le concentrazioni sono sempre piuttosto elevate (media 3.23 mg/m^3) in tutto il periodo. Nella zona più meridionale invece la media è intorno a 0.39 mg/m^3. Nel ciclo di queste 3 stazioni si osserva la fioritura primaverile (in marzo-aprile, con un valore massimo di 1.5 mg/m^3) ma nel 1990 sono evidenti delle fioriture estive di una certa consistenza confrontabili, nel caso delle st. 3 e 5, con quelle primaverili.

Per quanto concerne la densità fitoplanctonica, nelle 3 stazioni meridionali è stata rilevata una media di 50.000 cell/dm^3, e 300.000 cell/dm^3 durante le fioriture, senza nette differenze tra i diversi strati, se non in alcuni casi in superficie (Fig. 5 b). In tutte e tre le stazioni sono evidenti delle cospicue fioriture estive, sia nel 1989 che nel 1990. Bocca d'Ombrane conferma la generale maggiore ricchezza fitoplanctonica, soprattutto in superficie, con una media di 1.000.000 di cell/dm^3, 20 volte più elevata che nelle altre stazioni. Anche in questo caso sono evidenti due intense fioriture estive, sia nel luglio '89 che nel luglio '90, quest'ultima soprattutto di notevole intensità, con 25.000.000 di cell/dm^3, in corrispondenza dei 68.8 mg/m^3 di clorofilla. La densità media a 2.5 m è invece notevolmente più bassa, essendo intorno a 160.000 cell/dm^3. La stazione 1 presenta un ciclo estremamente irregolare e numerose oscillazioni in tutto il periodo.

La caratteristica essenziale del popolamento è la presenza costante e prevalente delle Criptoficee e di un gruppo da noi denominato Alia, nel quale sono comprese Crisoficee, Cloroficee, Euglenoficee, Fitoflagellati e cellule nanoplanctoniche non identificate (Fig. 6 e). Altro aspetto peculiare è la scarsità se non addirittura l'assenza, delle Diatomee, che sono state osservate in modo più evidente nei periodi di fioritura primaverile e durante le fioriture estive verificatesi in tutte le stazioni. Le Dinoflagellate, sempre piuttosto scarse, sono presenti soprattutto in estate nelle 3 stazioni meridionali.

La diversità evidenzia valori oscillanti intorno a 3.5 bit/cellula. Valori decisamente

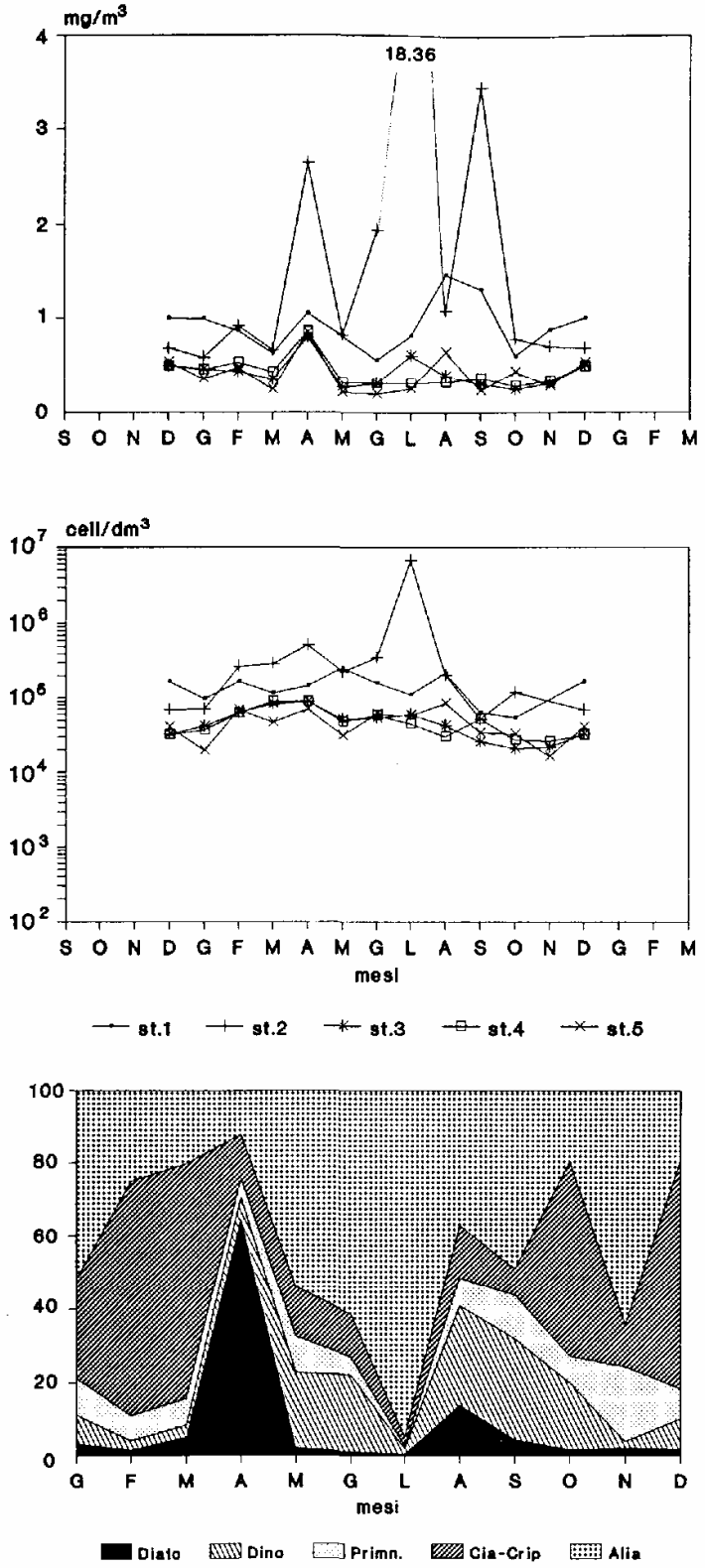


Fig. 6 - Variazione temporale di: a) clorofilla (mg/m^3); b) densità fitoplanctonica (cell/dm^3); c) densità relativa delle classi fitoplanctoniche nel 1989-90.

più bassi sono dovuti alle abbondanti fioriture della st. 2, fino a 0.5 bit/cellula nel luglio '90 a causa della fioritura di una forma nanoplanctonica non identificata, e 0.8 bit/cellula per la fioritura di *Thalassiosira sp.*

Anche le distribuzioni di frequenza differenziano le tre stazioni a sud da quelle più settentrionali. In particolare in tutto il 1989 le st. 1 e 2 presentano curve con maggiore pendenza, quindi con diversità più bassa, soprattutto in superficie dove, in alcuni casi, si rileva uno stadio iniziale della successione (fioritura di *Thalassiosira sp.* in aprile '89 (Fig. 7 a) e dominanza di Cloroficee in luglio '90). Alle stazioni 3, 4 e 5 è quasi sempre evidente uno stadio maturo, corrispondente al 2° (Fig. 7 b), con evoluzione verso lo stadio 3 in autunno-inverno. In generale dunque abbiamo un popolamento diversificato anche in periodi, quali quelli di fioritura, in cui ci si aspetterebbe una maggiore monospecificità.

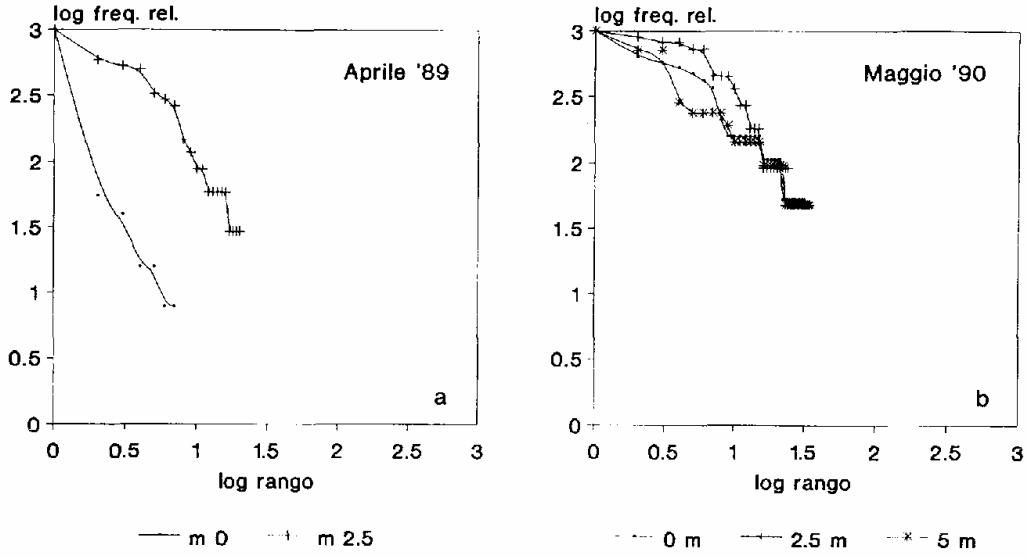


Fig. 7 - Distribuzione della frequenza relativa delle specie fitoplanctoniche alle stazioni 2 (a) e 3 (b).

La *Thalassiosira sp., è* tra le specie più rappresentate delle Diatomee, fino a 1.300.000 cell/dm^3 alla stazione 2 durante la fioritura di aprile '89, ed è invece molto meno presente nelle stazioni 3, 4 e 5. Vanno inoltre segnalate la *Rhizosolenia fragilissima,* la *Nìtzschia sp. gr. Pseudonitzschia* e l'*Asterionella glacialis.* Le forme più frequenti di Dinoficee sono alcune forme non identificate di Gymnodiniacee e Peridiniacee. Le Criptoficee sono presenti in tutte le stazioni con 3 o 4 specie che sono le stesse forme generalmente ritrovate nell'Alto Tirreno, in primavera, anche in acque meno costiere.

Riassumendo l'intera situazione e confrontandola con quanto emerso dalla ricerca precedente, risulta evidente l'alterazione verificatasi nel tratto di mare per quanto riguarda lo stato trofico e biologico. L'andamento temporale di nutrienti e biomassa mette in evidenza una generale irregolarità, molto marcata alle stazioni 1 e 2 dove l'apporto nutritizione, conseguentemente, la biomassa, riflettono il carico e la portata

del fiume. Anche il ciclo delle 3 stazioni più a sud si discosta, per quanto parzialmente, da quelli del mare aperto, in parte a causa della vicinanza della costa per quanto concerne i nutrienti, e per cause non chiare, al momento, per quanto riguarda la composizione del popolamento fitoplanctonico, del tutto simile a quello delle stazioni 1 e 2.

Nella situazione descritta nel 1975-76 invece, pur evidenziandosi la zona di foce per le sue caratteristiche idrologiche, non emergeva alcuna differenza fra le stazioni per quanto riguarda la biomassa. Inoltre il ciclo annuale della clorofilla e, ancor più, delle cellule, mostravano una regolarità e una stagionalità (Fig. 2 a, b, e) quasi sorprendenti per una zona così costiera (Lenzi Grillini & Lazzara, 1980), regolarità ora del tutto perduta. In quel periodo non furono rilevate le concentrazioni di nutrienti ma la regolarità della biomassa anche alla stazione 2, fa supporre che l'Ombrone non costituisse una fonte di inquinamento per il tratto di mare interessato, come del resto già concluso da Lenzi Grillini & Lazzara (1978, 1980). Nel 1975-76, il popolamento fitoplanctonico era costituito prevalentemente da Diatomee mentre ora è risultato rappresentato da quelle classi pressoché assenti prima.

Alle modificazioni chiaramente provocate dal maggior impatto dell'Ombrone si sovrappone però, come già accennato, un'alterazione più generale, non causata da questo fiume perché estesa anche a sud della foce, e che è a carico della composizione del popolamento fitoplanctonico.

Le cause delle variazioni dei popolamenti presentano in genere una grande variabilità legata a fattori locali che sono tuttavia, negli ultimi decenni, sempre connesse con gli apporti nutritizi di sistemi fluviali più o meno grandi, come dimostrano altre zone costiere del Mediterraneo (costa catalana, Margalef 1963, Herrera & Margalef 1963, Margalef & Herrera 1964, Margalef & Ballester 1967, Margalef & Castellvì 1967, - Banyuls, Jacques 1969 - Golfo di Marsiglia, Travers 1975). Per le stazioni a sud l'apporto dei fiumi Osa e Albegna potrebbe essere chiamato in causa, ma non possiamo escludere particolari situazioni climatiche, specie per il 1989, (mare calmo, siccità) che in effetti hanno caratterizzato il periodo qui descritto e che possono in qualche modo aver favorito alcune specie rispetto ad altre.

Ricerca svolta con fondi MURST 40% e Convenzione Università di Firenze-Parco Naturale della Maremma.

BIBLIOGRAFIA

Arrigoni, P. V., R. Gelimi, M. Innamorati, C. Lenzi Grillini, A. Lovari, P. Piussi, G. Sanesi & G. Sartoni. 1976. Relazione al Consorzio per l'istituzione del Parco della Maremma. *Inforni. Bot. Ital.,* 8: 283-324.

Hasle, G. 1978. Settling. The inverted microscope method. In: Sournia A., *Phytoplankton manual.* UNESCO, Page Brothers Norwich.

Herrera, J. & R. Margalef, 1963. Hidrografia y fitoplancton de la costa comprendida entre Castellon y la desembocadura del Ebro, de julio de 1960 a junio de 1961. *Inv. Pesq. ,* 24: 33-112.

Jacques, G. 1969. Aspects quantitatifs du phytoplancton de Banyuls-sur-Mer (Golfe du Lion) II. Cycle des Flagellés nanoplanctoniques (juin 1965 - juin 1967). *Vie et Milieu B,* 19: 17-33.

Jeffrey, S. W. & G. F. Humphrey, 1975. New spectrophotometric equation for determining chlorophyll a, b, c_1 and c_2 in higher plants, algae and natural phytoplankton. *Biochem. Physiol. Pflanzen,* 167: 374-388.

Lazzara, L., F. Bianchi, M. Falcucci, V. Hull, M. Modigh & Ribera d'Alcalà M., 1990. Pigmenti clorofilliani. In: Metodi nell'ecologia del plancton marino. *Nova Thalassia* 11: 207-223.

Lenzi Grillini, C. & L. Lazzara, 1977. Il fitoplancton delle acque costiere del Parco Naturale della Maremma. *Inf. Bot. Ital.,* 9: 150-155.

Lenzi Grillini, C. & L. Lazzara. 1978. Ciclo annuale del fitoplancton nelle acque costiere del Parco Naturale della Maremma. I. Variazioni quantitative. *Giorn. Bot. Ital.,* 112 (3): 157-173.

Lenzi Grillini, C. & L. Lazzara, 1980. Ciclo annuale del fitoplancton nelle acque costiere del Parco Naturale della Maremma. II. Flora e variazioni delle comunità. *Giorn. Bot. Ital.,* 114 (5): 199-215.

Lorenzen, C. J. 1967. Determination of chlorophyll and phaeo-pigments: spectrophotometric equation. *Limnol. Oceanogr.,* 12 (2): 343-346.

Margalef, R. 1963. Succession in marine populations. *Adv. Front. Plani Sci.,* 2: 137-188.

Margalef, R. & J. Herrera. 1964. Hydrografia y fitoplancton de las costas comprendidas entre Castellon y la desembocadura del Ebro, de julio de 1961 a julio de 1962. *Inv. Pesq. 22:* 9-109.

Margalef, R. & A. Ballester. 1967. Fitoplancton y produccion primaria de la costa catalana, de junio de 1965 a junio de 1966. *Inv. Pesq.* 31(1): 165-182.

Margalef, R. & J. Castellvì. 1967. Fitoplancton y produccion primaria de la costa catalana, de julio de 1966 a julio de 1967. *Inv. Pesq.* 31 (3): 491-502.

SCOR-UNESCO, 1980. Technical papers in marine science, 35 Unesco, Paris. 1-20.

Strickland, J. D. & T. R. Parsons. 1972. A practical handbook of sewater analysis. *Fish. Res. Bd. Canada,* Bull. 167, 2nd Ed., Ottawa

Travers M. 1975. Diversità du microplankton du Golf de Marseille en 1964. *Mar. Biol.* 8: 137-168.

Atti del 10° Congresso A.I.O.L
Atassia, 4-6 Novembre 1992
da pag. 461 a pag. 476

VARIAZIONI STAGIONALI DELLA COMPOSIZIONE BIOCHIMICA DEL BIVALVE *TAPES PHILIPPINARUM* IN DUE LAGUNE DEL DELTA DEL PO.

Vincenzo FESTA*, Marco BRIANT** e Romano AMBROGI*.

*ENEL - Centro Ricerca Ambiente e Materiali, via Rabattino 54, Milano
** Via Valgadori 7, - Pontoglio (BS)

SUMMARY

The data on the biochemical composition of two populations of the bivalve *Tapes philippinantm* are described for two coastal lagoons of the Po River Delta complex.

The objective of the study is to compare the annual cycle in the two sites, one of which is located near a thermo-electric power plant.

Monthly samples have been taken from February, 1990 to March, 1992 in fìxed stations near the lagoon openings to the Adriatic Sea. The parameters measured in the laboratory were: total lipids, triacylglycerols, phospholipids, cholesterol, total carbohydrates, d-glucose, glycogen, proteins.

The biochemical cycle is rather similar to that described for other bivalves in temperate regions. Some differences in the pattern between the two populations could be related to the reproductive cycle. The clams in the Sacca del Canarin showed a longer period of reproductive activity compared with those in the Sacca degli Scardovari, the latter showed better defmed peaks of lipid content and sharper decreases. The analysis of variance revealed a statistically significant difference in total lipid content and protein content of the two populations throughout the two years of study.

The average lipid concentration in the Sacca del Canarin was 43,07 $mg \bullet g^{-1}$ of liophilized weight, whereas in the Sacca degli Scardovari the average was 38,12 $mg \bullet g^{-1}$. The average protein content values were 491 and 466 mg g^{-1} respectively .

1. INTRODUZIONE

Lo scopo della ricerca consiste in una comparazione dello stato fisiologico di organismi di grande importanza ecologica ed anche economica, in due lagune del Delta del Po: la Sacca del Canarin e la Sacca degli Scardovari (Fig. 1).

In questo lavoro vengono riportati i dati riguardanti la composizione

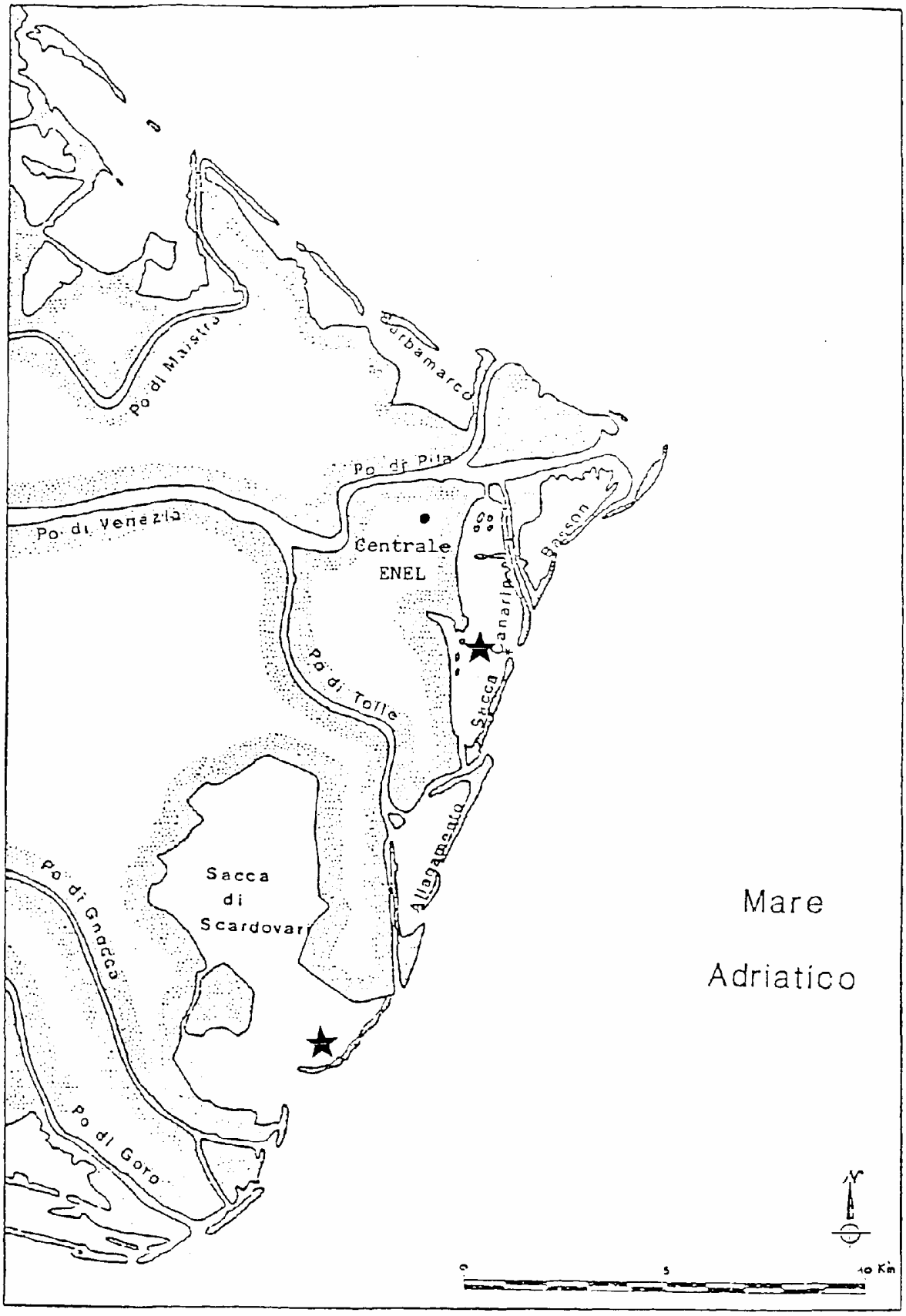


Fig. 1 : Planimetria del Delta del Po .

★ Ubicazione delle stazioni di prelievo di *Tapes philippinarum*

biochimica di due popolazioni del bivalve *Tapes philippinarum* (Adams e Reeve) recentemente stabilitesi nelle due lagune. In particolare, l'interesse per le variazioni biochimiche nelle vongole della Sacca del Canarin, deriva dal fatto che la laguna può essere interessata da immissioni di acque reflue di sistemi di raffreddamento della Centrale Termoelettrica di Porto Tolle (Rovigo). *T. philippinarum* è una specie di origine nipponica con ampia distribuzione indo-pacifica dal Pakistan alle Isole Curili e successive introduzioni nelle Isole Hawai, sulle coste pacifiche Nord-americane e recentemente sulle coste europee e mediterranee.

L'introduzione di *T. philippinarum* in Italia è avvenuta nel marzo 1983 dapprima in Laguna di Venezia, nell'ambito di ricerche intraprese dal Consorzio per lo Sviluppo della Pesca e dell'Acquicoltura del Veneto (Co.S.P.A.V.), e successivamente in altri ambienti vallivi veneti fra cui la Sacca degli Scardovari. I promettenti risultati ottenuti da queste prime prove di allevamento e l'interesse dimostrato da più parti per questa nuova zoocoltura, hanno determinato, a partire dal 1985, il diffondersi di semine (nell'ordine di vari milioni di individui) nella maggior parte delle lagune alto-adriatiche e in molte altre lagune, stagni, laghi ed aree costiere italiane (Cesari e Pellizzato, 1985, Regione Veneto-ESAV,1990).

Introdotta a fini di allevamento e/o diffusasi naturalmente, *T. philippinarum* è ormai presente in un vastissimo areale e, sin dalla sua prima comparsa sui nostri mercati, è stata accolta positivamente sia dagli operatori del settore che dai consumatori. Nell'area del Delta del Po questa specie ha mostrato un fenomenale aumento nella produzione: da una raccolta di vongole di circa 9 tonnellate nel 1985 si è passati alle 6500 tonnellate del 1989 (Rossi et al., 1990).

Per notizie sull'ecologia delle lagune del Delta si rimanda agli Atti di due Convegni tenutisi, rispettivamente, a Parma in data 11 e 12 Aprile 1985 e ad Albarella (Rovigo) il 16-18 Settembre 1990 (Ambrogi, 1985; AA.VV., 1991).

Notizie sulla composizione biochimica della specie *T. philippinarum* si possono trovare in Adachi (1979), Beninger (1984), Beninger e Lucas (1984), Beninger e Stephan(1985).

2. MATERIALI E METODI

2.1. Campionamento

II campionamento veniva effettuato mensilmente (generalmente la seconda settimana del mese) dal Feb.'90 al Mar.'92. Il campionamento del mese di luglio '91 non fu effettuato per problemi di natura tecnica,Le stazioni (una per ogni sacca) erano fisse e poste sul confine sacca-mare in direzione della bocca di ingresso a mare ad una profondita' di 1 m rispetto al medio mare su substrato sabbioso. Venivano prelevati mediamente 20 esemplari di *Tapes philippinarum* per ogni sito, da questi venivano subcampionati 6 esemplari aventi le dimensioni delle valve mediamente pari a 5 ± 0,2 cm.

2.2.Estrazione

I bivalvi all'atto del campionamento venivano immersi in azoto liquido per evitare consumi di zuccheri semplici o di frazioni lipidiche, tipici negli organismi sottoposti a stress. In laboratorio si separavano le valve dalle parti molli e quest'ultime venivano sottoposte a liofilizzazione (-40°C).

II tessuto liofilizzato veniva polverizzato grossolanamente ed un' aliquota pesata veniva sottoposta ad estrazione in accordo con Folch et al. (1957), aggiungendo una quantità di acqua distillata pari all 80% del peso secco del tessuto sottoposto ad estrazione, ciò' per standardizzare la polarità del solvente per tutti i campioni.

Il residuo delipidizzato rimasto sul filtro veniva raccolto per la determinazione del d-glucosio e dei carboidrati totali nonché del glicogeno. Tutte le analisi sottoriportate sono state eseguite in triplicato.

2.3. Determinazione dei lipidi totali, colesterolo, trigliceridi e fosfolipidi

L' analisi dei lipidi totali e delle relative componenti lipidiche veniva effettuata evaporando le aliquote di estratto lipidico purificato (0,20 ml) sotto vuoto ed in corrente di azoto.

I lipidi totali venivano determinati in accordo con Barnes e Blackstock (1973), utilizzando il metodo spettrofotometrico alla sulfofosfovanillina (Zöllner e Kirsch, 1962).

II colesterolo totale veniva determinato in accordo con Beutler e Michal (1976) e Official Methods of Analysis of AOAC (1970), utilizzando il kit per l'analisi colorimetrica del colesterolo totale prodotto dalla ditta Boehringer Mannheim. Tale determinazione si basa su un insieme di reazioni enzimatiche che portano alla formazione di un complesso colorato, la lutidina, che e' stechiometricamente equivalente al colesterolo totale presente.

I trigliceridi venivano determinati in accordo con Wahlefeld (1974), utilizzando il kit per l'analisi enzimatica dei trigliceridi prodotto dalla ditta Boehringer Mannheim. Tale analisi si basa sulla determinazione dei trigliceridi dopo idrolisi enzimatica. Le reazioni enzimatiche portano alla formazione del piruvato il quale reagisce con il NADH in presenza di LDH. La differenza di concentrazione, letta allo spettrofotometro UV (λ: 340 nm), del NADH prima e dopo la reazione con il piruvato, permette il calcolo dei trigliceridi presenti nella frazione lipidica.

I fosfolipidi venivano determinati in accordo con Takayama et al. (1977), utilizzando il kit per la determinazione enzimatica-colorimetrica dei fosfolipidi prodotto dalla ditta Boehringer Mannheim. Tale analisi si basa su specifiche reazioni enzimatiche, che portano alla formazione di un complesso colorato, il 4-(p-benzochinone-monoimino)-fenazone la cui concentrazione viene letta per via spettrofotometrica.

2.4. Determinazione del d-glucosio, glicogeno e carboidrati totali

II tessuto residuo delipidizzato, raccolto sul filtro Whatman CF-F veniva trattato sotto vuoto per favorire l'evaporazione del solvente residuo e quindi pesato

per suddividerlo in due parti.

La prima aliquota veniva trattata con acqua distillata e portata a 70 °C per circa 30 minuti al fine di estrarre gli zuccheri semplici e determinare sul filtrato (dopo filtrazione) il d-glucosio. 11 residuo veniva trattato con acido tricloroacetico al 10% (w/w) a 100 °C per circa 30 minuti al fine di solubilizzare il glicogeno contenuto (demolendolo in zuccheri semplici).

La seconda aliquota veniva direttamente trattata con acido tricloroacetico (10 % w/w), a caldo (100 °C per 30 minuti) per la determinazione dei carboidrati totali.

Le estrazioni degli zuccheri venivano effettuate in accordo con Giese(1967).

Tutte e tre le determinazioni venivano effettuate su una opportuna aliquota di estratto (1 ml per il d-glucosio e 0,1 mi per il glicogeno ed i carboidrati totali) utilizzando il metodo messo a punto da Dubois et al.(1955).

Il d-glucosio veniva determinato previa deproteinizzazione dei campioni utilizzando il reattivo di Carrez.

La determinazione dei carboidrati, glicogeno e del d-glucosio si basa sulla reazione tra il d-glucosio ed il reattivo fenolo-acido solforico che porta alla formazione di un complesso, il 5-idrossi-metilfurfurolo, colorato e stabile la cui concentrazione e' determinabile spettrofotometricamente.

2.5. Determinazione del carbonio totale, proteine e rapporto C/N

La determinazione del carbonio totale, dell'azoto e del relativo rapporto C/N venne effettuata utilizzando il metodo dell'analisi elementare CHN (Analizzatore per analisi elementare della ditta Leco)

II calcolo delle proteine presenti nel campione sottoposto ad analisi venne effettuato moltiplicando il valore medio dell' azoto, determinato al CHN, per il fattore di conversione azoto-proteine pari a 6,25. Tale fattore di conversione e' il risultato sperimentale ottenuto da una miscela di proteine (Giese, 1967).

2.6. Fattori di conversione energetica

Sono stati utilizzati i seguenti fattori di conversione:

-Proteine =4,3 cal/mg (Beukema e De Bruin, 1979)
-Carboidrati =4,1 cal/mg (Craig et al., 1978)
- Lipidi = 7,88 cal/mg (Beninger e Lucas, 1984).

2.7.Trattamento statistico dei dati biochimici

Per il trattamento statistico dei dati, ci si e' avvalsi di un' analisi della varianza a due fattori con un disegno a blocchi randomizzati completi, senza operare trasformazioni. La significatività e' stata calcolata mediante l'intervallo di confidenza del 95%.

Il metodo consente di separare la variabilità associata alla data di prelievo da quella associata al sito. Per il calcolo e' stato utilizzato il programma Statgraphics della Statistical Graphics Corporation.

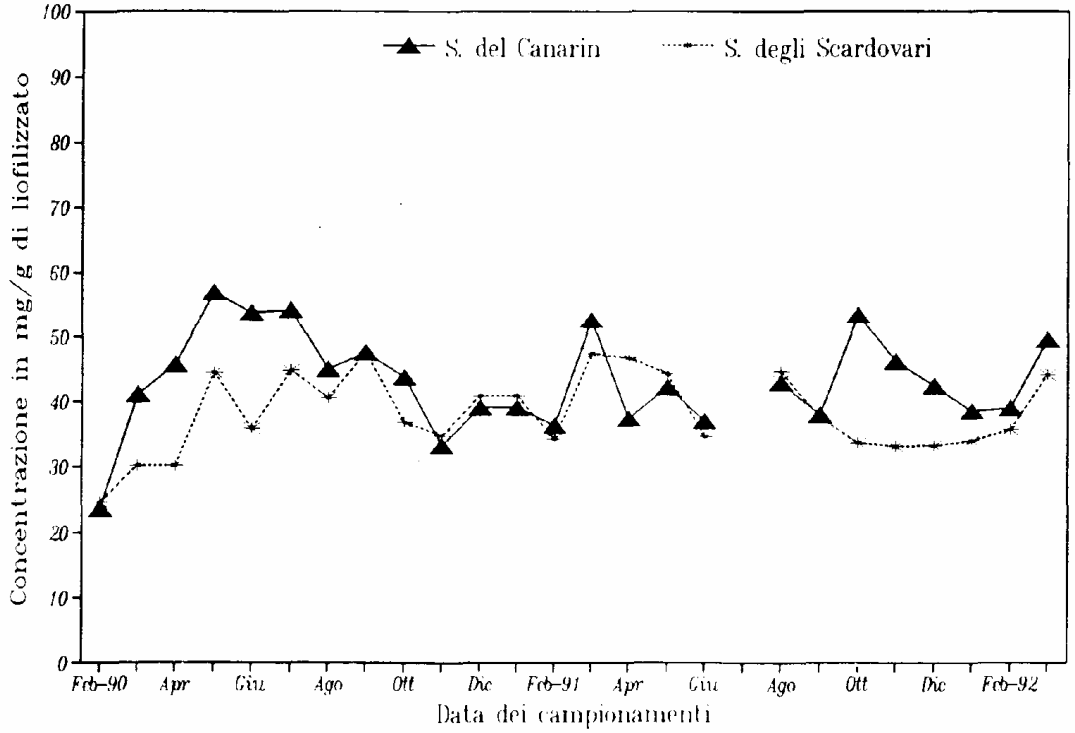


Fig.. 2 – Andamento dei Lipidi Totali (Dal Feb-90 al Mar-92) .

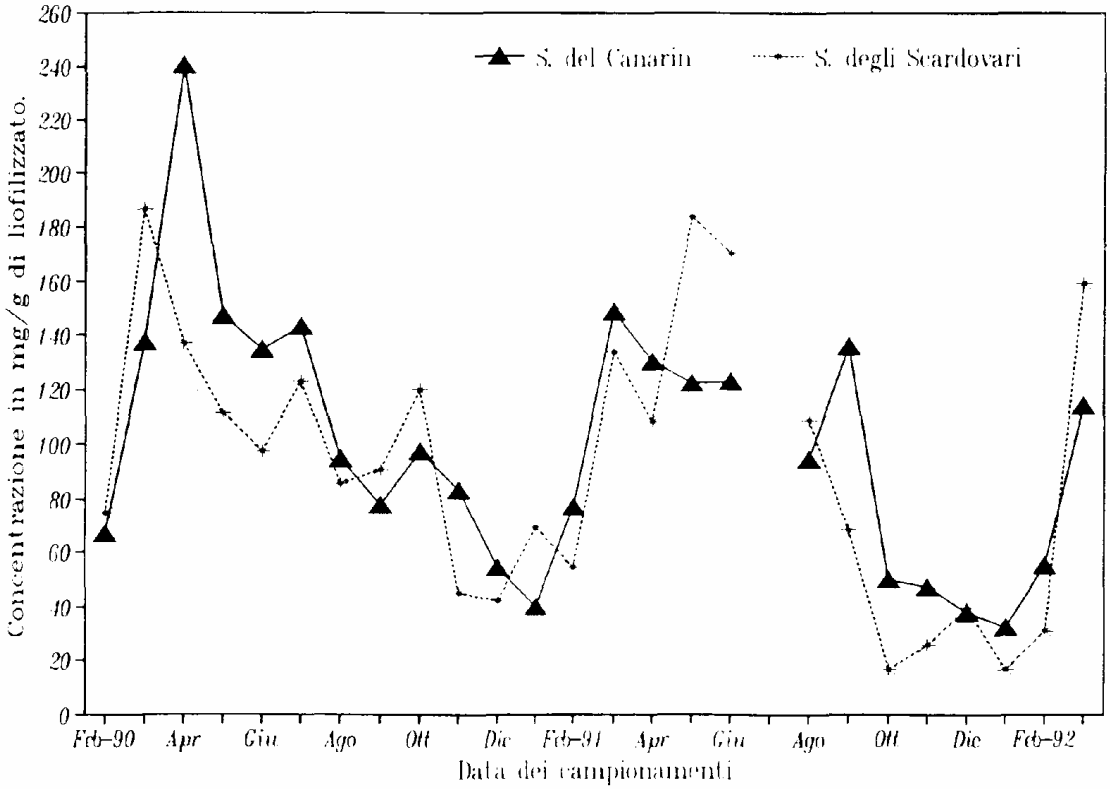


Fig. 3 – Andamento del Glicogeno (Dal Feb-90 al Mar-92) .

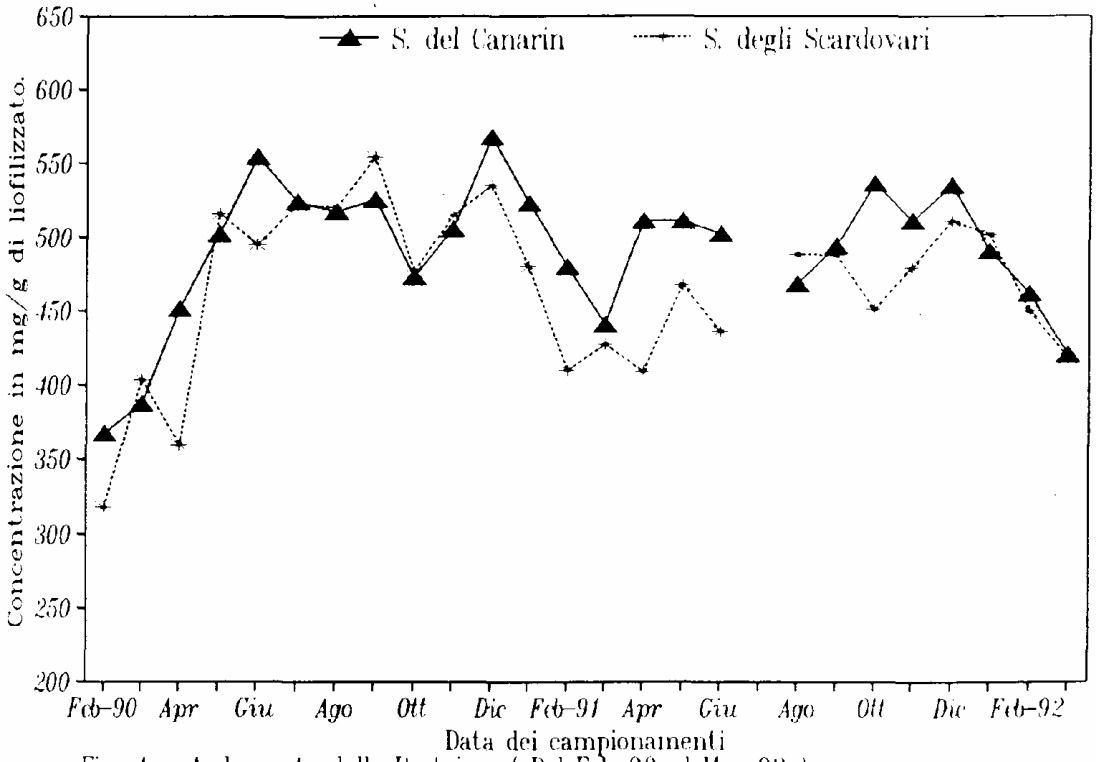


Fig. 4 - Andamento delle Proteine (Dal Feb-90 al Mar-92).

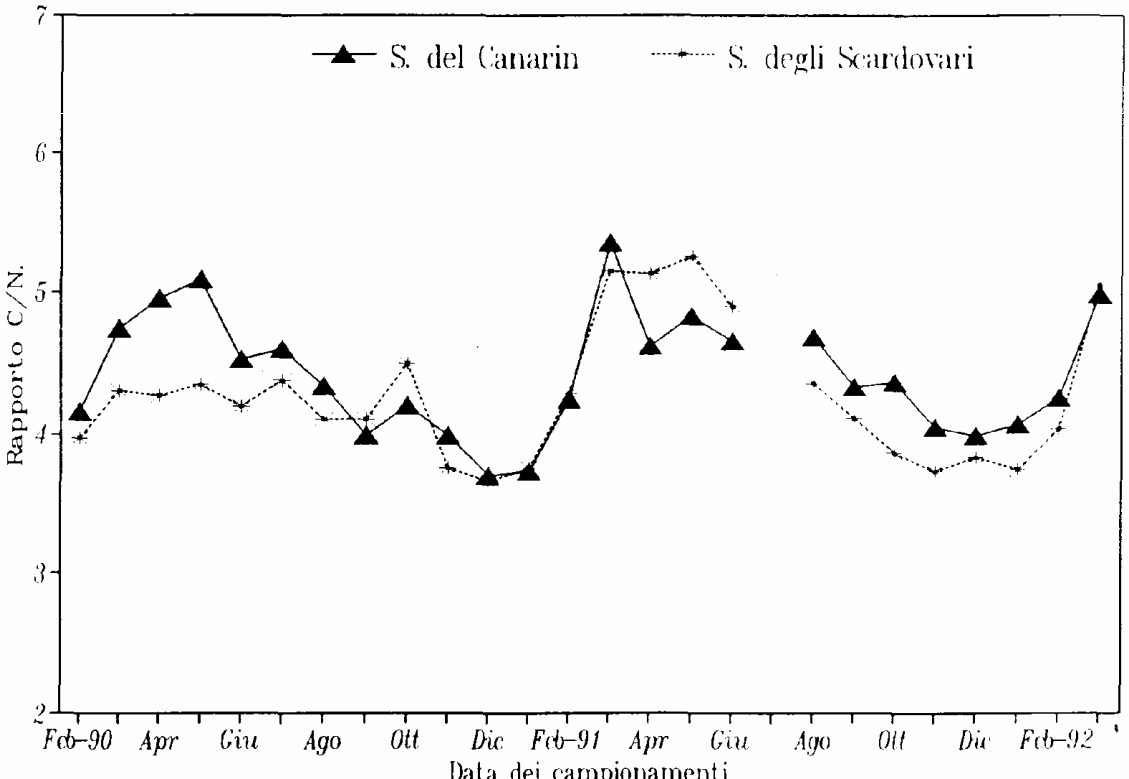


Fig. 5 - Andamento del Rapporto C/N (Dal Feb-90 al Mar-92).

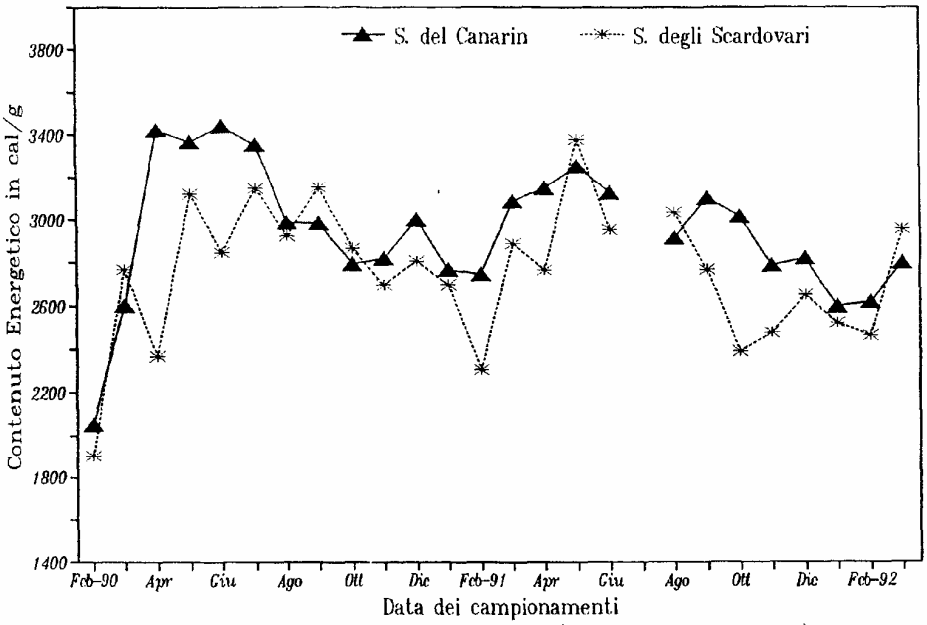


Fig. 6 - Andamento del Contenuto Energetico (Dal Feb-90 al Mar-92).

Componenti Biochimiche	Confronto tra siti (Feb-90/Gen-91)	Confronto tra siti (Feb-91/Mar-92)	Confronto tra siti (Gen-90/Mar-92)	Confronto tra annate Sacca del Canarin .	Confronto tra annate Sacca degli Scardovari
Lipidi totali	0,0151 S	0,0693 NS	0,0020 SS	0,9663 NS	0,6010 NS
Colesterolo	0,0860 NS	0,8496 NS	0,1157 NS	0,2828 NS	0,6360 NS
Trigliceridi	0,0277 S	0,3365 NS	0,0566 NS	0,4859 NS	0,1696 NS
Fosfolipidi	0,1450 NS	0,0686 NS	0,0165 S	0,4862 NS	0,4636 NS
d-glucosio	0,0445 S	0,9239 NS	0,1347 NS	0,0070 SS	0,0019 SS
Glicogeno	0,3631 NS	0,7137 NS	0,3465 NS	0,2304 NS	0,4709 NS
Carboidrati totali	0,2368 NS	0,7022 NS	0,2307 NS	0,8850 NS	0,7393 NS
Proteine	0,1451 NS	0,0093 SS	0,0029 SS	0,5705 NS	0,5533 NS

Tab. 1 : Riassunto dei tests statistici effettuati. Valori di significativita' del test di F calcolato con l'analisi della varianza.

NS = Non Significativo P > 0,05
S = Significativo 0,01 < P < 0,05
SS = Altamente Significativo 0,001 < P < 0,01

3. RISULTATI

3.1 Composizione biochimica

I risultati delle principali analisi biochimiche sono riportati nelle figure 2 ÷5 .

Le vongole della Sacca del Canarin, per gran parte del periodo considerato, mostrano un maggior contenuto in lipidi totali rispetto a quelle della Sacca degli Scardovari (Fig. 2), con una differenza massima di + 19,86 $mg \cdot g^{-1}$ nel mese di ottobre 1991. In entrambe le popolazioni il tenore in lipidi aumenta nei mesi primaverili, mostra fluttuazioni irregolari nel periodo estivo per poi diminuire nella fase autunnale ed invernale.

Glicogeno (Fig. 3) e proteine (Fig. 4) presentano andamenti analoghi, anche se leggermente sfasati, rispetto a quanto visto per i lipidi totali.

L'andamento del rapporto C/N (Fig. 5) è molto simile in entrambe le popolazioni per tutto il periodo considerato e segue con buona approssimazione l'andamento dei lipidi totali, dei carboidrati e delle proteine.

II contenuto energetico del tessuto liofilizzato (Fig. 6), calcolato dalle analisi quantitative dei componenti biochimici e convertito in cal/mg tramite l'utilizzo dei fattori di conversione, mostra valori relativamente simili nelle due stazioni per quasi tutto il periodo d'analisi, con quattro evidenti eccezioni (in aprile e giugno 1990 ed in febbraio e ottobre 1991), quando il contenuto energetico è decisamente maggiore per le vongole della Sacca del Canarin.

3.2. Analisi statistica

In una prima serie di analisi sono state messe a confronto le medie di ogni componente biochimico, calcolate sui valori misurati dapprima nelle singole annate di campionamento (Feb.'90-Gen.'91; Feb.'91- Mar.'92) e poi in tutto il periodo considerato (Feb.'90-Mar.'92), fra le due stazioni.

Nella seconda serie di analisi, in ognuna delle due stazioni, sono state confrontate le medie annuali di un dato componente biochimico (periodo Feb.'90-Gen.'91 contro periodo Feb.'91-Mar.'92).

Dalla tabella riassuntiva n° 1, si osserva che esiste una differenza molto significativa per quanto riguarda il contenuto medio di lipidi totali e proteine e significativa per i fosfolipidi, in favore delle vongole della Sacca del Canarin, se si considera tutto il periodo di analisi. La concentrazione media dei lipidi delle vongole nella Sacca del Canarin è stata di 43,07 mg g^{-1} di tessuto liofilizzato (dev. standard 7,47) mentre a Scardovari il valore medio e' stato di 38,12 mg g^{-1} (d.s. 6,06). Per quanto riguarda le proteine i valori medi risultano essere di 490,95 (d.s. 47,62) e di 465,72 (d.s. 55,99) mg g^{-1} rispettivamente. Infine i fosfolipidi hanno medie di 14,34 (s.d. 4,43) e 13,09 (s.d. 4,16) mg g^{-1}. In particolare il maggior contenuto in lipidi totali delle vongole della Sacca del Canarin appare attribuibile ad un loro più alto tenore lipidico (soprattutto in trigliceridi) rispetto a quello delle vongole della Sacca degli Scardovari nella prima annata di campionamenti; mentre il maggior tenore proteico sembra dovuto soprattutto alla differenza molto significativa misurata nell'annata successiva.

Inoltre, con l'eccezione del d-glucosio, in nessuna delle due popolazioni sono state rilevate differenze significative confrontando all'interno dello stesso sito il contenuto medio dei vari componenti biochimici determinati nelle due annate di campionamento.

4. DISCUSSIONE

Prima di affrontare la discussione sulle ipotesi delle cause che determinano le variazioni della composizione biochimica del bivalve osservato, ci sembra opportuno premettere alcune notizie sul ciclo riproduttivo (Sbrenna e Campioni comunicazione personale), nel periodo gennaio-dicembre 1991, sullo stesso materiale.

Le osservazioni morfologiche effettuate mensilmente sulle gonadi di *Tapes philippinarum,* durante l'anno 1991-92, hanno permesso di suddividere il ciclo di maturazione gonadica del bivalve in 5 fasi: riposo, attività, maturità, emissione e riassorbimento dei gameti.

Nei mesi invernali gli esemplari di *Tapes* provenienti da entrambe le sacche si trovano in una fase di inattività (riposo) tanto che è quasi impossibile individuarne il sesso. Nei mesi di Aprile e Maggio le varie fasi del ciclo maturativo hanno durata diversa nelle due sacche: gli esemplari della Sacca del Canarin iniziano più precocemente la gametogenesi e raggiungono prima la fase di maturità, caratterizzata da follicoli gonadici ripieni di gameti. Negli esemplari raccolti nella Sacca degli Scardovari il completamento della fase maturativa è osservabile solamente durante il mese di Giugno. Anche nel secondo semestre di campionamenti la successione degli eventi riproduttivi è leggermente sfasata nelle popolazioni delle due sacche: nella Sacca degli Scardovari la gonade mostra due eventi maturativi in rapida successione che culminano con l'emissione dei gameti rispettivamente in Luglio ed Ottobre; nella Sacca del Canarin, invece, durante i mesi estivi, la maggior parte della popolazione appare costantemente in uno stadio di maturità gonadica, caratterizzato da follicoli ripieni di gameti e con emissioni parziali e continue. Nel campionamento di Ottobre si osserva ancora una presenza di gameti maturi in circa meta' degli esemplari esaminati provenienti dalla Sacca del Canarin.

In Dicembre, infine, tutti gli esemplari esaminati nelle due Sacche si trovavano nuovamente in fase di riposo gonadico.

Durante il ciclo biologico di *Tapes philippinarum,* nel periodo da noi considerato, si possono osservare notevoli variazioni per tutti i maggiori costituenti biochimici dei tessuti corporei. Vari studi hanno suggerito l'importanza, a livello quantitativo e qualitativo, dei lipidi nell'economia dei bivalvi marini adulti, sia per la formazione dei gameti (Walne, 1970; Holland, 1978; Taylor e Venn, 1979), sia come riserva energetica in condizioni di stress nutrizionali imposti o naturali (Walne, 1970; Beukema e De Bruin, 1977; Beninger e Lucas, 1984). In entrambe le popolazioni le variazioni dei valori assoluti dei lipidi (Fig.2), da noi osservate, potrebbero corrispondere ad un modello di variazione già notato in altri bivalvi marini (Establier, 1969, Ariseli, 1972; Ando et al., 1976; Beukema e De Bruin, 1977; Taylor e Venn, 1979; Ansell et al., 1980). In tutti i casi citati i livelli massimi di lipidi corrispondono a periodi di maturazione gonadica prima dell'emissione dei gameti, riflettendo il

fatto che i lipidi sono uno dei maggiori componenti degli oociti dei Bivalvi (Holland, 1978; Gabbott, 1983).

Le concentrazioni di lipidi aumentano, in entrambe le popolazioni, nei mesi primaverili, parallelamente all'aumentare della temperatura dell'acqua, e nello stesso modo diminuiscono nei mesi autunnali. Seguendo queste variazioni in rapporto al ciclo riproduttivo, limitatamente al 1991, l'incremento primaverile del contenuto lipidico potrebbe aver rappresentato l'innesco della fase di maturazione delle gonadi. Le fluttuazioni del contenuto lipidico nei mesi estivi possono essere messe in relazione al notevole consumo energetico associato alla riproduzione e all'emissione dei gameti.

Il glicogeno è un importante costituente di riserva negli invertebrati, specialmente nei Bivalvi (Giese, 1966, 1969; Bayne e Newell, 1983; Gabbott, 1983; Gade, 1983; Akberali e Trueman, 1985). Il contenuto in glicogeno nei bivalvi marini può cambiare drasticamente nelle varie stagioni (Hummel et al., 1988). Il glicogeno può essere usato per superare lunghi periodi di carenza di cibo, come in inverno, o per mitigare periodi più brevi di stress, come periodi di anossia o di prolungata emersione. Inoltre, durante la gametogenesi, il glicogeno può essere ridistribuito dal soma verso le gonadi e costituire riserve nei follicoli e gameti, perciò può essere perso durante l'emissione dei gameti (Gabbott, 1983). Di conseguenza ci si aspetta che i valori minimi del contenuto in glicogeno si misurino alla fine dell'inverno o del periodo riproduttivo. Oltre a questi cambiamenti naturali più o meno graduali del contenuto in glicogeno, possono verificarsi variazioni repentine indotte da improvvisi cambiamenti ambientali, naturali o artificiali, come le temperature estreme, condizioni di anaerobiosi, e da inquinanti. Diversi Autori hanno misurato nei Bivalvi livelli massimi di glicogeno immediatamente prima e durante la maturazione dei gameti (Ansell, 1972, 1974, 1975; Shaffee, 1978; Williams, 1969; Ansell et al., 1980). L'aumento del contenuto in glicogeno sembra essere correlato a periodi di massima abbondanza fitoplanctonica, anche per i Bivalvi che vivono in profondità (Ansell e Trevaillion, 1967; Ansell, 1972).

Le variazioni dei valori assoluti del glicogeno osservate nelle due popolazioni di *Tapex philippinarum* nel periodo di tempo da noi considerato (Fig.3) tendono ad avvalorare la funzione del glicogeno come riserva energetica sia in periodi di stress nutrizionale (specialmente nel periodo invernale) sia durante la produzione dei gameti. La separazione temporale tra le variazioni delle concentrazioni di glicogeno e di lipidi, osservate in entrambe le popolazioni nella primavera 1990, potrebbe confermare l'ipotesi che le riserve di glicogeno possano essere convertite in lipidi dei gameti prima dell'emissione. In ogni modo bisogna tener presente che i glucidi sono i più variabili tra tutte le principali componenti biochimiche, in dipendenza dello stato metabolico degli organismi (Bodoy, 1980) per cui, a seconda del momento in cui si eseguiva il campionamento delle *Tapes,* i glucidi potevano già in parte esser stati convertiti in lipidi, oppure già consumati per diminuizione di disponibilità alimentari.

Gli alti valori proteici osservati durante il periodo di maturazione gonadica, in entrambe le popolazioni,(Fig.4) rifletterebbero il fatto che le proteine sono il principale componente organico degli oociti dei Bivalvi (Holland, 1978). Le proteine possono servire anche come riserva energetica nei bivalvi adulti, particolarmente durante la gametogenesi. Lipidi e glicogeno sono mobilizzati per formare gli oociti, mentre le proteine degli oociti vengono sintetizzate de novo (Holland, 1978). Così le proteine somatiche diventano il substrato energetico predominante durante la gametogenesi. Il

ruolo delle proteine somatiche come riserva di energia può anche estendersi in situazioni di stress nutrizionale e di deficit energetico al di fuori del periodo riproduttivo, come osservato in *Tapes philippinarum* in condizioni di sfinimento invernale, dove le proteine contribuivano al 74% dell'energia di mantenimento (Beninger e Lucas, 1984). L'aumento primaverile dei valori proteici, da noi osservato, dovrebbe coincidere col periodo di sviluppo delle gonadi.

Il rapporto C/N nei tessuti (Fig.5) mostra un chiaro modello stagionale in entrambe le popolazioni, riflettendo l'accumulo ed il consumo delle riserve metaboliche in funzione delle necessità fisiologiche degli animali. In particolare la massima differenza nei valori del rapporto C/N raggiunta nel maggio 1990 tra le vongole della Sacca del Canarin (5.09) rispetto alle vongole della Sacca degli Scardovari (4.35), rispecchierebbe un maggior successo nella fase di accumulo di riserve energetiche ai fini della riproduzione. Considerando il contenuto energetico (Fig.6), le vongole raggiungono il loro massimo valore energetico immediatamente prima dei periodi di emissione dei gameti.

5. CONCLUSIONI

II ciclo biochimico delle popolazioni di *Tapes philippinarum,* studiate durante il periodo compreso tra febbraio 1990 e marzo 1992 nei due ambienti del Delta del Po, uno dei quali caratterizzato dalla presenza di una centrale termoelettrica, presenta un andamento analogo a quello riportato dai vari Autori per i Bivalvi in generale e nell'unico studio a noi noto su *Tapes philippinarum* (Beninger e Lucas, 1984). I cambiamenti stagionali del contenuto calorico, dei lipidi totali, dei glucidi e delle proteine osservati nelle *Tapes* studiate sono infatti del tutto comparabili a quelli descritti precedentemente per specie appartenenti alla stessa famiglia Veneridae. In proposito si possono notare tre fasi principali che caratterizzano il ciclo biochimico:

1) una fase di tipo anabolico che inizia in entrambi i gruppi di animali tra febbraio e marzo; tale fase, nel 1990, si distingue a sua volta in due sottofasi a seconda del tipo di riserve metaboliche accumulate:

1a - caratterizzata da accumulo di trigliceridi, carboidrati e proteine;

1b - caratterizzata dall'aumento prevalente dei lipidi a spese dei carboidrati (tra aprile e maggio);

2) un periodo di deplezione delle riserve, precedentemente accumulate, in coincidenza ai mesi estivi, in cui vengono attivati i meccanismi finalizzati prevalentemente alla riproduzione;

3) un periodo autunnale (pre-invernale) di ripristino delle scorte nutrizionali (soprattutto proteine) che successivamente verranno rimosse ed utilizzate durante i mesi invernali.

Il confronto dei dati relativi alle composizioni delle due popolazioni di vongole ha dimostrato qualche differenza quantitativa e di andamento stagionale degli accumuli delle riserve metaboliche durante il periodo di fine inverno-inizio primavera. In particolare nel 1990 l'accumulo di glicogeno nelle vongole della Sacca del Canarin presenta un incremento netto e raggiunge (in aprile) valori del 75,4% superiori rispetto a quelli misurati negli animali raccolti nella Sacca degli Scardovari, in cui il

picco massimo viene raggiunto prima (in marzo) rispetto agli animali della Sacca del Canarin. Inoltre, sempre nel 1990, nei dati di Scardovari, il valore massimo, seguito dalla caduta dei valori, è anticipato rispetto alla salita dei lipidi. Negli animali della Sacca del Canarin la caduta del glicogeno si associa, invece, alla contemporanea salita dei lipidi. Come nel caso del glicogeno l'accumulo dei lipidi raggiunge (in aprile 1990) livelli del 51,3% in più rispetto ai lipidi degli animali prelevati nella Sacca degli Scardovari. In letteratura è stato sottolineato che la capacità di accumulo durante il periodo di ripresa primaverile rappresenta un aspetto determinante per la sopravvivenza e la riproduzione. Questo aspetto e' messo in rilievo dalle osservazioni istologiche compiute nell'anno successivo che hanno sottolineato il leggero sfasamento della successione degli eventi riproduttivi nelle popolazioni delle due Sacche, sia nel periodo primaverile, quando le vongole della Sacca del Canarin iniziano più' precocemente la gametogenesi e raggiungono prima la fase di maturità, sia in estate quando le stesse vongole prolungano la fase di maturità e la successiva fase di riassorbimento. Le differenze di rilievo sono osservabili nel periodo primaverile (1990) e nell'ottobre 1991, quando il contenuto lipidico e proteico delle vongole della Sacca del Canarin raggiungono, rispettivamente, valori del 59,2% e del 19,06% in più rispetto ai valori misurati negli animali della Sacca degli Scardovari.

L'analisi dei dati relativi ai lipidi totali ed alle proteine durante tutto il periodo considerato, mediante l'applicazione di un test statistico a blocchi randomizzati completi, in cui si separano gli effetti della stagione, ha evidenziato che le differenze delle proteine, dei lipidi ed in particolare dei fosfolipidi, sono significative tra le popolazioni delle due Sacche.

Il confronto tra i due ambienti studiati ha fornito dati simili circa l'andamento del ciclo biochimico, anche se questi dati preliminari suggeriscono che la crescita ed il ciclo vitale possano essere favorevolmente influenzati nelle vongole della Sacca del Canarin, grazie ad una migliore sincronia tra disponibilità e fabbisogni alimentari. Tuttavia occorre sottolineare che ulteriori studi di monitoraggio comparato dei parametri ambientali, degli indici di condizione ed il contemporaneo rilevamento degli indici di maturazione gonadica, potranno fornire maggiori elementi di interpretazione delle variazioni biochimiche riscontrate nei bivalvi raccolti nei due siti.

BIBLIOGRAFIA

AA.VV. 1991. Atti Convegno Ecologia del Delta del Po. Albarella 16-18 Settembre 1990. *Relazione ENEL-CRTN E4/91/02/MI.*

Adachi, K. 1979. Seasonal changes of the protein level in the adductor muscle of the clam, *Tapes philippinanim* (Adams and Reeve) with reference to the reproductive seasons. *Comp. Biochem. Physiol.,* 64A : 85-89.

Akberali, H.B. & E.R. Trueman. 1985. Effects of environmental stress on marine bivalve molluscs. *Adv. Mar. Biol.,* 22 :. 101-198.

Ambrogi, R. (ed.), 1985. Ecologia del Delta del Po. *Nova Thalassia, 7 suppl.2, 454 pp.*

Ando, T.,M. Moueza & H.S.Ceccaldi. 1976. Variations des lipides et des sterols chez *Donax trunculus* L. (Mollusque Lamellibranche) durant les mois d'automne et

d'hiver.*C.R. Séances Soc. Biol. Paris,* 170 : 149-153.
Ansell, A.D. 1972. Distribution, growth and seasonal changes in biochemical composition for the bivalve *Donax villatus* (Da Costa) from Kames Bay, Millport. *J. Exp.Mar. Biol. Ecoi,* 10 : 137-150.
Ansell, A.D. 1974. Seasonal changes in biochemical composition of the bivalve *Abra abra* from the Clyde Sea area. *Mar. Biol.,* 25 : 13-20.
Ansell, A.D. 1975. Seasonal changes in biochemical composition of the bivalve *Astarte montagui* in the Clyde Sea area. *Mar. Biol.,* 29 : 235-243.
Ansell, A.D.,L. Frenkiel & M. Moueza. 1980. Seasonal changes in tissue weight and biochemical composition for the bivalve *Donax trunculus* L on the Algerian coast. *J. Exp. Mar. Biol. Ecoi,* 45 : 105-116.
Ansell, A.D. & A. Trevaillion. 1967. Studies on *Tellina tennis* Da Costa. II. Seasonal growth and biochemical cycle. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.,* 1 : 220-235.
Barnes, H. & J. Blackstock. 1973. Estimation of lipids in marine animals and tissues: detailed investigation of the sulphophosphovanillin method for "total" lipids. *J. Exp. Biol. Ecol.,* 12,: 103-118.
Bayne, B.L. & R.C. Newell. 1983. Physiological energetics of marine molluscs. *In: K.M. Wilbur, A.S.M. Saleuddin (Eds.). The Mollusco. Vol.4, Physiology Pari 1. Academic Press, New York :* 407-515.
Beninger, P.G. 1984. Seasonal variations of the major lipid classes in relation to the reproductive activity of two species of clams reared in a common habitat: *Tapes decussates L.* (Jeffreys, 1863) and *Tapes philippinarum* (Adams & Reeve, 1850). *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.,* 79 : 79-90.
Beninger, P.G. & A. Lucas. 1984. Seasonal variations in condition, reproductive activity, and gross biochemical composition of two species of adult clam reared in a common habitat: *Tapes decussatus* L. (Jeffreys) and *Tapes philippinarum* (Adams & Reeve). *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.,* 79 : 19-38.
Beninger, P.G. & G. Stephan. 1985. Seasonal variations in the fatty acid of the triacylglycerols and phospholipids of two populations of adult clam *(Tapes decussatus* L and *Tapes philippinarum)* reared in a common habitat. *Comp. Biochem. Physiol.,* 81B (3) : 591-601.
Beukema, J.J. & W. De Bruin. 1977. Seasonal changes in dry weight and chemical composition of the soft part of the tellinid Bivalve *Macoma balthica* in the Dutch Wadden Sea: *Neth. J. Sea Res.,* 11 : 42-55.
Beukema, J.J & W. De Bruin. 1979. Calorific values of the soft parts of the tellinid bivalve *Macoma balthica L.* as determined by two methods. *.J. Exp. Mar. Biol. Ecol.,* 37 : 19-30.
Beutler, H.O. & G. Michal. *1976.Getreide,* Mehl und Brot., 30 : 116-118.
Bodoy, A. 1980. Croissance et variations de la composition biochimique du Bivalve *Spisula subtruncata* (Da Costa) dans le golfe de Marseille. *Tethys,* 9 (4) : 345-354.
Cesari, P. & M. Pellizzato. 1985. Molluschi pervenuti in laguna di Venezia per apporti antropici volontari o casuali. Acclimatazione di *Saccostrea commercialis* (Iredale & Roughely, 1933) e di *Tapes semidecussatus* (Adams & Reeve, 1850). *Boll. Malac.,* 21 (10-12) : 237-274.
Craig, J.F., M.J. Kenley & S.F-. Talling. 1978. Comparative estimations of the energy

content of fish tissue from bomb calorimetry, wet oxidation and proximate analysis. *Freshwater Biol,* 8 : 585-590.

Dubois, M., K.A. Gilles J.K. Hamilton, P.A. Rebers, & F. Smith. 1955. Colorimetric method for determination of sugar and related substances. *Analytical Chem.,* 28 : 350-356.

Establier, R. 1969. Variation estacional de la composicion quimica de la chirla *Venus gallina* L. *Invest. Pesq.,33* : 7-13.

Folch, J., M. Lees & G.H.Sloane-Stanley. 1957. A simple method for the isolation and purification of total lipids from animal tissues. *J. Biol. Chem.,* 226 : 497-509.

Gabbott, PA. 1983. Development and seasonal metabolic activities in marine molluscs. *In: P.P. W. Hochachka, Ed., The Mollusco, Vol.2. Environmental biochemistry and physiology. Acade mie Press, New York :* 165-217.

Gade, G. 1983. Energy metabolism of arthropods and molluscs during environmental and functional anaerobiosis. *J. Exp. Zool,* 228 : 415-429.

Giese, A,C. 1966. Lipids in the economy of marine invertebrates. *Physiol. Rev.,* 46 : 244-298.

Giese, A.C. 1967. Some methods for study of the biochemical constitution of marine invertebrates. *Oceanogr. Mar. Biol. Annu. Rev., 5* :159-186.

Giese, A.C. 1969. A new approach to the biochemical composition of the mollusc body. *Oceanogr. Mar. Biol. Annu.Rev., 1* : 175-229.

Holland, D.L. 1978. Lipid reserves and energy metabolism in the larvae of benthic marine invertebrates. *In: Biochemical and biophysical perspectives in marine biology. Vol.4 edited by D.C. Malins & J.R. Sargent, Academic Press, Landon :* 85-123.

Hummel, H., L. De Wolf & A.W. Fortuin. 1988. The annual cycle of glycogen in estuarine benthic animals. *Hydrobiol Bull,* 22 : 199-202.

Official Methods of Analysis of AOAC, I Uh ed., Washington 1970.

Regione Veneto-ESAV. 1990.: *Tapes philippinamm.* Biologia e sperimentazione. *Grafiche Zoppelli, Treviso,* 299 pp.

Rossi, R., L. Carnacina & F. Paesanti. 1990. Fishing in the area of the Delta Po: present situation and management problems. *Symposium on the ecology of the Po River Delta. Albarello (Rovigo) September 16-18, 1990, Atti, vol.2.*

Shaffee, M.S. 1978. Variations in biochemical composition of the green mussel *Perna viridis* L. of Ennore estuary, Madras. *Bull. Nat. Inst. Oceanogr. India,* 2 : 101-104.

Takayama, M., S. Itch, T. Nagasaki & I. Tanimuru. 1977. *Clinica Chimica Acta,* 79 : 93-98.

Taylor, A.C. & T.J. Venn. 1979. Seasonal variation in weight and biochemical composition of the tissues of the queen scallop *Chlamys opercularis,* from the Clyde Sea area. *J.Mar. Biol. Assoc. U.K.,* 59 : 605-621.

Wahlefeld, A.W. 1974. *In H.U. Bergmeyer: Methoden der enzymatischen Analyse 3 Ih ed., volli, Ver lag Chemie, Weinheim,* 1878 pp.

Walne, P.R. 1970. The seasonal variation of meat and glycogen content of seven populations of oysters *Ostrea edulis* L. and a review of the literature. *Fish.lnvest., Ser. II,* 26 (3) 35 pp.

Williams, C.S. 1969. The effect of *Mytilicola intestinalis* on the biochemical

composition of mussels. *JMar. Biol.Assoc. U.K.,* 49 : 161-173.
Zöllner, N. & K.K. Kirsch. 1962. Über die quantitative Bestimmung von Lipoiden (Micromethode) mittels der vie len natürlichen Lipoiden (allen bekannten Plasmalipoiden) gemeinsa men Sulphophosphovanillin-Reaktion. *Z. Ges. Exp. Med, Bd 35,* : 545-561.

Atti del 10° Congresso A.LO.L.
Alassio, 4-6 Novembre 1992
da pag. 477 a pag. 486

RICERCHE SULLA CICLOMORFOSI DEL CLADOCERO *BOSMINA LONGIROSTRIS* (O.F. MÜLLER)

Renato SCONFIETTI, Marzia CARIBONI e Marco CANTONATI

Dipartimento di Genetica e Microbiologia
Sezione di Ecologia - Piazza Botta, 10 1-27100 Pavia
Centro Interuniversitario di Ecologia delle Acque Interne

RIASSUNTO

In uno stagno di meandro nei dintorni di Pavia è stato eseguita un'indagine biometrica su *Bosmina longirostris* nel periodo 1990/91. Sono stati considerati due genotipi, "long" e "short", riconoscibili a livello fenotipico rispettivamente per la presenza o l'assenza di suture sul mucrone. Pur essendo i "long" più piccoli degli "short", le loro appendici sono più lunghe. I nostri risultati hanno messo in evidenza variazioni ciclomorfotiche nel genotipo "long", più frequente; a carico soprattutto delle antennule e dei mucroni. A partire dall'autunno, la taglia di queste appendici aumenta progressivamente fino al 150% dei mesi invernali. Dalla primavera la taglia torna a diminuire, indipendentemente dalla taglia globale individuale.

La scomparsa del genotipo "short" in autunno e la presenza di individui "long" con caratteri fenotipici particolarmente marcati coincide con la relativa importanza del Copepode predatore *Mesocyclops leuckarti* in ottobre e novembre, che eliminerebbe le prede più facilmente catturabili. Se questa ipotesi si rivelasse corretta, la supposta ciclicità della ciclomorfosi dipenderebbe solo dalla dinamica del predatore.

SUMMARY

RESEARCHES ON THE CYCLOMORPHOSIS OF THE CLADOCERAN *BOSMINA LONGIROSTRIS* (O.F. MÜLLER).

Cyclomorphosis in the species group *Bosmina longirostris* has been studied for the period 1990/91 in an ox-bow pond near Pavia (Lombardy, Northern Italy). The species group is formed by two genotypes - "long" and "short" - phenotypically distinguishable thanks to presence or absence of sutures on the mucrones. The "long" are constantly smaller than the "short", but their appendices are longer in absolute size. Our results point out cyclomorphotic variations for the, genotype "long", which is more frequent, involving above all the antennules and the

mucrones. Starting from autumn, the size of these appendices progressively increases to reach 150% in the winter months. On the contrary, the size of mucrones and antennules decreases in spring-summer. It has been shown that these variations are indipendent from individual sizes. The predation hypothesis for cyclomorphosis seems to apply to our situation too In our case, the predator might be the Copepod *Mesocyclops leuckarti,* which becomes relatively important in the zooplankton community in October and November. In this period the more catchable "short" are removed and the "long" are selected. Thus, only "long" individuals with long appendices overwinter.

On the other side, for antennules and mucrones the overwintering dimensional classes are sharply distinct from those present in the summer. These suggest a succession of genetically distinct cohorts through a continuum, that is seasonal or somehow linked to the long reproductive cycle in summer. It is therefore possible to suppose that predation and proper cyclomorphosis may concur in producing the complex biometrical pattern emerging from our data.

1. PREMESSA

II fenomeno della ciclomorfosi interessa per lo più Rotiferi e Cladoceri e costituisce uno dei tanti enigmi, tuttora non risolto nonostante la vasta letteratura (Jacobs, 1987), che continuano ad affascinare l'ecologo. Il fattore stagionale, per molto tempo accettato come determinante, non sembra avere influenza diretta sulla dinamica della ciclomorfosi; la cui interpretazione causale andrebbe piuttosto ricercata in rapporti di tipo sinecologico. Diversi Autori hanno proposto interpretazioni valide di volta in volta per situazioni particolari, ma che solo raramente assumono caratteri di generalità. In taluni casi, sembra decisivo il ruolo del predatore, che interverrebbe sulla popolazione delle prede indirizzando la popolazione sui genotipi più difficili da catturare (Zaret & Kerfoot, 1975; Kerfoot, 1975; Black, 1980; Havel, 1987). In questo senso, la stagionalità sincronizzerebbe solamente la dinamica del predatore. Studi a questo proposito, di solito eseguiti su popolazioni planctoniche lacustri, sono noti anche per il piccolo Cladocero *Bosmina longirostris* (O. F. Müller), da noi ritrovato con una certa frequenza ed abbondanza in un ecosistema stagnale vicino a Pavia. Si tratta di una piccola lanca di meandro meso-eutrofa (lanca del Topo, Airò & Sconfietti, 1993) per la quale disponiamo di dati personali dal 1988 al 1991. Ciò ha stimolato lo studio biometrico della popolazione di *Bosmina,* per indagare sulla eventuale comparsa di ciclomorfosi anche in ambienti lentici di ridotta estensione; a questo proposito Stella (1984) sostiene che una caratteristica del plancton degli stagni è proprio l'assenza di ciclomorfosi in gruppi, quali Cladoceri e Rotiferi, che frequentemente la presentano.

2. IL PROBLEMA

B. longirostris è un piccolo Cladocero limnetico e praticamente cosmopolita. La notevole plasticità delle sue appendici, vale a dire antennule e mucroni, aveva portato all'identificazione di due forme tipiche (Kerfoot, 1975): la forma "long", cui appartengono individui di taglia ridotta con appendici, però, relativamente allungate; la forma "short", con individui più grandi, ma con appendici corte. Fra queste due si accettava una terza forma "intermediate", che dal punto di vista biometrico si ritrovava, appunto, ad avere caratteri intermedi difficilmente attribuibili all'uno o all'altro gruppo. Successivamente Kerfoot & Peterson (1980) separano in modo più netto le forme "long" e "short", al punto da ritenerle specie differenti, pur senza assegnare nuovi nomi specifici; gli intermedi biometrici esprimono la sovrapposizione parziale delle distribuzioni gaussiane relative alle taglie individuali dei due genotipi. Dal punto di vista morfologico, la presenza di una o più incisure sul mucrone è caratteristica del gruppo "long" (Fig. 1); gli individui "short" hanno il mucrone liscio. Questo carattere consente, in modo inequivocabile, di attribuire ciascun individuo, compresi gli "intermediate", ai gruppi "long" o "short".

La presenza di una o dell'altra specie sarebbe influenzata dal tipo di predatore presente o, comunque, dalle modalità di predazione.

Scopo del presente lavoro è di indagare la dinamica degli equilibri tra le due specie del gruppo *B. longirostris* e verificare la presenza o meno di fenomeni ciclomorfotici in un ambiente di estensione ridotta.

3. MATERIALI E METODI

Dal novembre 1988 all'ottobre 1991 si dispone di raccolte mensili eseguite, nella stessa stazione, con retino a traino con maglie da 100 um. All'interno dei tre anni di osservazione è stato considerato il periodo agosto 1990-ottobre 1991, durante il quale la specie in oggetto è presente con regolarità e con un buon numero di individui.

Alla camera chiara del microscopio ottico sono stati rilevati una serie di parametri biometrici (Fig. 1): l'asse maggiore antero-posteriore dell'animale L1, utilizzato come parametro principale di taglia individuale, l'asse minore dorso-ventrale L2, perpendicolare al primo, per verificare la "globosità" della forma (100 L2/L1); la lunghezza effettiva dell'antennula, A1, ed il segmento A2, utilizzato per esprimere il grado di curvatura della antennula (100 A2/A1); la lunghezza del mucrone, M, ottenuta congiungendo l'estremità distale dell'appendice al proseguimento ideale del profilo del carapace.

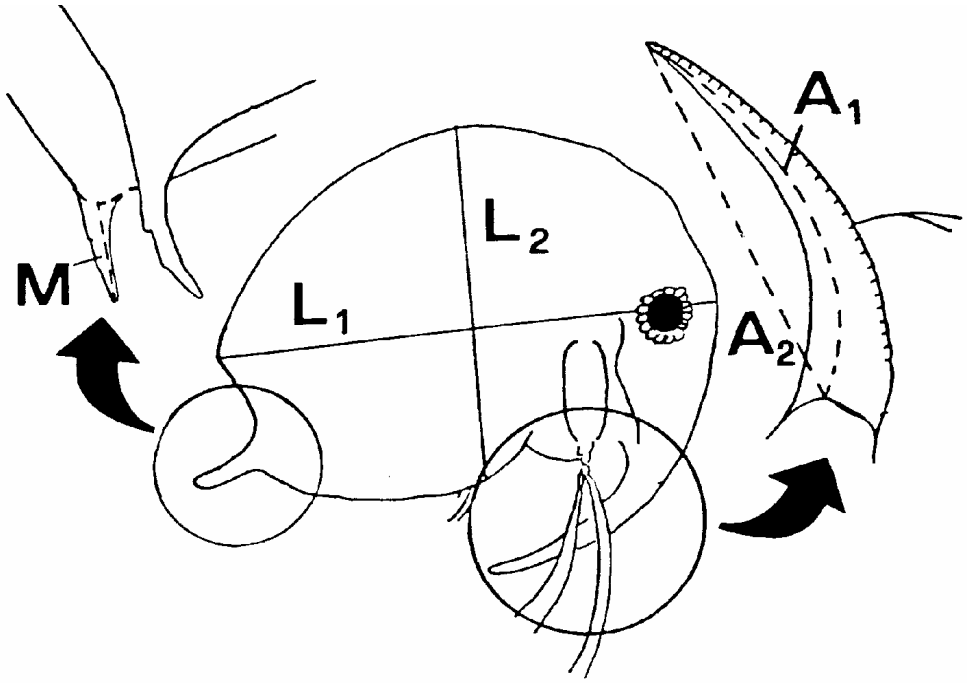


Fig. 1 - Misure biometriche rilevate su individui di *Bosmina longirostris*. L1= asse antero-posteriore; L2 = asse dorso-ventrale; M = mucrone; A1 e A2 =parametri di lunghezza e curvatura dell'antennula. Nel dettaglio relativo al mucrone sono riconoscibili le incisure caratterizzanti il gruppo "long".

Il coefficiente di variazione (C.V.= 100 ds/x), calcolato sulla base di venti misure eseguite in tempi diversi su tre rappresentanti tipici di forme "long", "short" e "intermediate", è inferiore al 2.5% in tutti i parametri tranne M, per il quale arriva a 8.5%. La maggior variabilità, comunque accettabile, di questa misura è dovuta ad una certa soggettività nell'approssimazione del profilo del carapace.

4. RISULTATI

II primo dato ecologico di un certo interesse è la scomparsa degli individui "short" nel periodo invernale, da novembre a marzo. Nei rimanenti mesi sono evidenti le maggiori dimensioni medie degli "short", a cui si associano, però, antennule leggermente più corte rispetto ai "long" (Fig. 2); una situazione analoga si ritrova anche per i mucroni, di cui si omette il grafico. La presenza discontinua del genotipo "short" permette di avanzare considerazioni critiche su base biometrica per il solo genotipo "long".

La dinamica della taglia media individuale è per lo più legata alla riproduzione, che porta ad avere molti piccoli individui, di nuova generazione, nei mesi estivi. La globosità del corpo è piuttosto stabile, intorno ad un valore medio del 72% sia per gli "short" che per i "long"; diversamente, gli altri due rapporti considerati, che mettono in relazione la lunghezza delle appendici rispetto alla lunghezza dell'individuo, mostrano un andamento approssimativamente a campana, con

massimi invernali e minimi estivi (Fig. 3). Al riguardo, qualche analogia si ritrova per il rapporto A2/A1, che indica la presenza di antennule meno ricurve durante l'inverno.

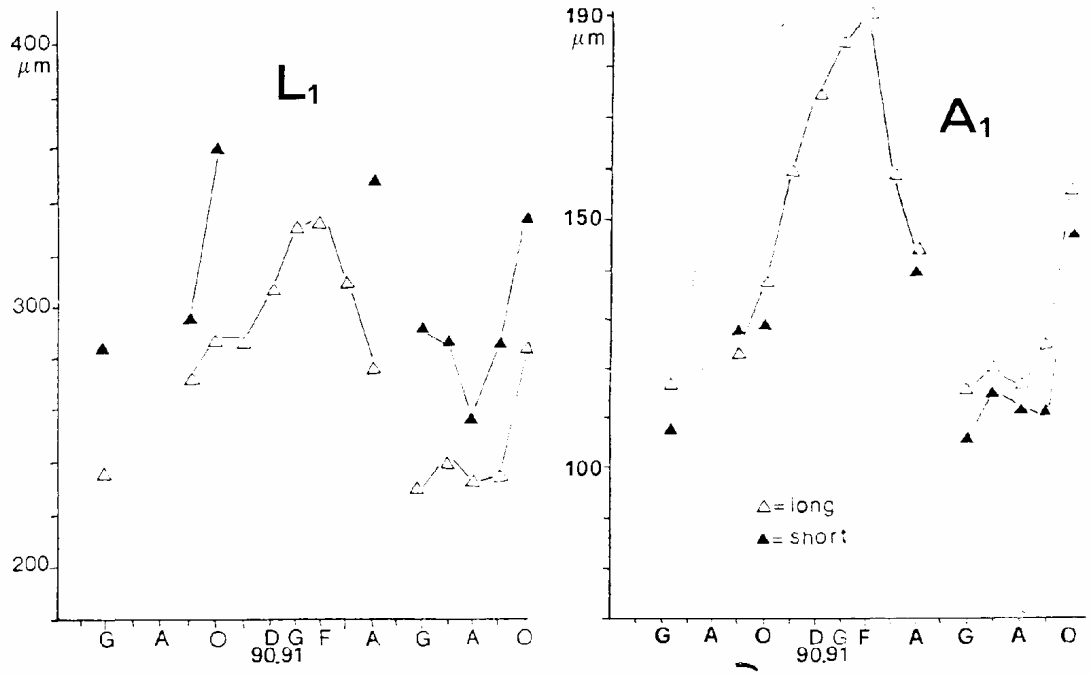


Fig. 2 - Taglia corporea (L1) e dimensioni medie delle antennule (A1).

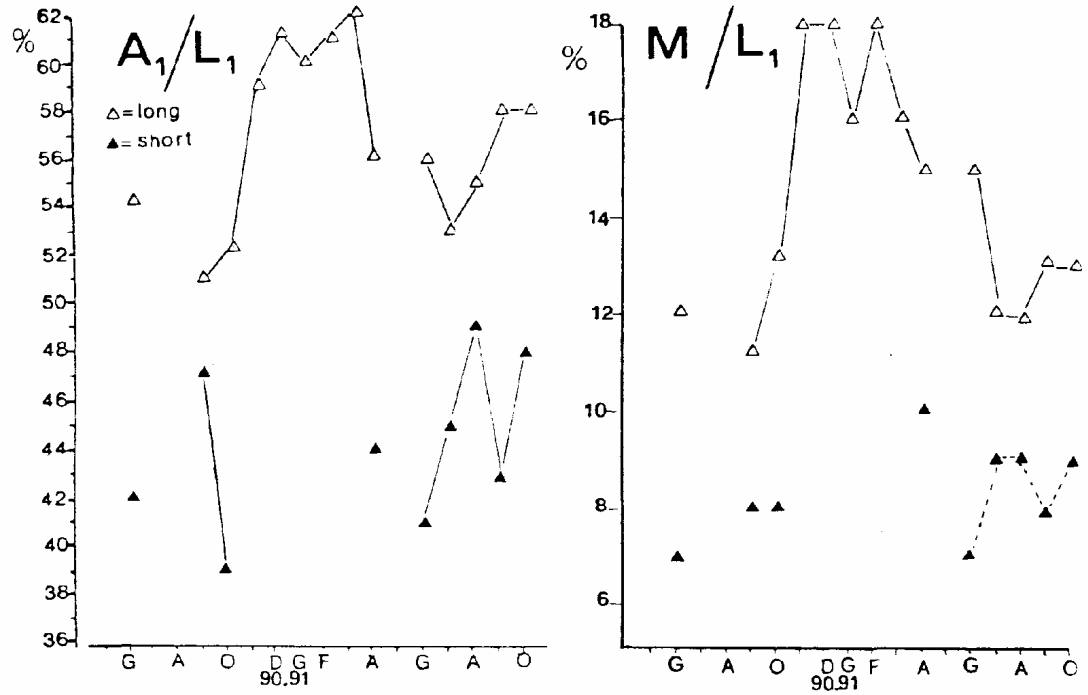


Fig. 3 - Variazioni mensili delle lunghezze relative di antennule (A1) e mucroni (M) rispetto all'asse antero-posteriore (L1).

Si è evidenziata, quindi, una variazione ciclica della morfologia del carapace a carico delle appendici, cioè antennule e mucroni, che può essere ricondotta, nella sua logica immediata, al complesso fenomeno della ciclomorfosi.

5. DISCUSSIONE

Le variazioni dei valori medi relativi alle misure lineari rilevate mostrano un certo parallelismo con i rapporti percentuali: in entrambi i casi vi sono massimi invernali e minimi estivi. Di per sé, questo parallelismo non esclude una crescita di tipo allometrico: le antennule e i mucroni potrebbero avere, cioè, tassi di crescita più rapidi rispetto alle rimanenti parti del corpo e diventare, quindi, proporzionalmente sempre più lunghi rispetto al corpo stesso. Tuttavia, se consideriamo la classe di lunghezza intorno alla taglia media di R. longirostris riportata dalla letteratura (350 µm circa), si può arrivare ad escludere l'allometria, in quanto sia le antennule che i mucroni aumentano del 50% le loro dimensioni medie invernali rispetto al settembre precedente (fig. 4). D'altra parte, secondo Kerfoot (1975), antennule e mucroni cessano di crescere abbastanza precocemente rispetto alla taglia complessiva corporea.

L'allungamento progressivo delle appendici, quindi, potrebbe essere effettivamente legato a coorti diverse, che si succedono tra settembre e dicembre. In marzo ed aprile ricompaiono individui con appendici più corte, simili a quelle di settembre.

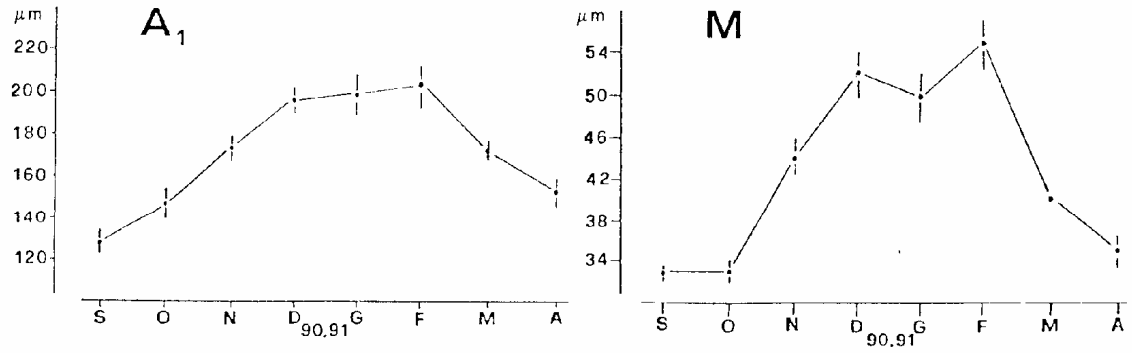


Fig. 4 - Valori medi e deviazioni standard di antennule (A1) e mucroni (M) della classe dimensionale 340-360 µm.

L'allungamento delle appendici in *B. longirostris* viene spiegato da Kerfoot (1975), in un lago da lui studiato, con l'azione predatrice di un Copepode Calanoide, *Epischura nevadensis* (Lillj). Quando questo Copepode è abbondante, si ritrovano Bosmine con antennule e mucroni lunghi; ricompaiono appendici più corte quando *Epischura* è assente. Ciò viene messo in relazione con la tattica predatrice del Copepode, che risulta meno efficace non tanto su individui grandi o piccoli, quanto su individui con lunghe appendici che sporgono dal corpo.

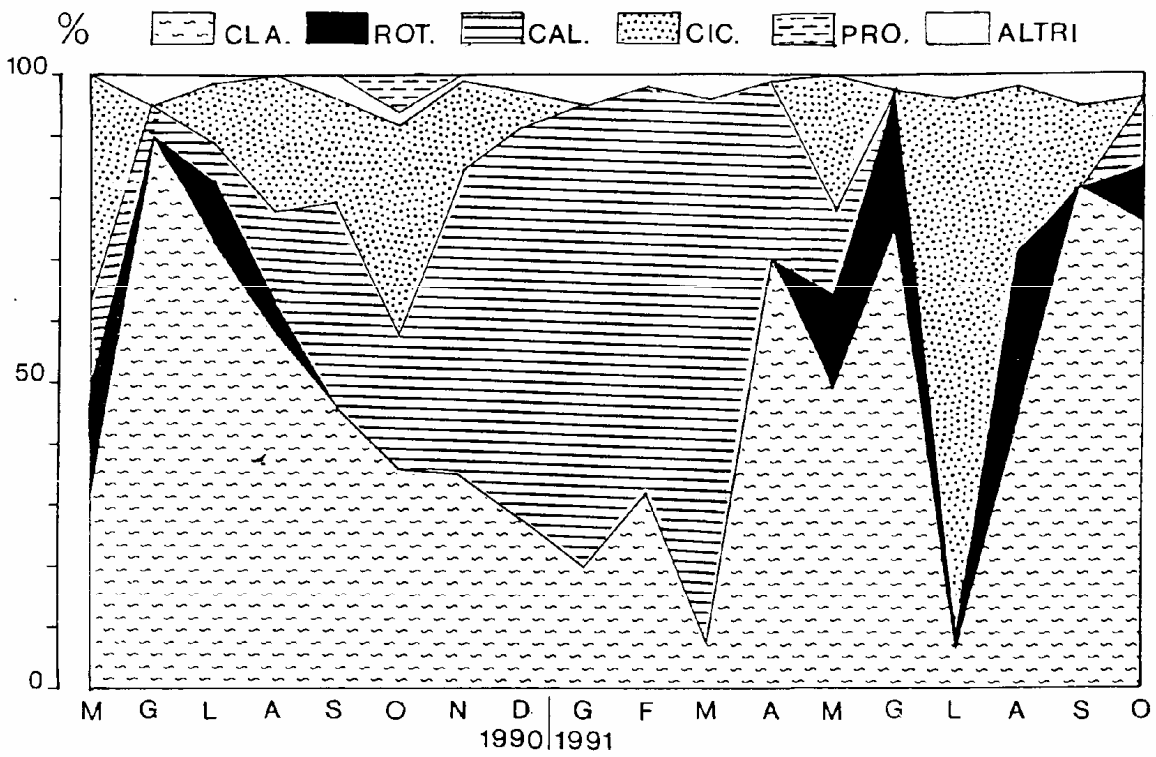


Fig. 5 - Composizione percentuale della comunità zooplanctonica da cui provengono i campioni analizzati di *Bosmina longirostris*.

Anche i risultati emersi dalla nostra ricerca possono essere interpretati alla luce di questa ipotesi, ammettendo come predatore decisivo un altro Copepode, *Mesocyclops lenc*karti (Claus). Da agosto a novembre del 1990 *Mesocyclops* è relativamente abbondante nella comunità zooplanctonica (Fig. 5); in particolare, ad ottobre la probabilità di predazione sulla componente a Cladoceri è molto elevata. Gli effetti dell'attività predatoria trovano buon riscontro nella struttura di popolazione di *Bosmina* (Fig. 6), dalla quale si nota, tra settembre e novembre, la drastica riduzione e la successiva scomparsa degli individui "short", in concomitanza con l'abbondanza relativa di *Mesocyclops*. Nello stesso periodo si aveva la comparsa, nei "long", di individui con lunghezza media delle appendici progressivamente maggiore.

Il Copepode sarebbe, quindi, responsabile dapprima della scomparsa degli "short", più maneggevoli durante l'atto predatorio, anche se di taglia superiore, a causa delle appendici corte; successivamente della selezione progressiva sui "long", fra i quali gli individui con caratteri più accentuati, cioè antennule e mucroni lunghi, hanno maggiore probabilità di sfuggire alla predazione, La persistenza di questo aspetto sulla popolazione di Bosmina durante l'intero inverno, quando Mesocyclops è praticamente scomparso, è unicamente dovuta alla mancanza di riproduzione, per cui solo gli individui selezionati nell'autunno hanno la possibilità di svernare. Quando riprende la riproduzione, in primavera, ricompaiono genotipi "short" (Fig. 6) e, fra i "long", individui con appendici più corte.

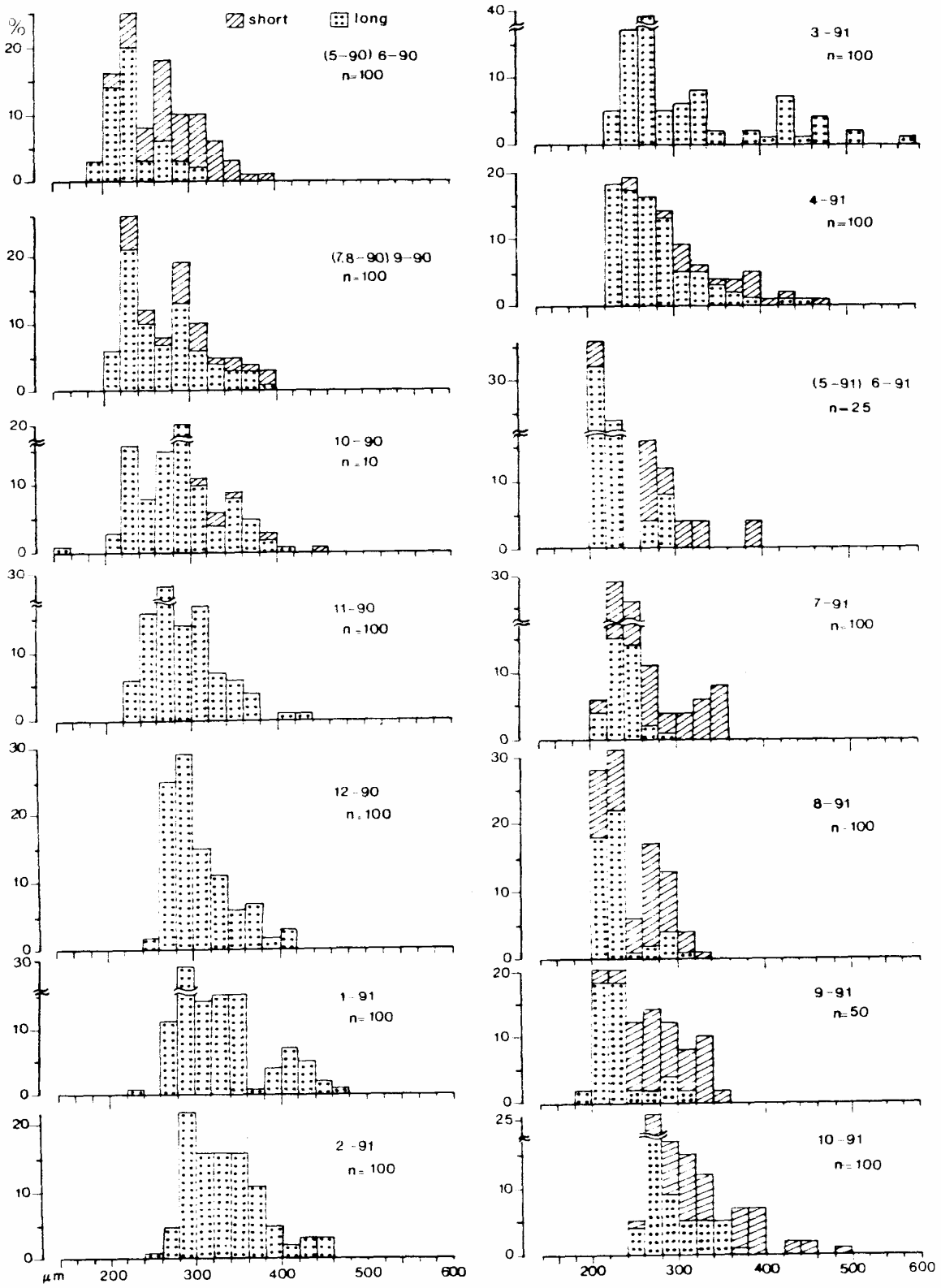


Fig. 6 - Dinamica della struttura di popolazione di *Bosmina longirostris* riferita alla lunghezza L1.

Il fatto che Kerfoot abbia osservato l'allungamento delle appendici in primavera, mentre nel nostro caso si è verificato in autunno, dipende non da fattori intrinseci a *Bosmina,* sincronizzati in qualche modo dall'ambiente fisico circostante, ma dalla diversa dinamica del predatore specifico.

6. CONCLUSIONI

L'evidenza delle variazioni biometriche sostiene l'idea che anche in piccoli ambienti stagnali si possa osservare la ciclomorfosi in elementi dello zooplancton.

L'ipotesi proposta da Kerfoot per la ciclomorfosi di *Bosmina* si adatta abbastanza bene al nostro caso: il Copepode predatore elimina prima i genotipi "short", che hanno appendici corte, poi seleziona i "long", all'interno dei quali vengono risparmiati quelli con mucroni e antennule molto evidenti. Le antennule sembra che diventino non solo più lunghe, ma che diminuiscano anche la loro curvatura, aumentando l'effetto difensivo delle appendici nei confronti della predazione.

Se la predazione, dunque, fosse l'unica responsabile delle variazioni biometriche, non avrebbe più senso mantenere il termine di "ciclomorfosi", che prevede, appunto, la ciclicità del fenomeno. Specialmente in piccoli ambienti, le dinamiche a livello specifico possono cambiare drasticamente da un anno all'altro, come già osservato da noi nello stagno in questione.

Del resto, se la predazione intervenisse solamente a "scremare" un pool genico sempre ugualmente eterogeneo, dovremmo forse aspettarci una variabilità più o meno costante delle appendici, all'interno della quale vengono esaltate le classi di frequenza premiate dalla selezione; invece, del range complessivo di variabilità sono rappresentate di volta in volta solo una parte limitata delle classi di frequenza, quasi ad indicare una successione di coorti geneticamente differenziate lungo un continuo stagionale o legato, in qualche modo, al ciclo riproduttivo. Anche ammettendo che taluni genotipi non scompaiano del tutto, ma persistano latenti nel patrimonio genetico della popolazione, resta da capire come mai di mese in mese scompaiano del tutto alcune classi di frequenza e ne compaiano altre, soprattutto al riguardo delle appendici. Tornando alla Fig. 4, è interessante notare la limitata sovrapposizione delle variazioni individuali per antennule e mucroni, che lascerebbero ipotizzare una effettiva successione di genotipi differenti.

Non è da escludere che, nell'indurre variazioni morfologiche a carattere difensivo legate a particolari genotipi, possano intervenire anche sostanze organiche prodotte dallo stesso predatore, come noto da tempo per altri casi (Jacobs, 1987).

Si può, forse, ammettere che ciclomorfosi in senso stretto e predazione selettiva possano concorrere a delineare il complesso quadro biometrico emerso dalla nostra indagine, come già ipotizzato da Black (1980) per situazioni lacustri.

RINGRAZIAMENTI

Gli Autori ringraziano l'amica Laura Padovani per il valido aiuto fornito nella stesura del testo.

BIBLIOGRAFIA

Airò, S. & R. Sconfietti. 1993 Lanche del basso Ticino a confronto. I. Evoluzione del trofismo. *Atti XI Convegno Gruppo Ecologia di Base "G. Gadio",* Lugano, 1992. *Mem. Soc. Tic. Se. Nat.* .

Black, R.W. 1980. The nature and causes of cyclomorphosis in a species of the *Bosmina longirostris* complex. *Ecology,* 61 (5): 1122-1132.

Havel, J.E. 1987. Predator induced Defenses: A Review. in W.C. Kerfoot & A. Sih (Eds), Predation, University Press of New England: 263-278.

Jacobs, J. 1987. Cyclomorphosis in *Daphnia. Mem. Ist. Ital. Idrobiol.* 45: 325-352.

Kerfoot, W.C. 1975. The divergence of adjacent populations. *Ecology,* 56: 1298-1313.

Kerfoot, W.C. & C. Peterson. 1980. Predatory copepods and *Bosmina.* replacement cycles and further influences of predation upon prey reproduction. *Ecology,* 61 (2). 417-431.

Stella E. 1984. Fondamenti di Limnologia. Edizioni dell'Ateneo. 300 pp.

Zaret, T.M. & W.C. Kerfoot. 1975. Fish predation on *Bosmina longirostris.* body-size selection versus visibility selection. *Ecology,* 56: 232-237.

Atti del 10° Congresso A.I.O.L.
Alassio, 4-6 Novembre 1992
da pag. 487 a pag. 501

1

RICOSTRUZIONE DEI PALEOAMBIENTI ATTRAVERSO LE TECAMEBE IN ALCUNI LAGHI SUBALPINI (ORTA, VARESE E CANDIA)

Alessandro ASIOLI* e Franco S. MEDIOLI**

*Istituto di Geologia, Paleontologia e Geografia, Università di Parma, Italia
** Centre for Marine Geology, Dalhousie University, Halifax, Canada

SUMMARY

A study of Thecamoebians was carried out on three sediment cores collected in three Northern Italian lakes (Orla, Varese, Candia). The distinction of morphotypes within three species of Thecamoebians allows to understand the peculiar habitats of some of those morphotypes, in particular for the ones belonging to the species *Difflugia proteiformis.* In fact, *D. proteiformis* m. *proteiformis* show evidences to be well adapted to environments rich in organic matter and sulphides and *D. proteiformis* m. *rapa* appears to have a strong tollerance to polluted waters such as the Orta lake ones. Although several questions about the ecology of Thecamoebians are still unresolved, these Protozoa can be used as a good tool for paleoenvironmental reconstructions and environmental detections.

1. PREMESSA

Lo studio delle Tecamebe è relativamente recente; sebbene già segnalate nel secolo scorso, esse hanno avuto un notevole impulso solo negli ultimi quarant'anni, principalmente in Gran Bretagna, Germania e Canada; tuttavia la letteratura su questi organismi è nettamente più scarsa rispetto a quella dei Foraminiferi. Poiché è stato riconosciuto che questi Protozoi mostrano una buona sensibilità a variazioni ambientali, recentemente sono state utilizzati come bioindicatori in ricostruzioni paleoambientali nel Quaternario (Medioli & Scott, 1983, Patterson et al., 1985, Honig & Scott, 1987). In Italia i lavori sulle Tecamebe risalgono alla fine del secolo scorso e sono di carattere estremamente generale; tra i lavori recenti, a carattere paleoambientale, si segnala soltanto quello di Medioli et al. (1985), riguardante alcuni campioni di una carota prelevata nel Lago di Garda.

Nel presente studio sono state prese in considerazione le Tecamebe presenti in tre carote (Orta 1, Varese 1 e Candia 1) prelevate rispettivamente nel Lago d'Orta, nel Lago di Varese e nel Lago di Candia. Anche se si tratta del primo studio fatto sulle Tecamebe di questi laghi, si è cercato di non limitarsi ad una semplice descrizione delle specie rinvenute, ma è stato seguito in dettaglio l'andamento dei morfotipi delle specie che hanno mostrato una notevole variabilità morfologica, fenomeno che accade

frequentemente anche nei Foraminiferi, sia planctonici che bentonici. Poiché riteniamo che i diversi morfotipi osservati in una specie rappresentino l'adattamento della specie stessa a determinate situazioni ambientali, sono stati distinti alcuni morfotipi, allo scopo di verificare se ciascuno di essi fosse realmente legato a particolari caratteristiche ambientali.

Per quanto riguarda la posizione tassonomica delle Tecamebe e le loro caratteristiche principali si rimanda ai lavori di Medioli & Scott (1983) e Medioli & Scott (1988).

La presente ricerca ha un duplice scopo: 1) ottenere una ricostruzione dei paleoambienti che si sono succeduti nei tre laghi e 2) acquisire ulteriori informazioni sull'ecologia delle Tecamebe mediante lo studio sia delle specie sia dei morfotipi.

2. INQUADRAMENTO DELLE AREE DI STUDIO

II Lago d'Orta (Fig. 1) è compreso nel bacino idrografico del Lago Maggiore; di forma allungata in senso meridiano si trova a 290 m s.l.m. e ha l'emissario, Torrente Niguglia, che fuoriesce all'estremità settentrionale del lago a causa della chiusura morenica a Sud. La conca del lago è suddivisa in tre bacini: quello meridionale, profondo poco più di 30 m, che termina verso Nord al traverso che congiunge la penisola di Orla con la Punta Casario; quello centrale che è limitato a Nord da una soglia sommersa all'altezza di Punta di Crabbia ed ha profondità poco superiore a 100 m; infine il bacino settentrionale in cui si raggiungono le massime profondità (143 m). L'inquinamento del lago a partire dal 1927 circa, è stato ampiamente studiato e documentato negli ultimi decenni (Calderoni & Mosello, 1990). In quest'ambito sarà sufficiente ricordare i drammatici effetti sullo zoo e fitoplancton (Monti, 1930) causati dalle acque reflue inquinate da solfati di rame e ammonio della fabbrica Bemberg. Il carico di rame della Bemberg si ridusse significativamente nel 1958; tuttavia aumentarono gli apporti di Cu, Zn, Ni e Cr, derivati dalle aziende elettrogalvaniche sorte numerose sulle sponde del lago peggiorando ulteriormente la qualità delle acque (forte aumento del contenuto medio di azoto ammoniacale, accumulo di azoto nitrico, persistente acidità delle acque con valori di pH compresi tra 3.9 e 4.5) in conseguenza della nitrificazione. Per quanto riguarda l'aspetto biologico, nel 1985-86 i valori di produzione primaria raggiunsero quelli tipici di laghi mesotrofici. Anche la popolazione zooplanctonica, che prima del 1926 era tipica di un lago oligotrofico, scomparve poco dopo l'inizio dell'inquinamento e ricomparve negli anni seguenti in comunità piccole e squilibrate, situazione tuttora perdurante (Bonacina, 1990), anche se notevolmente migliorata.

Nel bacino idrografico del Lago Maggiore è compreso, oltre al Lago d'Orta, anche il Lago di Varese (Fig. 1), il cui emissario, Torrente Bardelle, si getta nel Lago Maggiore. Il Lago di Varese ha profondità massima di 26 m ed è in comunicazione con il Lago di Comabbio attraverso il Canale artificiale Brabbia. Le acque del Lago di Varese sono generalmente stratificate da maggio a novembre, periodo in cui l'ipolimnio è sottoposto a forte deossigenazione. Negli anni '50 si ebbe nel bacino idrografico del Lago di Varese una forte espansione demografica e conseguente aumento dell'attività industriale. Il continuo defluire degli scarichi fognari domestici e industriali, direttamente nel lago senza alcun trattamento, finì col compromettere seriamente le acque del lago causando

estese fioriture algali, favorite dagli elevatissimi contenuti in fosforo e in sali di azoto. Ciò ebbe drastici effetti sia sulla popolazione zooplanctonica sia sulla popolazione bentonica che in parte scomparve e in parte si rifugiò a minori profondità, poiché le condizioni di ossigenazione dell'ipolimnio erano diventate proibitive. Il lago, eutrofico prima dell'inizio dell'inquinamento, divenne quindi ipertrofico (Ruggiu et al., 1981).

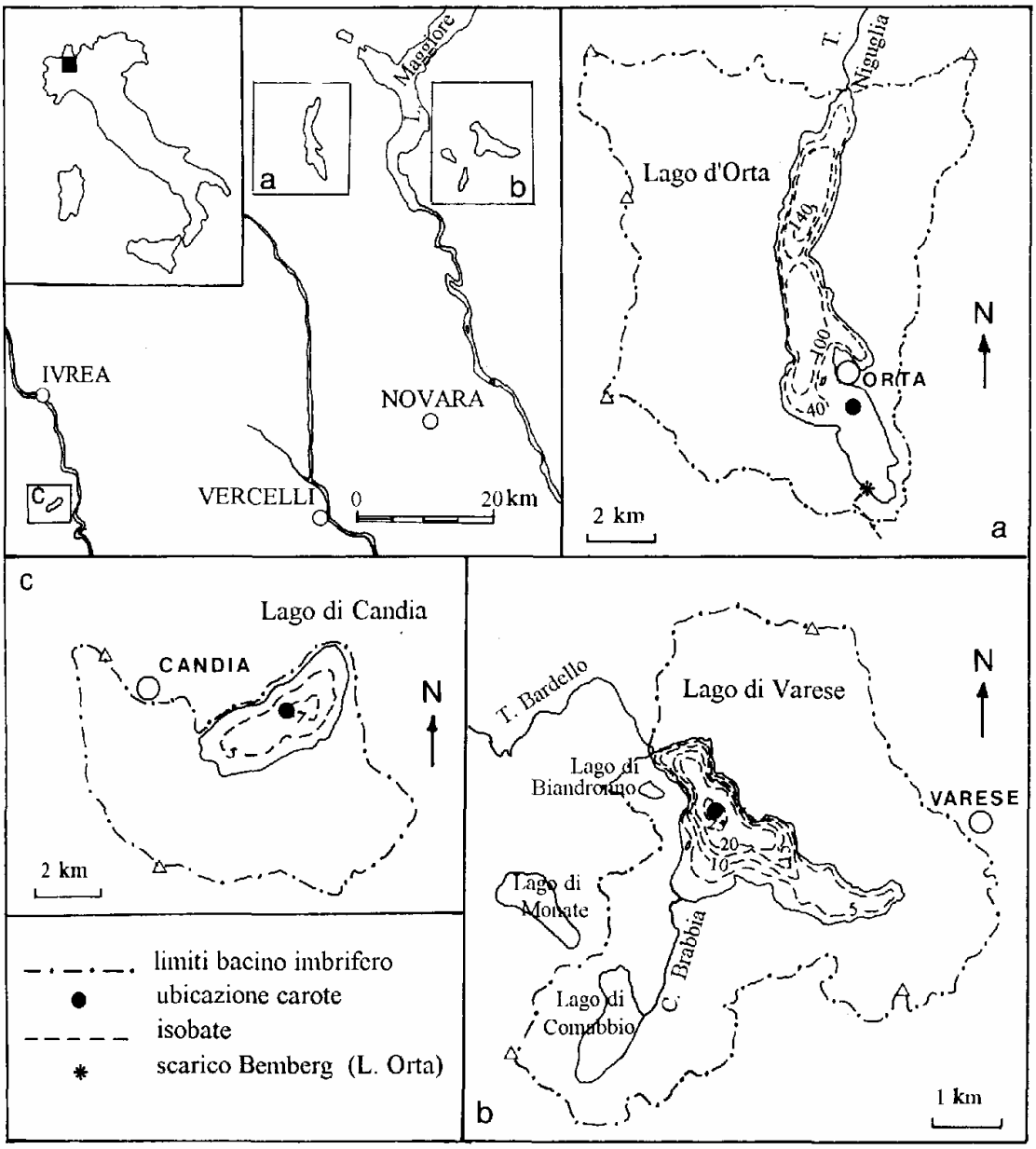


Fig. 1 - Mappa dei laghi d'Orta (a), Varese (b) e Candia (c), con isobate e ubicazione dei siti di prelievo delle carote Orta 1, Varese 1 e Candia 1.

Il Lago di Candia, infine, è compreso nel bacino idrografico del Fiume Dora Baltea posto a 226 m s.l.m. ed ha profondità massima di circa 7 m (Fig. 1). Il suo emissario è Rio Traversare che si getta nella Dora Baltea. E' un piccolo lago eutrofico, ricco di vegetazione acquatica litorale e densamente popolato da organismi fitoplanctonici e zooplanctonici (Giussani & Galanti, 1992; Guilizzoni et al., 1989); è ricoperto dal ghiaccio nei mesi di gennaio e febbraio ed ha concentrazioni molto basse di ossigeno nell'ipolimnio (0.5 - 3.0 µg/l).

3. MATERIALI E METODI

Le carote sono state prelevate nel luglio 1990 con un carotiere pneumatico Mackereth; in seguito sono state congelate a -23 °C per permettere il taglio e l'osservazione delle strutture sedimentarie. Sono stati poi prelevati subcampioni di cm 1.5 di spessore quando il sedimento si presentava omogeneo (Orla 1 e Candia 1); in presenza di laminazioni (Varese 1) il campionamento è stato eseguito rispettando lo spessore delle lamine. Il sedimento prelevato è stato riposto in alcool etilico (95%), quindi lavato con un setaccio con maglia di 45µm e immerso nuovamente in etanolo. I residui di lavaggio sono stati esaminati sotto un microscopio sterescopico e sono stati conteggiati almeno 300 individui per ciascun residuo. Le teche si presentavano per la maggior parte pulite e integre, tuttavia non sono state prese in considerazione le forme riempite di argilla, ritenute rimaneggiate.

4. RISULTATI

4.1. Lago d'Orta

La litologia della carota è suddivisibile in due parti: una inferiore (cm 86.5-11), data da argilla siltosa marrone, e una superiore, con passaggio rapido, data da argilla siltosa nera (cm 11-0). La curva cumulativa (Fig. 2) rappresenta l'andamento delle associazioni a Tecamebe nel tempo. All'interno di alcune specie sono stati distinti alcuni morfotipi e precisamente:

1) in *Difflugia oblunga* sono presenti forme di taglia diversa, che sono state separate in due distinti morfotipi: *D. oblonga* m. *magna* e *D. oblonga* m. *parva.* Lo stesso procedimento è stato applicato per *Difflugia tricuspis,* distinta in *D. tricuspis* m. *magna* e *D. tricuspis* m. *parva*

2) D. proteiformis ha mostrato una notevole variabilità morfologica. Si è resa necessaria, quindi, la seguente divisione; *D. proteiformis* m. *proteiformis* (teca cilindrica stretta e allungata), D. *proteiformis* m. *crossa* (teca meno allungata e più globosa), *D. proteiformis* m. *rapa* (teca molto piccola e globosa) e *D. proteiformis* m. *bicornis* (simile al m. *crassa* ma provvista di due spine).

Sulla base della distribuzione non solo delle specie, ma anche dei morfotipi, è possibile suddividere la carota in tre zone:

zona III (86.5-64.5 cm): le specie più abbondanti sono: *Pontigulasia compressa, Difflugia globulus* e *D. oblonga,* all'interno della quale il morfotipo *magna* è relativamente più frequente. *D. tricuspis* e *D. proteiformis* mostrano minori frequenze

rispetto alle specie precedenti: nella prima è prevalente il m. *magna,* mentre la seconda è data dal solo m. *crossa.* Infine, *Lesquereusia* mostra frequenze simili a *D. tricuspis,* mentre sporadica è la presenza di *Nebella* e *Centropyxis.*

zona II (62.5-12.5 cm): qui si assiste all'aumento relativo di *D. oblonga* m. *parva,* di *D. proteiformis* m. *crassa* e di *D. viscidula,* mentre diminuisce notevolmente la frequenza di *D. globulus. Lesquereusia* presenta frequenze bassissime. *D. oblonga* m. *magna* diminuisce nella parte bassa, tuttavia mostra un aumento di frequenza tra 32.5 e 20.5 cm in concomitanza ad un lievissimo aumento di *D. globulus* mentre *P. compressa* non mostra sostanziali variazioni. A 12.5 cm si ha l'improvvisa espansione di *D. proteiformis* m. *proteiformis* accompagnata da un aumento di *D. oblonga* m. *parva.* Nei livelli corrispondenti a 12.5 e 16.5 cm sono stati rinvenuti Foraminiferi planctonici e rarissimi bentonici.

zona I (8.5-0 cm): progressiva e drastica riduzione del numero delle specie. A 8.5 cm si ha un'associazione data, per il 70%, da *D. oblonga* m. *parva, D. proteiformis* m. *crassa* e *D. viscidula,* seguite in misura nettamente inferiore da *Difflugia capreolata, D. globulus* e *P. compressa.* A 5 cm il 90% dell'associazione è costituita da *D. proteiformis* m. *crassa* e da *D. viscidula,* infine il livello corrispondente a 1.5 cm è dato solo da *D. proteiformis* m. *rapa* (80%) e *D. viscidula* (20%).

4.2. Lago di Varese

La colonna litologica (Fig. 2) è suddivisibile, in prima istanza, in due parti: una parte inferiore (97-23 cm), costituita da argilla siltosa marrone, e una superiore (23-0 cm) data un'alternanza di lamine costituite da argilla siltosa nera e calcite. La parte inferiore mostra alcune variazioni di colore: tre zone date da argilla siltosa marrone chiaro (97-84 cm, 78-60 cm e 44-33 cm) che passano gradualmente ad argilla siltosa marrone scuro (84-78 cm, 60-44 cm e 33-23 cm).

Per quanto riguarda le Tecamebe, la curva cumulativa (Fig. 2) può essere suddivisa in quattro zone:

zonaD (90-62 cm): l'associazione è costituita principalmente dal genere *Centropyxis* (circa il 50% dell'intera fauna), da *D. tricuspis* e *D. proteiformis* seguite da *D. oblonga.* All'interno del genere *Centropyxis* risultano particolarmente abbondanti *C. aculeata* e *C. ecornis,* seguite da *C. constricta. D. tricuspis* è data quasi esclusivamente dal m. *parva; D. oblonga è* invece rappresentata da m. *maglia.* Infine *D. proteiformis* è costituita dal m. *proteiformis* e dal m. *rapa.* Nella voce "altre specie" sono qui incluse specie con individui in numero troppo basso per essere rappresentate singolarmente.

zona C (55-33 cm): aumento relativo di *D. tricuspis* m. *parva,* scomparsa di *C. ecornis* e lieve aumento di *C. aculeata.* Le altre specie non mostrano variazioni di rilievo.

zona B (33-25 cm): forte aumento di *D. proteiformis* m. *proteiformis,* scomparsa di C. *conscricta* e *C. oopyxis,* riduzione di *D. oblonga* m. *magna.* Praticamente il 90% dell'associazione è rappresentato da tre specie *(D. proteiformis, C. aculeata* e *D. tricuspis)*

zona A (22-0 cm): Tecamebe assenti.

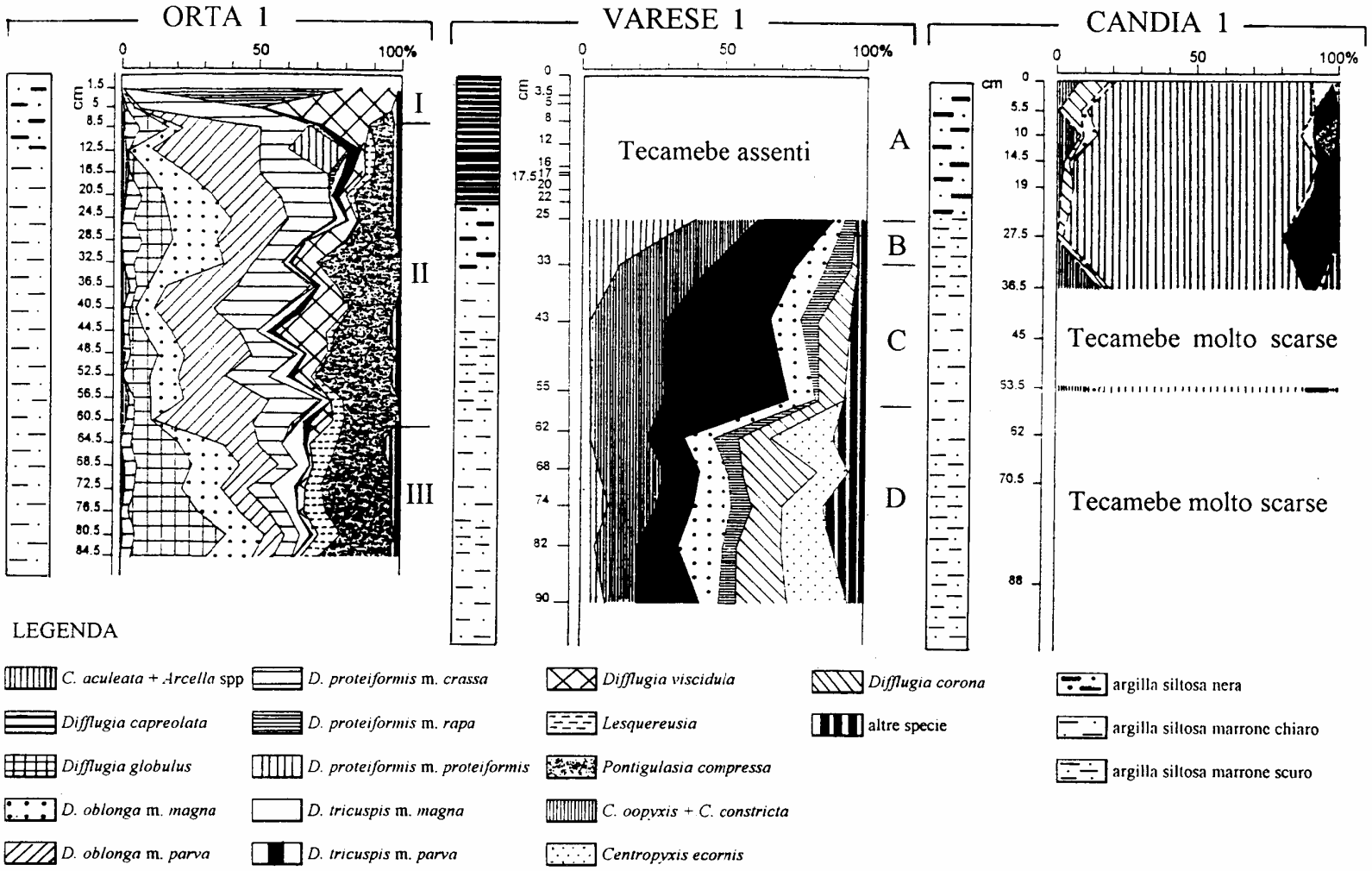


Fig. 2 - Colonna litologica e curva cumulativa di Orta 1, Varese 1 e Candia 1 (dato il basso numero di individui trovati in quest'ultima carota sono stati rappresentati statisticamente i livelli che contenevano almeno 50 esemplari).

4.3. Lago di Candia

La litologia (Fig. 2) è data da argilla in cui sono visibili le seguenti variazioni del colore: argilla marrone dalla base a circa 65 cm, argilla grigio chiara, da 65 a 44 cm circa, che passa gradualmente ad argilla nera.

Questa carota è caratterizzata dall'estrema scarsezza di Tecamebe (il numero di individui presenti nei residui varia da un minimo di 15 ad un massimo di 115). In linea generale si può dire che la distribuzione è piuttosto omogenea. La fauna è dominata da *D. proteiformis* m. *proteiformis* che però mostra una notevolissima fragilità della teca.

Da rilevare infine la presenza, seppur scarsa, di *Difflugia corona* praticamente assente nei laghi d'Orta e Varese. Altre specie (tra cui *D. oblonga, D. tricuspis* e *P. compressa* e genere *Centropysis)* accompagnano *D. proteiformis* m. *proteiformis* e *D. corona,* ma con basse frequenze .

5. DISCUSSIONE

Le tre zone distinte in Orta 1 dovrebbero, almeno in teoria, corrispondere ad altrettanti eventi verificatisi nel tempo. Per interpretare tali eventi prendiamo in considerazione le specie più frequenti e quelle di cui si possiedono alcune informazioni ecologiche, desunte principalmente dagli studi condotti dalla scuola canadese in laghi nord-americani, non avendo a disposizione informazioni sulle Tecamebe attualmente viventi nei tre laghi qui studiati.

Collins et al. (1990) ritengono *D. globulus* specie indicatrice di climi freddi. Nello stesso lavoro, in una serie di campioni presi in laghi a diverse latitudini (dalla Florida all'isola di Baffin) essi hanno riscontrato che per alcune specie esiste una relazione tra le dimensioni e la latitudine, suggerendo che il fenomeno sia controllato dalle condizioni climatiche (principalmente la temperatura). Alle alte latitudini si verificherebbe una limitazione della frequenza delle riproduzioni che porterebbe come risultato la presenza di individui con maggiori dimensioni. Un fenomeno simile è stato ipotizzato anche per i Foraminiferi bentonici (Brasier, 1984 e DeLaca et al., 1980 in Hallock et al., 1991). Se questa ipotesi è generalizzabile e applicabile ad altre Tecamebe, la diminuzione della taglia di *D. oblonga* (Fig. 3) e il calo di frequenza di *D. globulus* possono suggerire un relativo miglioramento delle condizioni climatiche. Tuttavia non si esclude che altri fattori possano concorrere nella variazione della taglia nelle Tecamebe, quali la disponibilità di cibo (la correlazione negativa tra la disponibilità di cibo e la taglia degli individui è stata segnalata da Bradshaw (1961) per il Foraminifero *A. beccarli* e da Hallock, et al. (1991).

Le datazioni con ^{210}Pb (Alvisi et al., 1993) indicano che i primi 13 cm circa comprendono gli ultimi 70 anni circa e che alla profondità di 5 cm si trova il 1963, individuato dal picco di ^{241}Am. Il 1926 si trova a circa 13 cm e immediatamente dopo tale data si verificò la scomparsa del fitoplancton, del benthos ed un accumulo, sul fondo del lago, di sostanza organica (Guilizzoni & Lami, 1988), tutto questo confermato anche dal cambiamento di colore notato nella litologia. L'aumento improvviso di *D. proteiformis m. proteiformis* a cm 12.5 suggerisce che tale morfotipo sia particolarmente adattato ad ambienti con accumuli di sostanza organica.

La profondità corrispondente al 1963 (5 cm circa) coincide con il forte sviluppo di *D. proteiformis* m. *rapa* e *D. viscidula* (Fig. 3). Dato che all'inizio del 1960 si ebbe un forte aumento di azoto ammoniacale, accumulo di azoto nitrico, pH e ossigeno molto bassi, alti contenuti in rame sul fondo, si può pertanto avanzare l'ipotesi secondo cui *D. proteiformis* m. *rapa* e *D. viscidula* siano particolarmente resistenti all'inquinamento (quantomeno al tipo di inquinamento verificatosi nel Lago d'Orta), che è risultato fatale sia per gli altri morfotipi di *D. proteiformis* sia per le altre Tecamebe.

D. tricuspis è considerata un buon indicatore di condizioni eutrofiche quando compare con alte percentuali (Medioli & Scott, 1983; Medioli et al., 1987; Collins et al., 1990). *D. tricuspis* non presenta mai alte percentuali in questa carota e ciò può essere giustificato dal fatto che il lago d'Orta, prima dell'inizio dell'inquinamento, era un lago oligotrofico.

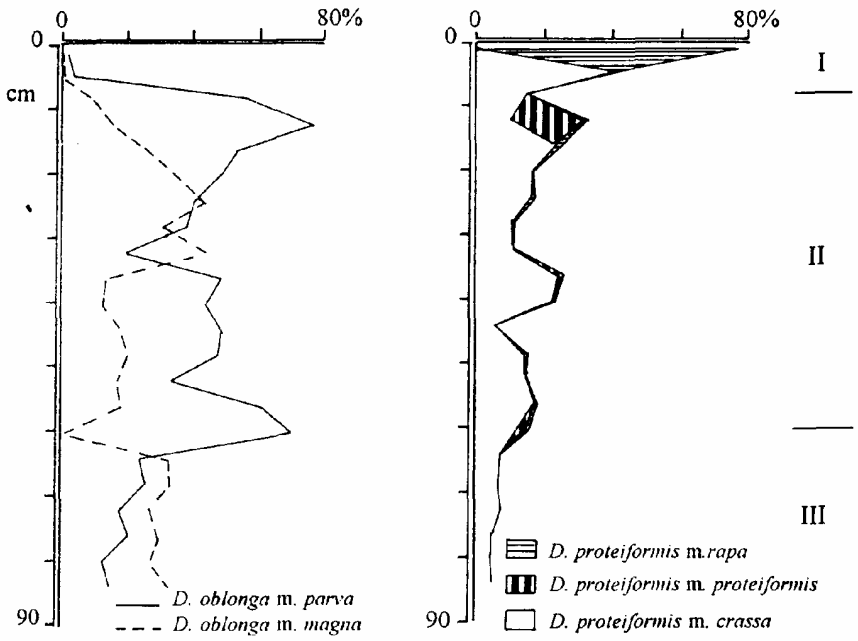


Fig. 3-a) curve di frequenza dei morfotipi *magna* e *parva* relativi alla specie *Difflugia oblonga* in Orta 1. L'andamento opposto dei due morfotipi suggerisce per ciascuno di essi un adattamento a diverse situazioni ambientali (variazioni di temperatura? disponibilità di cibo?) b) curva di frequenza della specie *Difflugia proteiformis* (non è incluso il morfotipo *bicornis* sempre rarissimo). All'interno sono evidenziate le frequenze dei tre morfotipi *crassa, proteiformis* e *rapa.* Mentre a livello di specie si nota un lieve aumento di frequenza dalla zona III alla zona II seguito da un forte aumento nella zona I, i morfotipi *proteiformis* e *rapa* sono abbondanti in corrispondenza di eventi ben precisi (vedi testo).

Per quanto riguarda il rinvenimento dei Foraminiferi planctonici si esclude una possibile autoctonia, dal momento che sono protozoi marini. Il ritrovamento di questi Foraminiferi è limitato ad un breve intervallo (20.5-12.5 cm), che coincide con un aumento del tasso di sedimentazione da 0.4 a 0.8 gr/cm^2/anno (Alvisi et al., 1993). Poiché tale periodo è immediatamente anteriore al 1926 (data dell'inizio dell'attività della

fabbrica Bemberg), si ritiene che sia l'aumento del tasso di sedimentazione sia la presenza dei Foraminiferi siano legati alla costruzione della fabbrica stessa.

Da analisi palinologiche condotte da Alvisi (1993) emerge che: 1) tra 77 e 43 cm si ha un aumento dei taxa che indicano azione antropica nell'area ed in particolare un periodo agricolo con coltivazione di cereali con massimo a 50 cm circa, preceduto da un aumento dei detritici (principalmente quarzo) che suggeriscono disboscamento, per messa a coltura dei terreni, e/o maggiore piovosità; 2) tra 43 e 19 cm si ha una nuova espansione del bosco (noce) a scarsa densità conseguente all'abbandono delle coltivazioni; 3) l'intervallo tra 19-0 cm testimonia un disturbo antropico prolungato che conduce a diversificazione vegetazionale nel paesaggio. Il disboscamento e/o l'aumento di piovosità favorirono comunque l'erosione dei versanti promuovendo il trasporto di nutrienti nel lago.

Alla luce di quanto esposto si può concludere che la carota comprende tre intervalli così interpretati: zona III con temperature delle acque relativamente più basse (abbondante presenza di *D. globulus* e scarsa presenza dei morfotipi *parva),* zona II con probabile miglioramento delle condizioni climatiche accompagnato, forse, anche da una maggiore disponibilità di cibo; zona I con profondo e drastico cambiamento nell'associazione, conseguente al forte inquinamento cui è stato sottoposto il lago dal 1927 e di cui si hanno i primi sintomi già alla fine della zona II con l'aumento di *D. proteiformis* m. *proteiformis.*

Diversa rispetto a quella in Orta 1 è invece la fauna a Tecamebe presente in Varese 1; infatti qui predominano *D. tricuspis* e *Centropyxis,* piuttosto scarse, particolarmente la seconda, nel Lago d'Orta. Una fauna simile è stata riscontrata anche nel Lago Superiore di Mantova (Parenti, 1992): questo lago, definito come eutrofico, contiene principalmente specie appartenenti al genere *Centropyxis* e *D. tricuspis.*

Il limite tra le zone D e C (limite che coincide con il passaggio di argilla siltosa marrone chiaro ad argilla siltosa marrone scuro, vedi Fig. 1) è stato posto in coincidenza della scomparsa di C. ecorms e dell'aumento relativo di D. trictispis: quest'ultimo evento suggerirebbe, in prima istanza, un aumento del grado di trofia del lago, tuttavia va tenuto presente che a cm 55 si assiste in realtà ad un calo nel numero delle Tecamebe (in tutto il residuo vi sono 126 esemplari), nondimeno *D. tricuspis* m. *parva,* pur costante nel numero di individui, mostra una maggiore resistenza rispetto alle altre specie.

La zona B corrisponde all'intervallo di argilla siltosa nera non laminata, visibile tra cm 33 e 25. Lami (1986) descrive, in una carota (FC) di cm 90 di lunghezza prelevata nella parte più profonda del lago, tre intervalli litologici riportati in Fig. 4: un intervallo inferiore, dello spessore di 60 cm, dato da argilla grigia e attribuito al periodo antecedente il 1945-50, quando il lago era già eutrofico (indicativa in tal senso è la presenza di solfo-batteri fotosintetici strettamente anaerobi lungo tutta la carota, Guilizzoni et al.,1986); un successivo intervallo di argilla scura non laminata di 10 cm di spessore ricca in sostanza organica e solfuri di ferro, corrispondente al periodo 1945-60 ed infine un terzo intervallo, corrispondente ai primi 20 centimetri della carota, di argilla laminata. Quest'ultimo evento è interpretato come la conseguenza della sparizione del benthos, iniziata nel 1960 circa, nella parte più profonda del lago (Bonomi, 1962) e alla comparsa di condizioni meromittiche (Bonomi, 1964). La mancanza di bioturbazione è uno dei fattori che ha quindi permesso la conservazione delle lamine.

Varese 1 ha un andamento della litologia molto ben comparabile con quello descritto in letteratura; non avendo a disposizione datazioni è stata fatta una correlazione litologica tra le carote FC e Varese 1 (Fig. 4) da cui risulta che: 1) se si ritiene che il cm 33 di Varese 1 corrisponda agli anni 1945-50 circa, la parte inferiore della carota è da attribuirsi al periodo antecedente, in cui il lago era considerato naturalmente eutrofico e la fauna rinvenuta risulta quindi comparabile con quella trovata da Parenti (1992) nel Lago Superiore di Mantova; 2) l'aumento relativo di *D. proteiformis* m. *proteiformis* tra cm 33 e 23 fa pensare che tale morfotipo sia particolarmente adatto ad ambienti con sostanza organica e/o con condizioni riducenti; 3) la mancanza di Tecamebe nella zona A, cioè nell' intervallo di argille laminate, può essere addebitata alle proibitive condizioni idrochimiche dell'ipolimnio.

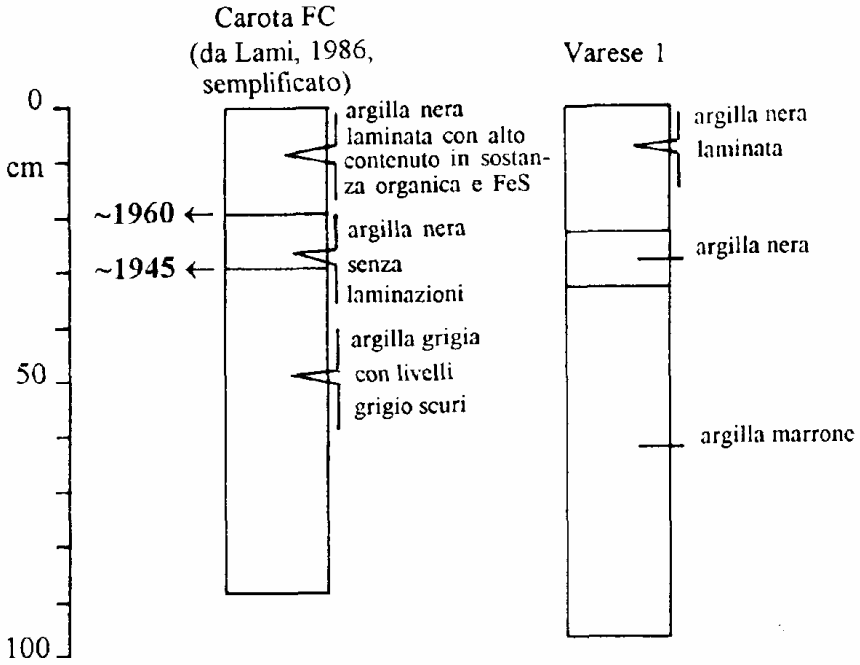


Fig. 4 - Correlazione litologica tra Carota FC e Varese 1.

E' da rilevare che anche nella zona B (Fig. 2) si assiste ad un calo delle Tecamebe (a cm 33 e 25 sono stati trovati rispettivamente 96 e 116 esemplari) che può essere spiegato col fatto che l'ipolimnio era già in condizioni critiche al momento della deposizione dell'argilla siltosa nera non laminata. Tali condizioni erano probabilmente difficoltose per la vita delle Tecamebe, ma non proibitive come nell'intervallo successivo (zona A).

In questa carota sono state fatte analisi della composizione mineralogica (Alvisi, 1993). Le zone più scure sono interpretate come intervalli di tempo caratterizzati da un clima relativamente più freddo e più umido poiché si rileva maggior contenuto di sostanza organica, maggior contenuto della frazione detritica, rapporto Ca/Mg più basso rispetto alle zone più chiare e maggior quantità di Fe_{tot} e P_{tot}. Secondo Alvisi (1993) questi dati indicano una maggiore conservazione di sostanza organica, spiegabile con periodi prolungati di stagnazione delle acque, situazione che può verificarsi in inverno in presenza di coperture di ghiaccio. Pertanto è possibile che tali intervalli rappresentino dei

periodi con inverni relativamente più freddi e più lunghi e probabilmente anche più umidi dal momento che i dati segnalano una maggior frazione alloctona derivata dal maggior apporto dei torrenti tributari in periodi più piovosi. La distinzione di questi intervalli trova un parziale riscontro nell'andamento delle Tecamebe. Infatti, l'intervallo cm 84-78 non denuncia sostanziali variazioni nell'associazione rispetto alle parti sotto e sovrastanti. Diversa è la situazione per l'intervallo 60-44 cm, in cui, come detto, si ha la scomparsa di C. *ecornis* e l'aumento di *D. tricuspis* m. *parva.* Dal momento che a 55 cm si riscontra anche una diminuzione nel numero delle Tecamebe, è evidente che devono essere sopraggiunte sensibili variazioni nelle condizioni del lago. Tuttavia, data la scarsezza di informazioni sull'ecologia delle specie, non si hanno elementi per confermare, attraverso le sole Tecamebe, se a questo intervallo corrisponda o meno un clima più freddo e più umido.

La microfauna a Tecamebe osservata nella carota Candia 1 è a sua volta profondamente diversa da quella rinvenuta negli altri due laghi. Guilizzoni e Lami (com. pers.), in una carota in corso di studio presa nella parte più profonda del lago, trovano che nella parte superiore della carota (ultimi 30 centimetri) si ha un aumento della sostanza organica (da 20% al 45% circa del peso secco), dei prodotti di degradazione della clorofilla, che indicano aumento della produttività primaria, e di $CaCO_3$ (sempre conseguente all'aumento di produttività). Guilizzoni et al. (1989) rivelano inoltre la presenza di okenone (pigmento caratteristico di un solfobatterio fotosintetico) sia nei sedimenti recenti sia nelle acque del lago e ciò indica la presenza di H_2S e di condizioni anaerobiche. Dal quadro sopra esposto risulta che in questo lago eutrofico è prevalsa negli ultimi decenni (30-40 anni rappresentati dall'intervallo cm 0-30 circa) la produzione autoctona (C/N<10) con alto contenuto di sostanza organica nel sedimento e frequente instaurarsi di condizioni anaerobiche (Guilizzoni e Lami, com. pers.).

La netta dominanza, in Candia 1, di D. *proteiformis* m. *proteiformis,* pur nel quadro di una fauna numericamente scarsa, suggerisce nuovamente che questo morfotipo sia più adatto a condizioni ambientali di questo tipo e quindi più competitivo rispetto alle altre specie.

Non si hanno qui elementi per spiegare la notevole fragilità della teca. Questo fenomeno, pur non osservato nella fauna dei laghi d'Orta e Varese, è stato segnalato da Medioli et al. (1985) in campioni presi nel Lago di Garda. Medioli et al. (1985) ipotizzarono una relazione tra fragilità del guscio e alcalinità delle acque. Questa ipotesi non sembra essere qui confermata, dal momento che solo *D. proteiformis* m. *proteiformis* si mostrava fragile e che le Tecamebe del Lago di Varese, caratterizzato da acque alcaline, non hanno mai presentato alcuna fragilità.

Per quanto riguarda infine *D. tricuspis,* essa è presente in Candia 1 con un numero molto basso di individui (sempre <10), diversamente da quanto ci si potrebbe aspettare, dal momento che il Lago di Candia è eutrofico. Non è pertanto da escludere che per *D. tricuspis* lo stato di eutrofia di un lago non sia sufficiente a garantirne un abbondante sviluppo. *D. oblonga* e *P. compressa* propongono un analogo problema: infatti in letteratura (Collins et al., 1990) queste specie sono ritenute "ubiquitarie"; in particolare *D. oblonga* sembra essere meno frequente in laghi oligotrofici. Dalle carote studiate non emerge tuttavia il suddetto comportamento, dal momento che *D. oblonga* mostra le più alte frequenze nel Lago d'Orta quando esso era oligotrofico e *P. compressa* risulta piuttosto rara o assente in laghi eutrofici.

6. CONCLUSIONI

Le associazioni a Tecamebe studiate nelle tre carote risultano profondamente diverse tra loro e confermano ulteriormente le notevoli differenze tra i laghi in esame (caratteristiche morfometriche, fisiografiche, stato trofico, chimismo dell'acqua e produttività). Infatti nel Lago d'Orla, escludendo la zona I che rispecchia una situazione anomala, si ha un'associazione con *D. obionga, D. globulus, D proteiformis* e *P. compressa;* nel Lago di Varese il genere *Centropyxis e D. tricitspis,* scarsissime nel Lago d'Orta, occupano una parte rilevante (50-80%) dell'intera associazione ed infine nel Lago di Candia si ha un'associazione dominata da *D. proteiformis.* Questa diversificazione ci permette di confermare la sensibilità delle Tecamebe ad ambienti diversi.

Rimangono tuttavia aperti alcuni problemi soprattutto per quanto riguarda l'ecologia di alcune specie importanti (es. *D. tricuspis, D. oblonga, P. compressa),* poiché le poche informazioni circa il loro habitat non hanno ottenuto conferma in questo studio; questo fatto è sicuramente imputabile allo scarso numero di ricerche condotte su queste biocenosi invita, per gli studi futuri, a non tralasciare indagini a questo riguardo poiché, avendo a disposizioni informazioni complete sugli ambienti di vita delle specie, lo studio delle associazioni fornisce utili indicazioni sull'evoluzione dei paleoambienti lacustri.

E' da sottolineare infine come l'utilizzo dei morfotipi che una specie presenta al suo interno (morfotipi separati in base a differenze morfologiche di nessun valore tassonomico, come per esempio la taglia) possa essere importante al fine di individuare variazioni ambientali. In questo caso la distinzione, all'interno di *D. proteiformis,* dei morfotipi *proteiformis, crossa, rapa* e *bicornis* ha permesso di individuare in *D. proteiformis* m. *proteiformis* un morfotipo particolarmente adattato ad ambienti con scarsa ossigenazione e ricchi in sostanza organica e solfuri e in *D. proteiformis* m. *rapa* un morfotipo particolarmente resistente ad ambienti fortemente inquinati da lungo tempo come il Lago d'Orta. Pertanto, dato il risultato positivo raggiunto in questo senso, riteniamo che non sia utile allungare a dismisura il numero di specie nuove nelle Tecamebe, ma di considerare e valorizzare la variabilità morfologica presente nelle specie stesse, poiché anche i morfotipi, e non solo le specie, possono risultare particolarmente utili in ricostruzioni paleoambientali.

Ringraziamenti

Si ringraziano P. Guilizzoni e A. Lami dell'Istituto Italiano di Idrobiologia del C.N.R. di Pallanza per le utili discussioni, A.M. Borsetti, M. Frignani e L. Langone dell'Istituto per la Geologia Marina del C.N.R. di Bologna per la revisione critica del manoscritto e il Sig. P. Ferrieri del Dipartimento di Scienze Geologiche dell'Università di Bologna per le fotografie al SEM.

Questa ricerca è stata fatta con il contributo M.P. 60% del 1992 (resp. Prof. G. Pelosio, Università di Parma).

Contributo n. 940 dell'Istituto per la Geologia Marina del C.N.R. di Bologna.

BIBLIOGRAFIA

Alvisi, F. 1993. Ricostruzione paleoambientale dei laghi sudalpini Orta, Mergozzo, Varese e Canna attraverso un'analisi multidisciplinare dei sedimenti olocenici e attuali. Tesi di Dottorato, Università degli Studi di Bologna.

Alvisi, F., P. Appleby, A. Asioli, M. Frignani, F. Oldfield, M. Ravaioli & L. Vigliotti. In stampa. Recent environmental changes as recorded by sediment of Lake Orta (Northern Italy). *Atti IV Workshop del P. S. "Clima, Ambiente e Territorio nel Mezzogiorno" (Lecce,* 11-14 novembre 1991).

Bonacina, C. 1990. Lo zooplancton del Lago d'Orta. *Docum. Ist. Ital. Idrobiol.,* 28: 101-108.

Bonomi, G. 1962. La dinamica produttiva delle principali popolazioni macrobentiche del Lago di Varese. *Mem. Ist. Ital. Idrobiol.,* 15: 207-254.

Bonomi, G. 1964. Un nuovo aspetto dell'evoluzione del Lago di Varese: la comparsa di situazioni meromittiche. *Meni. Ist. Ital. Idrobiol.,* 17: 231-246.

Bradshaw, J.S. 1961. Laboratory experiments on the ecology of Foraminifera. *Cush. Found. Por. Res. Contr.,12:* 87-106.

Brasier, M.D. 1984. *Discospiritia* and the pattern of evolution in foraminiferid architecture. In: *"Benthos '83: Second International Symposium on Benthic Foraminifera":* 79-90, Pau e Bordeaux, Aprii.

Calderoni, A. & R. Mosello. 1990. Evoluzione delle caratteristiche chimiche del Lago d'Orta nel quadriennio febbraio 1984 - febbraio 1988. *Docum. Ist. Ital. Idrobiol.,* 28: 71-87.

Collins, E.S., F.M. McCarthy, F.S. Medioli, D.B. Scott & C.A. Honig. 1990. Biogeographic distribution of modern thecamoebians in a transect along the Eastern North American Coast. In: Hemleben, C., M.A. Kaminski, W. Kuhnt, & D.B. Scott, (eds.): *"Paleoecology, Biostratigraphy, Paleoceanography and Taxonomy of agglutinated Foraminifera",* NATO ASI series, ser. e: Mathematical and Physical Sciences, 327: 783-791.

DeLaca, T.E., J.H. Lipps & R.R. Hessler. 1980. The morphology and ecology of a new large agglutinated Antarctic foraminifer (Textularina: Notodendrodidae nov.). *Zool. J. Linn. Soc.,* 69: 205-224.

Giussani, G. & G. Galanti. 1992. Experience in eutrophication recovery by biomanipulation. *Mem. Ist. Ital. Idrobiol.,* 50: 397-416.

Guilizzoni, P. & A. Lami. 1988. Sub-fossil pigments as a guide to the phytoplankton history of the acidified Lake Orta (N. Italy). *Verh. Internat Verein. Limnol,* 23: 874-879.

Guilizzoni, P., A. Lami & M. Manca. 1989. Sull'uso di alcuni carotenoidi in ricerche sul plancton e in paleolimnologia. *Atti S.I. T.E.,* 7: 303-308.

Guilizzoni, P., A. Lami, D. Ruggiu & G. Bonomi. 1986. Stratigraphy of specificai algal and bacterial carotenoids in the sediments of Lake Varese (N. Italy). *Hydrobiologia,* 143:321-325.

Hallock, P., R. Rottger & K. Wetmore. 1991. Hypotheses on form and function in Foraminifera. In: Lee, JJ. & O.R. Anderson, (eds.): *"Biohgy of Foraminifera".* 41-72, Academic Press.

Honig, C.A. & D.B. Scott. 1987. Postglacial stratigraphy and sea-level change in southwetsern New Brunswick. *Can. Journ. Earth Sci.,* 24: 354-364.

Lami, A. 1986. Paleolimnology of the eutrophic Lake Varese (Northern Italy). 3. Stratigraphy of organic mattar, carbonates and nutrients in severa! sediment cores. *Mem. Ist. Ital Idrobiol.,* 44: 27 - 46.

Medioli, F.S., F. Petrucci *&* D.B. Scott. 1985. Sulla presenza di Tecamebe in campioni carotati sul fondo del Lago di Garda (missione Piccard, sett. 1981). *Civiltà Gardesana, v.* 3 "L'ambiente Lago": 83-103.

Medioli, F.S. & D.B. Scott. 1983. Holocene Arcellacea (Thecamoebians) from Eastern Canada. *Cush. Found. Por. Res.,* Spec. Pubi. n. 21:1-63.

Medioli, F.S. & D.B. Scott. 1988. Lacustrine thecamoebians (mainly Arcellaceans) as potential tools for palaeolimnological interpretations. *Paleogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology,* 62: 361-386.

Medioli, F.S., D.B. Scott, & B.H. Abbott. 1987. A case study of Protozoan intraclonal variability: Taxonomic implications. *Journ For. Res.,* 17: 28-47.

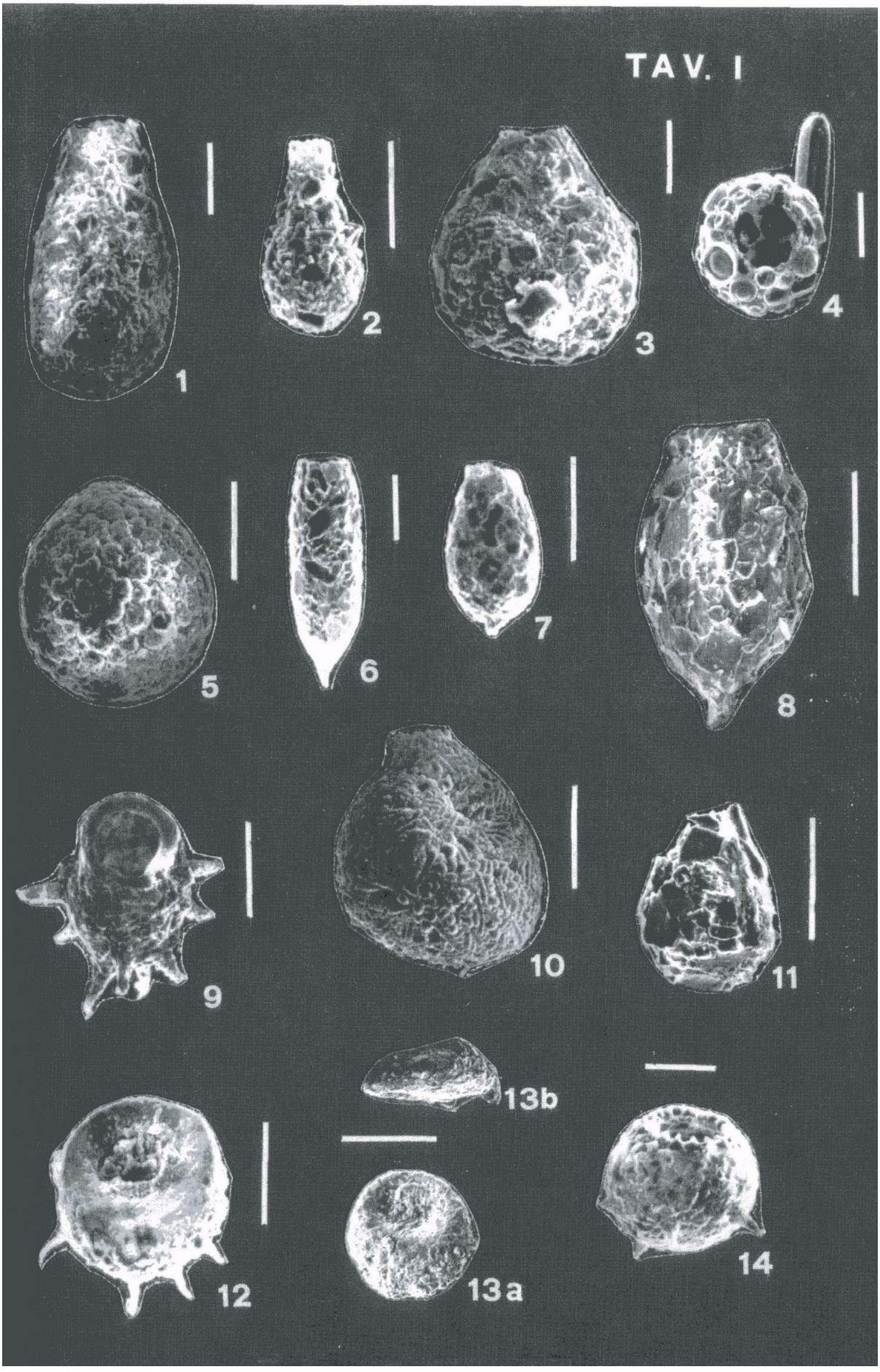
Monti, R 1930. La graduale estinzione della vita nel Lago d'Orta. *Rend. R. Ist. Ital. Lomb. Sc. Lett., 63:* 32-22.

Parenti, G. 1992. Le Tecamebe nei sedimenti nel Lago Superiore di Mantova. Tesi di laurea. Università degli Studi di Parma.

Patterson, R.T., K.D. MacKinnon, D.B. Scott & F.S. Medioli. 1985. Arcellaceans. (Thecamoebians) in small lakes of New Brunswick and Nova Scotia: modern distribution and Holocene stratigraphic changes. *Journ. For. Res.,* 15: 114-137.

Ruggiu, D., C. Saraceni & R. Mosello. 1981. Fitoplancton, produzione primaria e caratteristiche chimiche di un lago fortemente eutrofizzato: il Lago di Varese. *Mem. Ist. Ital. Ital. Idrobiol,* 39: 47-64.

Tavola I. Fig. 1 - *Difflugia oblonga* (Ehrcnbcrg) m. *magna* veduta laterale (Orta 1, cm 84.5-86.5). Fig. 2 - *Difflugia oblonga* (Ehrenberg) m. *parva* veduta laterale (Orta 1, cm 84.5-86.5). Fig. 3 - *Pontigulasia compressa* (Carter) veduta laterale (Orta 1. cm 84.5-86.5). Fig. 4 - *Difflugia globulus* (Ehrenberg) veduta aperturale (Orta 1, cm 84.5-86.5). Fig. 5 - *Difflugia tricuspis* Carter con teca autogena: veduta laterale (Orta 1, cm 84.5-86.5). Fig. 6 - *Difflugia proteiformis* Lamarck m. *proteiformis* veduta laterale (Orta 1, cm 12.5-14.5). Fig. 7 - *Difflugia proteiformis* Lamarck m. *rapa:* veduta laterale (Orta 1, cm 20.5-22.5). Fig. 8 - *Difflugia proteiformis* Lamarck m. *rapa:* veduta laterale (Orta 1, cm 1.5-3.5). Fig. 9 - *Centropyxis constricta* (Ehrenberg) con spine: veduta aperturale (Orta 1, cm 56.5-58.5). Fig. 10 - *Lesquereusia* (Schlumbcrger) veduta laterale (Orta 1. cm 84.5-86.5). Fig. 11 - *Difflugia viscidula* Penard veduta laterale (Orta 1, cm 1.5-3.5). Fig. 12 - *Centropyxis aculeata* (Ehrenberg): lato ventrale (Orta 1, cm 44.5-46.5). Fig. 13 - *Centropyxis ecornis* (Ehrenberg). a = lato ventrale, b= profilo (Varese 1, cm 62-64). Fig. 14 - *Difflugia corona* Wallich veduta laterale (Candia 1, cm 0-3). (barra=100µ; in Fig. 8, 11, 13a e l3b barra =50µ)


TAV. I
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13b
13a
14

Atti del 10° Congresso A.I.O.L.
Alassio, 4-6 Novembre 1992
da pag. 503 a pag. 511

LA "PICCOLA PESCA" NEL COMPARTIMENTO DI SAVONA: TIPOLOGIA DEGLI ATTREZZI E COMPOSIZIONE DELLE CATTURE

Marino VACCHI, Mario LA MESA e Alessandro GIANNI'

ICRAM - Via L. Respighi, 5 - 00197 - Roma, Italy

SUMMARY

In the Savona Fishing District (Ligurian Sea, Italy), data on the artisanal fishery were obtained from march 1990 to february 1991 during a study devoted to the improvement of the knowledge of local fishing activities exploiting demersal resources in order to find a better time-areal allocation of the trawlers' closed season established by the national law.

The artisanal fishery was monitored in the principal landing sites of the District: Varazze, Savona, Noli, Finale Ligure, Loano, Alassio and Andora. Catch and effort of the fleets were recorded for a period of one week each month. Data were obtained by visual inspection and interviewing the fishermen.

Loano appeared to be the more active sites for this fishery. Everywhere, trammel nets were the fishing gear more frequently used, mainly inshore. Gillnets were used at a longer distance from the coast. Both beach and boat seines were used, mainly in the Noli site (where there is no harbour and boats lands on the beach).

The highest total catches were from seines during the wintertime. In the other seasons, catches from trammel and gillnets increased and seines were less frequently used.

Trammel catches were mainly cephalopods *(Sepia officinalis* and *Octopus vulgaris)* and sparids as well as centhracanthid fishes. The Mediterranean hake *(Merluccius merluccius)* was the first catch for gillnets, while seines captured mainly *Boops boops* and several *Spicara* species.

1. INTRODUZIONE

II tratto di mare corrispondente al Compartimento Marittimo di Savona è oggetto negli ultimi tempi di una serie di ricerche nei diversi settori dell'oceanografia e della biologia marina, in relazione al disatro della Haven dell'11 aprile 1991.

In questa sede vengono presentati alcuni dati raccolti in questo Compartimento nel periodo immediatamente precedente l'incidente stesso nell'ambito di uno studio ICRAM sulle locali attività di pesca demersale al fine di ottenere informazioni utili ad una più idonea definizione dei tempi e delle modalità di applicazione del fermo temporaneo di pesca previsto dalla vigente legislazione nazionale. Beninteso, tale fermo non si applica alle attività della piccola pesca oggetto del presente lavoro, ma è ben noto che gli effetti del fermo della pesca a strascico possono ricadere positivamente anche sulle piccole

attività artigianali (Garcia & Demetropoulos, 1986). Lo studio ha fornito dunque lo spunto per ottenere un quadro complessivo della piccola pesca del Compartimento di Savona.

I dati raccolti nel Compartimento di Savona nel corso di questa ricerca costituiscono l'informazione più aggiornata sulle attività di pesca artigianale prima del disastro "Haven". Peraltro, per tale area sono disponibili poche informazioni riguardanti la piccola pesca (Cingolani et al., 1986).

2. MATERIALI E METODI

I dati sulla piccola pesca nel Compartimento di Savona sono stati ottenuti da osservazioni mensili svolte sulle sette località ove quest'attività viene svolta in modo quantitativamente più rilevante (numero di imbarcazioni addette) e costante nel corso delle varie stagioni. L'inchiesta è stata svolta, tra Marzo 1990 e Febbraio 1991 (eccetto Settembre 1990, periodo di "fermo di pesca"), secondo il metodo campionario "Catch Assessment Survey" (Caddy & Bazigos, 1988; PECHART, 1982). Da una stima basata su una ricognizione preliminare nel settore ("frame survey") tali località risultavano dunque essere (da levante verso ponente) Varazze, Savona, Noli, Finale Ligure, Loano, Alassio e Andora.

In ognuna di queste località venivano effettuati, con cadenza mensile, rilevamenti per un numero di giorni tanto maggiore, quanto più elevato era il numero delle imbarcazioni attive nel sito stesso. In ogni caso, l'intera attività di campionamento mensile era completata nell'arco di una settimana, da due gruppi di rilevatori. I rilevamenti venivano effettuati direttamente in banchina, al rientro delle imbarcazioni di cui veniva così rilevata l'attività (allo scopo di ottenere successivamente una stima della attività media giornaliera nel Compartimento). Di un campione casuale di tali imbarcazioni veniva poi registrato il tipo di attrezzo utilizzato e rilevati dettagli sullo stesso (materiale, lunghezza, ecc.) e sui tempi e sulle aree di pesca. Venivano quindi annotate le caratteristiche qualitative e quantitative del pescato. Dai dati ottenuti dal campione sono state poi estrapolate stime, valide per la totalità del Compartimento, sulle frequenze di utilizzo di un determinato attrezzo, sulla tipologia del pescato (complessiva e per attrezzo) e sui rendimenti degli attrezzi da pesca più frequentemente utilizzati nel Compartimento.

1. RISULTATI E DISCUSSIONE

Nel corso del "frame survey" sono state conteggiate 242 imbarcazioni attive o in temporanea inattività presenti in 18 centri di pesca. Nei sette siti di sbarco selezionati sono presenti l' 86,4 % di tali imbarcazioni.

All'incirca, nel complesso dei siti studiati sono giornalmente attive tra le 65 e le 15 imbarcazioni dedite alla piccola pesca. Dal grafico in Figura 1 si evince che nel periodo primaverile ed estivo (marzo-agosto) è attivo un numero maggiore di imbarcazioni che non nel periodo autunnale-invernale (ottobre-febbraio). Questa diminuzione dell'attività complessiva (di circa il 50%) potrebbe essere imputabile a fenomeni stagionali concernenti

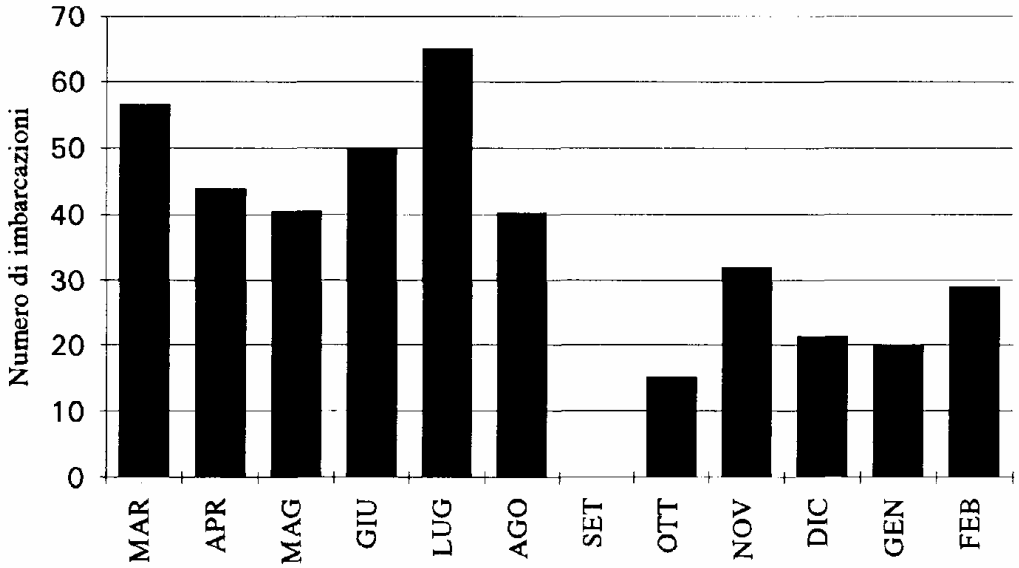


Fig. 1 - Stima del totale delle imbarcazioni giornalmente attive nei siti studiati

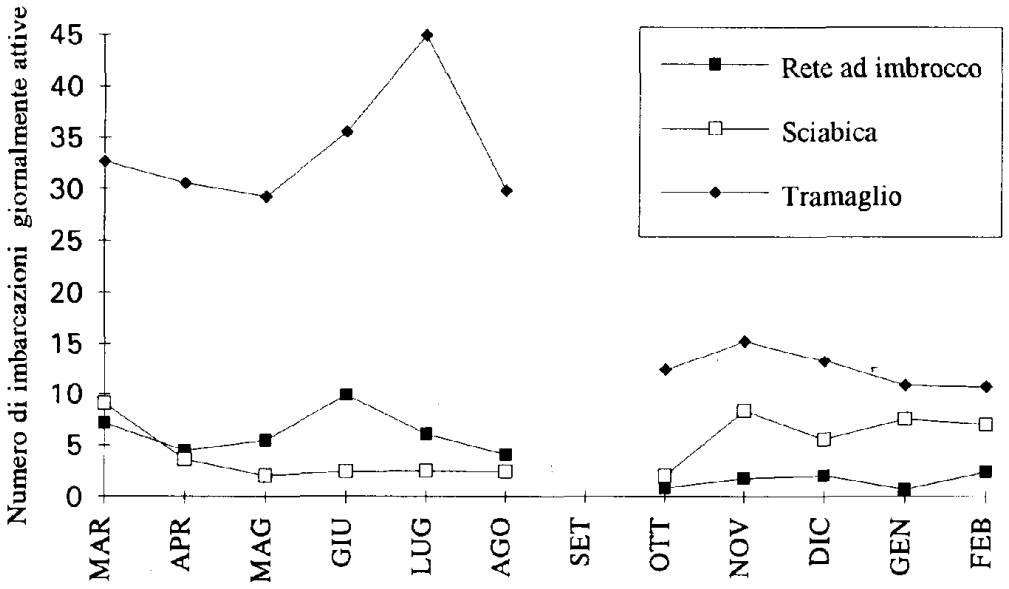


Fig. 2 - Uso degli attrezzi principali della piccola pesca savonese

la disponibilità del pescato, l'ampiezza del mercato ricevente il prodotto (ovviamente maggiore durante la stagione turistica) ma non sono da sottovalutare differenze nelle condizioni meteomarine. Questo è tanto più plausibile in quanto ci si interessa all'attività di imbarcazioni di stazza modesta (inferiori a 3 Tonnellate di Stazza Lorda).

Considerando i vari attrezzi da pesca, tre sono quelli più in uso nel Compartimento: tramaglio, rete monopanno ad imbrocco ("rete barracuda") e sciabica, quest'ultima operante sia da terra che da natante. Tali attrezzi sono utilizzati dal 90-95% circa delle imbarcazioni. Tra la frazione minoritaria sono stati anche registrati palamito, bolentino, nasse.

Nel corso dell'anno il tramaglio è costantemente l'attrezzo più utilizzato (dal 75 al 45% delle imbarcazioni) ed ha i suoi massimi di frequenza d'uso nei mesi primaverili ed estivi (Fig. 2). In linea generale lo stesso è vero per la rete monopanno ad imbrocco, che però è utilizzata con frequenza molto minore (10-5%). Come già riportato da Zolezzi (1941), per la sciabica si nota al contrario un aumento della frequenza d'uso nei mesi autunnali ed invernali (Fig. 2). In tali mesi la percentuale di utilizzo di questo attrezzo da parte delle imbarcazioni dedite alla piccola pesca può raggiungere il 40 %.

Oltre a fenomeni di stagionalità (legati alle peculiarità dell'attrezzo) sono state notate tendenze probabilmente dovute a tradizioni locali. Così a Loano, che pure è il sito ove la piccola pesca ha la maggiore presenza, la sciabica non è mai stata rilevata. D'altra parte, nell'arenile di Noli la sciabica è frequentemente utilizzata nei mesi autunnali ed invernali, mentre la rete ad imbrocco non è mai adoperata. Sciabica e rete ad imbrocco coesistono (ferma restando la prevalenza del tramaglio) con un uso abbastanza frequente ad Andora, Varazze e Savona.

Il pescato del tramaglio è caratterizzato da un numero molto elevato di specie. Per questo attrezzo in totale sono state registrate 81 specie di cui 69 pesci, 4 crostacei ed 8 molluschi. Più selettivi sono risultati la rete "barracuda" e la sciabica, rispettivamente con 39 e 30 specie di pesci, 4 e 3 specie di molluschi.

I quantitativi di pescato dalla sciabica sono quelli ponderalmente più rilevanti con catture medie giornaliere che vanno da un minimo intorno ai 15 Kg, fino a un massimo dell'ordine di 120 Kg (per singola imbarcazione) (Fig. 3). Come ci si poteva attendere dall'andamento delle frequenze d'uso dell'attrezzo, le catture più cospicue si registrano nei mesi autunnali ed invernali. Si tratta in realtà di specie di scarsa rilevanza economica come *Boops boops* e varie specie del genere *Spicara (S. flexuosa, S. maena* e *S. smaris)* (Tab. 1). Queste quattro specie rendono conto molto efficacemente del totale delle catture dell'attrezzo che dunque si qualifica come un attrezzo ad elevata specificità di "bersaglio"; la composizione specifica percentuale delle specie più importanti è riportata in Tab. 3.

Rete ad imbrocco e tramaglio catturano quantitativi maggiori nei mesi primaverili ed estivi. Per la rete ad imbrocco (Fig. 4), che presenta massimi di cattura sui 30 Kg/giorno per imbarcazione, le catture sono sostanzialmente a carico di *B. boops* e *Merluccius merluccius* (vedi Tab. 1) che descrivono piuttosto bene l'andamento generale del totale catturato da questo attrezzo; la composizione specifica percentuale delle specie più importanti è riportata in Tab. 4.

Al contrario per il tramaglio (Fig. 5), che presenta massimi di resa dell'ordine di 12 Kg/giorno per imbarcazione, la tipologia delle specie catturate è quanto mai diversificata (sia come numero di specie che come andamento stagionale delle catture). Difatti le

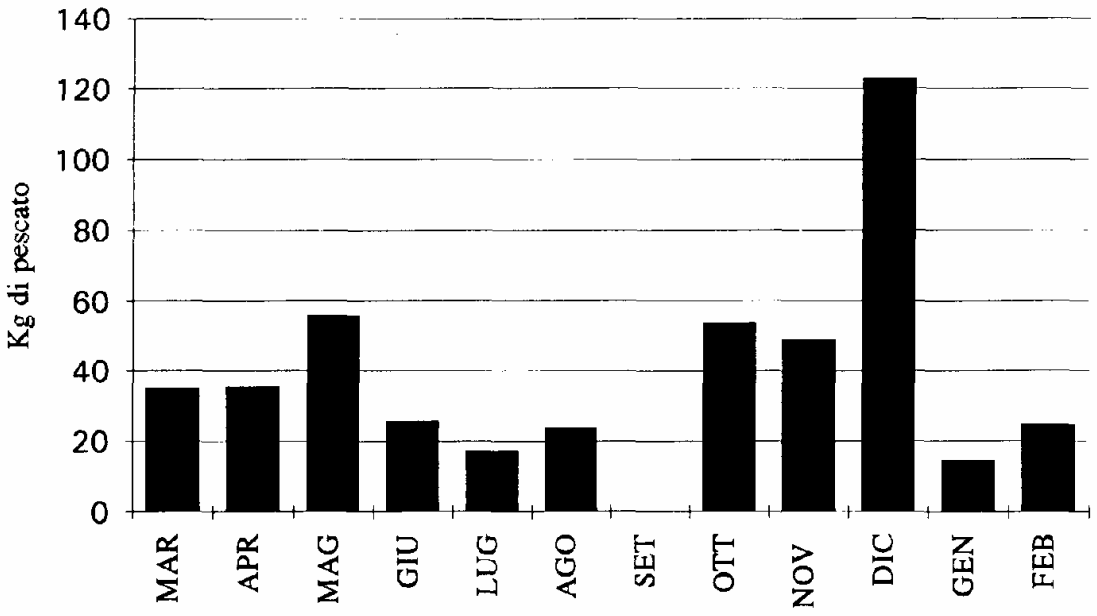


Fig. 3 - Catture medie giornaliere per imbarcazione con sciabica

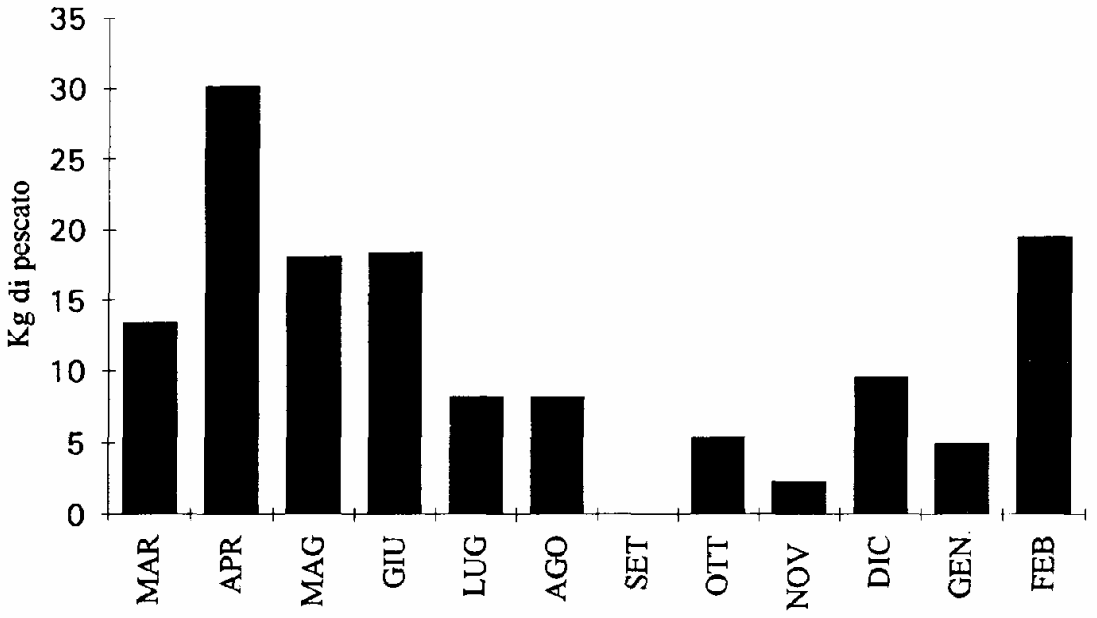


Fig. 4 - Catture medie giornaliere per imbarcazione con rete ad imbrocco

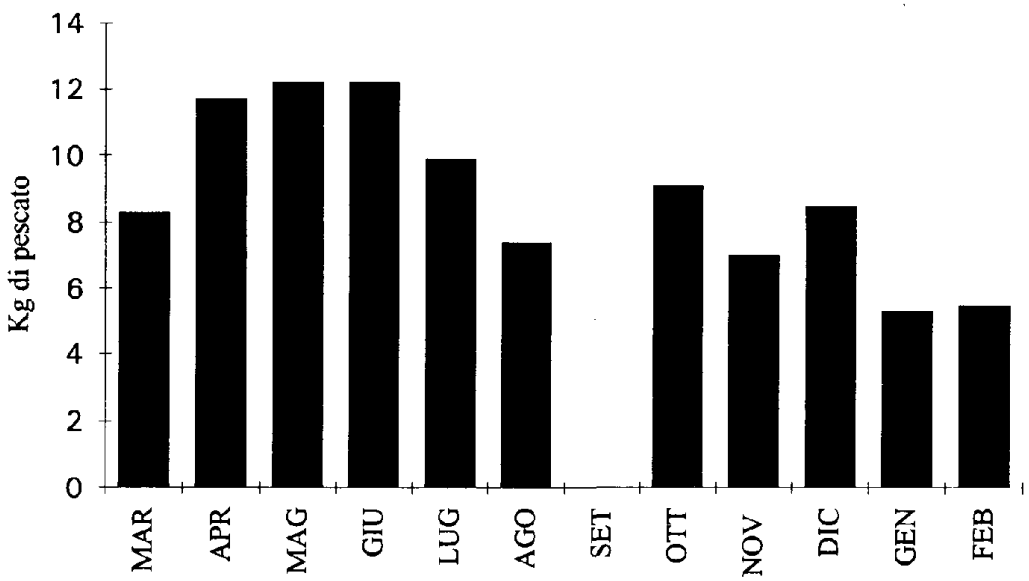


Fig. 5 - Catture medie giornaliere per imbarcazione con tramaglio

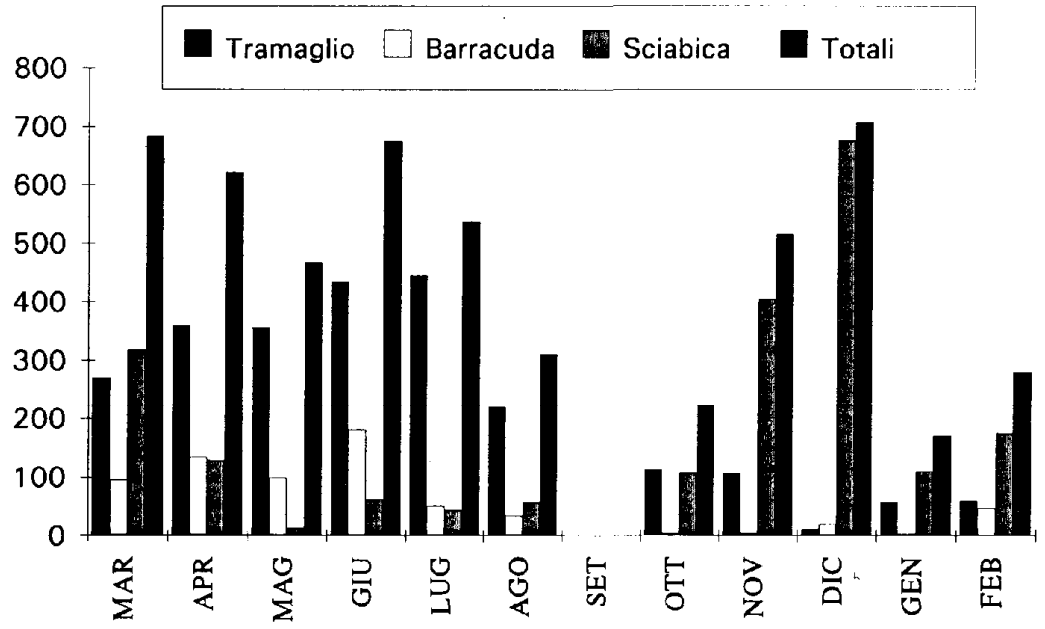


Fig. 6 - Rendimenti giornalieri della piccola pesca

	Tramaglio				Rete ad imbrocco		Sciabica	
	a	b	d	e	a	b	a	c
Mar	2,5	0,6	1,1	1,1	0,9	3,3	6,1	25,6
Apr	3,2	0,5	0,8	2,5	3,1	6,8	0,9	22,9
Mag	2,1	-	0,4	1	2,5	5,6	9,7	38,7
Giu	1	-	0,6	1,2	-	3,4	1,7	15
Lug	0,7	0,1	0,7	0,2	-	0,8	3,7	6,2
Ago	0,3	-	0,5	0,1	0,5	1,7	6,7	3,3
Ott	0,3	-	0,5	0,5	-	-	13,7	32,5
Nov	0,6	0,3	1,3	0,5	-	-	15	19,4
Dic	1,6	0,5	0,7	0,4	4,5	1,7	4,2	102,8
Gen	0,8	-	0,9	1,1	1,1	1,2	2,8	7,5
Feb	1,1	1,1	0,9	1	6,5	3	7,8	11,2

Tab. 1 - Catture medie giornaliere (in kg) per imbarcazione di alcune specie maggiormente pescate dalla piccola pesca savonese. Legenda : a = *Boops boops*; b = *Merluccius merluccius*; c = *Spicara spp.*; d = *Octopus vulgaris*; e = *Sepia officinalis*.

Specie	MAR	APR	MAG	GIU	LUG	AGO	OTT	NOV	DIC	GEN	FEB
B.boops	30,3	35,4	28,2	9,5	12,3	12,2	3,9	19,5	41,5	30,9	18,9
D.annularis	1,3	4,9	2,8	7	3,6	4,4	8,7	2,3	2,6	0,4	1,1
L.mormyrus	0,3	0,7	0,5	7	0,7	4	1,3	1,2	-	-	0,9
M.merluccius	8,5	3,3	-	0,3	2,7	-	0,1	8	12,9	-	17,4
M.barbatus	0,3	0,1	-	-	1	0,4	3,5	-	6,5	0,1	-
M.surmuletus	1,1	-	3,9	0,8	1,5	3	5,4	-	2,2	1,5	-
P.erythrinus	-	-	-	0,3	0,2	0,5	0,9	0,6	1,1	-	-
S.maena	1,6	1,3	8,9	3,5	14,1	43,7	1	5,4	1,2	14,7	2,7
S.salpa	6,3	3,2	3,8	14,1	4,3	5,5	48,8	1,2	0,7	-	4,6
T.trachurus	-	0,2	2	-	2,1	-	0,4	0,8	-	-	-
U.scaber	1,6	3,2	10	7,5	19,7	15,1	8,6	4,5	2,2	-	0,5
O.vulgaris	23,8	13,3	14,9	10,4	27,2	9,2	7,4	40,9	16,4	26,2	21,9
S.officinalis	24,9	34,2	22,8	39,1	8,1	1,2	8,1	14,2	11,6	26,2	32
Altre specie	-	0,2	2,2	0,5	2,5	0,8	1,9	1,4	1,1	-	-

Tab. 2 - Composizione specifica delle catture con tramaglio (percentuale in peso)

Specie	MAR	APR	MAG	GIU	LUG	AGO	OTT	NOV	DIC	GEN	FEB
B.boops	18,2	28,2	18,8	21,3	23,4	39,6	27,0	29,3	10,7	19,0	35,1
E.encrasicolus	-	-	-	-	-	-	3,7	-	-	20,6	-
L.aurata	-	13,3	-	-	-	-	-	-	-	-	-
M.surmuletus	0,4	0,5	0,2	0,2	2,3	-	-	1,1	-	1,5	-
O.melanura	0,1	-	-	-	5	-	-	1,4	-	-	-
S. pilchardus	-	-	-	37,5	-	-	3,7	10,2	2,8	4,8	-
S.salpa	0,2	1,3	-	-	-	-	-	0,5	0,4	-	-
S.japonicus	-	-	30	-	-	-	-	-	-	-	-
S.flexuosa	10,5	17,2	19,3	19,4	17,5	8,7	-	-	-	23	10,3
S.maena	28,2	18,2	-	-	10	10,8	-	3,5	0,8	14,9	22,6
S.smaris	38,6	16,7	31,4	21,2	40,9	38,5	63,9	46,9	84,2	12,9	17,5
T.draco	1	-	0,3	0,3	-	-	0,1	-	-	-	1,2
O.vulgaris	0,4	-	-	-	-	-	-	-	0,5	2,8	2,9
Altre specie	2,4	4,6	-	0,1	0,9	2,4	1,6	7,1	0,6	0,5	10,4

Tab. 3 - Composizione specifica delle catture con sciabica (percentuale in peso)

Specie	MAR	APR	MAG	GIU	LUG	AGO	OTT	NOV	DIC	GEN	FEB
A.rochei	-	-	13,1	-	-	-	-	-	-	-	-
B.boops	17,2	42,3	28,7	-	-	5,3	-	-	72	22	43
D.annularis	0,1	-	-	-	4,8	5,3	24,9	-	-	-	-
D.vulgaris	-	-	-	-	-	25,4					
L.amia	-	-	-	-	-	-	-	21,7	-	-	-
L.mormyrus	-	-	-	-	28,1	23,1	-	-	-	-	-
L.aurata	-	-	-	-	-	-	9,6	65,3	-	-	-
M.merluccius	49,3	32,9	14,8	43,8	12,2	17,5	-	-	28	24	18
M.surmuletus	0,4	-	4,6	10,5	3	-	-	13	-	-	-
O.melanura	-	-	13,9	-	-	-	-	-	-	-	-
P.erythrinus	0,4	15,4	-	-	-	-	19,2	-	-	6	0,7
S.aurita	-	-	-	0,8	19,3	6,5	0,4	-	-	24	21,3
S.salpa	-	-	-	-	-	-	23,9	-	-	-	-
S.japonicus	-	3,7	7,4	1,7	-	-	-	-	-	24	-
S.flexuosa	19,2	-	-	3,4	11,9	-	-	-	-	-	5,2
T.trachurus	-	5,6	-	6,6	15,6	-	-	-	-	-	-
O.vulgaris	6,1	-	-	9,4	-	-	5,7	-	-	-	-
S.officinalis	5,1	-	-	11,1	-	-	2,9	-	-	-	2,6
Altre specie	2,4	0.1	17,5	12,7	5,1	16,9	13,4	-	-	-	9,2

Tab. 4 - Composizione specifica delle catture con rete ad imbrocco (percentuale in peso)

quattro maggiori catture del tramaglio, cioè *B. boops, M. merluccius. Sepia officinalis* e *Octopus vulgaris* (vedi Tab. 1), non sono buoni descrittori dell'andamento complessivo delle catture. Il tramaglio si caratterizza dunque, nei siti studiati, come un attrezzo altamente multispecifico con ampio spettro di specie bersaglio tra cui anche un certo numero di buona rilevanza commerciale il cui andamento stagionale è evidenziato in Tab. 2.

Dai dati ottenuti, sono state desunte stime del rendimento giornaliero sul totale dei siti analizzati, per ciascun attrezzo (Fig. 6). Globalmente la piccola pesca produce dai 200 ai 700 Kg circa di pescato giornaliero. L'andamento stagionale dei rendimenti è ovviamente concorde con quanto osservato per le frequenze d'uso e dei quantitativi catturati dai vari attrezzi. Il rendimento del tramaglio (ed in minor misura della rete ad imbrocco) è maggiore nei mesi primaverili ed estivi, mentre quello della sciabica nei mesi autunnali ed invernali. Ciò è probabilmente in relazione al fatto che le attività di pesca con la sciabica sia da natante che, ovviamente, da terra, si svolgono prevalentemente in stretta prossimità della costa, risultando quindi relativamente poco influenzate da condizioni meteomarine avverse.

RINGRAZIAMENTI

Si ringraziano il doti. Gianni Diviacco ed i sigg. Tommaso Luciano e Enrico Tarulli dell'ICRAM, ed il dott. Federico Rebora della Cooperativa di Ricerca CBM, per la preziosa attività di rilevamento svolta sul campo.

BIBLIOGRAFIA

Caddy, J.F. & G.P. Bazigos. 1988. Guide pratique pour le contrôle statistique des pêcheries lorsque la main-d'oeuvre est limitée. *FAQ Doc. Tech. Pèches,(257):* 82 pp.

Cingolani, N., S.R. Coppola & J. Mortera. 1986. Studio di fattibilità per un sistema di rilevazione campionaria delle statistiche della pesca Parte II - Statistiche sulle catture e sullo sforzo di pesca. *Quaderni dell'Istituto Ricerche Pesca Marittima,* 5 (1 Supplemento, I e II parte): XXVIII + 754 pp.

Garcia, S. & A. Demetropoulos. 1986. L'aménagement de la péche a Chypre. *FAO Doc. Tech. Pêches,* (250): 43 pp.

PECHART, 1982. Les enquêtes sur la pêche artisanale sénégalaise au Centre de Recherches Océanographiques de Dakar-Thiaroye. *Arch. Ceni. Rech. Océanogr. Dakar - Thiaroye,* 112: 28 pp.

Zolezzi, G. 1941. Su alcuni sistemi di pesca in uso in Liguria. *Boll. Pesca Pise. Idrobiol,* 19 (1): 35-71.

Atti del 10° Congresso A.I.O.L.
Alassio, 4-6 Novembre 1992
da pag. 513 a pag. 523

MUCILLAGGINI E STATO TROFICO DELLE ACQUE NEL MAR TIRRENO*

Mario INNAMORATI °, Antonio MELLEY °, Cristina CASTELLI ° e
Manuela BALZI °°

°Lab. Ecologia, Dip. Biologia Vegetale, Università di Firenze
°° Lab. Radiobiologia, Dip. Fisiopatologia Clinica, Università di Firenze

SUMMARY

CTD measures, nutrients, chlorophyll, C14 production and microscopic analysis were carried out in the waters of several tyrrhenian stations, where pelagic and bentonic mucilages are sampled. Previous results are confirmed: the mucilages are a natural phenomenon, not induced by anthropic pollution, nor a consequence of eutrophication. Autoradiographies show that they are excretions of cells photosintates, mainly produced by pelagic and thycopelagic diatoms but also from filamentous macroalgae.

Cells inside mucilages show a higher absolute C14 production than cells free in the water, but a lower production relative to chlorophyll or to number of cells. In the mucous aggregates a great bacterial activity develops a higher rate of oxigen consumption.

Also the relative specific composition of phytoplankton coenosis inside is quite different from the outside ones. When sampled in summer the former are of winter-spring type, therefore "older" than the latter which are of the normal summer type. This suggests that in the spring lime the cells produce the mucopolysaccaridic secretion which envelops the same producers which by aggregation form the visible mucilages.

Since 1991, the year of appearance and of maximum extent of mucilages in Tyrrhenian Sea, the N/P ratio is changed from the normal value of circa 5 to the circa 50. It is neverthless difficoult to give a causal meaning to the high N/P ratio because 50 has been the normal value in the Adriatic Sea before, during and after the 1989 mucilages occurrence.

The mucilages show the spatially and temporally discontinuous distributions of a biologically generated phenomenon. On the contrary the N/P ratio and all chemical and physical factors are quite continuous. Therefore it is advisable to search the causes of mucilages between biological pathogenic factors.

1.INTRODUZIONE

Per quanto riguarda il Mare Adriatico, la presenza delle mucillaggini, o mare

* La ricerca è stata finanziata dal MURST 40%, dalla Regione Toscana, dalla Provincia di Grosseto.

sporco, è stata riportata su giornali di informazione e su riviste scientifiche dal 1729 ai nostri giorni (Regione etc., 1989). La comparsa è stata episodica, aperiodica, ma ha interessato grandissime estensioni del mare ed ha sempre causato danni alle reti da pesca ostruendole e costringendo anche ad abbandonarle.

Per il Mar Tirreno invece le prime segnalazioni scritte sono solamente del 1991 e 1992 (Innamorati, 1991; AA.VV., 1992). E' così convinzione dei più che non vi siano mai state prima. Invece debbono essere esistite da sempre, perché i pescatori hanno un vocabolo per designarle: "brommo" in Toscana, "sbroma" in Campania, "sbromu" in Sicilia e "sbrommu" in Sardegna. Deriva dal greco "bromos", fetore, puzzo (Franceschini, 1992). Anche se lo utilizzano un pò per tutto ciò che imbratta le reti, tuttavia le sostanze che chiamano "brommo", alias mucillaggini, sono state da noi raccolte insieme a loro dalle loro reti, ed essi hanno confermato di conoscerle da sempre, perché tutti gli anni le ritrovano nelle reti in primavera- estate: quando più, quando meno e quando quasi niente. Per lo più sono avvertibili soltanto come una maggiore viscidità della rete quando la si salpa (Chiocca, com. pers.; Gentile, com. pers.) ed hanno un caratteristico odore fetido. Comunque tutti concordano che una quantità così rilevante come nel 1991 non era stata mai vista.

Tuttavia i primi campioni di materiale identificato poi come mucillaggine sono stati prelevati alle Formiche di Grosseto nel 1990 (Innamorati, 1992).

Da quanto precede e dalle indagini da noi condotte nel 1991 (Innamorati, 1992; Innamorati et al., 1993) *è* risultato che:

- le mucillaggini sono un fenomeno naturale per quanto probabilmente patologico, ma non indotto dall'inquinamento prodotto dall'uomo;
- non sono un fenomeno collegato ai processi di eutrofia o di eutrofizzazione, cronici nell'Adriatico Settentrionale: nè tantomeno legato alle caratteristiche fisiografiche e idrodinamiche di quel bacino e dei suoi afflussi fluviali;
- sono prodotte da una ipersecrezione di fotosintati da parte delle cellule fitoplanctoniche, specialmente diatomee nella zona pelagica, ma anche da macroalghe filamentose, in quella bentonica;
- le unità di cellula produttrice e di mucillaggine prodotta, che la include, si aggregano per adesione ad altre unità formando prima dei microaggregati e via via i macroaggregati che si distinguono in varie forme (Stachowitsch et al., 1990);
- la struttura della fitocenosi (densità specifica relativa), interna agli aggregati è differente da quella esterna degli organismi liberi nell'acqua: la prima contiene un popolamento più vecchio di tipo inverno-primaverile a dominanza di diatomee e la seconda è più giovane e di tipo nettamente estivo, suggerendo che le mucillaggini siano state prodotte nella fase della successione precedente a quella estiva in cui sono stati campionati gli aggregati;
- il rapporto tra nutrienti azotati e fosfati disciolti nell'acqua, è cambiato dalla tipica azotocarenza tirrenica oligotrofica (N/P≈5) degli anni precedenti, ad una fosforocarenza di tipo Adriatico NW (N/P≈50), tendenza dovuta prevalentemente ad un aumento dell'azoto ed una lieve diminuzione del fosforo. Però il fatto che in Adriatico nei decenni passati si sia sempre avuto un altissimo rapporto N/P senza produzione di mucillaggini, non permette di concludere per un suo effetto causale.

In relazione alle modalità di formazione le nostre osservazioni non possono

escludere che le mucillaggini ed il popolamento che includono possa anche essersi originato in estate da specie, libere nelle acque e non dominanti, che si sono aggregate e riprodotte nel loro interno dando origine ad una composizione specifica relativa differente da quella esterna.

Si è voluto quindi indagare: la relazione tra l'evoluzione stagionale della struttura dei popolamenti fitoplanctonici nell'acqua e nelle mucillaggini per esaminare se al momento della formazione di queste fossero simili; in quale senso la variazione dei rapporti di composizione dei nutrienti nell'acqua è collegata con la produzione delle mucillaggini; infine se la produzione ed escrezione dei fotosintati mucopolissacaridici, precedentemente da noi dimostrata nelle mucillaggini fosse collegata con il blocco della riproduzione cellulare.

2. MATERIALI E METODI

La campagna è iniziata nel dicembre 1991 nelle acque dell'Arcipelago Toscano ed è proseguita con rilevamenti ripetuti ogni 10-15 giorni fino all'estate 1992, durante la quale sono stati effettuati i prelievi di mucillaggini nelle acque prospicenti le isole di Procida (mucillaggini pelagiche, prelevate mediante reti lasciate in posto dalle 18 alle 6), Montecristo e Formiche di Grosseto (mucillaggini bentoniche, campionate manualmente in immersione con ARA).

Le uscite periodiche sono state effettuate in due stazioni, l'una davanti al promontorio dell'Argentario (st.l - Capo d'Uomo), l'altra circa 4 miglia al largo dell'Isola del Giglio (st.2), situata sull'isobata dei 200 metri sulla congiungente con l'Isola di Montecristo.

Sono state effettuate calate di batisonda Idronaut (temperatura, conducibilità, salinità, densità, ossigeno disciolto, pH, Eh). L'acqua per le analisi dei nutrienti, della clorofilla, della densità e composizione fitoplanctonica è stata campionata mediante bottiglie Niskin ed analizzata come segue: nutrienti ($N\text{-}NO_3$, $N\text{-}NO_2$, $N\text{-}NH_4$; $P\text{-}PO_4$, P_{tot}) secondo Strickland & Parsons (1972); clorofeopigmenti secondo il metodo Lorenzen (1967) e Jeffrey & Humphrey (1975); composizione e densità specifica del fitoplancton secondo Hasle, 1978; fotosintesi e secrezione dei fotosintati mediante incubazione con C14 secondo Riemann et al. (1991), procedendo, poi, sia a conteggio della radioattività che ad effettuazione di preparati microscopici con colorazione PAS e Alcyan blu (Me Manus & Mowry, 1965) ed autoradiografia (Becciolini & Balzi, 1992).

3. RISULTATI

Sono stati raccolti vari campioni di materiale mucillagginoso, durante l'anno, che testimoniano il perdurare del fenomeno, anche se in modo molto meno vistoso rispetto al 1991, per quanto sempre più rilevante che nel 1990. Questa continuità, unita alla variazione di intensità, ci ha fatto pensare (Innamorati, 1992) che il fenomeno si sia potuto ripetere, per vari anni precedenti al '90, a livelli tali da poter passare inosservato in un primo tempo, e da non messere comunque riconosciuto come mucillaggini dai

fitobentonisti subacquei, in mancanza di un'analisi mirata.

I fatti nuovi più interessanti riguardano le differenze tra le condizioni all'interno e all'esterno delle mucillaggini rispetto: alla fotosintesi; al rapporto di composizione dei nutrienti nell'acqua; alla composizione dei popolamenti fitoplanctonici oltreché al rapporto N/P e alla sua variazione rispetto agli anni precedenti

.

3.1 Distribuzione spaziale e temporale

Le mucillaggini vengono da noi distinte in bentoniche, pelagiche e neustoniche a seconda che siano rispettivamente: adagiate o attaccate al fondo o su organismi bentonici; galleggianti nella colonna d'acqua; fluttuanti alla superficie. Tutte sono prodotte dal fitoplancton o dalle alghe filamentose che includono.

II fenomeno delle mucillaggini, che così larga diffusione ha avuto durante l'estate 1991, nel 1992 si è presentato con intensità diversa, pur mostrando, sostanzialmente, le stesse caratteristiche di composizione biologica e di distribuzione spaziale e temporale. Gli affioramenti neustonici nel Tirreno sono stati rarissimi.

Durante il 1992 si è riconfermato quanto osservato negli anni precedenti e cioè che, pur perdurando l'omogeneità delle caratteristiche fisiche e chimiche delle acque, influenzate unicamente da variazioni stagionali delle condizioni termo-aline e nutritizie, la distribuzione spaziale delle mucillaggini si è presentata del tutto discontinua: a chiazze le bentoniche, a banchi le pelagiche; sotto forma di aggregati micro e macroscopici, composti di particelle che intorbidano le acque, od ammassi di alcuni o svariati metri.

Un banco pelagico in genere non permane a lungo nello stesso luogo perché viene trasportato dalle correnti o si disaggrega, in conseguenza del mare mosso. Le cellule che si sono rivestite della loro secrezione mucillagginosa, cominciano ad aggregarsi formando i microaggregati pelagici durante l'estate e aumentano via via di numero, intorbidano le acque ed aderiscono alla reti da posta, rendendole soltanto viscide i primi giorni poi intasandole sempre di più e infine diminuiscono fino a scomparire e rendere l'acqua nuovamente limpida.

Coloro che hanno svolto osservazioni dirette (Diviacco, 1992; Cinelli, 1992; Sartoni & Sonni, 1992) ed i nostri subacquei che si sono occupati del campionamento (Buzzichelli, com. pers.; Papi, com., pers.; Castelli, com. pers.) sono concordi sul fatto che anche gli aggregati bentonici sono distribuiti a chiazze, nonostante che l'acqua e il substrato siano omogenei rispetto alla natura geologica, sedimentologica e biologica ed alle caratteristiche idrologiche e nutritizie, chimiche e fisiche. Le osservazioni nostre e degli Autori citati concordano sul fatto che la distribuzione discontinua è particolarmente evidente nella fase iniziale di invasione, come è il caso delle vegetazioni pioniere, mentre in altri luoghi ove il fenomeno è più avanzato, o l'anno successivo nello stesso luogo, l'invasione tende ad invadere una chiazza molto più grande e compatta. In seguito le mucillaggini possono scomparire del tutto, lasciando il fondale depauperato, con i resti degli organismi bentonici che ne erano stati ricoperti.

La distribuzione spaziale e temporale delle mucillaggini a causa della sua peculiare discontinuità non si presenta correlata con le condizioni ambientali chimiche e fisiche e non sembra, quindi, che queste possano essere la causa della loro origine.

3.2. I popolamenti fitoplanctonici

Le analisi compiute hanno consentito di controllare, durante i primi 7 mesi dell'anno, l'evoluzione della densità specifica delle popolazioni algali nelle due diverse stazioni. Sul dettaglio dei risultati verrà riferito in altra sede. In tutti i campioni esaminati risulta evidente che il popolamento all'interno delle mucillaggini è sempre differente da quello dell'acqua circostante.

Già nell'estate del 1991, avevamo evidenziato (Innamorati et al., 1993) come la composizione del popolamento fitoplanctonico all'interno delle mucillaggini, sia bentoniche che pelagiche, fosse nettamente diversa da quella riscontrata nelle acque circostanti: mentre all'interno si aveva una cenosi fortemente dominata dalle Bacillarioficee, appartenenti soprattutto al genere *Nitzschia (N. delicatissima, N. closterium),* nell'acqua circostante ve ne era una di tipo misto, caratterizzata dalla presenza costante di Dinoficee *(Gymnodinium),* Primnesioficee *(Emiliania huxleyi)* e vari altri tipi cellulari di piccole dimensioni (3-8 µm), spesso muniti di flagelli. Queste differenze tra popolamenti interni ed esterni si sono regolarmente ripresentate in tutti i campioni del 1992 (Fig. 1).

Il confronto fra le mucillaggini pelagiche (Isola di Procida 1991 e 1992) e le bentoniche, ha rivelato l'esistenza di una certa congruenza tra questi popolamenti e le loro condizioni ambientali. Infatti, nei primi dominano specie ad habitus pelagico *(Leptocylindrus* e *Chaetoceros,* oltre a *Nitzschia),* mentre negli altri, pur predominando sempre *Nitzschia,* vi sono presenti in buona quantità i generi bentonici *Licmophora, Amphora, Grammatophora, ecc.*.

Durante la campagna del 1992, abbiamo avuto conferma di questi risultati, potendo, inoltre, acquisire anche dati in maggiore quantità ed iniziare a seguire il fenomeno non appena questo si è presentato.

Innanzi tutto, è interessante notare come i generi maggiormente presenti nei campioni raccolti a distanza di un anno, in periodi diversi ed in luoghi non sempre coincidenti (1991, Capo d'Uomo d'Argentario, Formiche di Grosseto, Isola di Montecristo nell'agosto e Isola di Procida nel settembre; 1992: Punta Ala e Isola del Giglio in maggio, Formiche di Grosseto a luglio, Isola di Montecristo ad agosto ed Isola di Procida a settembre), siano sempre stati gli stessi: ^[^ [Bacillarioficee dei generi *Nitzschia, Leptocylindrus, Grammatophora, Licmophora, Amphora, Tabellaria.* Questa costante uniformità, ancora maggiore se si confrontano i campioni di mucillaggine di uguale habitat, pelagiche e bentoniche del '91 rispettivamente con pelagiche e bentoniche del '92, sembrerebbe indicare una autonomia ed imperturbabilità del "microcosmo" mucillagginoso, rispetto alle variazioni circostanti.

Se poi si prende in considerazione la densità cellulare dei popolamenti interni ed esterni, si vede come i valori riscontrati si differenzino, in genere, di due ordini di grandezza:

- le cellule fitoplanctoniche che sono libere nell'acqua raggiungono raramente concentrazioni di oltre 10^5 cell/dm^3, mantenendosi, per quasi tutto l'anno, su valori di alcune decine di migliaia;
- al contrario, i popolamenti interni alle mucillaggini evidenziano una notevole densità

cellulare, trattandosi di svariati milioni di cell/dm^3, riuscendo ad arrivare fino ad alcune centinaia di milioni (6 10^8 cell/dm^3 il 17 settembre 1992 presso l'Isola di Procida: mucillaggini pelagiche).

Questo fatto coincide ancora una volta, con quanto osservato durante il 1991, sia per l'entità dei valori massimi che per le differenze tra i due tipi di popolamento: si può notare come (Fig.l), in entrambi gli anni, si siano trovate le maggiori densità cellulari negli aggregati mucillagginosi pelagici campionati nel mare dell'Isola di Procida.

Ultimo aspetto che risulta interessante, nel caso della composizione specifica, è quello relativo alla costante presenza delle macroalghe filamentose nei popolamenti di mucillaggine bentonica. Questo ritrovamento, che era stato già fatto nel 1990 e nel 1991 (Innamorati et al., 1992), era stato considerato come uno dei fatti più salienti rispetto a quanto si era scritto sulla composizione specifica delle mucillaggini adriatiche, le uniche fino ad allora osservate. I filamenti sono stati riconosciuti (Sartoni & Sonni, 1992) appartenere ai generi *Tribonema* ed *Acinetospora,* e costituiscono un fitto intreccio che è immerso nella secrezione mucosa insieme alle cellule fitoplanctoniche.

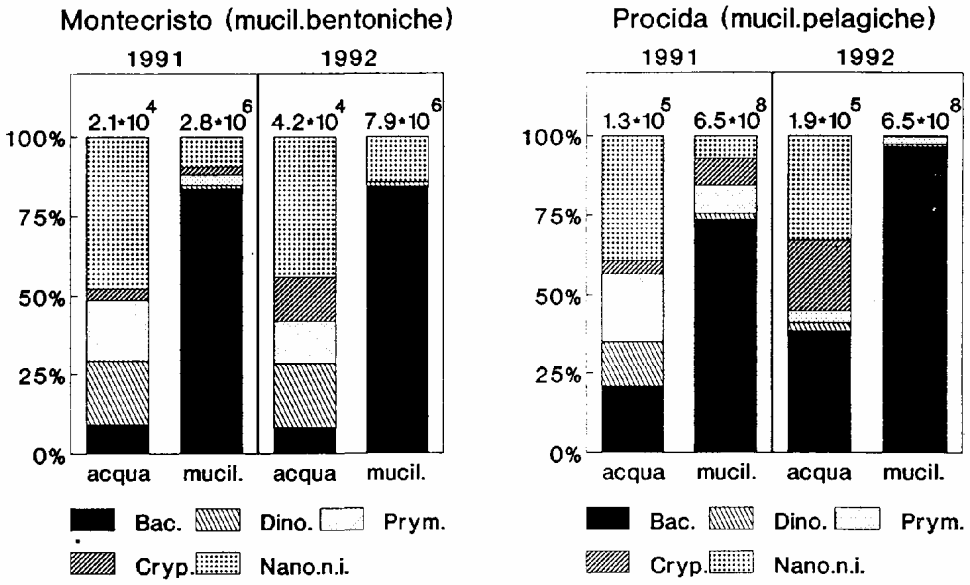


Fig.1 - Densità relativa delle classi fitoplanctoniche nel popolamento medio della colonna d'acqua ed interno agli aggregati mucillagginosi a Procida e a Montecristo, nell'estate del 1991 e del 1992. Sono stati inseriti anche i valori della densità cellulare totale (cell/dm^3).

3.3. Produzione primaria

La stima della produzione all'interno delle mucillaggini presenta notevoli difficoltà. Il campionamento comporta una grande variabilità a causa della differenza di densità della sostanza campionata e della variabilità del volume d'acqua che viene preso insieme. Ciò nonostante la misura fornisce l'ordine di grandezza della differenza tra le

condizioni interne alle mucillaggini e quelle della colonna d'acqua circostante. La Tab. 1 conferma quanto già dimostrato con i preparati autoradiografici (Innamorati et al., 1992), cioè che un certo numero di cellule nelle mucillaggini sono ancora fotosinteticamente attive, ma chiarisce che la biomassa attiva nelle mucillaggini è molto minore di quella libera nell'acqua. Ciò è dimostrato dalla fotosintesi per unità di clorofilla, o di cellula, e dallo scarso numero di cellule radioattive nelle autoradiografie e ci porta a considerare che il popolamento interno sia sostanzialmente vecchio.

TAB I - Biomassa, produzione, produttività e contenuto in clorofilla delle cellule libere nell'acqua e interne alle mucillaggini. Campagna 1992 (chl = clorofeopigmenti).

CARATTERISTICHE DELLE CENOSI		FORMICHE		MONTECRISTO		PROCIDA	
		acqua	muci.	acqua	muci.	acqua	muci.
clorofilla	mg/m^3	0.075	33.87	0.047	11.09	0.182	510
cellule	$cell/dm^3$	$1 \cdot 10^5$	$3 \cdot 10^7$	$8 \cdot 10^4$	$8 \cdot 10^6$	$2 \cdot 10^5$	$6 \cdot 10^8$
chl/cellula	pg/cell	0.72	1.30	0.59	1.42	0.96	0.79
feofitina/clorofilla	%	≈ 0	56	≈ 0	18	≈ 0	32
C assimilato	mg/m^3 h	0.46	48.3	0.13	14.3	0.79	173
n°assimilazione: C/chl	1/h	6.13	1.43	2.82	1.29	4.30	0.34
C/cellula	pg/cell h	4.40	1.86	1.66	1.80	4.20	0.27

Inoltre, se si osservano gli aggregati al microscopio, si nota un fittissimo popolamento batterico, infatti l'attività batterica di degradazione è molto intensa (Fig.2) e le mucillaggini pelagiche dopo poco tempo dal campionamento emanano un caratteristico fetore.

Le autoradiografie riconfermano quanto già dimostrato, che la sostanza mucillagginosa che include le cellule deriva dalla loro fotosintesi, che è pur sempre attiva anche durante l'estate. Le cellule secernono i prodotti della fotosintesi, questi circondano la parete cellulare in una sorta di guaina, di cui sono ben note le funzioni antibiotiche e meccaniche di difesa, di movimento per scivolamento su di essa (organismi epifitici, epipsammici ed epilitici) e di galleggiamento, come accade normalmente per molte specie algali, in particolare Diatomee.

3.4.Lo stato trofico

Gli aggregati di mucillaggine mantengono al loro interno una vasta flora algale,

che deve trovare il nutrimento necessario al proprio sostentamento ed alla produzione della mucillaggine di cui si circonda.

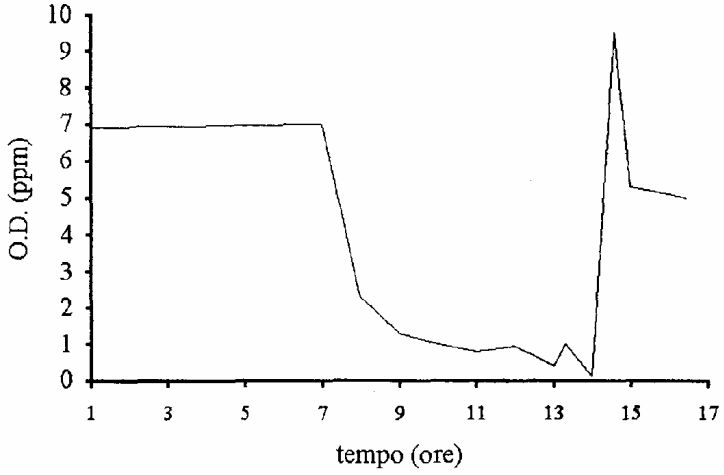


Fig. 2 - Andamento temporale della concentrazione (ppm) di ossigeno disciolto (O.D.) all'interno degli aggregati di mucillaggine pelagica campionati a Procida nel Settembre 1991. Prima di 7 ed a 14 ore l'ossigenazione è artificiale.

La concentrazione di sostanze nutritive nelle acque oligotrofiche del Tirreno consente il sostentamento di una piccola densità di biomassa fitoplanctonica e, quando si osserva un arricchimento nutritizio, la risposta proliferativa non si fa attendere, ma non raggiunge mai i livelli dei popolamenti mucillagginosi.

La fertilizzazione delle acque superficiali (0-50 m) verificatasi a febbraio, è coincisa con un periodo a forte instabilità termoalina della colonna d'acqua, lungo la quale sembrano formarsi corpi lenticolari di acque a diversa densità. Allo stato attuale della elaborazione dei dati, non è stato determinato se tale apporto nutritivo, evidenziato soprattutto sottocosta (st.l), sia dovuto alla risalita delle acque intermedie di origine levantina o ad apporti di provenienza tellurica per dilavamento o per immissioni antropiche in mare.

Nell'acqua il rapporto N/P (N come NO_3+NO_2, P come PO_4) relativo al periodo gennaio-luglio 1992, è decisamente superiore a 16; N = 37 P nella st. 2; N = 46 P nella st. 1. Ciò conferma la situazione già riscontrata con due campagne svolte nell'Arcipelago Toscano nel maggio e nel settembre 1991 (Innamorati et al., 1992), di fosforocarenza (Fig.3).

Questo costituisce una novità per il bacino dell'Alto Tirreno, nel quale il rapporto N/P, nel decennio 1979-89 (Innamorati & Giovanardi, 1992), è stato sempre molto al di sotto di 16 (N = 4.26 P, come media annuale per lo strato O-50 m), indicando chiaramente una carenza di azoto. Anche nel 1990 la situazione era rimasta immutata (N = 8.19 P), mentre già l'anno successivo il rapporto si era invertito (N = 35.75 P nel maggio e N = 43.07 P nel settembre).

La fosforocarenza è invece, dagli anni '60, una condizione cronica dell'Adriatico Settentrionale (N = 30÷50 P) dove è collegata all'eutrofizzazione antropogenica, non può quindi essere considerata causa comune delle mucillaggini che si sono avute anche in

epoca preindustriale - mare sporco. Inoltre le acque tirreniche sono tuttora e da sempre oligotrofiche e l'attuale P-carenza non può certo essere legata ad eutrofizzazione come non può esserlo la presenza di mucillaggini a Montecristo, che non è certo influenzata da attività antropiche.

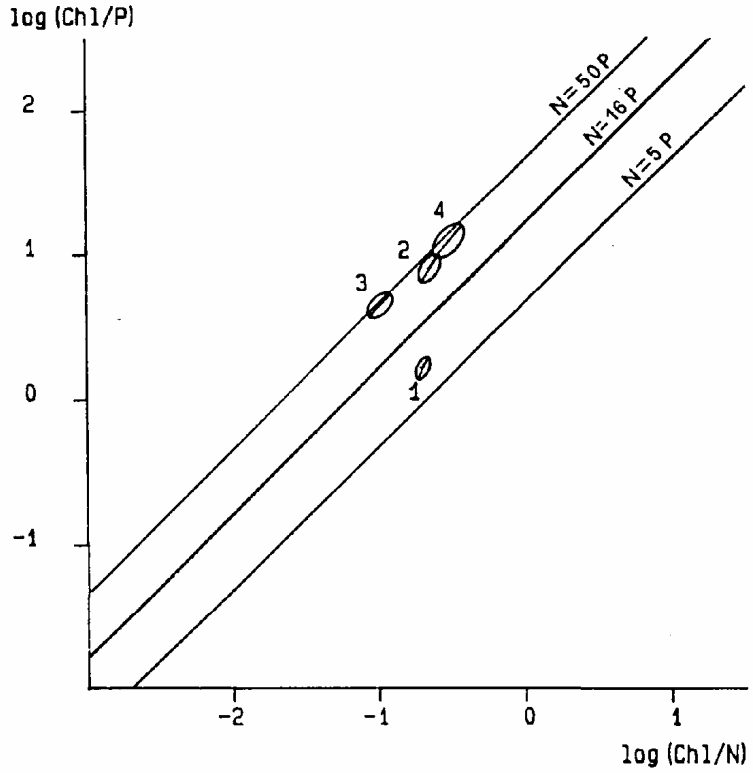


Fig. 3 - Ellissi di confidenza (0.05 P) delle medie della distribuzione dei log (Chl/P) = f (log(Chl/N)) delle campagne effettuate nel giugno 1990 (1), maggio 1991 (2), settembre 1991 (3) e gennaio-luglio 1992 (4) nelle acque dell'Alto Tirreno.

4. CONCLUSIONI

Questi risultati hanno permesso in primo luogo di riconfermare, in base ad un maggiore numero di dati su più stazioni e profondità, quelli già ottenuti nel 1991 e resi noti (Innamorati 1992, Innamorati et al. 1993), che una frazione delle cellule incluse nella mucillaggine sono, in estate, ancora attive produttrici di questa e che la densità e la struttura dei popolamenti intemi sono di tipo primaverile a predominanza di diatonmee e quelli liberi nell'acqua sono tipici di una cenosi estiva.

La serie temporale di campionamenti non ha permesso di chiarire se il popolamento primaverile possa essere considerato lo stesso di quello incluso nelle mucillaggini, perché nelle due stazioni non si è avuta comparsa di mucillaggini come sperato. Tuttavia anche se la biomassa e la produzione nelle mucillaggini sono

elevatissime rispetto all'esterno, se si considerano gli indici di produttività, si nota che all'esterno le singole cellule, o l'unità di biomassa, sono molto più attive di alcuni ordini di grandezza. La qualcosa, unita alla maggiore proporzione di feofitina rispetto ai clorofeopigmenti, illustra che la fitocenosi nelle mucillaggini è vecchia e rafforza l'idea di una sua origine in una fase precedente a quella estiva. L'inefficienza può essere certo anche collegata alla elevata attività batterica interna.

Infine appare chiaro che nelle acque tirreniche nel 1991 e 1992 il rapporto N/P è aumentato da circa 5 a circa 50 rispetto ai valori da noi rilevati tutti gli anni e per più stagioni dal 1982 al 1990. Il senso di tale aumento è quello di un incremento dell'azoto di quasi 4 volte ed una diminuzione del P di quasi 2 volte. Non altrettanto chiaro risulta il significato di tale variazione che si presenta collegata alla presenza delle mucillaggini, ma non certamente come causa e difficile è dire se come effetto.

La distribuzione spaziale e temporale, sia nelle mucillaggini pelagiche che bentoniche, riconferma la caratteristica discontinuità che contrasta con quella continua dei fattori ambientali fisici e chimici nell'acqua e ripropone, insieme con l'intensa attività batterica che contengono, la ricerca verso cause di tipo biologico, che la iperproduzione mucopolisaccaridica ripropone come patogene.

Un'ultima considerazione la ripropone, per la prospettiva, l'etimo di "brommo", che è sostanza maleodorante come lo è il Br. Questo è stato chiamato così scientificamente non solo per essere tale, ma perché "brommo" venivano chiamate nelle saline marine le acque madri dalle quali il Br viene estratto, che sono appunto piene di "brommo": al punto che dovremo anche indagare la relazione tra Br e "brommo".

RINGRAZIAMENTI

Si ringraziano per la collaborazione la SOPROMAR, la Squadriglia della VIII Legione della Guardia di Finanza di stanza a Porto Santo Stefano e il pescatore Salvatore Gentile di Procida che ci hanno messo a disposizione rispettivamente il motoscafo Altair, il guarda coste Arcioni, ed un gozzo da pesca.

Tutti si ringraziano per la prontezza e la professionalità degli equipaggi.

BIBLIOGRAFIA

AA.VV. 1992. La crisi del mediterraneo in seguito alla fioritura di masse algali. *Acc. Int. Sci. Tecn. Sub. Ustica,* quad. 9: 88 pp.

Becciolini, A. & M. Balzi. 1992. I parametri di cinetica cellulare e la determinazione della "labelling index" nei tessuti umani: *E.Bombardieri et al., Clas International,* Brescia: 35-56.

Cinelli, F. 1992. Il "caso" Argentarola. In: La crisi del Mediterraneo in seguito alla fioritura di masse algali. *Acc. Int. Sci. Tecn. Sub. Ustica,* quad. 9:33-36.

Diviacco, G. 1992. Aggregati gelatinosi in Mar Tirreno durante l'estate 1991: indagini sulla presenza e sull'evoluzione del fenomeno. In: La crisi del

Mediterraneo in seguito alla fioritura di masse algali. *Acc. Int. Sci. Tecn. Sub. Ustica,* quad. 9: 19-31.

Franceschini, F. 1992. Conclusioni. In: La crisi del Mediterraneo in seguito alla fioritura di masse algali. *Acc. Int. Sci. Tecn. Sub. Ustica,* quad. 9: 85-88.

Hasle, G.R. 1978. Settling. The inverted microscope method. In: Sournia A., *Phytoplankton Manual,* UNESCO.

Innamorati, M. 1991. Primi risultati ottenuti dai sopralluoghi in mare per il rilevamento della presenza delle cosidette mucillaggini nell'Alto Tirreno Toscano. Università di Firenze: 1-37.

Innamorati, M. 1992. Mucillaggini e fitoplancton. In: La crisi del Mediterraneo in seguito alla fioritura di masse algali, *Acc. Int. Sci. Tecn. Sub. Ustica,* quad. 9: 61-80.

Innamorati, M. & F. Giovanardi. 1992. Interrelationship between phytoplankton biomass and nutrients in the eutrophicated areas of the North-Western Adriatic Sea. *Science of the Total Environment. Suppl. 1992, Elsevier Science Publ. B.V.,* Amsterdam: 235-250.

Innamorati, M., L. Lazzara, C. Nuccio, G. Mori, L. Massi & V. Chierici. 1990. Il fitoplancton dell'Alto Tirreno: condizioni trofiche e produttive. *Atti 9° Congr. AIOL,* S. Margherita Ligure: 199-205.

Innamorati, M., E. Raddi, S. Buzzichelli, A. Melley & M. Balzi. 1993. Le mucillaggini nel Mar Tirreno. Biologia Marina Suppl. Notiz. S.I.B.M. 1, 23/26, *Atti XXIII° Congr. SIBM,* Ravenna: (6/92) 8-12.

Jeffrey, S.W. & G.F. Humphrey. 1975. New spectrophotometric equations for determining chlorophyll *a, b, e* and *c2* in algae, phytoplankton and higher plants. *Biochem. Physiol. Plant.* 167: 191-194.

Lorenzen, C. J. 1967. Determination of chlorophyll and phaeo-pigments: spectrophotometric equation. *Limnol. Oceanogr.* 12 (2): 343-346.

McManus, J.F.A. & R.W. Mowry. 1965. Staining methods. Histologic and Histochemical. *Hoeber Medical Division, Harper & Row Publ.,* New York: 63-64.

Regione Autonoma Friuli Venezia Giulia. 1989. Gli episodi di "mare sporco" nell'Adriatico dal 1729 ai giorni nostri. A cura di Fonda Umani S., E. Ghirardelli, M. Specchi. *Uff. Stampa e Pubbliche relazioni della Regione Autonoma Friuli Venezia Giulia,* Trieste. I-VIII: 1-178.

Riemann, B. & L. Moller Jensen. 1991. Measurement of primary production by means of acidification and bubbling method. *J. Plankton Res.* 13: 853-862.

Sartoni, G. & C. Sonni. 1992. *Trybonema marinum* J. Feldmann e *Acinetospora crinita* (Carmichael) Sauvageou nelle formazioni mucillagginose bentoniche osservato sulle coste toscane nell'estate 1991. In: La crisi del Mediterraneo in seguito alla fioritura di masse algali. *Acc. Int. Sci. Tecn. Sub. Ustica,* Quaderno 9: 37-46.

Stachowitsch, M., N. Fanuko & M. Richter. 1990. Mucus aggregates in the Adriatic Sea: an overview of stages and occurrences. *Mar. Ecol.* 11 (4): 327-350.

Strickland, J.D.H. & T.R. Parsons. 1972. A practical handbook of seawater analyses. *Bull. Fish. Res. Bd. Can.* 167: 49-90.

Atti del 10° Congresso A.I.O.L.
Alassio, 4-6 Novembre 1992
da pag. 525 a pag. 527

SEDIMENT DIAGENESIS AND ITS EFFECT ON NUTRIENT CYCLING IN NW ADRIATIC SEA

Paola GIORDANI*, Douglas E. HAMMOND**, William M. BERELSON**,
Roberto POLETTI***, Ernesto RABBI**** e Federico LUCCHINI*****

* Istituto per la Geologia Marina del C.N.R., Bologna
** Department of Geological Sciences, University of Southern California
Los Angeles, U.S.A.
*** Centro Studi e Ricerche di Biologia Marina, Cesenatico
**** Dipartimento di Discipline Geografiche e Geologico-Ambientali,
Università di Bologna
***** Dipartimento di Mineralogia, Università di Bologna

RIASSUNTO

Il contributo dei sedimenti al bilancio trofico nelle acque dell'Adriatico nord-occidentale è stato valutato da misure sperimentali di flussi all'interfaccia acqua-sedimento delle specie ioniche degli elementi nutritivi (nitrati, ammoniaca, fosfati, silice reattiva, alcalinità). Tali misure sono state eseguite mediante l'uso di camere bentiche nel corso di due campagne estive eseguite nel 1982 e nel 1988. Le concentrazioni delle stesse specie sono state determinate nelle acque interstiziali di carote prelevate nelle stazioni di misura per studiare la stechiometria delle reazioni diagenetiche. a tale scopo è stato applicato un modello di trasporto per diffusione, assumendo che la sostanza organica di origine marina conservi il rapporto C/N di Redfield nel corso delle reazioni di degradazione e che il numero di ossidazione del carbonio nella stessa sia zero. Le deviazioni dei risultati ottenuti dai dati sperimentali rispetto ai calcoli teorici possono essere attribuiti a processi intermedi di interazione solido-soluzione e/o ad una diversa composizione della sostanza organica.

The contribution of sediment diagenetic efficiency in releasing nutrients to the overlying water has to be assessed in order to estimate their budget, which is a crucial point for a shallow marine System yearly subjected to dystrophic problems, like the North Western Adriatic sea.

From an earlier study, mainly based on measurements of experimental benthic flux and pore water concentration gradients of nutrients (C, N, P and Si) and 222 Rn (Hammond et al., 1984; Giordani & Hammond, 1985), higher fluxes resulted at sites characterized by finer grained sediments, on the sediment belt paralleling the coast from the Po river delta southward.

In the course of a further investigation (Giordani et al., 1992) measurements were carried out at six stations selected as representative of different sedimentological regimes.

Pore waters from five cores were analized for ammonia, nitrate, phosphate, silica, iron, calcium concentrations and alkalinity; solid phase organic carbon, total nitrogen, sulfur and biogenic silica contents were determined according to the methods reported in

Giordani et al. (1992).

Two cores out of the five examined seemed to nicely match limit conditions typical of the System: the former was from station 6, in the nothern section, just below the Po river outflow, characterized by high sediment accumulation rate, very low oxygen penetration depth, little or no bioturbation. The latter was from station 2, offshore of Cesenatico, below highly productive waters, showing moderate sediment accumulation rate, deeper oxygen penetration and higher bioturbation.

The relative fluxes of alkalinity, oxygen, TCO_2 and ammonia measured using chambers and the solid phase sulfur burial fluxes were used to assess the carbon and oxygen budgets at the two stations and the relative contribution of each reaction involving carbon oxidation. According to these calculations, about 80 % of TCO_2 production in the northern station and 95 % in the southern station could be ascribed to organic matter oxidation by oxygen as the final electron ecceptor, whilst sulphate reduction and ammonia production contribute to a greater extent in the northern site.

Plots of relative changes in pore water composition from bottom water were used to estimate the stoichiometry of diagenetic reactions using a diffusion transport model. The assumptions were: I) degrading organic matter of marine origin has the Redfield C/N rado of about 7; 2) the oxidation state of reactive organic carbon is zero.

Stoichiometry of suboxic reactions involving sulfate and iron reduction, which normally occur in coastal marine sediments (Jorgensen, 1982), inplies Alk/TCO_2 ratios which are about 25 % higher than those calculated from our experimental data. This can be tentatively explained by the simultaneous occurrence of other reactions, like the exchange for iron of clay adsorbed Mg^{2+} and subsequent pyrite precipitation or oxidation of sulfides by oxygen from irrigation by burrowing organisms. These reactions are however difficult to prove, because of the too low precision of the available analytical methods.

A third possibility is that the oxidation state of carbon in part of degrading organic matter is higher than 0 (Westrich and Berner, 1984).

Flux and pore water data were finally used to estimate the C/N ratios in degrading material, which turned out to be 4 - 8 at different sites, below the oxygen penetration depth. The occurrence of denitrification could explain the 50 % higher values resulting from flux measurements, in the bottom waters.

As a conclusive remark, sediment accumulation rate, together with macrophaunal irrigation, turn out to clearly affect burial efficiency and pore water chemistry even though experimental fluxes result very similar at the different sites.

More data on a seasonal time scale and wider study area are now in progress within a EEC/STEP project involving the C.N.R./I.G.M. Institute and a Dutch group from NIOZ (Netherland Institute of Sea Research - Texel). The investigations are being carried out by the use of different benthic chambers and by another instrument hearing electrodes for measuring in-situ oxygen profiles. Both benthic chambers and oxygen profiler are welded to benthic landers, which have been built for deployments in the deep ocean. Preliminary results have been summarized (Giordani et al.,1992) and will be discussed in forthcoming papers.

REFERENCES

Giordani, P. & D.E. Hammond. 1985. Techniques for measuring benthic fluxes of 222 Rn and nutrients in coastal waters. *CNR/IGM Techn. Rep.* n.20, 3: 3pp.

Giordani, P., D.E. Hammond, W.M. Berelson, G. Montanari, R. Poletti, A. Milandri, M. Frignani, L. Langone, M. Ravaioli, G. Rovatti & E. Rabbi. 1992. Benthic fluxes and nutrient budgets for sediments in the Northern Adriatic sea: burial an recycling efficiencies. *Sci. Tot. Environ. Suppl.:* 251-275.

Giordani, P., W. Helder, T. Tahey & De P.J.A. Wilde. 1992. Benthic respiration in the Adriatic Sea and its effects on nutrient exchange at the sediment-water interface *Rapp. Verb. CIESM,* 33: 345.

Hammond, D.E., P. Giordani, G. Montanari, A. Rinaldi, R. Poletti, G. Rovatti, M. Astorri & M. Ravaioli. 1984. Benthic flux measurements in NW Adriatic coastal waters. *Mem. Soc. Geol. It.,* 27: 461-467.

Jorgensen, B.B. 1982. Mineralization of organic matter in the sea bed - the role of sulfate reduction. *Nature,* 296, 643-645.

Westrich, J.T. & R.A. Berner. 1984. The role of sedimentary organic matter in bacterial sulfate reduction: the G model tested. *Limnol. Oceanogr.* 29: 236-249.

Atti del 10° Congresso A.I.O.L.
Alassio, 4-6 Novembre 1992
da pag. 529 a pag. 542

A ONE-YEAR STUDY OF A SANDY BOTTOM COMMUN1TY: SEASONAL FLUCTUATIONS COMPARED TO A PREVIOUS SAMPLING PERIOD

Giancarlo ALBERTELLI*, Mariachiara CHIANTORE** and Simonetta FRASCHETTI**

*Dipartimento di Biologia Animale ed Ecologia Marina, Università di Messina
**Istituto di Scienze Ambientali Marine, Università di Genova

RIASSUNTO

Una comunità macrobentonica di fondo mobile (10 metri, Zoagli, Italia) è stata campionata mensilmente dal Marzo 1990 al Febbraio 1991 con l'utilizzo di una sorbona. Sono state analizzate la tessitura del sedimento, la sostanza organica totale, la clorofilla-a (colonna d'acqua e sedimento). Le variazioni strutturali della comunità macrobentonica sono state valutate applicando tecniche di analisi univariata e multivariata. I risultati ottenuti sono stati confrontati con un precedente studio (1983/84). La differenza più importante sembra essere determinata dalla diversa densità del bivalve sospensivoro *Spisula subtruncata* (da Costa), il cui reclutamento non è stato osservato nel secondo periodo di studio, probabilmente a causa di un limitato bloom fitoplanctonico.

SUMMARY

A sandy-bottom community (10 meters depth, Zoagli, Italy) was sampled monthly between March 1990 and February 1991, using a suction device. The sediment texture, the total sediment organic matter and the chl-a content (water column and sediment) were also considered. The structural variations of the macrofaunal community were reported. Univariate and multivariate statistical techniques were applied. Results were compared with a previous sampling-period (1983/84). The main difference is related to the different abundance of the suspension-feeder bivalve *Spisula subtruncata* (da Costa), whose recruitment did not take place in the second year of observation, the failure being related to a poor planktonic development.

1 INTRODUCTION

It is already well known that sandy bottom macrobenthic communities are characterized by wide seasonal fluctuations both in number of species and of individuals (Atkins, 1983; Persson, 1983; Nichols, 1985, Blomquist & Bonsdorff, 1986; López-

Jamar et al., 1986; Ambrogi et al., 1990). Recently, these fluctuations have been studied in terms of population dynamics, mainly of the dominant species (Buchanan et al., 1978) whose recruitment is often the most important biological Factor affecting the community structure and its persistence in time (Cattaneo & Massé, 1983; Albertelli et al., present volume).

Our purpose is to analyse data from two different years of study to evaluate which differences, if any, exist in the community structure, particularly in terms of the relative importance of the different species in determining annual and seasonal fluctuations.

2 MATERIAL AND METHODS

2.1. Sampling

The selected station, 10 meters deep, is an inshore site characterized by well-sorted fine sand (Albertelli et al., present volume).

The first sampling period was from September 1983 to August 1984. The second one from March 1990 to February 1991.

Samples were collected using a suction device; five to ten replicate samples (0.1 m^2 each) were collected each time (the results were all reported per square meter). Samples were washed through a 1 mm mesh size.

Particle size was determined by using dry sieve technique and the sediment organic content, expressed as percentage, was measured as ignition loss at 450°C for 4 hours. For details relative to chlorophyll-a analysis see Albertelli & Fabiano (1990) and Tufano (1991).

2.2. Data analysis

Diversity of the community was measured using H' (Shannon & Weaver, 1963) index; evenness J was expressed as Pielou index (Pielou, 1966).

The Bray Curtis similarity measure (Bray & Curtis, 1957) was calculated from transformed data $y_{ji} = \log (x_{ji} + 1)$, in order to balance contribution of rare vs abundant species. The contribute of rare species (< 3%) was not taken into account since they are considered less informative in determining regular patterns.

Classification was performed on all similarity matrices using the Average Linkage clustering technique. Ordination techniques (MDS: Multidimensional scaling) were applied to map the results derived from the classification. The contribution of individual species to the similarity measure was also performed. R-mode analysis was used in order to define the species contribution to average similarity within site-group and between site-groups derived from cluster analysis.

Classification, ordination and R-mode analysis were performed using the programme PRIMER of the Plymouth Marine Laboratory.

3. RESULTS

3.1. Environmental data

The environmental data are summarized in table

Tab. 1. Environmental data relative to the two sampling periods.

ENVIRONMENTAL PARAMETRES	1990 - 1991		1983 - 1984	
	min	max	min	max
Temperature (°C):	13 (Feb 1991)	25 (Aug 1990)		
Secchi disk (m):	6 (Feb 1991)	12 (Jul 1990)	6 (Apr-Jun 1984)	11 (Aug 1984)
Sediment composition O> 0.063 mm	99.7 %		98 %	
Total suspended matter (mg/l)	2.75 (Jan 1991)	13.45 (Nov 1990)	0.53 (Jul 1984)	9.98 (Apr 1984)
Sediment organic matter (% DW):	1.00 (Mar 1990)	3.1 (Oct 1990)	=	=
Chlorophyll-a water column (ug/l)	0.21 (Dec 1990)	2.07 (Feb 1991)	0.35 (Oct 1983)	1.15 (Apr 1984)
Chlorophyll-a sediment (0-2 cm) (ug/gDW)	0.208 (May 1990)	1.403 (Feb 1991)	=	=

3.2. Data obtained during the period 1983/84

191 species and 4986 individuate were collected in total. Polychaetes were the best represented taxon, both in species (47.6%) and number of individuate (42.2%), followed by crustaceans (26.7%; 20.9%), molluscs (17.8%; 27.2%) and echinoderms (2.1%; 7.3%) (tab.2).

Tab. 2. Individual and species number of the different taxa expressed as annual average and as percentage

TAXA	N° ind/m^2		Tot N° sp		N° ind %		N° sp %	
	83/84	90/91	83/84	90/91	83/84	90/91	83/84	90/91
Polychaetes	175.4	100.9	21.7	19.4	42.2	41.9	47.6	39.9
Crustaceans	86.8	85.6	12.7	15.9	20.9	35.5	26.7	32.7
Molluscs	113.1	28.3	8.0	7.6	27.2	11.8	17.8	19.0
Echinoderms	30.5	14.8	2.3	2.1	7.3	6.1	2.1	3.3
Others	9.8	11.2	2.4	2.7	2.3	4.7	5.8	5.2

The temporal variations in total abundance of the different taxa are shown in fig. 1. Strong seasonal fluctuations were found: number of individuate per square meter varied from 83 to 1535 (annual average = 415 ind/m^2; spring-summer average = 669; fall-winter average = 161).

The seasonal variations in species richness were quite similar to those of abundances (fig. 1).

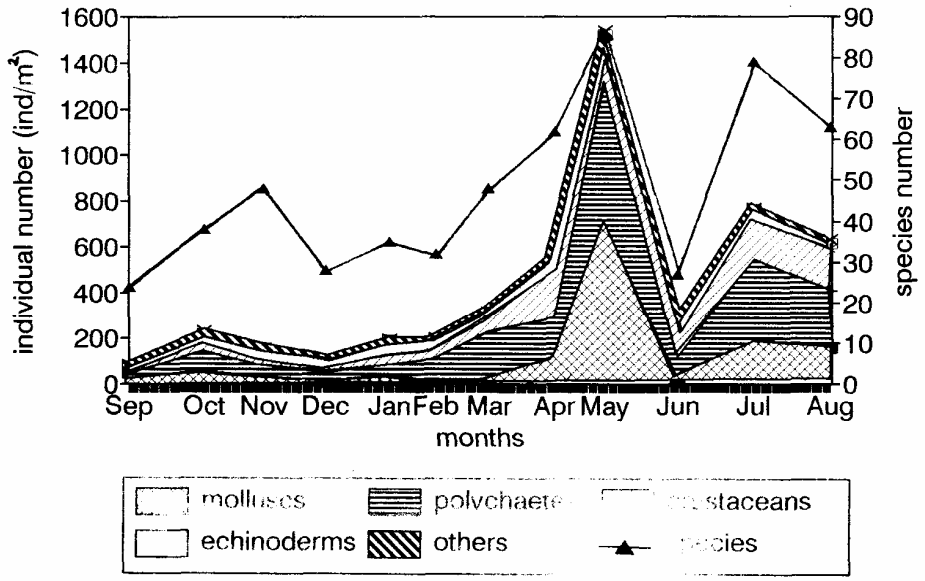


Fig.1. Cumulative abundance (ind/m^2) and species number fluctuations in the period 1983/84.

Shannon-Weaver index ranged from 3.73 (April) to 4.82 (November), while evenness ranged between 0.60 (May) and 0.88 (December) (fig 2)

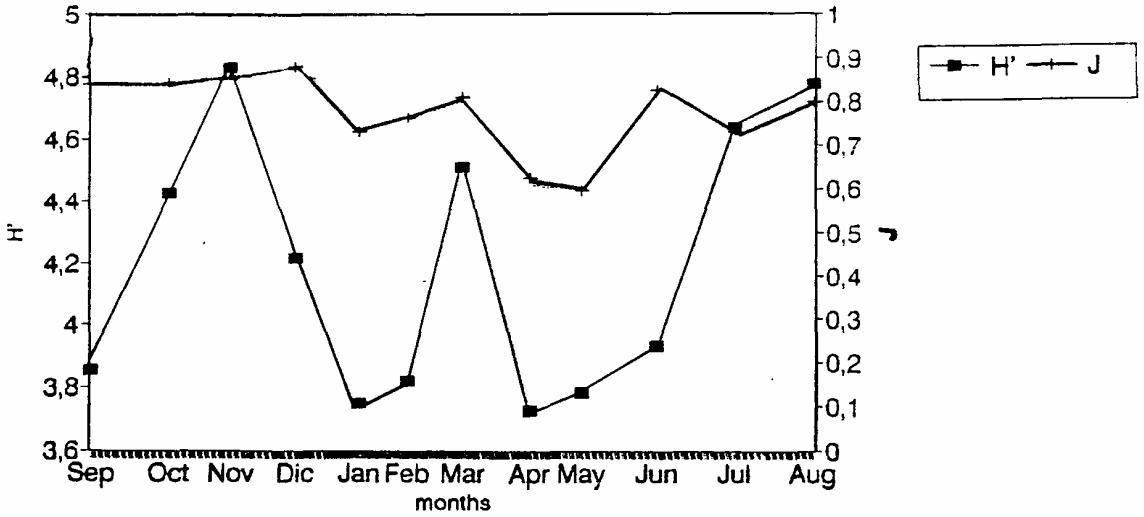


Fig. 2. Shannon-Weaver diversity (H') and Pielou evenness (J) fluctuations in the period 1983/84.

The results of classification analysis are shown as dendrogram in fig. 3. The dimensions of the new matrix of transformed data without the rare species was 35x12. The dendrogram separated two different groups: one represented by the months of April, May, July and August (72% similarity level), the other one which is represented by two "sub-groups": one represented by October, November and March (73% similarity level),

the other one by January and February (78% similarity level). The months of June and September, both characterized by very low densities and species richness, were isolated from all the other months.

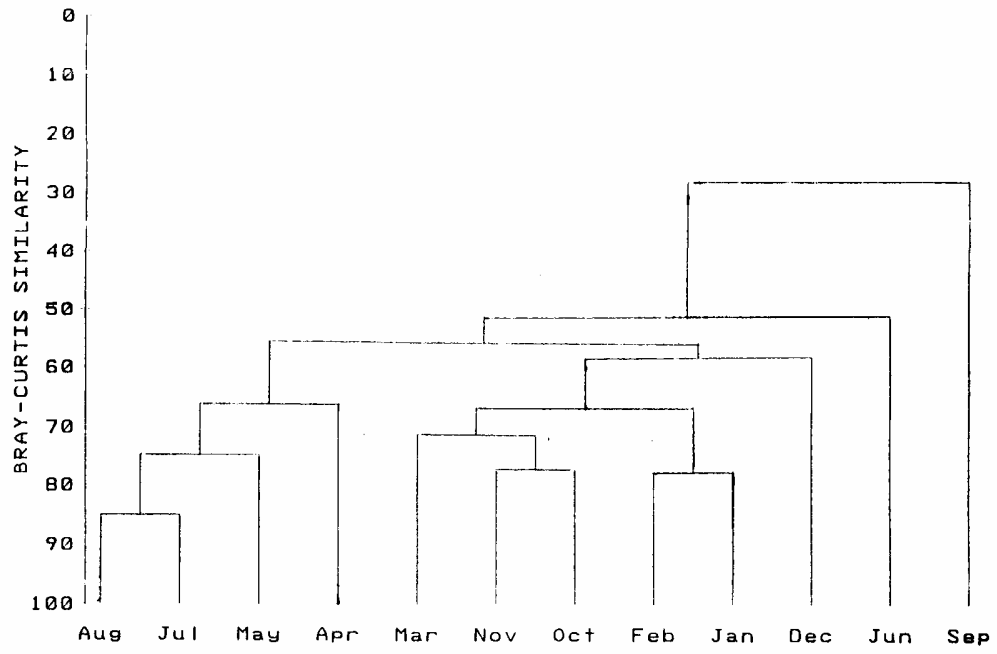


Fig. 3. Samples similarity dendrogram relative to the period 1983/84.

The areal presentation derived from MDS (fig. 4) confirmed both the separation, at 55% Bray-Curtis similarity level (two dimensional stress = 0.106), between the summer and the winter structure and the isolation of June and September (the latter not represented in the plot).

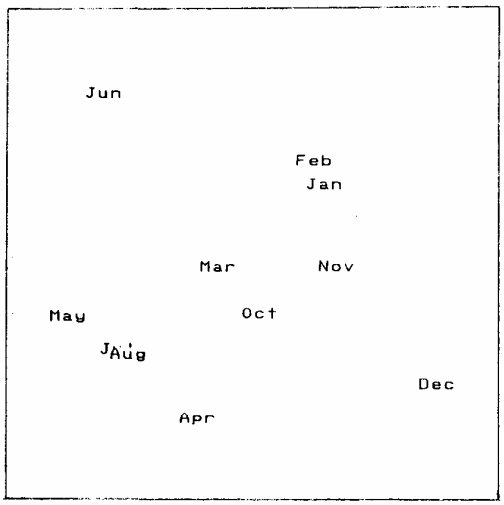


Fig. 4. Non-metric multi-dimensional scaling (MDS) plot in two dimensions relative to the period 1983/84.

R-mode analysis of the data matrix showed the relative importance of the different species in determining the seasonal pattern (tab.3).

3.3. Data obtained during the period 1990/91

153 species and 2167 individuate were collected in total. Polychaetes were the best represented taxon, both in species (39.9%) and individual numbers (41.9%), followed by crustaceans (32.7%; 35.5%), molluscs (19.0%; 11.8%) and echinoderms (3.3%; 6.1%) (tab.2).

The temporal variations in total individual number of the different taxa are shown in fig. 5. Seasonal fluctuations were found: number of individuate per square meter varied from 106 to 337 (annual average = 241 ind/m^2; spring-summer average = 267; fall-winter average = 208).

The seasonal variations in species number were quite similar to those of abundances (fig. 5).

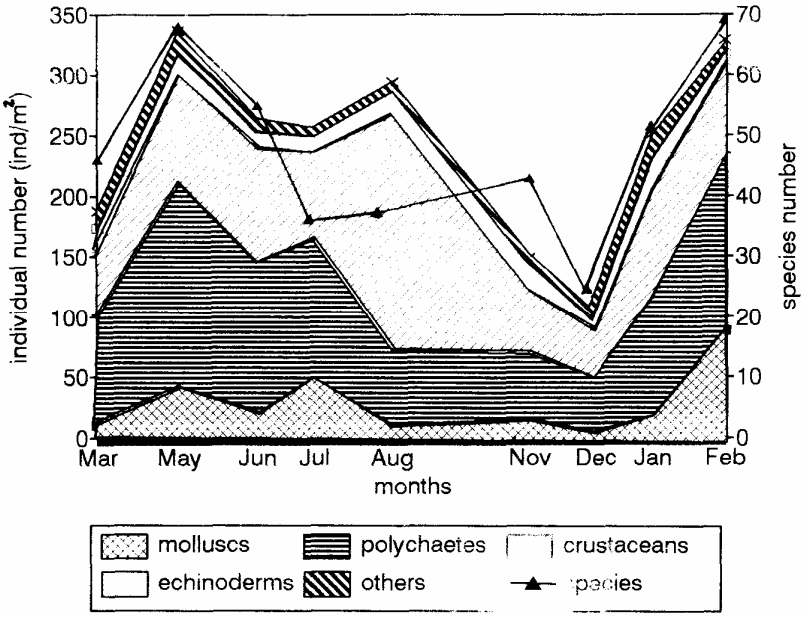


Fig. 5. Cumulative abundance (ind/m^2) and species number fluctuations in the period 1990/91.

Shannon-Weaver index ranged from 3.90 (August) to 5.24 (May), while evenness ranged between 0.75 (August) and 0.92 (March) (fig. 6).

The results of classification analysis are shown as dendrogram in fig. 7. The dimensions of the new matrix of transformed data without the rare species was 35x12. The dendrogram separated two different groups: one represented by the months of March, May, June and July (64% similarity level), the other one which is represented by November, January and February (66% similarity level). The months of August and December, both characterized by lower densities and species richness, were isolated from all the other months.

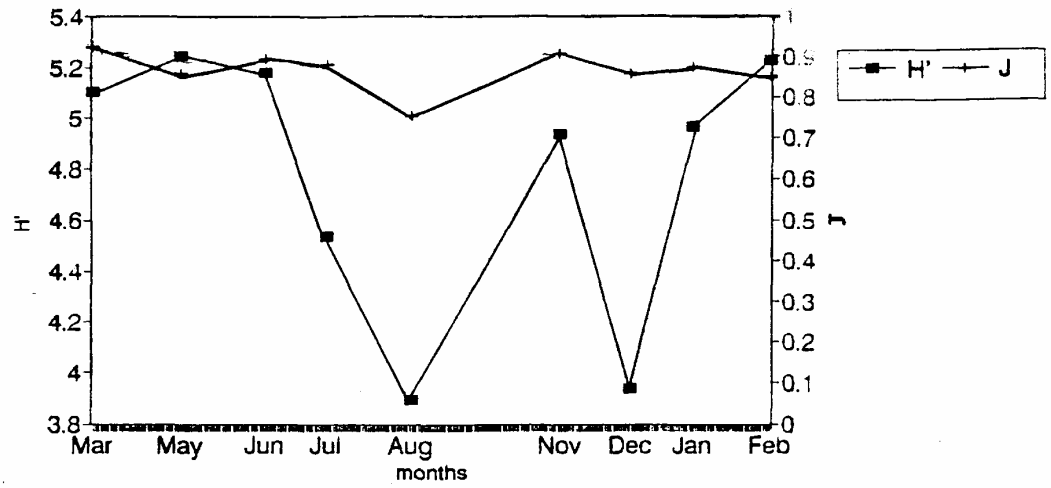


Fig. 6. Shannon-Weaver diversity (H') and Pielou evenness (J) fluctuations in the period 1990/91.

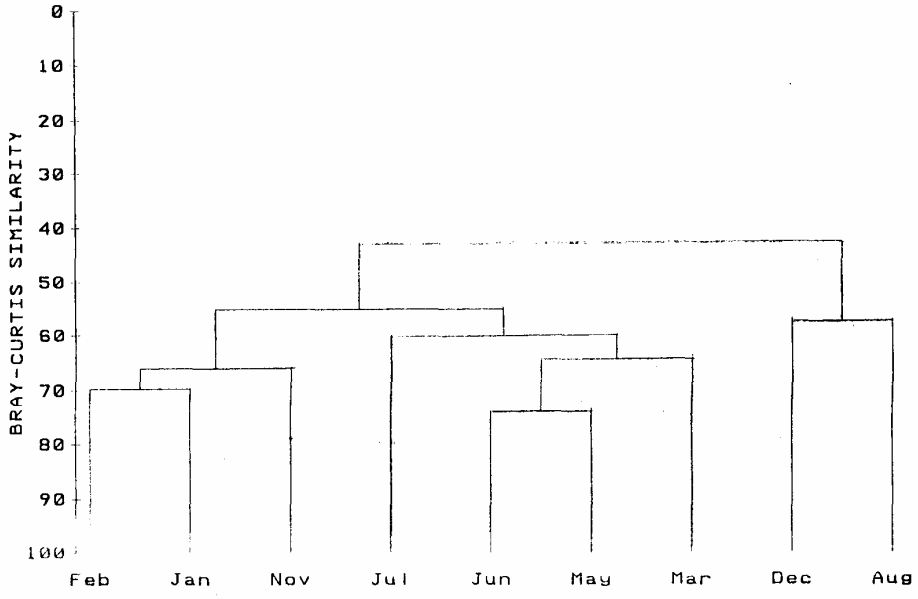


Fig. 7. Samples similarity dendrogram relative to the period 1990/91

The areal presentation derived from MDS (fig. 8) confirmed both the separation, at 57% Bray-Curtis similarity level (two dimensional stress = 0.049), between the summer and the winter structure and the separation of August and December.

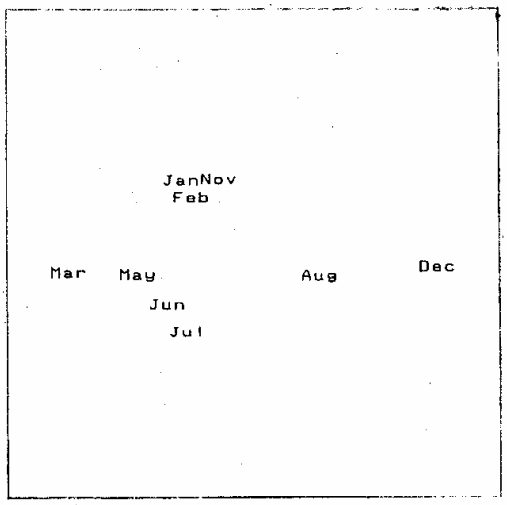


Fig. 8. Non-metric multi-dimensional scaling (MDS) plot in two dimensions relative to the period 1990/91.

R-mode analysis of the data matrix showed the relative importance of the different species in determining the seasonal pattern (tab. 3).

Tab. 3. Average seasonal abundances of discriminating species in the two sampling periods and percent contribution to average dissimilarity between seasons and different sampling periods.

DISCRIMINATING SPECIES	1983-84			1990-91			Comparison		
	average abundance winter	summer	dissimilarity percent %	average abundance winter	summer	dissimilarity percent %	average abundance 1983-84	1990-91	dissimilarity percent %
1 *Spisula subtruncata*	1.00	227.00	9.93	1.43	13.88	5.18	91.40	8.55	4.03
2 *Owenia fusiformis*	0.00	37.00	6.66						
3 *Mysidacea*				21.00	2.25	6.54	1.40	10.33	3.04
4 *Chone cf filicaudata*				0.00	14.00	6.44			
5 *Spio decoratus*	1.67	9.75	4.30	0.00	8.54	5.42			
6 *Lembos spiniventris*	0.00	32.75	5.26						
7 *Acrocnida brachiata*	29.50	14.75	4.24				23.60	11.57	2.99
8 *Urothoe poseidonis*							10.60	0.41	3.75
9 *Montacuta ferruginosa*							11.30	0.56	3.54
10 *Lumbrineris impatiens*							13.80	1.59	3.54
11 *Paradoneis armata*							77.20	15.42	3.31
12 *Siphonoecetes dellavallei*							1.40	7.50	3.09
13 *Caulleriella caputesocis*				1.43	12.46	4.64	0.10	7.73	3.00
14 *Lembos spiniventris*	0.00	32.75	5.26						

3.4. Comparison between data obtained during the two sampling periods

243 species and 7153 individuals were collected in total. Only 38% of the total species were present in both sampling periods, but they accounted for 88% of the total individual number (6312 individuals over 7153). More than 60% of the collected species had only a sporadic appearance (most of them appeared with only one individual throughout the whole study period), except the polychaete *Owenia fusiformis* Delle Chiaje, whose top density in 1983/84 was 74 ind/m^2 but disappeared completely in the second sampling period. The species composition, not withstanding the presence of many rare species, could he considered relatively Constant, while the average abundance of many common species varied widely between the two sampling periods (tab. 3).

Tab. 2 compares the average abundance and species number of the different taxa. While the species number remained rather Constant, the total number of individuals changed. This is particularly true for polychaetes, molluscs and echinoderms, whose top densities were subjected to a strong decrease in the second sampling period.

As it is shown in figures 2 and 6, diversity and evenness varied in the same range in the two periods. The fall in diversity values in spring 1984 appeared to be almost entirely due to a loss of evenness during the period of high larval settlement, when *Spisula subtruncata* exhibited an ephemeral high dominance. The lack of recruitment in spring 1990 maintained the values rather Constant throughout the year.

The results of classification performed on the data matrix from the two years evidenced a marked separation between the two sampling periods. In fact two different big clusters (average similarity 49%) are evident in the dendrogram (fig. 9)

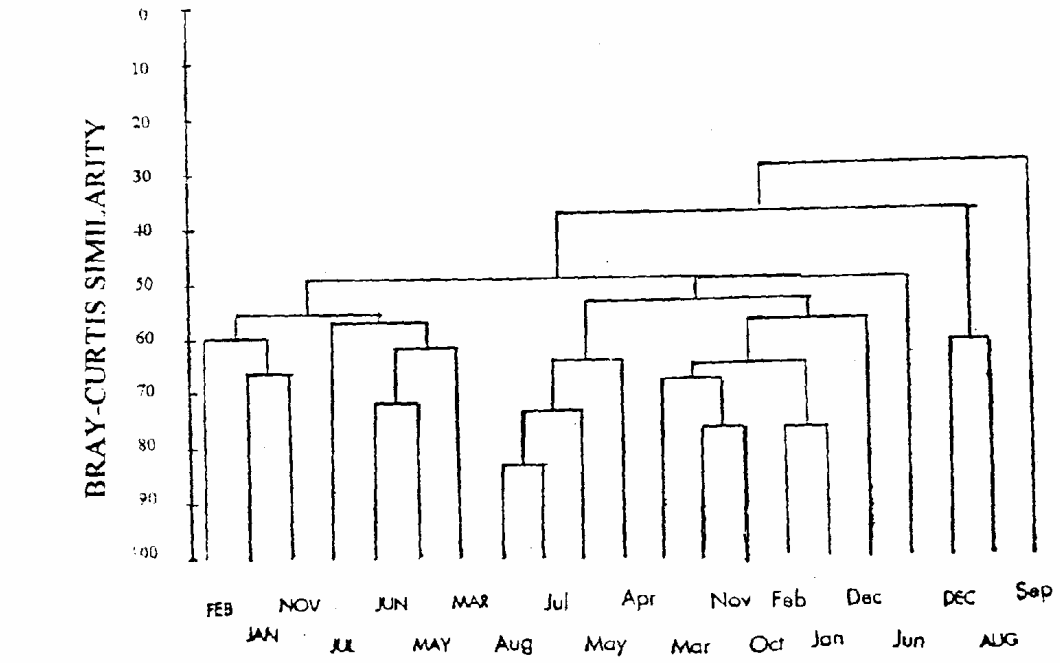


Fig. 9. Samples similarity dendrogram relative to the two sampling periods. Capital letters: 1990/91 samplings.

The first one may be divided into two "sub- groups" (53% similarity level): one represented by April, May, July and August 1984 (spring-summer sub-group) and the other one represented by October, November, December 1983, January, February and March 1984. The second cluster is divided into two "sub-groups" (55% similarity level): a spring-summer one (March, May, June, July 1990) and a winter one (November, January and February 1990). As seen before September 1983, June 1984, August and December 1990 appeared quite apart from the other sampling months.

The areal presentation derived from MDS (fig. 10, two dimensional stress = 0.174) confirmed both the separation between the two sampling periods and the isolation of the months characterized by lower densities and species richness. Seasonality inside the two periods was also evidenced.

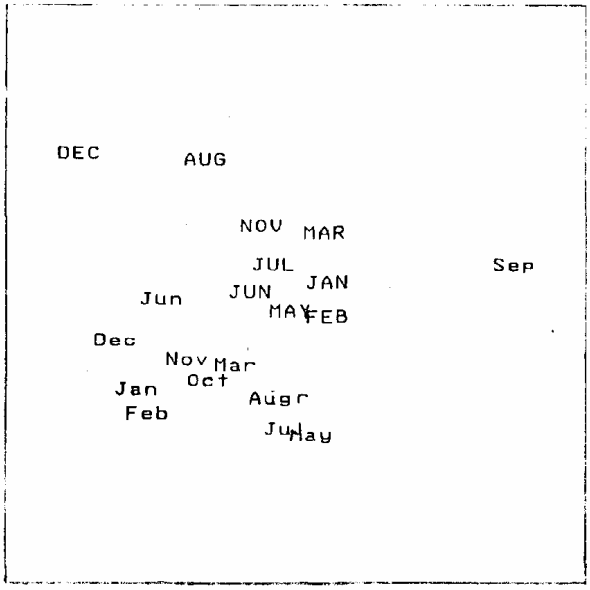


Fig. 10. Non-metric multi-dimensional scaling (MDS) relative to the two sampling periods. Capital letters: 1990/91 samplings.

R-mode analysis of the data matrix evidenced that the bivalves *Spisula subtruncata* and *Montacuta ferruginosa,* the polychaetes *Lumbrineris impatiens, Paradoneis armata* and *Caulleriella caputesocis,* the amphiuroid *Acrocnida brachiata,* the amphipods *Siphonoecetes dellavallei* and *Urothoe poseidonis* and Mysidacea are responsible of the 50% average dissimilarity between the two sampling periods (tab. 3).

4. DISCUSSION AND CONCLUSIONS

In spite of previous quite static ideas on sublittoral benthos, seasonal and interannual variations have been often observed in terms of species and individual numbers and in biomass values: "abundant" and "scarce" years can be experienced (Mills, 1969; Eagle, 1975; Boesch et al., 1976; Buchanan et al., 1978; Dörjes et al., 1986; Kroncke, 1990).

The studied community structure showed a general conservative pattern in species composition and in percentage abundance of different taxa, both in terms of number of individuate and of number of species (tab. 2). On the contrary, the average number of individuate of the community on the whole and of the main taxa (polychaetes, molluscs and echinoderms) (tab. 2) were quite different between the two study periods. The community species composition remained relatively persistent, while recruitment of the most abundant, but also most fluctuating, short-lived species could be successful or not. *S. subtruncata* was the species mostly responsible of wide seasonal and interannual variations. When its recruitment was successful the community was characterized by a marked seasonal pattern (as in 1983/84): a spring-summer peak followed by much lower densities caused by high mortality rates of the recruits. In the other case the faunal composition was conserved, but weak or no increase in abundance was observed. Seasonality was also much less marked, while higher values of diversity and evenness indexes were found, as there was not a high ranked species responsible of a great proportion of the whole community. This was the case of the period 1990/91. After a successful recruitment, the species was subjected to high mortality rates: a very low percentage of settled individuate reached the adult and reproductive stage. Weak or no "Storage effect" can occur (Warner & Chesson, 1985), since adult life is short, and adults survive for no more than one recruitment period. New spats will derive from larvae coming from other reproductive areas: failed recruitment will not preclude a following successful one. This is our case: in fact spring 1991 density of *S. subtruncata* was even much higher than that of 1984 (992 ind/m^2 vs 564 ind/m^2) although winter adult density was almost zero (Albertelli et al., present volume).

The search for a possible controlling factor is does necessary. Spring-summer environmental conditions (higher temperature, lower wave action, but probably most of all food availability) seem to be most responsible in favouring *Spisula* recruitment. In fact pelagic larvae of this bivalve are present in the water column through the whole year (Cattaneo et al., 1983), but settle only at the onset of the spring. This suspension feeder bivalve is characterized by high energy demand and high particle-selectivity (Møhlenberg & Kiørboe, 1981, Kiørboe & Møhlenberg, 1981). Interannual variability in chlorophyll-a content in the water column could be related to different result in larval settlement (Christensen & Kanneworff, 1986). Early spring of 1984 showed a slow but constant increase in chlorophyll-a content of the water column starting from December 1983. Such phytoplanktonic bloom was enough to allow settling of *S. subtruncata* in May 1984 (fig. 11). Chlorophyll content measured in the second study period showed lower values in spring months as well as the larval settlement was much less successful. On the contrary, in February 1991 a typical phytoplanktonic bloom took place (fig. 12) leading to massive recruitment, even bigger than 1984 one (Albertelli et al., present volume).

Thus our community structure cannot be defined as "static stability" (Webster et al, 1974) as it does not resist being displaced from a point of equilibrium, showing wide fluctuations in individual and species numbers as well as in diversity and evenness values. On the contrary our community shows a sort of "dynamic stability", defined as "the ability of a perturbed population or community to revert to the same equilibrium point or limit cycle" (Gray et al., 1985 in: Ambrogi et al., 1990). Such ability is performed in recovering from fall-winter defaunation through a massive spring recruitment.

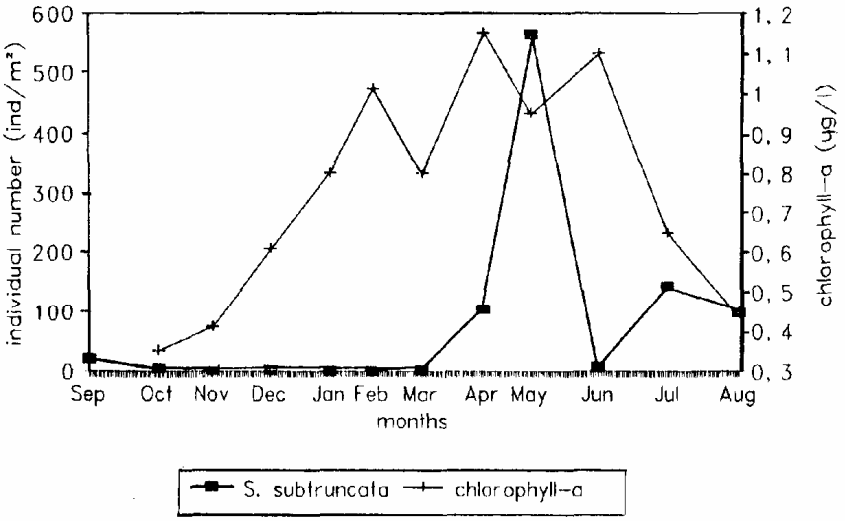


Fig. 11. *S. subtruncata* abundance fluctuations (ind/m^2) and water column chlorophyll-a content (µg/l) in the period 1983/84.

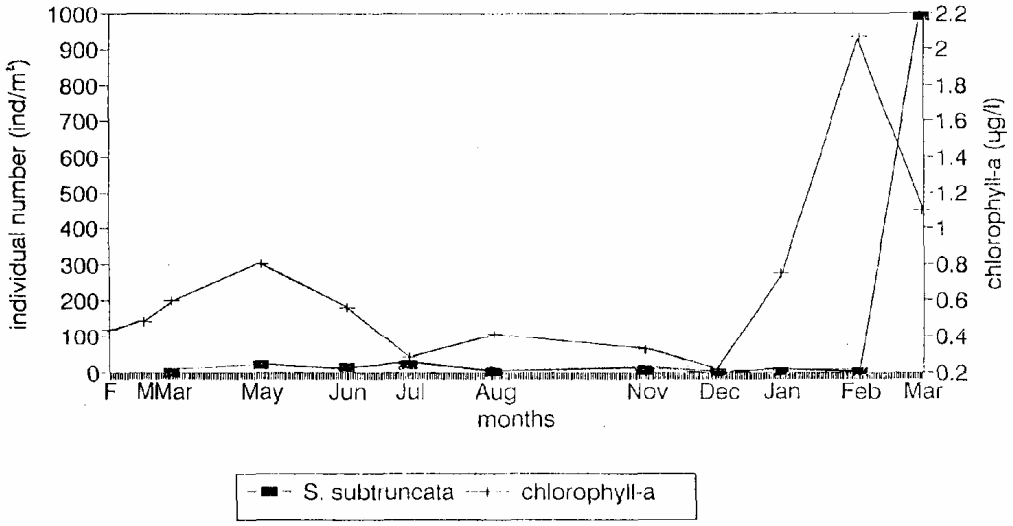


Fig. 12. *S. subtruncata* abundance fluctuations (ind/m^2) and water column chlorophyll-a content (µg/l) in the period 1990/91. F and M refer to water samples collected in February and at the beginning of March.

Moreover it is performed in recovering from interannual strong decrease in abundance values, occurred because of missed recruiment. Quantitatively the community could be considered quite resilient, as it is able "to absorb changes and still persist" (Holling, 1973); qualitatively it may be considered persistent (Connel & Sousa, 1983; Sarà, 1985), as the species composition remains rather Constant throughout the study periods.

REFERENCES

Albertelli, G. & M. Fabiano. 1990. Caratteristiche trofiche di una stazione costiera in Mar Ligure. *Atti VIII Cong. Ass. Ital. Ocean. Limnol.,* Pallanza 1-3 June 1988: 59-66.

Albertelli, G., C. Covazzi & S. Fraschetti. Present volume. Population dynamics, biomass and production of the bivalve *Spisula subtruncata* in the Ligurian Sea (Italy). *Atti X Cong. Ass. Ital. Ocean. Limnol.,* Alassio 4-6 November 1992.

Ambrogi, R., D. Bedulli & G. Zurlini. 1990. Spatial and temporal patterns in structure of macrobenthic assenblages. A three-year study in the northern Adriatic Sea in front of the Po river delta. *P.S.Z.N.I. Marine Ecology,* 11, (1): 25-41.

Atkins, S. M. 1983. Contrasts in benthic community structure off the North Yorkshire coast *Ocean. Acta,* N Sp.: 7-10.

Blomquist, E. A. & E. Bonsdorff. 1986. Spatial and temporal variations of benthic macrofauna in a sand bottom area on Aland, northern Baltic Sea. *Ophelia,* Suppl. 4: 27-36.

Boesch, D. F., M. L. Wass & R W. Virstein. 1976. The dynamics of estuarine benthic communities. In: Wiley M. (ed.) *Estuarine processes* Vol. I. Academic Press, New York: 177-196.

Bray, J. R. & J. T. Curtis. 1957. An ordination of the upland forest communities in Southern Wisconsin. *Ecol. Mono.,* 27: 325- 349.

Buchanan, J. B., M. Shaeder & P. F. Kingston. 1978. Sources of variability in the benthic macrofauna off the south Northumberland Coast, 1971-1976., *J. Mar. Biol. Ass. U. K.*, 58: 191-209.

Cattaneo, M. & H. Masse. 1983. Importance du recrutement de *Spisula subtruncata* (Da Costa) sur la structure et les fluctuations d'un peuplement benthique. *Ocean. Acta,* Actes XVII Symposium Européen de Biologie Marine, Brest, N. Sp.: 63-67.

Cattaneo, M., H. Masse, R. Piante & J. P. Reys. 1983. Microrepartition des post-larves de *Spisula subtruncata* lors du recrutement sur le fond *Rapp. Comm. Int. Mér Medit.,* 28,3:241-243.

Christensen, H. & E. Kanneworff. 1986. Sedimentation of phytoplankton during a spring bloom in the Oresund. *Ophelia,* 26: 109-122.

Connell, J. H. & W. P. Sousa. 1983. On the evidence needed to judge ecological stability or persistence. *Am. Nat.,* 121, 6: 789-823.

Eagle, R. A. 1975. Natural fluctuations in a soft-bottom benthic community. *J. Mar. Biol. Assoc. U.* £., 55: 865-878.

Gray J. S., V. Vanderhung & K. I. Ugland, 1985. The stability of a benthic community of soft sediment. In: P. E. Gibbs (Ed.), *Proceedings of the 19th European Marine Biology Symposium.* Plymouth, Devon, U. K., 16-21 September 1984: 245-253.

Holling, C. S. 1973. Resilience and stability of ecological systems. *Anna. Rev. Ecol. Syst.,* 4: 1-23.

Kiørboe, T. & F. Møhlenberg. 1981. Particle selection in suspension-feeding bivalves. *Mar. Ecol. Prog. Ser., 5:* 291-296.

Kroncke, I. 1990. Macrofauna standing stock of the Dogger Bank. A comparison: II. 1951-52 versus 1985-1987 are changes in the community of the northeastern part of the Dogger Bank due to environmental changes? *Neth. Jour. of Sea Res.,* 25 (1/2):

189-198.
Lopez-Jamar, E., G González & J. Mejuto. 1986. Temporal changes of community structure and biomass in two subtidal macroinfaunal assemblages in La Coruna Bay, NW Spain. *Hydrobiologia,* 142: 137-150.
Mills, E. L. 1969. The community concept in marine zoology, with comments on continua and instability in some marine communities: a review. *J. Fish. Res. Bd. Can*, 26: 1415-1428.
Møhlenberg, F. & T. Kiørboe. 1981. Growth and energetics in *Spisula subtruncata* (Da Costa) and the effect of suspended bottom material. *Ophelia, 20(1).* 79-90.
Nichols, F. H. 1985. Abundance fluctuations among benthic invertebrates in two Pacific estuaries. *Estuaries,* 8, N2A: 136-144.
Persson, L. 1983. Temporal and spatial variation in coastal macrobenthic community structure, Hano Bay (Southern Baltic) *.J. Exp. Mar. Biol. Ecol.,* 68: 277-293.
Pielou, E C. 1966. The measurement of diversity in different types of biological collections., *J. theor. Biol.,* 13: 131-144
Sarà, M 1985. Persistence and changes in marine benthic communities. *NovaThalassia,* 7, Suppl 3: 7-30.
Shannon, C. E. & W. Weaver. 1963 The mathematical theory of communication. *University-of Illinois Press.*, Urbana: 111 pp.
Tufano, M. 1991 II rapporto isotopico $^{13}C/ ^{12}C$ ($\delta^{13}C$) nello studio dell'ecosistema bentonico costiero (Mar Ligure). *Doctoral Thesis,* Genoa: 102 pp.
Warner, R. R. & P. L. Chesson. 1985. Coexistence mediated by recruitment fluctuations a field guide to the Storage effect. *Am. Nat.,* 125, 6: 769-787.
Webster, J. R., J. B. Waide & B. C. Patten. 1974. Nutrient recycling and the stability of the ecosystem. In: J B. Gentry & M. H. Smith (Eds.), *Mineral cycling in Southeaster ecosystem,* ERDA Symp. Ser. Springfield V A. : 1-27.

Atti del 10° Congresso A.I.O.L.
Alassio, 4-6 Novembre 1992
da pag. 543 a pag. 554

DINAMICA ED EVOLUZIONE DEL LITORALE CAMPANO-LAZIALE: 5 -VARIAZIONI DELLA LINEA DI RIVA DALL'EPOCA ROMANA AD OGGI NEL TRATTO COMPRESO TRA FOCE VOLTURNO E TORRE S. LIMATO – MONDRAGONE

Ennio COCCO*, Luigi CRIMACO** e Maria Antonietta de MAGISTRIS*

* Dipartimento di Scienze della Terra, Università Federico II, Napoli
** Coop. New Archaeology, Napoli

RIASSUNTO

La ricostruzione della linea di riva dell'epoca romana basata sul ritrovamento di numerose evidenze archeologiche e l'analisi della cartografia storica del periodo compreso tra il 1500 ed il 1700 e di quella via via più recente fino ai nostri giorni, hanno permesso di delineare un quadro abbastanza esaudente delle tendenze evolutive del tratto costiero in esame.

Il litorale risulta caratterizzato da una costante progradazione con valori decrescenti da 100 m a 10 m per secolo procedendo dalla zona di foce del F. Volturno verso nord ovest fino all'antica città romana di Sinuessa, ubicata nei pressi di Torre S. Limato (Mondragone).

Solo negli ultimi decenni si assiste, in corrispondenza della cuspide di foce del F. Volturno, molto protesa in mare alla fine del secolo scorso, ad accentuati fenomeni erosivi, con arretramenti di parecchie centinaia di metri. La causa di ciò è da attribuire al diminuito apporto solido fluviale - causato dalle ben note opere antropiche (sbarramenti dei corsi d'acqua, prelievo di inerti in alveo, etc.) - congiuntamente ad una esasperata urbanizzazione ed alla realizzazione di opere di difesa improvvisate e puntuali.

SUMMARY

The reconstruction of the Roman Age shoreline on the base of very numerous archaeological evidences, the analysis of the historical cartography of the period included between 1500 and 1700 b.C. and the comparison with recent maps up to the present, let give us an enough exhaustive picture of the evolutionary trend of the studied littoral.

The considered area is characterized by Constant progradation with decreasing values from 100 m to 10 m per century proceeding from the Volturno River mouth towards the ancient town of Sinuessa near S. Limato tower north of Mondragone.

During the last decades in correspondence of the Volturno River mouth, too much

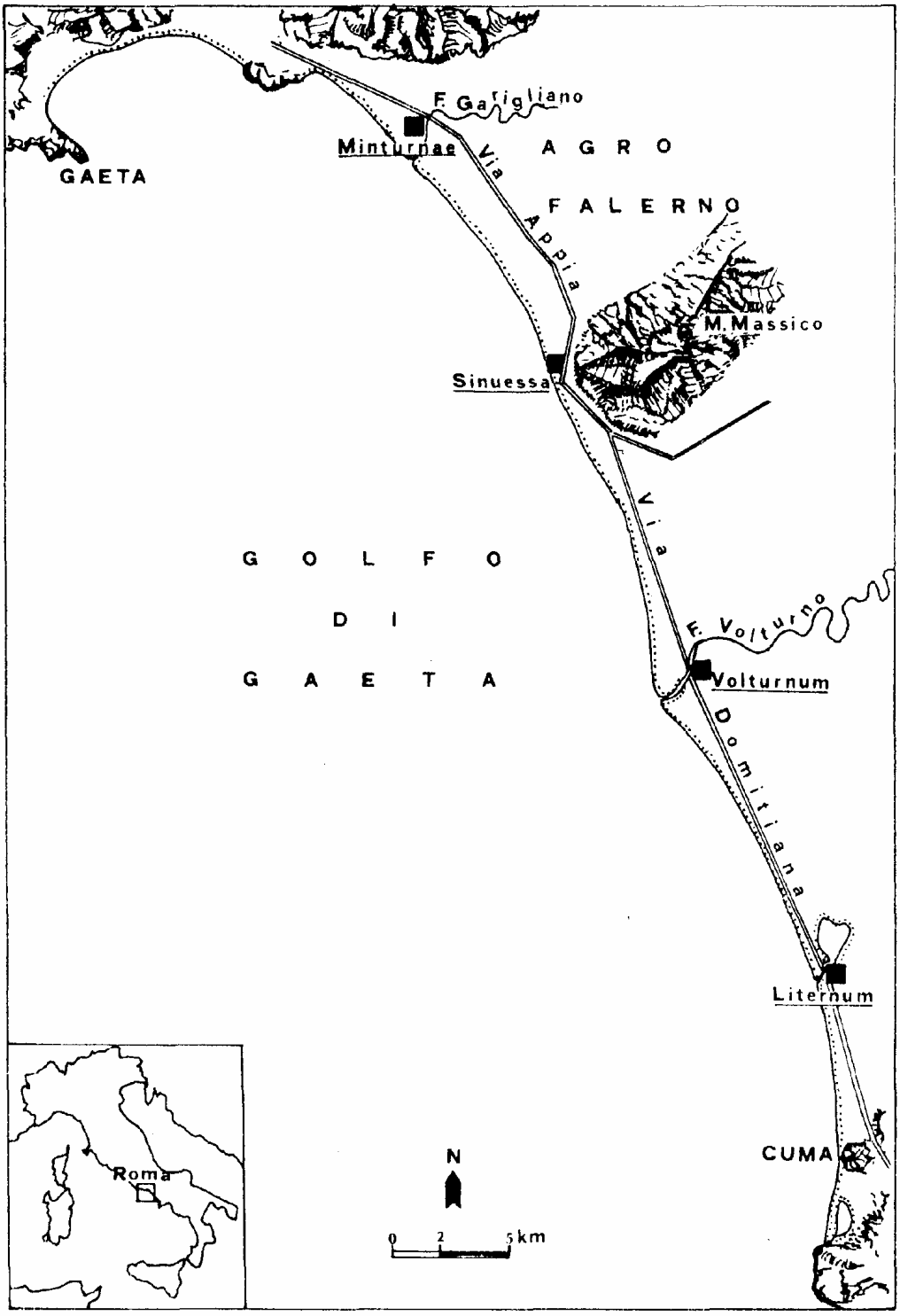


Fig. 1 - L'area in esame con l'ubicazione delle antiche città romane.

outstretched to the sea at the end of last century, very intense erosional phenomena are occurring, because of the reduced fluvial solid discharge induced by human activities (building of dams, removal of sand and gravel from river beds).

1. PREMESSA

Le indagini svolte fino ad oggi lungo la fascia costiera campano-laziale hanno condotto ad una conoscenza abbastanza approfondita dei caratteri geomorfologici, sedimentologici e dinamici del litorale (Cocco et al., 1980/1992).

In particolare l'analisi delle variazioni della linea di riva nel corso degli ultimi due secoli, effettuata in base a confronti cartografici e/o aerofotografici, ha messo in evidenza una progradazione generalizzata del delta del F. Volturno con valori decrescenti procedendo dalla foce verso le ali, congiuntamente ad un foltissimo arretramento della cuspide di foce a partire dal 1954.

Il recente ritrovamento, nell'area compresa tra Castelvolturno e Mondragone, di numerosi e probanti evidenze archeologiche di età romana (specialmente ville marittime), ha rappresentato uno stimolo a delineare un quadro più articolato delle tappe evolutive di questo tratto di litorale.

2. VARIAZIONI DELLA LINEA DI RIVA E TENDENZE EVOLUTIVE

2.1. La linea di riva in epoca romana

Le numerose evidenze archeologiche di età romana presenti lungo la fascia litoranea in esame, consentono di avanzare ipotesi circa l'ambiente dell'epoca e di posizionare la probabile linea di riva.

Nel 296 a.C. furono fondate le colonie di Minturnae e Sinuessa a presidio della costa ed a difesa della via Appia dalle incursioni sannitiche. La prima a breve distanza dalla foce del Garigliano a controllo del passaggio, la seconda a guardia della stretta zona che, tra l'estrema propaggine del M. Massico e la costa, consentiva di penetrare nella Piana del F. Volturno (Fig. 1).

Nel 194 a.C. furono fondate le colonie marittime di Volturnum, presso la foce del fiume omonimo e di Liternum, più a sud nei pressi di Lago Patria.

Nel 94 d.C. infine fu costruita la via Domitiana che, ricalcando un antico tracciato litoraneo, permise di collegare più rapidamente Sinuessa con Pozzuoli (Puteoli), passando per Volturnum e Liternum.

Il paesaggio che si può ricostruire prevede per l'area compresa tra il F. Garigliano e Sinuessa, così come tra Volturnum e Liternum, la presenza di vaste zone acquitrinose e palustri presso la costa, come è testimoniato dall'assenza di strutture archeologiche in queste aree e dello stesso tracciato della antica via Appia (v. Fig. 1). D'altra parte le zone paludose ebbero un ruolo importante, tutt'altro che improduttivo, nelle forme economiche di sfruttamento del territorio soprattutto verso la fine del II sec. d.C. quando nacque il sistema delle aziende agricole a conduzione schiavistica.

Nell'area di Sinuessa si svilupparono ben presto case coloniche e ville rurali in

Fig. 2 - Veduta aerea obliqua della fattoria S. Limato (nel cerchietto) edificata sui ruderi di una villa marittima romana nei pressi del sito archeologico di Sinuessa (frecce).

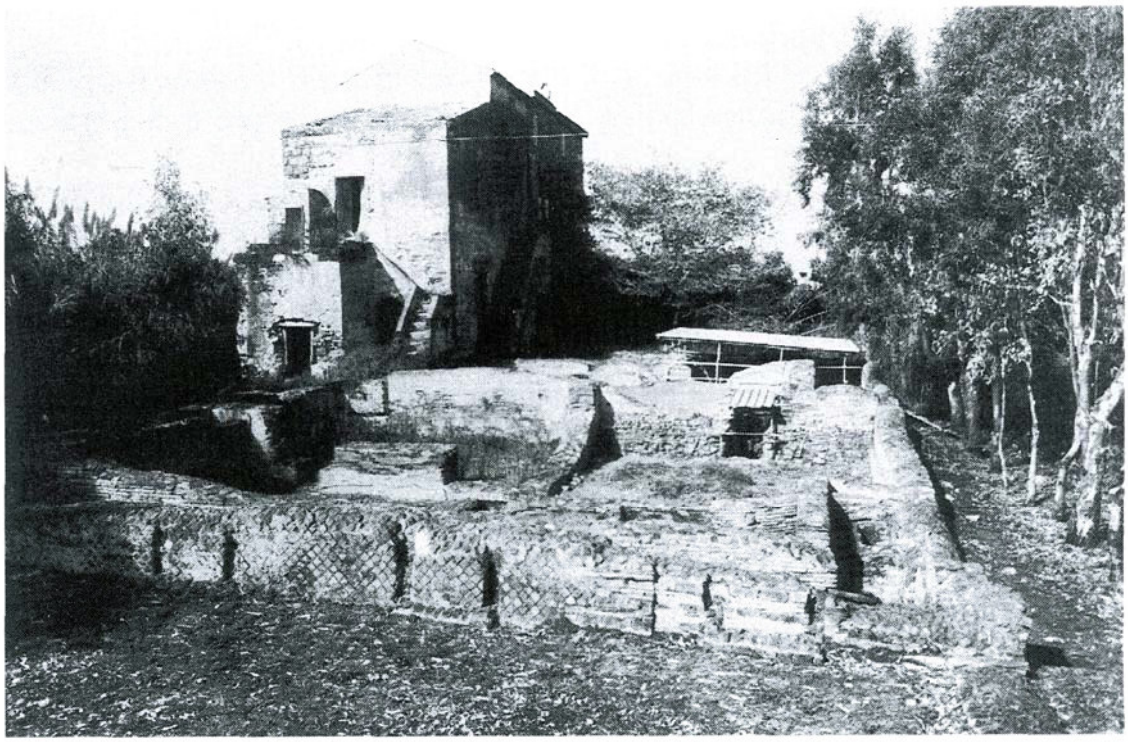


Fig. 3 - Fattoria S. Limato con i ruderi della villa marittima. Da notare, in primo piano, il rivestimento in "opus reticulatum".

Fig. 4 - Veduta aerea obliqua di un edificio termale (cerchietto) e delle antiche vie Appia e Domitiana (frecce) nei pressi delle Aquae Sinuessanae.

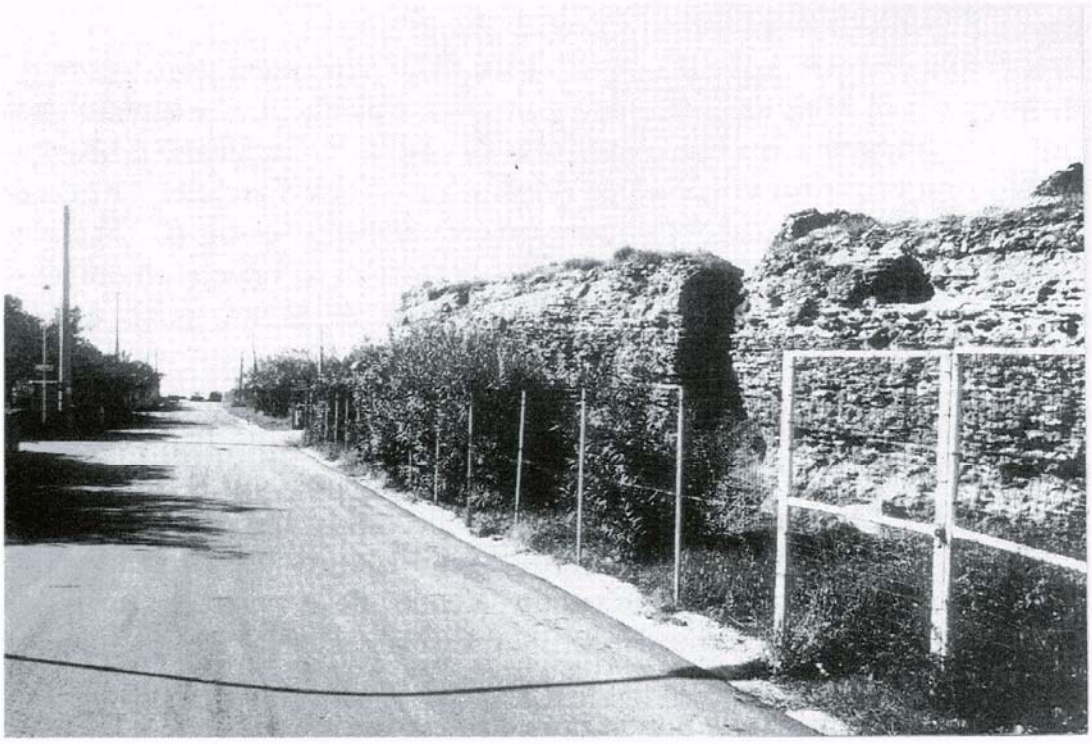


Fig. 5 - Ruderi di un edificio termale nei pressi delle Aquae Sinuessanae.

relazione soprattutto alla produzione vinicola d'alta qualità - presso i confini del fertile Agro Falerno - e quindi, tra il I sec. a.C. e il I sec. d.C., ville marittime e residenziali dell'aristocrazia romana attirata dal clima mite e dalle sorgenti termali (Aquae Sinuessanae) (Figg. 2, 3,4 e 5).

Nel tratto settentrionale dell'area in esame, l'antica linea di riva può essere posizionata, in prima approssimazione, in corrispondenza del perimetro urbano (lato mare) dell'antica Sinuessa e dei ruderi di numerose ville marittime, tra cui quella di S. Limato, siti tutti a poche centinaia di metri dall'attuale riva. Nel tratto meridionale essa viene fatta coincidere con i ruderi di altre ville marittime presenti a sud di Mondragone e quindi con i resti dell'antica via Domitiana che si rinvengono in posizione via via più arretrata procedendo verso sud est, fino a oltre 2 Km nell'entroterra, in corrispondenza della città di Volturnum (v. Fig. 8).

Da ricordare che davanti al litorale di Sinuessa sono segnalate strutture archeologiche sommerse di dubbia interpretazione (Pagano, 1990) e che è molto radicata, nella popolazione locale, la convinzione dell'esistenza di un ulteriore insediamento sinuessano, forse anche dotato di strutture portuali, sprofondato in mare. Indagini in corso di svolgimento, d'intesa con la Soprintendenza Archeologica delle province di Napoli e Casetta, sembrerebbero confermare la presenza di resti sommersi. Lo sviluppo futuro delle ricerche potrà consentire di delineare una più esatta configurazione della fascia costiera.

2.2. La linea di riva nel periodo 1500-1800 a.D.

Nessun dato sulla configurazione della costa è disponibile per il periodo compreso tra la decadenza di Sinuessa (V-VI sec. d.C.) ed il Medio Evo.

La linea di riva risalente alla metà del XVI sec. d.C. può essere posizionata grazie alla presenza delle torri di avvistamento e difesa costiera a pianta quadrangolare edificate tra il 1532 e il 1563 durante il viceregno spagnolo: presso il F. Garigliano è ubicata la torre omonima (costruita sui resti di una torre celebrativa - Torre Pandolfa - risalente al 915 d.C.), lungo il rivo di Cascano (successivamente indicato come S. Emaro e poi S. Limato) - nell'area dell'antica Sinuessa - si trova la torre di S. Limato ed infine, presso le località omonime, la torre alla marina della Rocca di Mondragone e la torre di Castelvolturno.

La difesa dei territori costieri rappresentò un problema strategico fin dall'epoca romana al tempo della guerra contro i pirati, come è riferito da Plutarco nella Vita di Pompeo (Cisternino, 1977). Risalgono infatti a tale periodo le prime costruzioni difensive costiere; il loro maggior sviluppo si ebbe però al tempo degli Svevi ed Angioini (1100-1400 a.D.) che provvidero tutto il regno di Napoli di un sistema permanente di difesa dalle incursioni saracene riarmando alcune delle vecchie torri romane e realizzandone altre di nuova costruzione. Successivamente sia per la diminuzione di incursioni marittime sia per l'incuria dei vari governi che si succedettero, questo sistema difensivo venne abbandonato e le popolazioni costiere furono costrette a difendersi come meglio potevano in caso di pericolo.

Durante il viceregno spagnolo, la lotta per il predominio in Europa fra Carlo V e Francesco I, che portò all'alleanza del monarca francese con i Turchi, fu determinante per la ripresa della difesa delle coste. Furono così in parte consolidate torri già presenti e

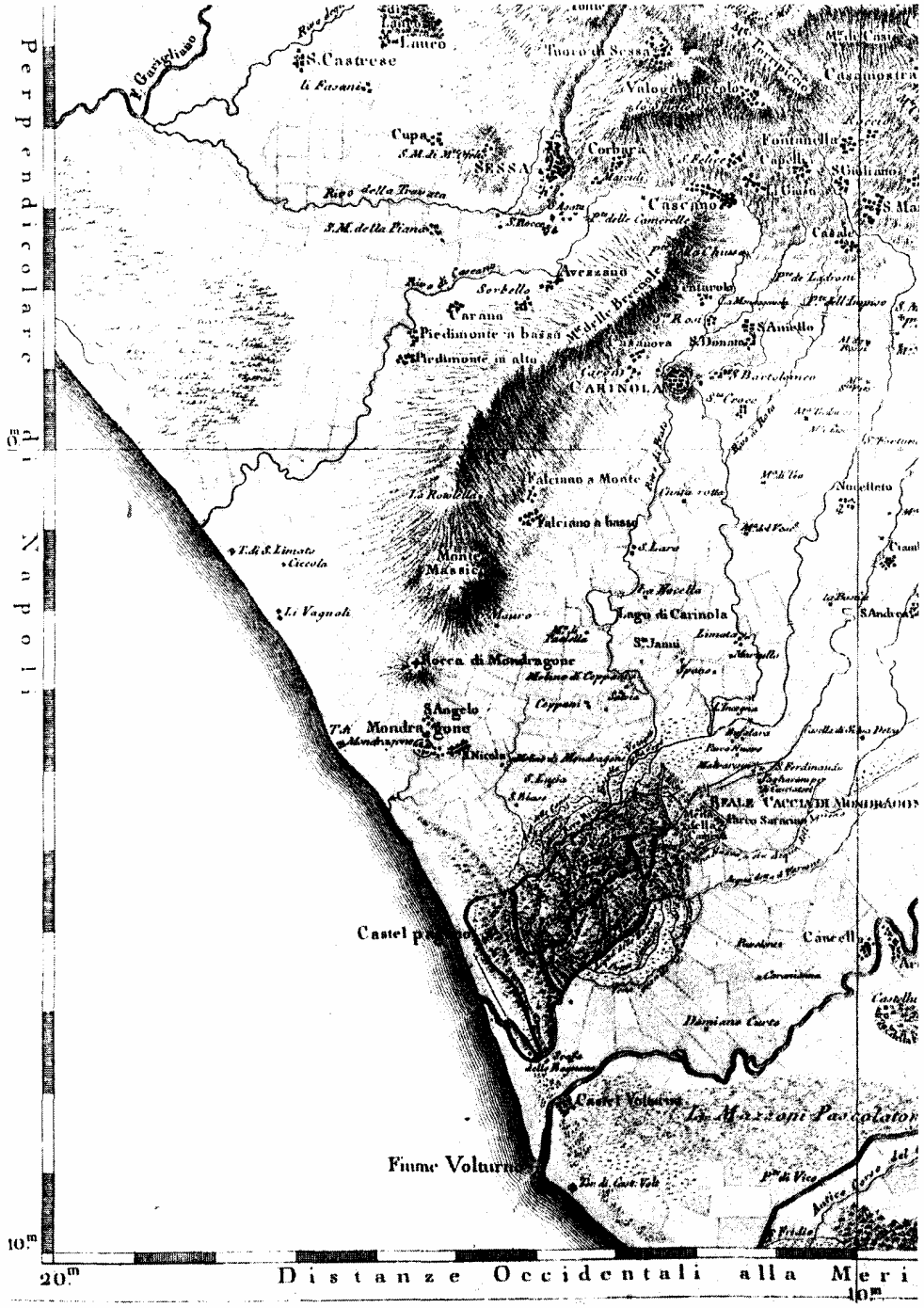


Fig. 6 - Atlante del Regno d'Italia di Rizzi Zannoni (1809). Foglio n. 10, in scala 1:114.000. Da notare le vaste zone acquitrinose tra il F. Garigliano e Torre S. Limato e a nord del F. Volturno (Reale Caccia di Mondragone).

costruite delle nuove (Pasanisi, 1926). Di questo periodo sono le torri su citate che coprivano il tratto costiero della provincia della "Terra de lavore" (antica denominazione della Campania).

L'ubicazione di queste torri è testimoniata da numerosi documenti cartografici dell'epoca (Atlantino di Napoli: Cartaro, 1613; Atlante d'Italia: Magini, 1620).

Una successiva rappresentazione settecentesca a cura di Camillo Pellegrino (Carte de l'ancienne Campania Felice) è degna di menzione per il fatto di riportare i tracciati delle antiche vie di comunicazione - Appia e Domitiana - nonché la stessa località di Sinuessa ubicata nella esatta posizione nella quale sarebbe stata ritrovata, sepolta, ai primi di questo secolo (Sinuessa invero è riportata anche nella Carta di Pirro Ligorio del 1557).

Facendo coincidere la riva con la linea che congiunge le torri presenti nell'area in studio, si può ipotizzare, rispetto all'epoca romana, una progradazione della costa compresa tra poche decine di metri, nell'area di Sinuessa, e oltre 600 m, nell'area di Foce Volturno (tasso di progradazione massimo 0,5 m per anno) (v. Fig. 8).

2.3. La linea di riva dal 1800 ad oggi

Con l'avvento della cartografia scientifica, che trova nell'Atlante Geografico del Rizzi Zannoni (1809) la sua migliore rappresentazione, furono utilizzate per la prima volta osservazioni geodetiche e calcoli matematici per determinare le coordinate dei vari punti. Nell'Atlante l'area in esame ha un contorno simile all'attuale e sono ancora presenti le torri costiere prima citate, ad una distanza dalla riva di poco superiore a 100 m (Fig. 6). La velocità di progradazione è pari a 0,4 m per anno.

Quasi coeva è la "Carta Topografica e Idrografica dei contorni di Napoli" alla scala 1:25.000 a cura del Reale Ufficio Topografico; il primo foglio, che riportava l'area compresa tra Foce Volturno e Mondragone, fu continuamente sospeso fino ad oltre la metà del secolo "attendendosi che siano completate le opere di bonificazione a sud di Mondragone" (Valerio, 1983). La carta mostra in grandissima ricchezza di dettaglio tutte le particolarità fisiche e antropiche del territorio.

I quindici fogli della Carta Topografica, terminati soltanto dopo l'unità d'Italia, furono sostituiti alla fine del 1800 dai rilievi al 25.000 e al 50.000 dell'Istituto Geografico Militare.

Proprio in riferimento a questi ultimi è stato possibile utilizzare la Carta Topografica in scala 1:50.000 "proveniente da riduzioni delle antiche levate al 20.000 dell'ex Ufficio Topografico di Napoli" risalente al 1895, reperita presso l'I.G.M. e le tavolette al 25.000 levata 1907 e quelle con gli aggiornamenti 1936, esistenti in originale presso la biblioteca del nostro dipartimento (Fig. 7). Di un certo interesse in tali carte la presenza tra il F. Volturno e Mondragone di una stretta laguna costiera ("braccio di mare") passante verso nord ad un esteso cordone dunare con quote comprese tra 9 m e 12 m, entrambi oggi inesistenti a causa della intensa antropizzazione. Inoltre la cuspide di foce del F. Volturno si protende in mare per oltre 2,5 Km rispetto all'antica Volturnum. A nord di Mondragone la costa non presenta apprezzabili modificazioni. Nel periodo 1809-1907 si verifica la maggiore progradazione della cuspide deltizia, con velocità decrescente da 15 m ad 1 m per anno, procedendo dalla zona di foce verso le ali (Fig. 8).

Per gli ultimi decenni ci si è avvalsi delle tavolette I.G.M. del 1954-57 e del loro aggiornamento aerofotogrammetrico eseguito nel 1984 a cura della Regione Campania.

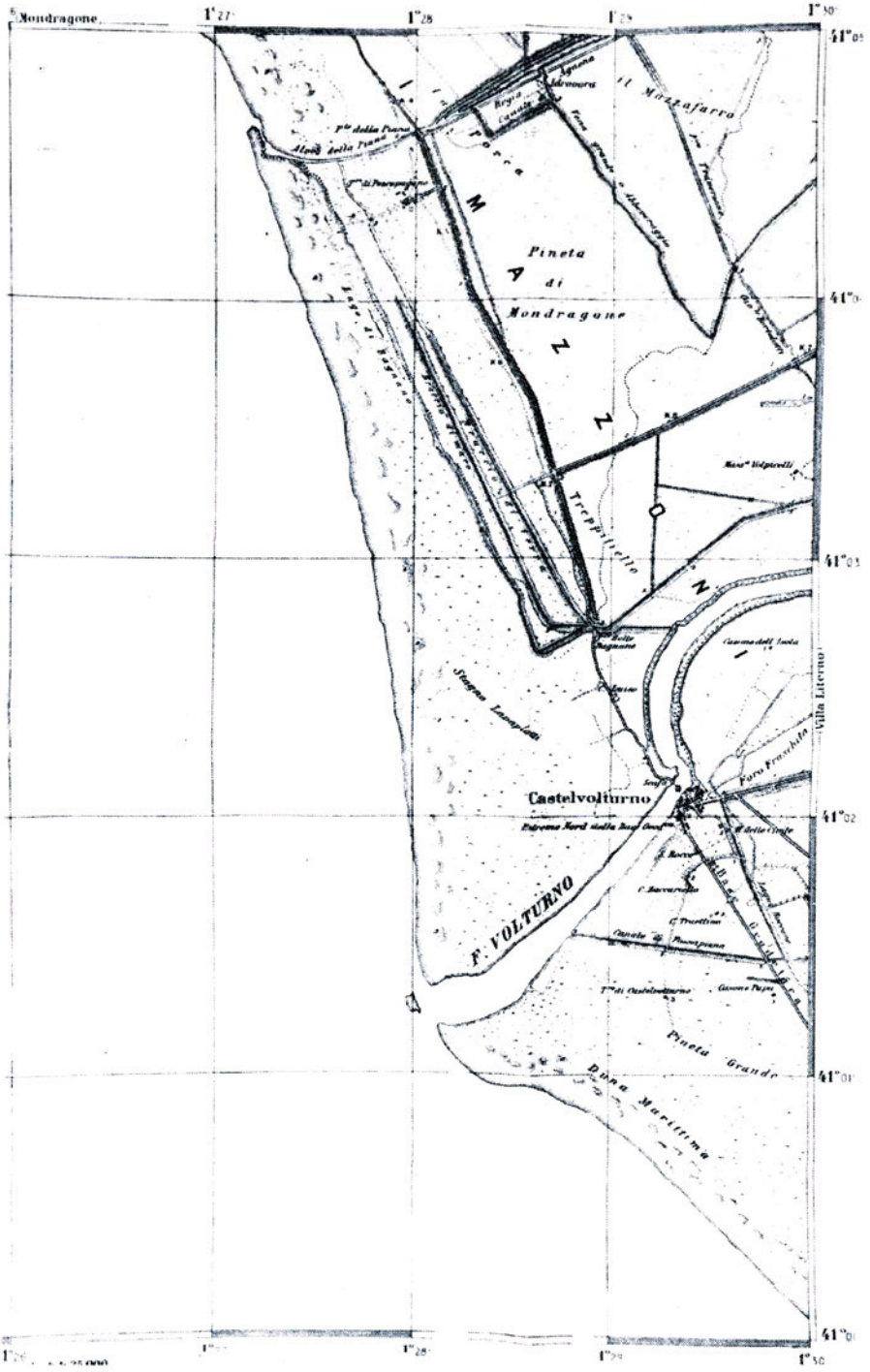


Fig. 7 - Tavoletta topografica IGM, in scala 1:25.000, raffigurante l'area compresa tra Foce Volturno e Canale Agnena (Rilievo del 1907 con aggiornamenti del 1936).

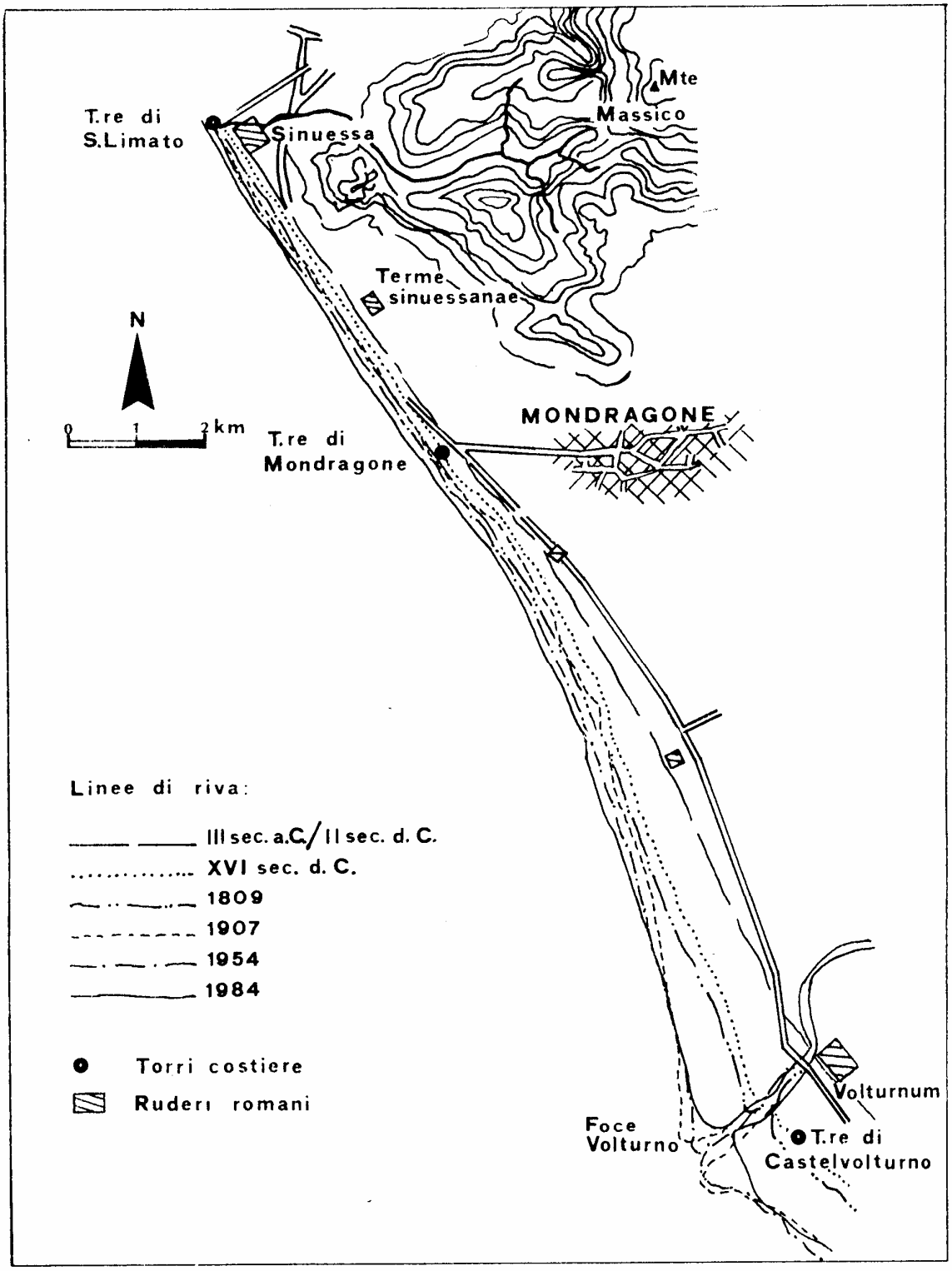


Fig. 8 - Variazioni della linea di riva dall'epoca romana ai nostri giorni. Spiegazione nel testo.

Dal loro confronto risulta che la costa continua ad avanzare con valori compresi tra 1,5 m e 2,5 m per anno, fatta eccezione per la cuspide deltizia del F. Volturno, soggetta ad un veloce processo di rettificazione con arretramenti di molte centinaia di metri, specialmente nell'area in sinistra (Fig. 8).

3. CONCLUSIONI

L'analisi delle variazioni della linea di riva dall'epoca romana ai nostri giorni, ha consentito di delineare in modo esaustivo il quadro della tendenza evolutiva del settore costiero compreso tra Torre S. Limato e Foce Volturno (Fig. 8).

L'area in esame risulta caratterizzata da una costante progradazione con valori decrescenti da 100 m a 10 m per secolo, procedendo da sud est verso nord ovest. La più alta velocità di avanzamento (15 m per anno) si registra nel periodo 1809-1907; negli ultimi decenni si assiste ad un processo di rettificazione della cuspide di foce del F. Volturno, in relazione alla diminuzione dell'apporto solido fluviale conseguente agli interventi antropici operati nel bacino idrografico (costruzione di traverse, asportazione di inerti in alveo), congiuntamente ad una eccessiva urbanizzazione ed alla realizzazione di opere di difesa improvvisate e puntuali.

Ricerca eseguita con i fondi M.U.R.S.T. 40% e 60%.

BIBLIOGRAFIA

Arthur, P. 1991. Romans in northern Campania: settlement and land-use around the Massico and the Garigliano basin; *British School at Rome* n. 1

Cisternino, R. 1977. Torri e torrieri del Regno di Napoli (1521-1806). *Ist. Ital. Dei Castelli.*

Cocco, E., G. Castaldo, M. A. de Magistris, T. De Pippo & G. D'Iorio. 1980. Dinamica ed evoluzione del litorale campano- laziale: 1. Il tratto a Sud del F. Volturno. *Atti 4° Congr. AIOL,* Chiavari: 58/1-58/11.

Cocco, E., L. Crimaco & M.A. de Magistris. 1992. Dinamica ed evoluzione del litorale campano-laziale: 5. Variazioni della linea di riva dall'epoca romana ad oggi nel tratto compreso tra foce Volturno e torre S. Limato (Mondragone). *Atti Conf. Scient. annuale sulle attività di ricerca del Dipartimento di Scienze della Terra. Università "Federico II"* Napoli 12-13/2/92: 115-117.

Cocco, E., M.A. de Magistris, C. Bentivoglio, Y. Iacono & M. Serpico. In corso di stampa. Processi erosivi, opere di difesa e riequilibrio dei litorali in Campania. *Atti Convegno "Interventi di difesa e di recupero dei litorali: lo stato dell'arte in Italia"* Cecina 12-13/11/92.

Cocco, E., M.A. de Magistris, T. De Pippo, M.T. Efaicchio & A. Valente. 1989. Coastal dynamics along the shores of the Campania and Lucania (Southern Italy). *VI Simposio Coastal Zone (Charleston, South Caroline)* Vol. 3: 2794-2807.

Cocco, E., M.A. de Magistris, T. De Pippo & A. Perna 1982. Dinamica ed evoluzione del litorale campano-laziale: 2. Il tratto a nord del F. Volturno *Atti 5° Congr. AIOL*., Stresa: 305-321.

Cocco, E., M. A. de Magistris, T. De Pippo & A. Perna. 1984. Dinamica ed evoluzione del litorale campano-laziale: 3 II complesso di foce del F. Volturno. *Atti 6° Congr. AIOL,* Livorno: 279-288 .

Cocco, E., & T. De Pippo 1988. Evoluzione e dinamica delle spiagge campano-lucane. *Meni. Soc. Geol. It*., 41: 195-204.

Cocco, E., T. De Pippo & I. Giulivo. 1986. Dinamica ed evoluzione del litorale campano-laziale: 4. Il settore costiero compreso tra Minturno e Baia Domizia (F. Garigliano). *Meni. Soc. Geol. It* 35: 805-809.

Cocco, E., T. De Pippo & P. Massari. 1988. L'uso delle sabbie fluorescenti per la valutazione del drift litoranee lungo il litorale domitio (Golfo di Gaeta). *Mem. Soc. Geol. It.* 41: 869-876.

Crimaco, L. 1992. L'organizzazione del territorio tra le colonie di Sinuessa e Volturnum; in AA.VV.: *Il trasporto commerciale marittimo nell'antichità,* Genova: 81-84. Mazzetti, E. 1972. Cartografia generale del Mezzogiorno e della Sicilia. *E.S.I.*

Pagano, M. 1990. Sinuessa - storia ed archeologia di una colonia romana. *Edizioni Duomo.*

Pasanisi, O. 1926. La costruzione generale delle torri marittime ordinata dalla R. Corte di Napoli nel sec. XVI. In: *Studi di storia napoletana in onore di Michelangelo Schipa* - Napoli.

Rizzi Zannoni, G.A. 1809. Atlante geografico del Regno di Napoli.

Valerio, V. 1983. La carta dei contorni di Napoli degli anni 1817-1819 ed il Reale Officio Topografico del Regno di Napoli. In: (a cura di G. Alisio e V. Valerio) *Cartografia napoletana dal 1781 al 1889.* Ed. Prismi.

Atti del 10 ° Congresso A.I.O.L.
Alassio, 4-6 Novembre 1992
da pag. 555 a pag. 562

VARIABILITÀ INTERANNUALE DI UNA COMUNITÀ SABULICOLA DEL MAR LIGURE ORIENTALE

Anna Maria DE BIASI

ENEA - CRAM S.Teresa - CP 316, 19100 La Spezia

RIASSUNTO

Fra i concetti dell'ecologia quello di stabilità è senz'altro uno dei più complessi e di difficile definizione. Una delle distinzioni più comuni e maggiormente accettate,nate nel tentativo di definire questo concetto, viene fatta fra resistenza e resilienza.

Nel presente lavoro viene affrontato il problema della stabilità di una comunità marina sabulicola del Mar Ligure Orientale durante tre anni di studio.

Alla luce dei risultati ottenuti la comunità, può essere definita persistente, cioè in grado di conservare nel tempo una stessa struttura e caratterizzata da una organizzazione "mista". Con questa definizione si vuole sottolineare che la comunità ruota attorno a due compartimenti fondamentali, quello rappresentato da un gruppo di sei specie dominanti e permanenti nei tre anni (componente resistente) e quello costituito da specie occasionali a rapido turn-over (componente resiliente), la cui cooperazione ed integrazione è responsabile dell'organizzazione osservata.

SUMMARY

Year lo year variability in a fine sand community in the Eastern Ligurian sea. There has been considerable discussion, in recent literature, about the stability concept. It has frequently been used by various authors suggesting different conclusions, and in particular the distinction has been stressed between resistence and resilience.

The aim of this work is to investigate the degree of stability of a fine sand community in the Eastern Ligurian Sea, over three years of studies. This community shows how the same dominant species are observed year by year, indicating that the ecological organisation is in a stable state, to which the System returns after each seasonal change. The results indicate that the stable state observed in the studies is a consequence of a combination a group of six numerically dominant species (the resistence component) which is supposed to play a major role in determining the community structure and a second group of high turn-over species which represents the resilience component of the ecosystem.

1. INTRODUZIONE

Fra i concetti dell'ecologia quello di stabilità è senz'altro uno dei più complessi e di difficile definizione. Persino la terminologia adottata è spesso confusa ed oggetto di

accese discussioni.

Esiste un'infinità di studi teorici e pratici nati con lo scopo di dare una definizione di comunità stabile e allo stesso tempo di chiarire ed uniformare la terminologia in uso.

Data l'ampia e disparata produzione bibliografica risulta anche difficile sintetizzare e delineare i passaggi attraverso i quali si è modificato ed evoluto questo concetto.

Negli anni cinquanta e sessanta secondo la "saggezza tradizionale" (Begon et al., 1989) un aumento della complessità, all'interno della comunità, doveva essere accompagnato da un aumento della stabilità (Mac Arthur, 1955; Hutchinson, 1959).

Di fatto studi più recenti ed in particolare l'uso di modelli matematici non sempre ha comportato prove a sostegno di questa interpretazione.

Dalla "saggezza tradizionale" ad oggi il concetto di stabilità è stato interpretato ed usato focalizzando, di volta in volta, aspetti differenti.

Una delle distinzioni più comuni e maggiormente accettate, nate nel tentativo di definire questo concetto, viene fatta fra resistenza e resilienza.

La prima, detta anche inerzia (Murdoch, 1970; Orians, 1974) designa la capacità di mantenere lo stato di equilibrio qualora la comunità sia sottoposta a perturbazione.

La seconda, quella che Gray et al. (1985) definiscono "adjustment stability", indica la capacità di ripristinare l'equilibrio alterato dalla perturbazione.

Resilienza e resistenza sono riconducibili a due diverse strategie adottate dalle comunità in relazione alle condizioni ambientali in cui si trovano.

Un ambiente con poche probabilità di eventi catastrofici e scarsamente stressato è idoneo allo sviluppo di una comunità resistente con organismi a vita lunga e con contenute fluttuazioni nei loro rapporti quali - quantitativi.

Al contrario, laddove esista un'elevata probabilità di eventi di disturbo avrà successo una comunità resiliente ad elevato turn - over e a bassa biomassa composta da organismi di piccola taglia, a vita breve e ad elevato potenziale riproduttivo necessario a far fronte alle frequenti ed imprevedibili morie.

Alla luce di queste considerazioni è stato effettuato uno studio sulla dinamica di una comunità bentica sabulicola rinvenuta nell'area marina antistante l'estuario del fiume Magra allo scopo di affrontare, in particolare, gli aspetti relativi alla stabilità ed ampliare, con uno studio interannuale, le conoscenze emerse da precedenti indagini di dinamica stagionale (Cocito et al. 1990).

Il presente lavoro, che si avvale di dati di 3 anni consecutivi, affronta l'aspetto della resistenza nel tentativo di verificare se, al di là delle variazioni stagionali, la comunità è in grado di ripristinare, di anno in anno, una simile organizzazione strutturale.

Ci si propone anche di valutare se e come le due strategie - resilienza e resistenza - concorrono nel determinare la stabilità di una comunità aperta come appunto quella studiata.

2. MATERIALI E METODI

I campionamenti sono stati effettuati durante la stagione estiva degli anni 1988, 1989, 1990 nell'area marina antistante la foce del fiume Magra ad una profondità di circa 5m.

La scelta del periodo estivo è dovuta al fatto che come testimoniano dati pregressi, durante questa stagione la comunità presenta il più elevato grado di strutturazione e mostra picchi di abbondanza (De Biasi, 1991).

II materiale è stato prelevato utilizzando una draga rettangolare del tipo double - sided anchor dredge e successivamente setacciato su maglia 2mm.

I valori di abbondanza sono stati codificati secondo la scala geometrica di base 2 proposta da Preston (Gray, 1981).

3. RISULTATI

L'indagine oggetto di questo lavoro ha portato all'identificazione di 27 specie di macrozoobenthos (Tabella 1) per un totale di 533 individui.

Tabella 1 - Lista delle specie rinvenute e loro abbondanze (codificate) nei tre anni di studio

Policheti	*Diopatra neapolitana* (Delle Chiaje)	4	0	1
	Lumbrineris impatiens (Claparède)	0	1	0
	Nephthys hombergii (Savigny)	1	2	2
	Owenia fusiformis Delle Chiaje	1	1	0
	Stylarioides sp.	1	0	0
Gasteropodi	*Hinia incrassata* (Strom)	0	2	0
	Nassarius mutabilis (L.)	3	6	2
Bivalvi	*Abra alba* (W. Woo)	0	4	0
	Acanthocardia tuberculata (L)	6	5	5
	Corbula gibba (Olivi)	4	2	0
	Donax semistriatus Poli	3	1	0
	Dosinia lupinus (L)	0	1	0
	Mactra stultorum (L.)	6	5	1
	Montacuta ferruginosa (Montagu)	0	1	0
	Pandora inaequivalvis (L.)	1	0	0
	Solen marginatus Pennant	0	0	1
	Spisula subtruncata (Da Costa)	6	9	4
	Venerupis aurea (Glemlin in Linneo)	0	0	3
Crostacei	*Ampelisca brevicornis* (A. Costa)	7	3	2
	Apseudes latreilii (Milne-Edwards)	3	0	0
	Diogenes pugilator (Roux)	5	7	3
	Leucothoe occulta Krapp-Schickel	4	0	0
	Leucothoe serraticarpa Dalla Valle	0	1	0
	Liocarcinus vernalis (Risso)	0	2	1
	Urothoe pulchella (A. Costa)	3	0	0
Echinodermi	*Astropecten jonstoni* (Delle Chiaje)	0	0	1
	Echinocardium cordatum (Pennant)	1	0	0

Il taxon maggiormente rappresentato è quello dei Bivalvi con 11 specie seguito nell'ordine da Crostacei (7), Policheti (5) ed Echinodermi (2).

La quasi totalità delle specie rinvenute abitano le Sabbie Fini Ben Classate. Si conferma così (Morri et al., 1990) l'esistenza di una tipica biocenosi SFBC nello specchio marino antistante la foce del fiume Magra.

Nella figura 1 vengono riportati, codificati secondo la scala proposta da Preston, i valori delle abbondanze di alcune delle specie rinvenute.

Gli areogrammi sono stati costruiti riportando le 6 specie dominanti *(Spisula subtruncata, Mactra stultorum, Acanthocardia tubercolata, Diogenes pugilator, Ampelisca brevicornis, Nassarius mutabilis)* e raggruppando quelle scarsamente rappresentate sotto la voce altri.

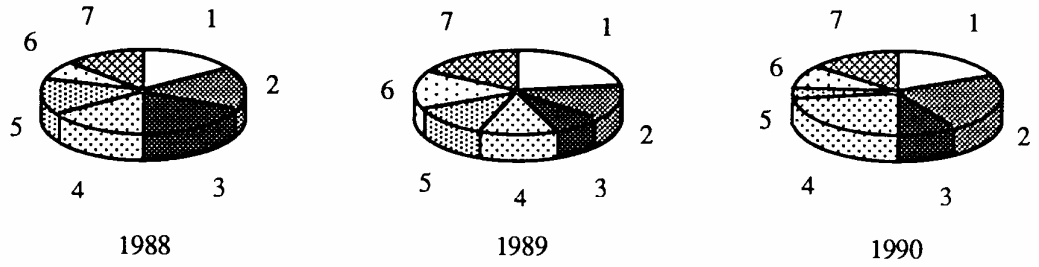


Fig 1 - Valori di abbondanza codificati secondo la scala geometrica proposta da Preston.
1 = *Spisula subtruncata*; 2 = *Diogenes pugilator;* 3 = *Nassarius incrassatus*; 4 = *Mactra stultorum*; 5 = *Acanthocardia tuberculata*, 6 = *Ampelisca brevicornis*; 7 = altri

Questa suddivisione permette di focalizzare che le 6 specie dominanti in termini di abbondanza sono anche persistenti nei tre anni. Esse rappresentano l'ossatura di sostegno della comunità.

Le stesse specie, pur numericamente ridotte, permangono anche nel 1990, anno in cui la comunità registra un generale impoverimento evidenziando un calo sia nelle abbondanze sia nel numero di specie.

In figura 2 vengono riportati gli andamenti delle abbondanze di queste specie nell'arco di 3 anni. In particolare merita sottolineare che *Spisula subtruncata, Diogenes pugilator, Nassarius incrassatus* mostrano una dinamica molto simile aumentando nel 1989 e calando nuovamente nell'anno successivo.

Dall'osservazione delle variazioni subite dall'intero quadro faunistico, nell'arco dei tre anni, si evidenzia, nell'estate 1989, un significativo aumento del bivalve *Spisula subtruncata* affiancato dalla comparsa di 5 nuove specie *(Montacuta ferruginosa, Abra alba, Hinia incrassata, Leucothoe serraticarpa, Lumbrineris impatiens)* destinate a scomparire l'anno successivo in concomitanza al calo di *Spisula.*

Infine nel panorama faunistico della comunità si individua un pool di specie caratterizzate da bassi valori di abbondanza la cui presenza appare del tutto occasionale.

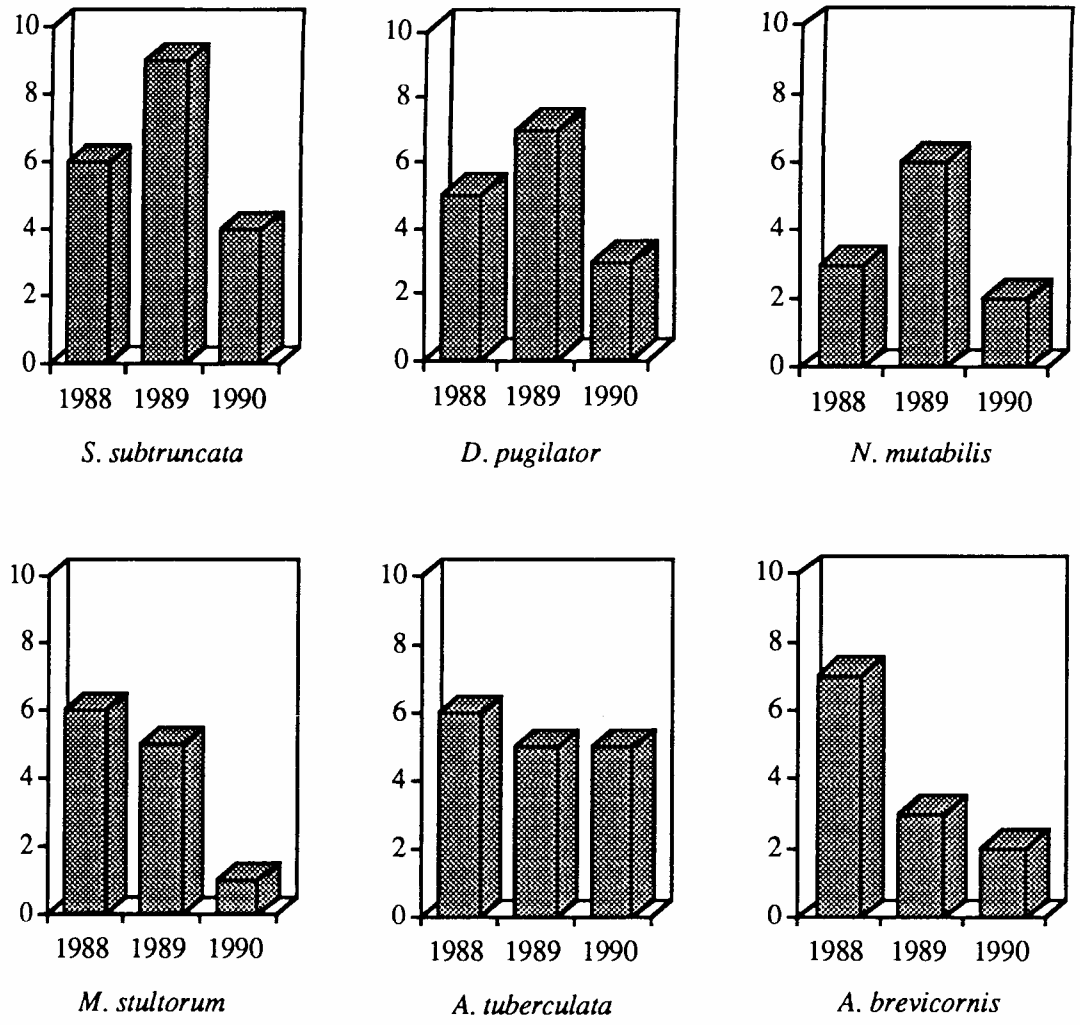


Fig 2 - Andamento dei valori di abbondanza codificati delle sei specie dominanti durante i tre anni di studio.

4. CONCLUSIONI

La struttura della comunità studiata appare ruotare attorno a tre gruppi di specie:
- 6 specie che nei tre anni permangono come specie dominanti,
-5 specie a rapido turn-over, la cui presenza appare strettamente legata al comportamento/dinamica di *Spisula,*
- un pool di specie occasionali il cui ruolo è poco chiaramente identificabile.

L'organizzazione osservata e le variazioni interannuali ad essa connesse, trovano, nella seguente ipotesi, una possibile chiave interpretativa.

Innanzi tutto la dinamica osservata appare essere il risultato di due ruoli chiave rivestiti da *Spisula subtruncata,* denominabili rispettivamente *effetto tampone ed effetto corteggio.*

Come noto, in una comunità aperta (Pérès, 1971) come quella in studio, caratteristicamente attraversata da flussi energetici intensi e variabili, la mancanza di un effetto stabilizzante comporterebbe rimaneggiamenti notevoli e stocastici a qualsiasi livello strutturale della comunità stessa, rimaneggiamenti che, nei casi più drastici, potrebbero addirittura comprometterne l'identità.

L'effetto tampone è interpretabile come un tentativo di arginare e contenere eventuali stravolgimenti strutturali di una comunità conseguenti all'ingresso di energie di disturbo.

Nel presente caso il ruolo di tampone viene rivestito dal bivalve *Spisula subtruncata.* che come filtratore, trasferisce materia ed energia dal plancton al benthos (Sarà, 1985) contribuendo ai processi di canalizzazione delle risorse facendo si che la loro dispersione non si manifesti unicamente come aumento dell'entropia del sistema.

L'esistenza di un pool di specie dominanti che permangono nei tre anni con contenute variazioni dei valori delle abbondanze, è interpretabile come conseguenza di un tale effetto. Queste specie vanno a costituire il nucleo centrale intorno al quale si organizza, e si struttura il resto della comunità.

L'effetto corteggio è, invece, conseguenza delle modificazioni che *Spisula* induce a livello del substrato tramite la liberazione di cataboliti (fecal pellets) (Pérès, 1971).

Concordemente a studi precedenti (Cocito et al., 1990), questo bivalve determinerebbe condizioni tali da favorire l'instaurarsi di un peculiare corteggio faunistico caratterizzato dalla dominanza di specie a strategia detritivora.

E' evidente che le modificazioni indotte a livello del substrato avranno ampiezza, e quindi effetti, commisurati all'abbondanza di *Spisula.* L'effetto corteggio si manifesta maggiormente nell'estate del 1989 cioè in concomitanza del boom di questo bivalve. Durante quest'anno si assiste alla temporanea comparsa di un pool di 5 specie prevalentemente detritivore destinate a sparire l'anno successivo quando la stessa *Spisula* subisce un forte decremento numerico.

La struttura della comunità sembra quindi dipendere principalmente dal successo del reclutamento di *Spisula subtruncata.* Il boom di una specie caratteristicamente r-stratega e come tale in grado di sfruttare opportunamente la risorse presenti, potrebbe comportare, per esclusione competitiva di altre specie (Paine, 1966), un calo di equitabilità e ricchezza specifica. In realtà *Spisula* se da una parte sfrutta le risorse, dall'altra le diversifica, rendendole disponibili ad altre specie la cui comparsa è responsabile di un incremento locale della diversità (De Biasi, 1991).

È verosimile che le stesse specie corteggio contribuiscano ad amplificare e rafforzare l'effetto tampone: le loro ampie fluttuazioni assorbono e minimizzano le oscillazioni a carico dell'intero ecosistema.

Si può quindi ipotizzare che all'interno della comunità studiata esistano fondamentalmente due compartimenti che interagiscono e collaborano nel determinare e mantenere l'organizzazione della comunità.

Il primo, costituito dalle specie dominanti e permanenti nei tre anni, rappresenta il nucleo organizzativo di base. Questa componente costante permette alla comunità di conservare (resistenza) di anno in anno la propria identità.

Il secondo è rappresentato dalle specie corteggio ed in minor misura dalle specie occasionali. Questa componente (resilienza) a rapido tura over amplifica l'effetto tampone esercitato da *Spisula* contribuendo a stabilizzare la componente resistente della comunità.

Una tale organizzazione che può essere definita "mista" s'inquadra perfettamente nel contesto di una comunità aperta come quella studiata.

Essa infatti non è soggetta ad eventi imprevedibili e pertanto tali da giustificare una strategia esclusivamente resiliente, d'altra parte gli input energetici hanno un'intensità ed una variabilità tale da non poter essere controllati con una strategia unicamente resistente.

Resilienza e resistenza, pertanto, concorrono, cooperano e si integrano nel mantenimento della comunità (Fig. 3).

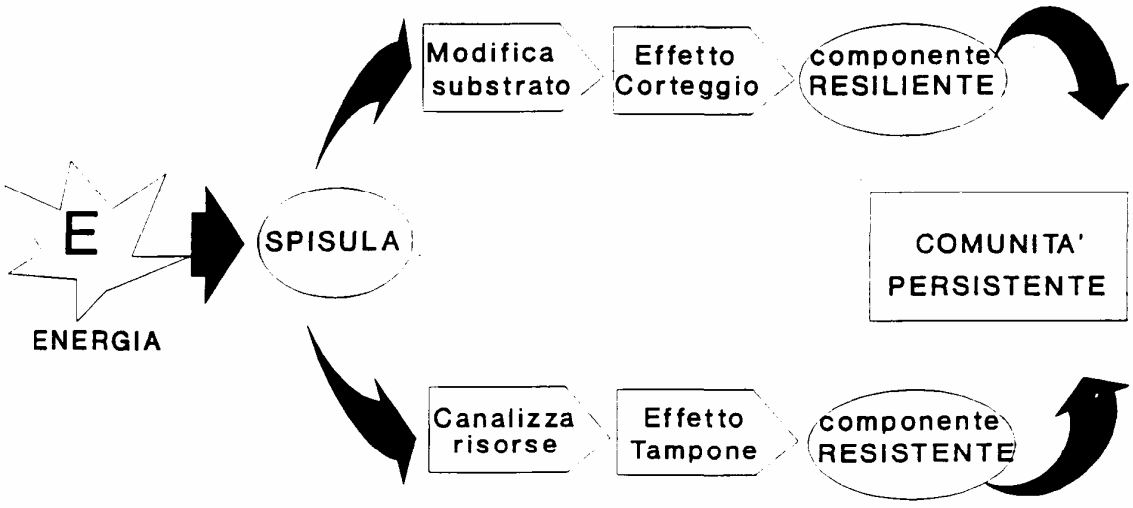


Fig 3 - Schema del meccanismo dinamico ipotizzato per la comunità studiata (spiegazione nel testo).

Se, infine, non si fa riferimento al tipo di risposta che può far seguito ad una perturbazione, la comunità studiata può essere definita persistente secondo il criterio proposto da Connell & Scusa (1983) cioè in grado di conservare una struttura organizzativa di base riconoscibile nel tempo.

E' chiaro che le conclusioni riportate sono da considerarsi solo una possibile chiave interpretativa di quanto osservato. Studi ulteriori più dettagliati permetteranno di corroborare o smentire queste interpretazioni consentendo, inoltre, di verificare se una tale dinamica è più strettamente legata al comportamento di *Spisula o* risulti piuttosto, come emerso in studi simili (Ambrogi et al., 1990), conseguenza della "disturbance" *(sensu* Sousa, 1984) identificabile con le fluttuazioni stagionali dei fattori ambientali.

In questa sede si è tentato comunque di sottolineare come la dinamica di una comunità aperta non dipenda solo da fattori ecologici ed ambientali, ma anche dall'abbondanza dei nuovi individui che ne entrano a far parte (Lewin, 1986).

RINGRAZIAMENTI

I dati relativi ai campionamenti del 1988 sono stati gentilmente forniti da S. Covre.

Si ringraziano C.N. Bianchi per gli indispensabili consigli scientifici e la revisione del testo e V. Damiani per avermi introdotta nel gruppo di lavoro del Centro ENEA CRAM di La Spezia.

BIBLIOGRAFIA

Ambrogi, R., D. Bedulli & G. Zurlini. 1990. Spatial and temporal patterns in structure of macrobenthic assemblage. A three-year study in the Northern Adriatic Sea in front of the Po river delta. *P.S.Z.N. Mar. Ecol,* 11(1): 25-41.

Begon, M., J. Harper & C.R Townsend. 1989. Stabilità delle comunità e struttura delle comunità. In: Ecologia. Zanichelli, Bologna: 735-755.

Cocito, S., S. Covre, C. Moni & C.N. Bianchi. 1990. Dinamica stagionale di una comunità di Sabbie Fini Ben Calibrate nel Mar Ligure Orientale. *Atti IX Cong. A.I.O.L.* S. Margherita Ligure, 20-23 Novembre 1990: 341-350.

Connell, J.H., W.P. Sousa. 1983. On the evidence needed to judge evological stability orpersistence. *Am. Nat.,* 121 (6): 789-824.

De Biasi, A.M.1991. Zonazione del benthos nell'estuario del fiume Magra: variazioni compositive e strutturali a diversi livelli tassonomici. Università degli Studi di Pisa. Tesi di laurea in Scienze Biologiche: 1-155.

Gray, J.S. 1981. The ecology of marine sediments. Cambridge University Press, Cambridge: 1-185.

Gray, J.S., V. Valderhaug & K.I. Ugland. 1985. The stability of a benthic community of soft sediment. In: 19 th European Marine Biology Symposium. Gibbs (ed). Cambridge University Press: 245-253.

Hutchinson, G.E. 1959. Homage to Santa Rosalia, or why are there so many kinds of animals? *Am. Nat.,* 93: 145-159.

Lewin, R. 1986. Supply-side ecology. *Science,* 234: 25-27.

Mac Arthur, R.H. 1955. Fluctuations of animal populations and a measure of community stability. *Ecology ,* 36: 533-536.

Morri, C., A. Castelli, G. Diviacco, M. Mori & C.N. Bianchi. 1990. Zonazione di comunità bentiche lungo l'estuario della Magra. *Atti Soc. Tosc. Sci. Nat. Mem.,* 97: 311-327.

Murdoch, W.W. 1970. Population regulation and population inertia. *Ecology,* 40: 580-588.

Orians, G.H. 1974. Diversity, stability and maturity in natural ecosystems. In: Unifying concepts in ecology. Dobben and Lowe-McConnell (eds): 139-150.

Paine, R.T. 1966. Food web complexity and species diversity. *Am. Nat.,* 100: 65-75.

Pérès, J.M. 1971. Considerations sur la dynamique des communautés bentiques. *Thal. Jug., 1* (1): 247-277.

Sarà, M. 1985. Persistence and changes in marine benthic communities. *Nova Thalassia, 1* (7): 7-30.

Sousa, W.P. 1984. The role of the disturbance in natural communities. *Ann. Rev. Ecol. Syst.,* 15: 353-391.

Atti dell 10^0 Congresso A.I.O.L.
Alassio, 4-6 Novembre 1992
da pag. 563 a pag. 573

PHYTOBENTHIC COMMUNITDCS IN THE CIRCALITTORAL SOFT BOTTOMS OF THE TYRRHENIAN SEA (MEDITERRANEAN)

Daniela BASSO

Dip.to di Scienze della Terra, Università di Milano

RIASSUNTO

Nel corso delle crociere oceanografiche svolte negli anni 1988-89 è stata realizzata una fitta rete di campionamento dei fondi mobili dell'Arcipelago Toscano e Ponziano (progetto TSM). Scopo di questo lavoro è lo studio della distribuzione del macrofitobenthos (ad esclusione delle Corallinaceae) nelle diverse biocenosi e facies riconosciute; in particolare, nell'ambito del Detritico Costiero si è cercato di interpretare le associazioni vegetali in funzione della variabilità dei principali fattori edafici.

In 33 campioni ottenuti con benna sono state riconosciute 93 specie algali macrobentoniche; in base alle rispettive dominanze si è proceduto ad una analisi multivariata su base quantitativa (MDS). Sono stati così individuati alcuni aspetti e facies del Detritico Costiero. I "fondi a *Peyssonnelia* libere calcificate" sembrano richiedere un idrodinamismo più intenso rispetto a quelli "a *Peyssonnelia* libere non calcificate", che appaiono invece più tolleranti rispetto ad una maggiore velocità di sedimentazione. In alcuni casi, la presenza di concrezioni a corallinacee consente lo sviluppo di specie sciafile di substrato duro, determinando una forte affinità delle associazioni per il coralligeno.

1. INTRODUCTION

The TSM project (Taphonomy and Sedimentology of the Mediterranean shelf; Basso et al., 1990) is devoted to the study of the relationship between soft bottom benthic assemblages and the biogenic remains which can undergo fossilization. This research is grounded on the need to face old specific problems (biological, sedimentological and palaeontological) by a multidisciplinary approach, in order to avoid the fragmentation of the data into many sealed sectors and the final lost of the environmental signature.

Benthic macro-algal communities colonizing Mediterranean circalittoral soft bottoms are still poorly studied, though they can constitute an important fraction of the biocoenosis. Macroalgae can be responsible of important changes in the quality of available substrato for a large number of invertebrates, for which they represent food or simply a shelter.

Modern studies on phytobenthic communities are grounded on direct underwater

sampling by SCUBA diving. In the Western Mediterranean, the zone of development of circalittoral soft bottoms, above the depth of disappearance of macroalgal communities, ranges approximately between 40 and 90 m, depending on local combination of climatic and edaphic factors. Thus the Coastal Detritic community (=DC; Pérès, 1982) usually develops beyond the directly explorable bottoms, and this fact has limited the improvement of knowledge of its algal fraction. Actually, papers dealing with DC flora are usually based on indirect sampling, namely dredging or grabbing, and results are consequently qualitative (e.g. Augier & Boudouresque, 1978).

A statistical study of DC algal community based on a quantitative approach was needed, in order to better define the macroalgae distribution and their contribution to the differentiation of the biocoenosis.

2. INVESTIGATED AREA AND METHODS

Grab samples have been collected during 1988-1990 cruises in Arcipelago Toscano and 1989 cruises in Arcipelago Ponziano by the R/V Minerva (TSM project).

Two cruises have been devoted each year to each archipelago, during early summer and late autumn respectively, in order to minimize problems connected with seasonality. During the 1988 summer cruise to A. Toscano only few grab samples were collected, as the aim of the work was an initial dredge survey of the area. This is the reason why also 1990 summer cruise to A. Toscano is considered here. No site was sampled in both seasons.

A modified Van Veen grab, 50 1 volume, 2500 cm^2 sampling surface has been used for almost ali samples. In some instances a Van Veen grab 25 1 volume, 1250 cm^2 sampling, has been used, and a variable number of replicates has been obtained.

In a bathymetric interval ranging from 27 to 250 m, 314 grab samples have been collected, but only 40 of them (about 13%) showed living macroalgae (corallinaceans are not considered here). For statistical analysis, only samples with more than one taxon, recognizable at species level, have been retained. The final list of 33 stations is reported in Table 1.

Ali algal samples have been put in 4% formalin solution with sea water. Their abundance has been quantified as cm^2 of covered surface; these data have been transformed as R*i* (= covering percentage of / species; Boudouresque, 1970), with the assumption that the sampled surface corresponds to the opening of the grab jaws.

2.1 Statistical treatment of data

Original R*i* data have been double-square root transformed, and species with p <3% in each sample have been removed; this procedure is necessary to simplify the interpretation of data structure, by eliminating species scarcely contributing to similarity between samples and by limitating the contribution of most abundant, ubiquitous species (Field et al., 1982).

This data base has been used for jerarchical agglomerative clustering based on the Bray-Curtis similarity (Fig. 1). On the basis of the same similarity matrix, samples have

been ordinated by MDS (non-metric MultiDimensional Scaling) (Fig.2).

3. RESULTS AND DISCUSSION

The study of the 33 grab samples with more than one algal species has led to the identification of 93 taxa (Table 2). The stress for the MDS graphic (3-D) is 0.1075. This stress value corresponds to a quite good representation of the data.

3.1 Statistical groups

At the 15% level of Bray-Curtis similarity, four super-groups separate (A to D, Figs.1 and 2). At the 35% level of B-C similarity, these four super-groups are furtherly divided, and seven Statistical groups can be identified.

Cluster A encompasses 4 stations, all characterized by decimetric algal concretions (rhodoids/rhodoliths). On the basis of the sediment texture, the molluscan fauna and the calcareous flora (presence of *Pseudolithophyllum racemus,* exclusive SGCF species) station 31 shows the strongest affinity for the SGCF biocoenosis (typical of soft substrates when bottom currents are present; Pérès, 1982). The similarity of this station

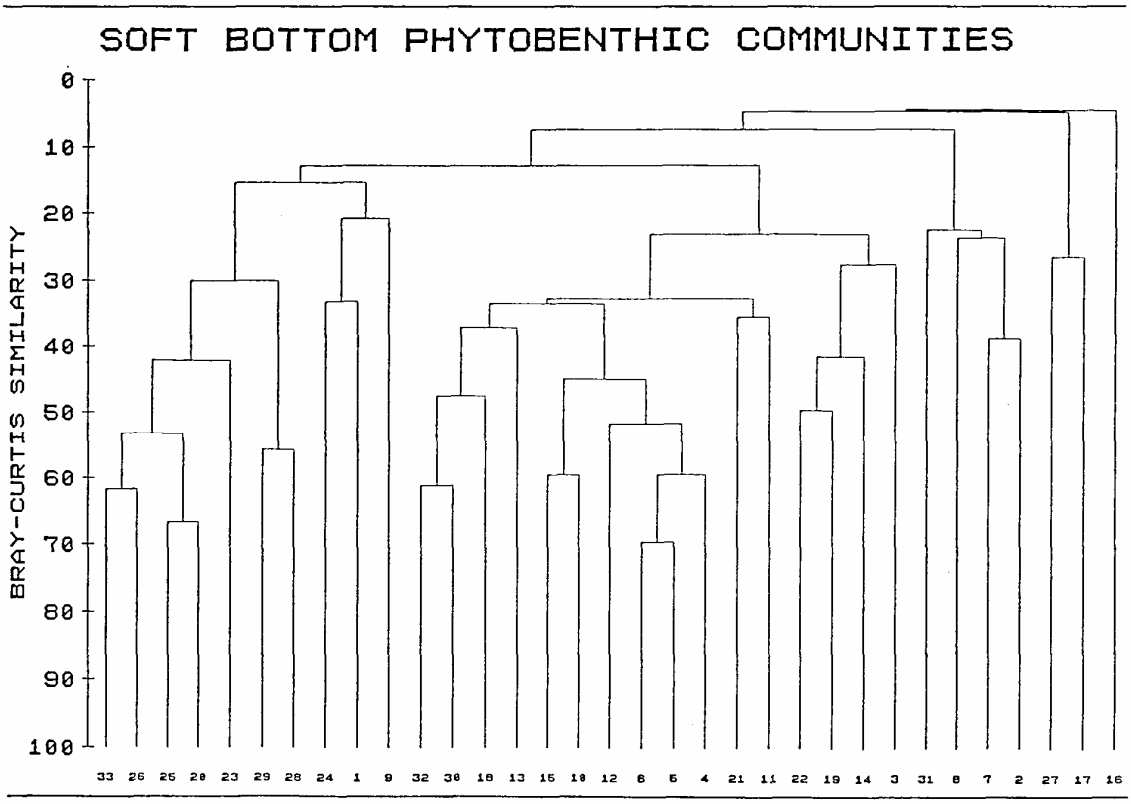
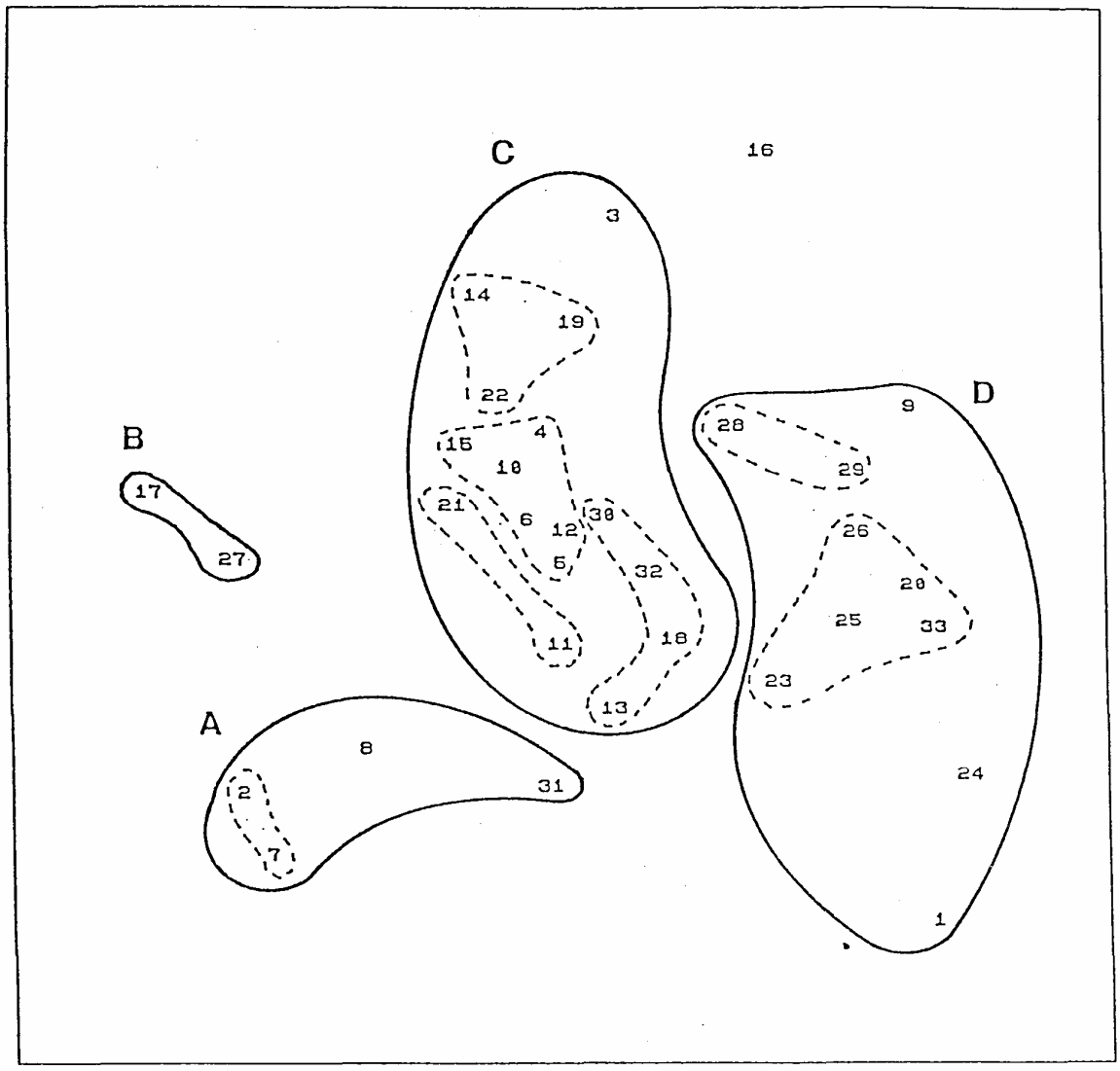


Fig.1. Dendrogram based on Bray-Curtis similarities. Data have been double-square root transformed, p>3%.

with others in super-group A is due to the presence of *Peyssonnelia stoechas,* colonizing the surface of some rhodoliths; the same species is responsible for the similarity between the two stations of group 7, inside cluster A (see Table 3); however,



clusters at 15% level of Bray-Curtis similarity

clusters at 35% level of Bray-Curtis similarity

GROUP	STATIONS
1	20,23,25,26,33
2	28,29
3	13,18,30,32
4	4-6,10,12,15
5	11,21
6	14,19,22
7	2,7

Fig.2. MDS (Multi-Dimensional Scaling). Clusters A-D are defined at 15%; groups 1-7 are defined at 35% level of B-C similarity in the dendrogram of fig.1. Stress (3-D) = 0.1075

Table 1. Description of the studied stations. ELB=Elba Is., MCR=Montecristo Is., SAP=submarine relief between Scoglio d'Africa and Pianosa Is., CPP=Channel between Palmarola Is. and Ponza Is., PAL=Palmarola Is., PON=Ponza Is.

n	name	depth (m)	lat.	long.	loc.
1	min88aube11	42	42.4913	10.2652	ELB
2	min90ebe24	86	42.1862	10.1904	MCR
3	min90ebe38-39	76	42.2614	10.0528	SAP
4	min90ebe41-43	63	42.2602	10.0595	SAP
5	min90ebe44-45	60	42.2620	10.0686	SAP
6	min90ebe46-47	56	42.2441	10.0663	SAP
7	min90ebe55	98	42.2797	10.0494	SAP
8	min90ebe58-60	70	42.2800	10.0600	SAP
9	min90ebe70	47	42.4422	10.2022	ELB
10	min89ebe19	75	40.5419	12.5234	CPP
11	min89ebe32-41	77	40.5332	12.5375	CPP
12	min89ebe42	68	40.5444	12.5385	CPP
13	min89ebe43	65	40.5442	12.5385	CPP
14	min89ebe44	63	40.5441	12.5397	CPP
15	min89ebe96	84	40.5648	12.5805	PON
16	min89ebe108-111	79	40.5431	12.4956	PAL
17	min89ebe127-128	43	40.5477	12.5171	CPP
18	min89ebe134-136	61	40.5382	12.5436	CPP
19	min89ebe144-146	67	40.5387	12.5314	CPP
20	min89ebe158	46	40.5494	12.5208	PAL
21	min89ebe176	68	40.5451	12.5301	CPP
22	min89ebe177	65	40.5458	12.5278	CPP
23	min89ebe197	36	40.5430	12.5526	PAL
24	min89ebe206	72	40.5265	12.5544	PON
25	min89abe42bis	64	40.5531	12.5956	PON
26	min89abe49bis	54	40.5519	12.5904	PON
27	min89abe60	68	40.5535	12.5248	PAL
28	min89abe96	30	40.5675	12.5040	PAL
29	min89abe97	27	40.5663	12.5042	PAL
30	min89abe103	69	40.5621	12.4944	PAL
31	min89abe104	51	40.5564	12.4982	PAL
32	min89abe105	60	40.5537	12.4938	PAL
33	min89abe113	44	40.5773	12.5027	PAL

AVERAGE SIMILARITY WITHIN GROUPS

(up to at least 90% of total similarity)

GROUP 1	%
Udotea petiolata	35.28
Vidalia volubilis	29.80
Rytiphloea tinctoria	27.88
	92.96

GROUP 2	%
Udotea petiolata	98.53

GROUP 3	%
Peyssonnelia squamaria	20.74
Peyssonnelia crispata	15.67
Aglaozonia chilosa	12.58
Udotea petiolata	10.62
Vidalia volubilis	8.71
Peyssonnelia bornetii	6.66
Dasyopsis plana	4.38
Peyssonnelia rubra	4.23
Peyssonnelia rosa-marina	3.79
Phyllophora nervosa	2.06
Palmophyllum crassum	2.00
	91.43

GROUP 4	%
Peyssonnelia rubra	39.44
Halopteris filicina	15.16
Peyssonnelia harveyana	13.66
Peyssonnelia rosa-marina	9.76
Peyssonnelia bornetii	8.21
Dictyota dichotoma	3.69
Peyssonnelia crispata	3.35
	93.27

GROUP 5	%
Peyssonnelia bornetii	53.34
Botryocladia boergeseni.	32.41
Dasyopsis plana	11.00
	96.75

GROUP 6	%
Peyssonnelia rubra	41.59
Aglaozonia parvula	27.71
Peyssonnelia rosa-marina	10.29
Dictyota dichotoma intricata	9.62
Palmophyllum crassum	6.47
	95.68

GROUP 7	%
Peyssonnelia stoechas	99.99

Table 3. Species contribution to the average similarity within groups, defined in the dendrogram at the 35% level of Bray-Curtis similarity.

1=Acetabularia acetabulum	PhIC
2=Aglaothamnion tenuissimum	SC
3="Aglaozonia chilosa" stadium	SC
4="Aglaozonia melanoidea" stadium	SSBf
5="Aglaozonia parvula" stadium	PhI
6=Antithamnion cladodermum	CC
7=Antithamnion plumula var. bebii	SC
8=Antithamnion tenuissimum	CCT
9=Apoglossum ruscifolium	SIC
10=Audouinella daviesii	ISR
11=Botryocladia boergesenii	SC
12=Botryocladia botryoides	SSBc
13=Carpomitra costata	SRh
14=Caulerpa prolifera	PhIM
15=Centroceras cinnabarinum	
16=Ceramium bertholdi	CC
17=Ceramium codii	SC
18=Chondria dasyphylla	PhIC
19=Chondria tenuissima	PhIC
20=Chroodactylon ornatum	
21=Cladophora prolifera	AS
22=Codium bursa	PhIC
23=Contarinia squamariae	SC
24=Cruoria cruoriaeformis	CCT
25=Cryptonemia lomation	SC
26=Cryptonemia tunaeformis	SM
27=Dasya rigidula	
28=Dasyopsis cervicornis	
29=Dasyopsis plana	CCT
30=Dasyopsis spinella	CCT
31=Dictyopteris membranacea	SI
32=Dictyota dichotoma var. dichotoma	PhIC
33=Dictyota dichotoma var. intricata	PhIC
34=Dictyota linearis	SC
35=Dilophus fasciola	PhIC
36=Dilophus fasciola var. repens	PhIB
37=Erythroglossum sandrianum	SC
38=Fosliella farinosa	SC
39=Pneophyllum zonale	SIC
40=Gloiocladia furcata	CCT
41=Griffithsia schousboei	SCIT
42=Gymnogongrus crenulatus	SSBf
43=Halimeda tuna	AS
44=Halodictyon mirabile	SCI
45=Halopteris filicina	SCIT
46=Haraldia lenormandii	SI
47="Hymenoclonium serpens" stadium	SC
48=Hypoglossum woodwardii	SIC
49=Kallymenia microphylla	SC
50=Kallymenia reniformis	SC
51=Kallymenia spathulata	SM
52=Laurencia obtusa	PhI
53=Laurencia microcladia	PhIT
54=Laurencia pelagosae	SRh
55=Lithoderma adriaticum	PhI
56=Lomentaria clavellosa	SI
57=Lomentaria linearis	CC
58=Lomentaria verticillata	SCI
59=Lophosiphonia scopulorum	
60=Mesogloia vermiculata	SCI
61=Neurocaulon foliosum	SC
62=Palmophyllum crassum	SIC
63=Peyssonnelia bornetii	SC
64=Peyssonnelia crispata	SC
65=Peyssonnelia dubyi	ISR
66=Peyssonnelia harveyana	SC
67=Peyssonnelia orientalis	SC
68=Peyssonnelia rosa-marina rosa-marina	SM
69=Peyssonnelia rosa-marina saxicola	
70=Peyssonnelia rubra	SC
71=Peyssonnelia squamaria	SCIT
72=Peyssonnelia stoechas	
73=Phyllophora nervosa	SI
74=Polysiphonia elongata	CC
75=Polysiphonia flocculosa	
76=Polysiphonia subulifera	CC
77=Pseudochlorodesmis furcellata	SIC
78=Radicilingua thysanorhizans	SC
79=Rhodymenia ardissonei	SIC
80=Rytiphloea tinctoria	PhIT
81=Spermothamnion johannis	CC
82=Sphaerococcus rhizophylloides	SM
83=Sphacelaria cirrosa	PhI
84=Sphacelaria furcigera	SSBc
85=Sphacelaria plumula	CCT
86=Sphondylothamnion multifidum	CC
87=Spyridia filamentosa	PhIT
88=Stylonema alsidii	ISR
89=Udotea petiolata	AS
90=Ulvella setchelli	
91=Valonia macrophysa	SC
92=Vidalia volubilis	AS
93=Zanardinia prototypus	SC

Table 2. List of the species. The ecological group of attribution is indicated

group 7, with mean depth of 92 m, represents a very deep facies of DC, dose to the transition with the shelf-edge detritic biocoenosis (=DL; Pérès, 1982).

Cluster B encompasses two DC stations sharing only one species, *P. crispata.* In both stations several species of corallinaceans are present, thus no interpretation concerning this group can be done in absence of data on the calcareous flora.

Cluster C divides in four groups at a 35% level of Bray-Curtis similarity (groups 3 to 6). Stations of group 3 are located at a mean depth of 64 m. Two species of *Peyssonnelia, P. squamaria* and *P. crispata,* contribute to over 36% of the average similarity within this group (Table 3). *P.crispata* has an important hypobasal calcification accounting for its rigidity. Moreover, *P.rosa-marina* f. *rosa-marina,* the only completely calcified peyssonneliacean known to live in Mediterranean circalittoral soft bottoms, reaches in this group of stations the highest average abundance (Basso, in press). On the basis of these observations, this group is dose to the facies of "free calcareous *Peyssonnelia".* However, in station 30, and partially, in station 32, several rhodoids (living corallinaceans) were recovered. The presence of these algal concretions together with abundant calcareous *Peyssonnelia* is not usual, nor typical of the true facies.

Group 4 encompasses six stations with mean depth of 68 m. Peyssonneliaceans still account for over 74% of total average similarity of stations within the group; however, calcified *Peyssonnelia* contribute for only 13.11%, while non-calcified peyssonneliaceans, mainly *P.rubra,* contribute for over 61%. Thus this group can represent the facies of "free non-calcified *Peyssonnelia"* of the DC (Bourcier, 1981).

Two stations with a mean depth of 72 m are placed in group 5. Calcified peyssonneliaceans are absent. Living corallinaceans are rare in station 21 and absent in station 11 ; however, in the latter, several rhodoliths are present, whose dead surface is colonized by abundant thalli of *Palmophyllum crassum.* The main contributors to the total average similarity within the group are *P.bornetii,* present in both stations with weak abundance, *Botryocladia boergeseni,* often growing in the centimetric cavities of rhodoliths, and *Dasyopsis plana,* typically epiphytic on peyssonneliaceans and on calcareous algae. *P. stoechas,* present in this group, also was recovered living on largest algal concretions. According to the sediment texture and the molluscan fauna, station 11 has some affinities for the "coralligenous" and for the SGCF biocoenoses; this seems reasonable, owing to the presence of rhodoliths and the possible existence of bottom currents in the channel between Ponza and Palmarola Islands.

Group 6 is composed of three stations, with a mean depth of 65 m. *P. rubra* contributes to over 41% of average similarity within group, but its mean abundance is much lower than in group 4. *Aglaozonia parvula* accounts for about 28% of average similarity within group 6; several little thalli of this species were found adhering to largest bioclasts. The same was observed for *P. crassum.* Stations in this group appear to belong to an undifferenced DC community (Pérès & Picard, 1964).

Cluster D is divided into groups 1 and 2 at the 35% level of Bray-Curtis similarity. The green alga *Udotea petiolata* is the major contributor to the total similarity within cluster D and within groups 1 and 2. Actually, in both these groups the presence of *Posidonia* remains (rotting leaves and rhizomes) was recorded. In group 1 the mean depth is 49 m, and most stations show evidence of sedimentary instability, due to the

seasonal input from the neighbouring *Posidonia* meadows. Sometimes (station 26) this condition evolves to a more stable one, owing to the linking power of the rhizoids of *U.petiolata, Rytiphloea tinctoria* and *Vidalia volubilis* (Basso, in press). On the other hand, in group 2 (mean depth 28 m) only *U.petiolata* is present, growing on dead *Posidonia* rhizomes, and no tendence to fixation of the bottom is apparent. Moreover, stations 1 and 24, on the basis of the molluscan fauna and of the mixed sediment with important mud fraction (<0.063 mm; Basso et al., 1990) can be attributed to a DC/DE transition.

The MDS ordination of the seven groups (Fig.2) shows that the depth gradient is directed from the right side of the picture (cluster D) to the left, group 7 being the deepest. Actually cluster D lies at the boundary with the infralittoral zone, as the strong influence of Posidonietum and the shallow depth suggest.

3.2 Ecological groups

The characterization of the seven statistical groups based on the ecological groups (Boudouresque, 1984) is resumed in Table 4. The shallowest stations (groups 1 and 2), at the boundary with the infralittoral zone, correspond to the highest percentage of AS and PhIT species. Thus, the position of cluster D in the MDS (Fig.2) reflects a

Group mean depth (m)	Group no	Ecological groups (%) CCT	AS	SQ	SIQT	SIC	SStB	PhI	PhIT	PhIQ
28	2		98							
49	1		65						28	
64	3	4	19	39	21	2	4			
65	6			42		6	10	28		10
68	4			65	15		10		4	
72	5	10		80						
92	7									

Table 4. The statistical groups described by ecological groups:
PhI = Photophilous, infralittoral;
PhIT = Photophilous, infralittoral, thermophilous;
PhIQ = Photophilous, infralittoral quite environment;
SIC = Sciaphilous, infral. and circalittoral;
SQ = Sciaphilous, relatively quite environment;
SIQT = Sciaphil. infral., relat. quite environment, tolerant;
AS = Antisciaphilous;
CCT = Coralligenous concretion.
SStB = Sciaphilous, soft bottoms.

decreasing intensity of light from right to left, along the depth gradient.

Coastal detritic community (DC) corresponds to the phytocoenosis of the *Lithothamnio-Lithophylletum soluti* defmed by Giaccone (1965). Owing to recent changes in algal nomenclature, this phytocoenosis should be called *Phymatolitho-Lithothamnietum corallioides.* Despite the large variability of physionomy of DC bottoms, these are thought to belong to the same phytocoenosis and biocoenosis (Augier & Boudouresque, 1978; Augier, 1982;Pérès, 1982).

Group 3, with the highest affinity for the DC facies of "free calcareous *Peyssonnelia",* is charachterized by 19% of AS species, and 66% of species belonging to several schiaphilous ecological groups, mainly SC and SCIT. Within group 3 also CCT and AS species are represented. CCT species are also present in group 5; in both these stations, the presence of algal concretions (rhodoids/rhodoliths) explains the development of species normally confined to hard substrates. Group 4 and 6 seem to differe mainly for the photophilous species; they amount to 38% in group 6 and are only 4% in group 4, at about the same mean depth. Group 5 and 7, somewhat aligned across the lower left quarter of the MDS (Fig.2) are put together by the presence of rhodoids/rhodoliths; actually the MDS shows a gradient from the DC concretioning in group 5 to the DC/DL concretions of group 7. On the opposite direction, the position of DC/DL stations 1 and 24 seems to suggest a gradient of increasing muddy input from cluster C to lower right cluster D.

4. CONCLUSIONS

As already suggested (Blanc, 1968), DC bottoms show two possible evolutionary trends: the concretioning and the drowning; the alternative pathways being conditioned by the sedimentary rate. In the studied soft bottoms of Tyrrhenian Sea, MDS ordination seems to confirm this doublé tendency.

Quantitative data allowed to breakdown DC bottoms of the investigated area into particular aspects or facies. The position of "free calcified *Peyssonnelia"* bottoms (statistical group 3) is at the boundary with groups of stations (cluster D) submitted to higher light intensity and sedimentary rate, and among which further differentiation seems to be due to a variable stability of the bottoni under different levels of hydrodinamic. Besides, the same group 3 is dose to some current winnowed bottoms with DC/SGCF affinity. The "free non-calcified *Peyssonnelia"* bottoms are well separated, and their position in the MDS plot seems to suggest a minor demand of current winnowing events.

The presence of living and/or dead coralline algal concretions is a major factor in controlling the distribution of some soft-bodied algal species typical of hard-bottoms. On the basis of preliminary observations the same is true for molluscan fauna (Basso, 1993). Results of the present investigation will allow a future integration with macro-zoobenthic communities data resulting from the TSM project cruises (Basso et al., 1990) in a interdisciplinary approach. A better interpretation of the distribution of corallinacean red algae coming from the same samples, for which studies are still in progress (Basso, 1992), will be also possible from the utilization of this work.

ACKNOWLEDGEMENTS

Thanks are due to Prof. C. Corselli for critical reading of the manuscript. I am indebted with Prof. F.Cinelli, I. Papi, S.Lenzini, G.Pardi and L.Benedetti Cecchi for suggestions and helpful discussions, and for giving access to their literature on macrophytobenthos. Funds MURST 40% to C.Corselli.

REFERENCES

Augier, H. 1982. Inventaire et classification des biocenoses marines benthiques de la Méditerranée. Comité européen pour la sauvegarde de la nature et des ressources naturelles. Conseil de l'Europe, Strasbourg, 59 pp.

Augier, H. & C.F. Boudouresque. 1978. Végétation marine de l'Ile de Port-Cros (Pare National) XVI: contribution a l'étude de l'épiflore du Détritique Côtier. *Trav. sci. Parc nation. Port-Cros,* 4:101-125.

Basso, D. 1992. Le rodoficee calcaree dei fondi mobili circalitorali del Mar Tirreno: le "redoliti" attuali in una prospettiva paleoecologica. Univ. Studi Milano, unpubl. Ph.D thesis.

Basso, D. 1993. Considerazioni sulla distribuzione di *Acmaea virginea* (O.F. Mueller, 1776) (Gastropoda, Acmaeidae) in tanatocenosi tirreniche. *Boll.Mal,* 22 (5-12):177-186.

Basso, D. in press. The calcareous alga *Peyssonnelia rosa- marina* f. *rosa-marina* Boudouresque & Denizot, 1973 (Rhodophyceae, Peyssonneliaceae) in circalittoral soft bottom of Tyrrhenian Sea. *Quad. Civ. Staz. Idrobiol. Milano,* 17.

Basso, D., C. Corselli & S. Giacobbe. 1990. Processi tafonomici e sedimentari sulla piattaforma continentale del Mediterraneo. Arcipelago Toscano. *Rapporti,* 4, Dip.to di Biol. Anim. ed Ecol.Mar., Messina.

Blanc, J.J. 1968. Sedimentary geology of the Mediterranean sea. *Oceanogr. Mar. Biol. Ann.Rev.,* 6:377-454.

Boudouresque, C.F. 1970. Recherches de bionomie analytique, structurale et experimentale sur les peuplements benthiques sciaphiles de Méditerranée occidentale (fraction algale). These Doct. Etat, Univ. Aix-Marseille Luminy, France, 624 pp.

Boudouresque, C.F. 1984. Groupes ecologiques d'algues marines et phytocoenoses benthiques en Méditerranée nord-occidentale: une revue. *Giorn. Bot. ital,* 118, suppl.2:l-29.

Bourcier, M. 1981. Nouvelles localisations de quelques facies des fonds détritiques côtiers dans le Pare National de Port-Cros (France, Méditerranée). *Rapp. Comm. int. Mer Medit.* 27(2): 121-122.

Field, J.G., K.R. Clarke & R.M. Warwick. 1982. A Practical Strategy for Analysing Multispecies Distribution Patterns. *Mar. Ecol. Prog. Ser.,* 8:37-52.

Giaccone, G. 1965. Le fitocenosi marine nel settore rosso di Capo Zafferano (Palermo). *Lav. Ist. hot. Giard. Col. Palermo,* 22:1-69.

Pérès, J.M. 1982. Structure and dynamics of assemblages in the benthal. In *Marine Ecology,* O.Kinne Ed., Wiley & Sons, v. 5, part 1:119-185.

Pérès, J.M. & J. Picard. 1964. Nouveau manuel de bionomie benthique de la Mer Méditerranée. *Red. Trav. Stn. mar. Endoume,* 31,47:137 pp.

Atti del 10° Congresso A.I.O.L
Alassio, 4-6 Novembre 1992
da pag. 575 a pag. 585

DISTRIBUZIONE DEI MINERALI ARGILLOSI NEI SEDIMENTI DELLA PIATTAFORMA CONTINENTALE COMPRESA TRA CAPO MORTOLA ED ALASSIO (LIGURIA OCCIDENTALE)

Nicola CORRADI*, Massimo SETTI**, Sergio TUCCI* e Marco FERRARI*

*Dipartimento di Scienze della Terra, Università di Genova
**Dipartimento di Scienze della Terra, Università di Pavia

SUMMARY

The morphological and sedimentary features of the Continental shelf stretching from Capo Mortola to Alassio are illustrated.

The results of seismic survey carried out with high resolution profiles, allowed the identification of different phases of the continental shelf evolution and of the thickness of holocene deposits, which, in particular, is greater in the western part of each pelitic sedimentary body, in accordance with the drift current from cast to west.

The textural analysis of the sediments has allowed the reconstruction of the map of distribution: this has shown a regularity in the sedimentation process, with the sandy fraction located only in two areas in the immediate coastal belt in front of F. Roia and T. Merula mouths, and the pelitic fraction progressively increasing towards the deeper side.

As far as the mineralogic features of the sediments are concerned, these are rather variable in their composition with differences in the percentage of single minerals contents, especially in the coastal areas and in front of the rivers mouths.

Generally quartz, which is always abundant, is especially concentrated in the eastern area and in front of the Impero, Merula and Centa mouths, feldspar and calcite are abundant in the whole shelf, but their percentage increase in the western part of the area. The chlorite and mica content are rather uniform, but increases in the outer shelf; the kaolinite distribution is rather uniform too, and is especially concentrated in the eastern shelf.

1. INTRODUZIONE

E' stata condotta una ricerca sui sedimenti di fondo nel tratto di mare compreso tra Capo Mortola e Capo Mele. L'indagine aveva come obiettivo la ricostruzione dei processi di trasporto e di sedimentazione attraverso studi mineralogici e sedimentelogici dei campioni prelevati nell'area esanimata.

La campionatura è stata effettuata durante la campagna oceanografica svolta nel Dicembre 1991 con la N\O Bannock.

Sono stati prelevati 31 campioni di sedimenti di piattaforma utilizzando una benna Shipeck, su transetti perpendicolari alla costa ed a profondità variabile da 30 m ad oltre 1000 m (Fig. 1).

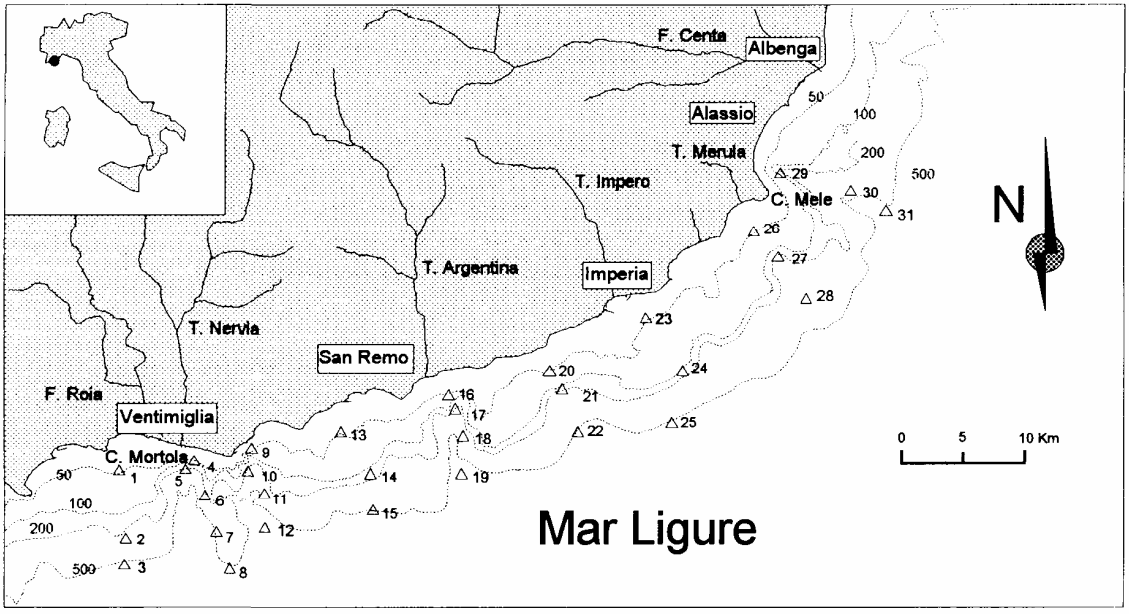


Fig. 1 - Ubicazione dei campioni.

2. GENERALITÀ' DELL'AREA ESAMINATA

La costa ligure, nel tratto compreso tra Capo Mortola ed Alassio, è costituita da una costa alta orlata in genere da "pocket beach" di estensioni variabili ed alimentate da materiali che franano dal rilievo e dagli apporti dei corsi d'acqua. Solo in corrispondenza dei fiumi e torrenti di maggiore entità, come Roia, Argentina, Merula e Centa, o di situazioni ben localizzate (Alassio), si possono trovare spiagge di maggiori dimensioni. Le piane costiere, collegate ai maggiori corsi d'acqua, hanno uno sviluppo ridotto in rapporto alla estensione dei rispettivi bacini idrografici con l'eccezione della piana d'Albenga; ovviamente i loro apporti influenzano la sedimentazione sulla piattaforma continentale.

Numerose sono le litologie affioranti nell'area che, per effetto del trasporto solido fluviale, dell'erosione marina e per franamenti naturali, costituiscono la natura degli apporti sedimentali.

Da ovest a est i principali affioramenti sono costituiti da flisch arenacei e calcarei a Capo Mortola, flisch arenacei a Ventimiglia, scisti argillosi, argilloso arenacei e arenarie a San Remo, calcari e arenarie immediatamente ad est di San Remo, calcari e flysch

arenacei nel tratto compreso tra Imperia e Capo Mele, mentre ad ovest di Albenga affiorano arenarie quarzoso micacee, calcari e quarziti.

I corsi d'acqua che sfociano nella zona in esame hanno bacini idrografici che si sviluppano attraversando numerose litologie affioranti e sono i principali responsabili degli apporti sedimentali. I fiumi Roia e Centa sono i corsi d'acqua più importanti; essi si estendono rispettivamente su superfici di 680 km^2 e di 427 km^2. H F. Roia, analogamente al Nervia (137 km^2), Argentina (208 km^2), Impero (94 km^2) e Merula (66 km^2), attraversa essenzialmente litologie appartenenti ai Flysch ad Helmintoidi s.l. della riviera ligure di ponente: questi terreni risultano costituiti principalmente da calcari, calcari marnosi, arenarie e, in minor misura, arginiti. Inoltre si segnala la presenza di affioramenti pliocenici (argille e conglomerati poligenici) piuttosto diffusi nella parte terminale del F. Roia e del T. Nervia mentre lembi minori, rappresentati essenzialmente da conglomerati poligenici, affiorano nei T. Argentina ed Impero.

H F. Centa, la cui foce è situata a levante dell'area investigata, influenza con i suoi apporti la sedimentazione della piattaforma continentale situata a ponente a causa della direzione delle correnti costiere dirette da est verso ovest. Il l bacino idrografico, le cui dimensioni sono rilevanti per l'area hi esame, si differenzia per litologia da quelli esaminati hi precedenza: nella parte nord-orientale affiorano le serie calcareo-dolomitiche triassico-liassiche, mentre nel settore nord-occidentale il bacino è occupato da terreni flyschoidi costituiti prevalentemente da calcari marnosi, arenarie e quarziti. Analogamente a quanto visto per il F. Roia, nella parte terminale dell'asta fluviale, costituita da una estesa piana alluvionale, affiorano argille e conglomerati pliocenici.

La piattaforma continentale presenta una discreta variabilità morfologica, dettata principalmente dallo stile tettonico e dalla eterogeneità degli apporti sedimentali: essa è di limitata estensione ed il suo massimo sviluppo si nota hi corrispondenza della zona di Imperia dove il ciglio si situa a circa 7 Km dalla costa. La scarpata continentale è particolarmente ripida e marcata da una attività neotettonica nella quale sono state riconosciute faglie dirette e orientale secondo lo sviluppo della scarpata stessa, secondo uno stile evolutivo proprio dei margini alpini: questo stile strutturale è dovuto alla presenza di gradoni serrati e a piccoli horst e graben fortemente asimmetrici.

La piattaforma è da comprendersi tra quelle di costruzione sedimentaria, originatasi per effetto della subsidenza e delle oscillazioni glacioeustatiche del livello marino; il tratto esaminato, hi genere, presenta un settore interno roccioso, sul quale si appoggiano direttamente i sedimenti olocenici, ed uno esterno di costruzione sedimentaria plio-quaternaria; tali sedimenti colmano anche le depressioni del substrato. Talvolta, come a Capo Mele, si riscontra una piattaforma prevalentemente rocciosa, con una debole o nulla copertura sedimentaria, per lo più presente nel prisma di accumulo frontale. I maggiori spessori della sedimentazione olocenica (fino a 20 m) sono individuabili in corrispondenza degli sbocchi dei principali corsi d'acqua ed anche hi corrispondenza di coste alte e franose o hi zone dove le correnti costiere, dirette da Est verso ovest, possono aver accumulato notevoli quantità di sedimenti (Corradi et al., 1980).

La carta batimetrico-morfologica della zona (Corradi et al., 1984) mostra numerosi canyons le cui testate interrompono bruscamente l'andamento della piattaforma: due hi corrispondenza del F. Roia e del T. Nervia, uno hi corrispondenza del T. Argentina e l'ultimo ad est del promontorio di Capo Mele. Le brusche variazioni delle linee

batimetriche evidenziano, inoltre, la presenza di linee di drenaggio percorse da correnti di fondo che costituiscono un efficace veicolo di trasferimento di sedimenti, anche per effetto di correnti di torbida, su bacini del margine o sulla piana batiale.

3. METODOLOGIE ANALITICHE

3.1. Analisi tessiturali

Le analisi tessiturali sono state effettuate utilizzando i setacci per le frazioni superiori a 63 µm e il Coulter Counter per quelle inferiori.

I risultati delle analisi granulometriche hanno condotto alla classificazione dei sedimenti campionati che possono essere generalmente definiti come delle peliti con alto tenore in silt; la frazione siltosa (compresa tra 63-2 µm) è spesso superiore al 70%. La frazione ghiaiosa è assenterò,molto scarsa (<1%); la sabbia è spesso presente, anche se subordinata al silt, ad eccezione del transetto prospiciente Capo Mortola (campioni 1, 2 e 3) in cui è assente; in genere tende a diminuire con la distanza dalla costa, mentre contemporaneamente aumenta la frazione siltosa, come ad esempio nei transetti costituiti dai campioni : 9, 10, 11, 12 / 23, 24, 25 / 26, 27, 28.

E' stata elaborata una carta della distribuzione delle frazioni granulometriche, distinguendo in classi comprese tra la sabbia ed il silt-argilloso (Fig. 2).

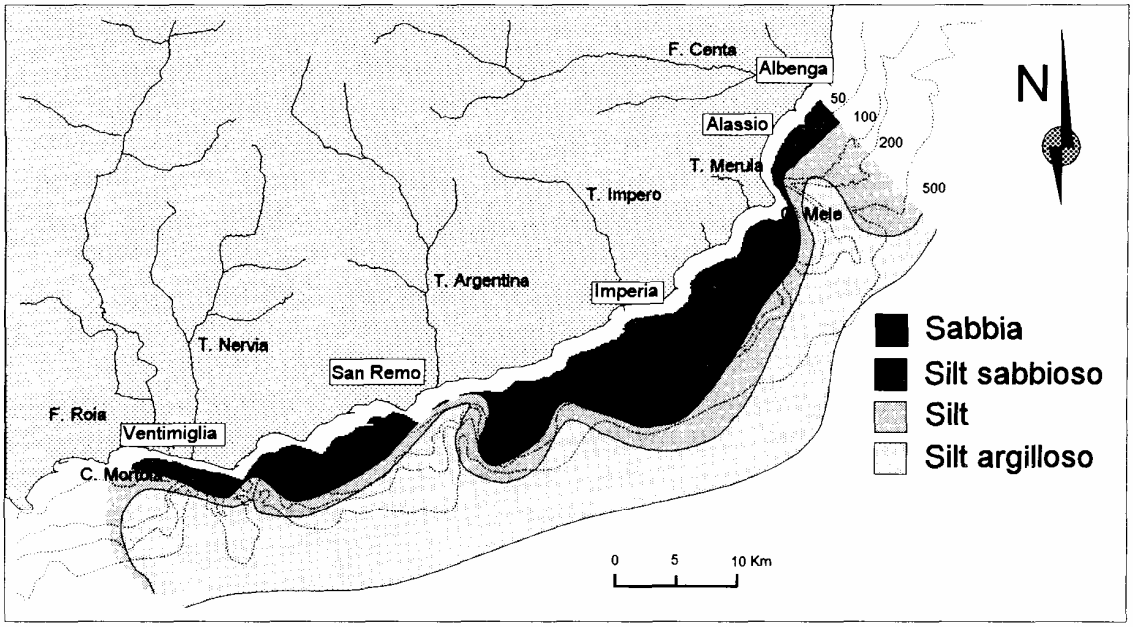


Fig. 2 - Distribuzione granulometrica dei sedimenti.

L'elaborazione delle analisi tessiturali ha consentito di individuare due zone caratterizzate da granulometrie grossolane, presso Ventimiglia e Capo Mele; in

particolare la prima corrisponde alle foci del F. Roia e del T. Nervia, che possono essere ritenuti responsabili dell'abbondante apporto sedimentario che si distribuisce gradualmente verso il largo con granulometrie decrescenti. La seconda zona, a ponente di Capo Mele, è caratterizzata da un andamento verso ovest della fascia di sedimenti granulometricamente maggiori; tale andamento è verosimilmente attribuibile all'azione delle correnti marine che presentano lo stesso verso. L'apporto sedimentario potrebbe derivare principalmente dal T. Merula, dall'erosione marina su questo tratto di costa particolarmente ripida e dagli apporti del F. Centa che si spostano con andamento costiero verso ovest.

Infine è osservabile la netta influenza dei canyon sottomarini sulla distribuzione dei sedimenti più fini, in particolare per quelli in corrispondenza di San Remo e di Capo Mele.

3.2. Analisi mineralogiche

Le analisi mineralogiche sono state eseguite mediante la diffrattometria a raggi X, metodo delle polveri, sul campione tout-venant. E' stato utilizzato un diffrattometro Philips PW 1800 corredato di un calcolatore (Microvax 2000) sul quale risiede un software (APD1700) dedicato alla gestione dello strumento e all'elaborazione dei diffrattogrammi X.

Sono state scelte le seguenti condizioni strumentali:
- range di scansione 1°-40° 2θ
- velocità di scansione 1° 2 θ / min;
- radiazione CuKα;
- potenza 50 kV 30 mA.

Per la diagnosi dei minerali argillosi sono state eseguite le procedure standard indicare da Veniale et al. (1987).

Le analisi mineralogiche hanno mostrato che i sedimenti analizzati sono costituiti prevalentemente da calcite, quarzo, feldspati e subordinatamente da cloriti, miche, kaolinite; risultano particolarmente scarsi, o anche assenti, serpentino, anfibolo e Mg-calcite.

Sono state realizzate carte della distribuzione dei minerali ricavate dai valori di concentrazione di ciascuna specie minerale riscontrate nei campioni analizzati; dall'interpretazione di queste è possibile ricavare alcune indicazioni.
- Calcite (Fig. 3): generalmente ben rappresentata con tenori mediamente variabili tra il 20-40 %: vi è un generale aumento verso ovest e sotto costa. I maggiori contenuti sono stati rilevati nei campioni antistanti la foce del F. Roia, il cui vasto bacino idrografico attraversa estese formazioni calcaree; lungo tutta la fascia costiera sono inoltre sempre ben rappresentate litologie calcaree e calcareo marnose, quindi il contenuto di calcite, relativamente abbondante, risulta giustificato.
- Dolomite: decisamente più scarsa rispetto alla calcite, normalmente presente con contenuti inferiori al 6-7%, sembra ricalcare l'andamento della distribuzione della calcite, ovvero un relativo aumento verso ovest.

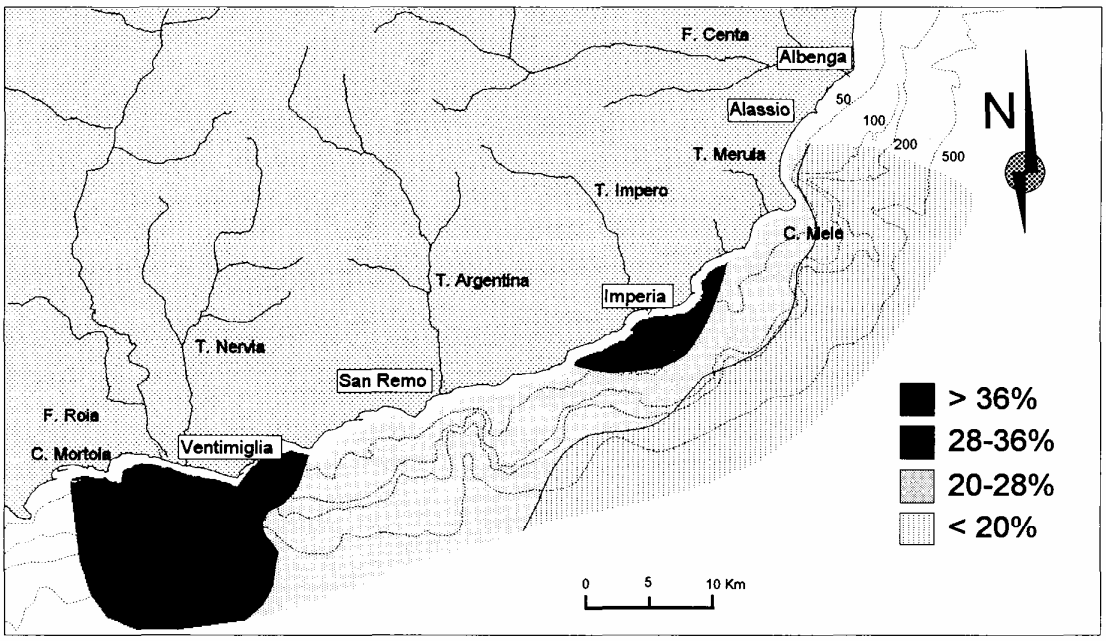


Fig. 3 - Distribuzione della calcite nei sedimenti superficiali.

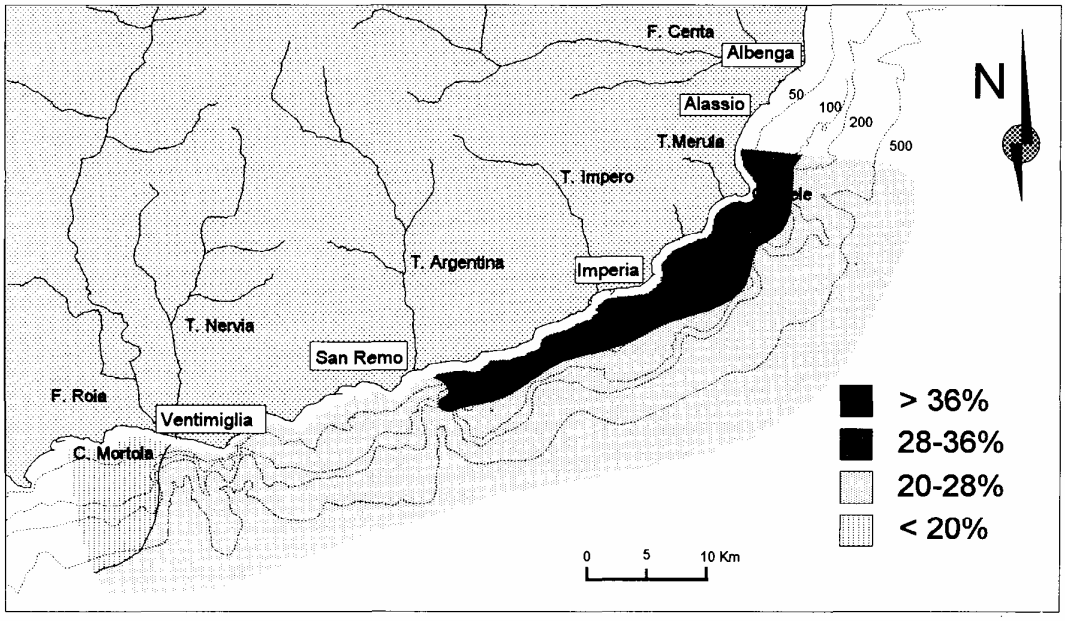


Fig. 4 - Distribuzione del quarzo nei sedimenti superficiali.

- Quarzo (Fig. 4): i contenuti medi oscillano tra il 20-30%; in generale si osserva una progressiva diminuzione dei contenuti verso i campioni più distali ed un incremento verso l'estremità orientale dell'area; quest'ultimo andamento è in contrapposizione con quello della calcite. In particolare le maggiori concentrazioni si riscontrano nella zona di Imperia dove è già stata individuata un'area relativamente estesa di sedimenti ricchi nella frazione sabbiosa. A tale proposito si è ipotizzato che quest'area sia particolarmente influenzata dagli apporti dei T. Impero e Merula nonché dal F Centa; l'ipotesi risulta confermata dall'abbondanza del quarzo in quest'area, proveniente dagli estesi affioramenti di arenarie; in particolare nel bacino del fiume Centa sono noti affioramenti di quarziti.
- Feldspati (Fig. 5): sono stati diagnosticati sia i K-feldspati che i Na-Ca-feldspati; generalmente la somma delle loro percentuali non supera il 20-25%. I campioni relativamente più ricchi in feldspati sono assegnabili all'area prospiciente San Remo, ove sono presenti estesi affioramenti di flysch arenacei. Si assiste in generale ad una graduale e progressiva diminuzione verso il largo.

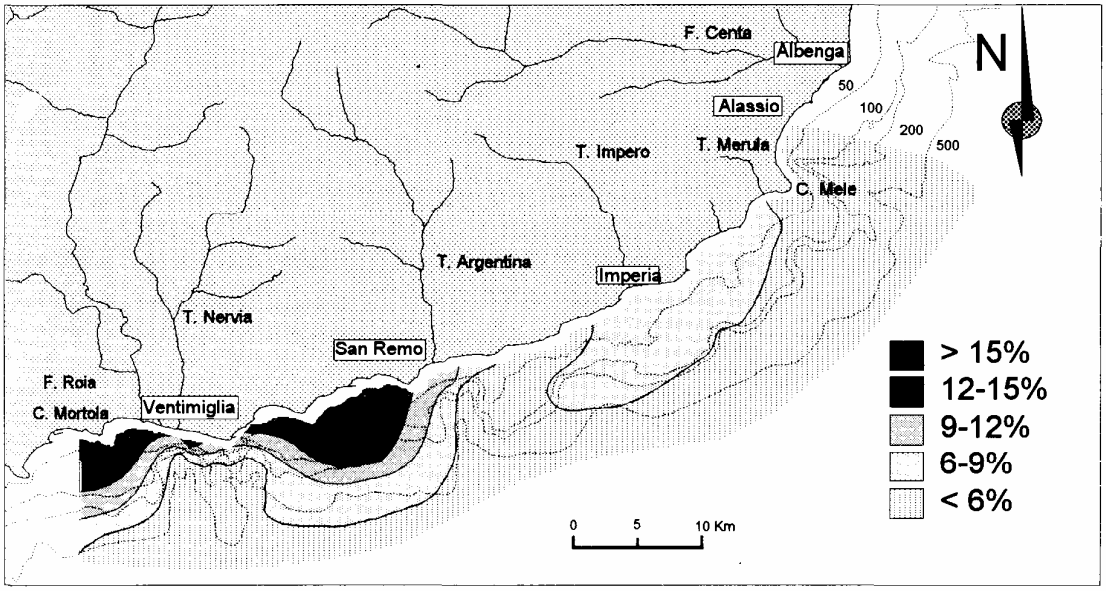


Fig. 5 - Distribuzione dei feldspati nei sedimenti superficiali

- Clorite (Fig. 6): la carta della distribuzione di questo minerale evidenzia generalmente un progressivo aumento verso i campioni più distali e questo è particolarmente evidente nella parte centrale dell'area indagata; le concentrazioni massime tuttavia non superano il 10-15%. La clorite potrebbe rappresentare un prodotto detritico derivante dalle arginiti e dalle arenarie.
- Mica (Fig. 7): presenta un andamento della distribuzione abbastanza regolare lungo tutta l'area, con una tendenza all'aumento verso il largo. I contenuti generalmente oscillano tra il 5 e il 10%. Questo minerale detritico potrebbe derivare principalmente da litologie arenacee.

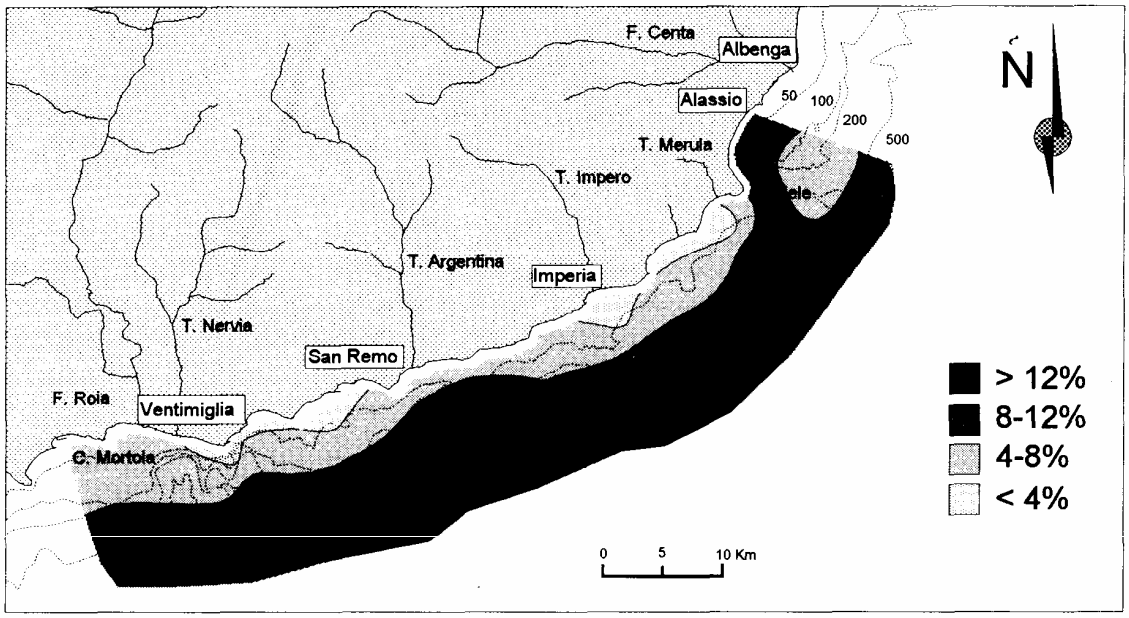


Fig. 6 - Distribuzione delle cloriti nei sedimenti superficiali.

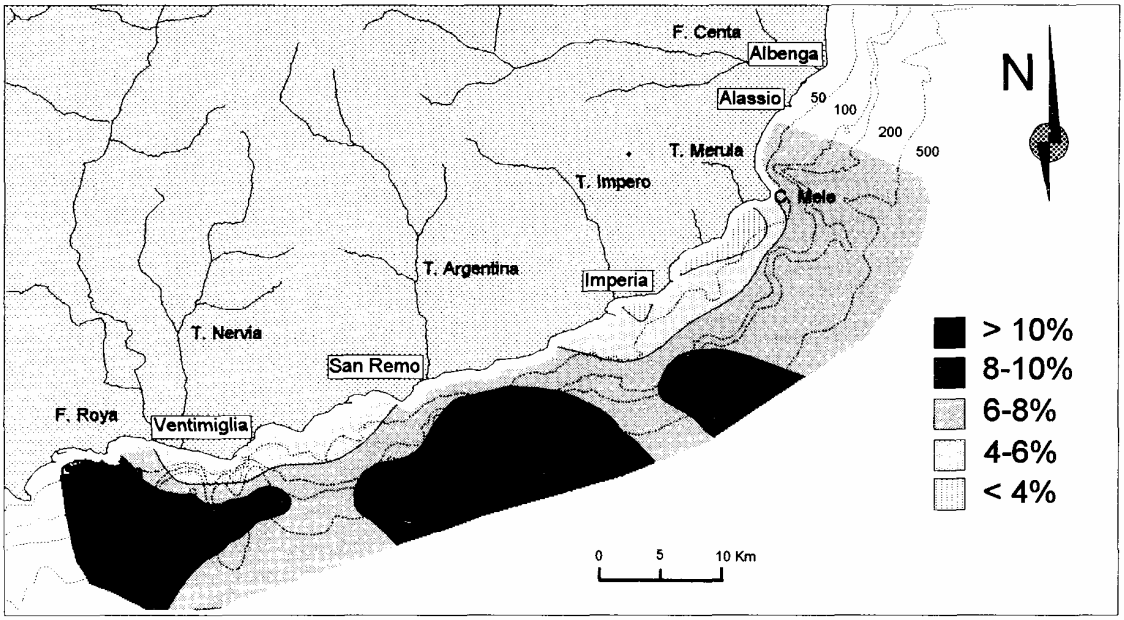


Fig. 7 - Distribuzione delle miche nei sedimenti superficiali.

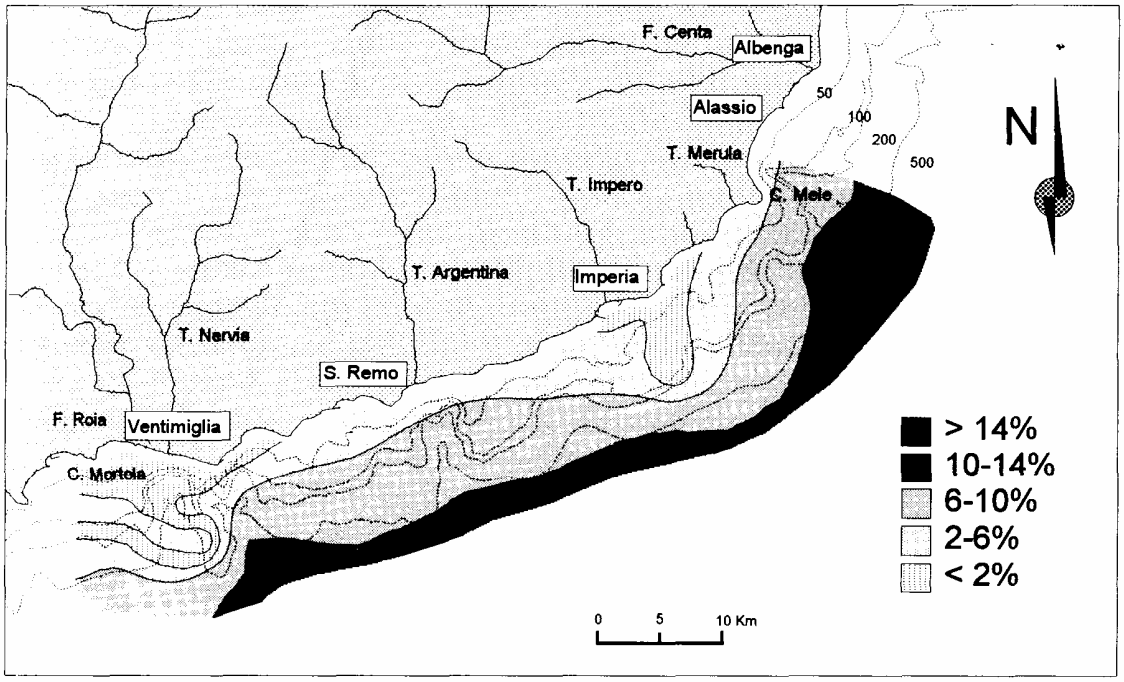


Fig. 8 - Distribuzione della kaolinite nei sedimenti superficiali

- Kaolinite (Fig. 8): presenta anch'essa una distribuzione abbastanza uniforme lungo tutta la zona, con progressivo aumento verso le aree più distali. I contenuti sono mediamente tra 5 e 10%, con un lieve aumento nella zona tra Imperia e Capo Mele.

Serpentino, anfibolo e Mg-calcite, quest'ultima di probabile origine organogena, presentano scarsi contenuti; la discussione sulle ipotesi di provenienza e sulle distribuzioni risulta particolarmente difficile per questi minerali, dato che le variazioni dei contenuti non sono significative.

4. CONCLUSIONI

Il complesso delle analisi tessiturali e mineralogiche ha messo in evidenza la regolarità dei meccanismi di sedimentazione lungo la piattaforma e scarpata continentale del settore di piattaforma ligure indagato.

Le analisi tessiturali segnalano una generale diminuzione delle granulometrie verso il largo ed una deviazione verso ovest sia delle isopache dei sedimenti che delle curve di distribuzione dei sedimenti, in accordo con la direzione delle correnti marine dirette da est verso ovest. Le granulometrie relativamente più grossolane (sabbie), sono localizzate in due ristrette zone (Ventimiglia e Capo Mele), dovute agli apporti del F. Roia e del T. Merula e dei materiali franati dalla costa nella seconda. E' stata inoltre rilevata la marcata azione di drenaggio dei canyons sui sedimenti ed in particolare su quelli fini.

Le analisi mineralogiche hanno consentito di ricostruire la distribuzione dei principali minerali: in generale si osserva una marcata variabilità nei contenuti dei singoli minerali nella fascia più prossima alla costa, notevolmente influenzata dalle litologie affioranti nei bacini idrografici dei corsi d'acqua e lungo la fascia costiera.

In generale il quarzo, sempre abbondante, è maggiormente presente nella parte orientale dell'area ed è dovuto agli apporti dei principali corsi d'acqua: Impero, Merula e Centa. I feldspati e la calcite sono abbondanti lungo tutta la piattaforma ma con concentrazioni che crescono nella parte più occidentale (Capo Mortola - San Remo). Invece la distribuzione della clorite e della mica presenta una discreta regolarità ed un generale progressivo aumento nei campioni più distali; tale andamento indica che questi minerali hanno subito un maggior trasporto. La kaolinite presenta un andamento analogo, ma con le maggiori concentrazioni nell'estrema area orientale, che mette in evidenza l'influenza degli apporti del F. Centa.

BIBLIOGRAFIA

Angrisano, G. & A.G. Segre. 1969. La carta batimetrica del Mediterraneo nord occidentale. LI. 1501. *Istituto Idrografico della Marina di Genova,* F.C. 1030/2: 24 pp.

Boni, A., P. Boni, G.F. Peloso & F. Gervasoni. 1980. Dati sulla neotettonica di parte dei Fogli S. Remo 102, Imperia 103 e Albenga-Savona 92-93. *Contributi alla realizzazione della Carta Neotettonica d'Italia. Parte II, Pubbl. 356 P.F. Geodinamica, Sottoprogetto Neotettonica C.N.R,* Roma: 1245-1282.

Boni, A. & M. Vanossi. 1972. Carta geologica dei terreni compresi tra il Brianzonese Ligure s.l. ed il Flysh ad Helmintoidi s.s. *Atti Ist. Geol. Univ. di Pavia,* 23 pp.

Corradi, N., G.C. Cortemiglia, G. Fierro, F. Fanucci, M. Firpo, & M. Piccazzo. 1989. L'Atlante delle spiagge italiane: foglio 103 Imperia. *C.N.R.,* Roma.

Corradi, N., F. Fanucci, G. Fierro, M. Firpo, M. Piccazzo & L. Mirabile. 1984. La piattaforma continentale Ligure: caratteri, struttura ed evoluzione. *Rapporto Tecnico Finale del Progetto Finalizzato "Oceanografia e Fondi Marini" del C.N.R.*,Roma: 34 pp.

Corradi, N., F. Fanucci, G. Fierro. M. Firpo, M. Piccazzo, A. Ramella & S. Tucci. 1987. Importance de canyons sous marins dans la dynamique sedimentaire de la mer Ligure. *Quaderni dell'Istituto di Geologia dell'Università di Genova* 8.4: 1-32.

Corradi, N., F. Fanucci, G. Gallo & M. Piccazzo. 1980. La sedimentazione olocenica della piattaforma continentale ligure (Portofono - Capo Mortola). *Istituto Idrografico della Marina di Genova,* F.C. 1097: 14 pp.

Fanucci, F., N. Corradi, G.C. Cortemiglia, M. Ferrari, M. Firpo, M. Piccazzo & S. Tucci. 1990. L'Atlante delle spiagge italiane: foglio 102 San Remo. *C.N.R.,* Roma.

Fanucci, F., N. Corradi, M. Firpo, M. Piccazzo & S. Tucci. 1990. Les côtes de la Mer Ligure: morphologie, dynamique et évolution. *Littoral 1990, Comptes rendus du ler symposium international de l'Association européenne EUROCOAST,* Marsiglia 9-13 luglio 1990: 82-86.

Fanucci, F., G Fierro & J.P. Rehault. 1974. Evoluzione quaternaria della piattaforma continentale ligure. *Mem. Soc. Geol. It.,* 13/2: 233-240.

Ferretti, O., F. Immordino, L. Giorgi & M. Setti. 1990. Studio sedimentologico dell'area costiera del Fiume Centa. Risultati Preliminari. *Atti del 9° Congresso A.I.O.L.,* S. Margherita Ligure, 20-23 novembre 1990: 275-285.

Ferretti, O., F. Immordino, M. Setti & S. Tucci. 1991. Clay minerals in the marine sediments and suspended matter (Liguria Sea). *Proc. 7ih EUROCLAY conf. Dresden '91, Greifswald:* 343-345.

Ferretti, O., I. Niccolai, S. Tucci, M. Setti & F. Immordino. 1992. Transport and distribution of sediments along the Ligurian coast. *Hydrobiologia,* 235/236: 17-32.

Firpo, M., N. Corradi, **G.C.** Cortemiglia, F. Fanucci, G. Fierro & M. Piccazzo. 1989. L'Atlante delle spiagge italiane: foglio 92- 93 Albenga-Savona. *C.N.R.,* Roma.

Piccazzo, M. & M. Firpo. 1993. Morfologia ed evoluzione della costa ligure di ponente attraverso la lettura dell'Atlante delle Spiagge italiane. *Atti del 1° Convegno "Salvaguardia Ecologica della Riviera di Ponente",* Rotary Club Sanremo Hambury, San Remo 9-10 maggio 1992: 93-105.

Tucci, S., M. Piccazzo, M. Firpo & N. Corradi. 1992. Interazioni tra morfologia e dinamica sedimentaria: alcuni casi in Liguria. *Atti Colloquio Internazionale Ecologia e protezione del litorale mediterraneo, Commissione RAMOGE,* Principato di Monaco 23-24 ottobre 1992: 159-163.

Veniale, F., M. Setti & M. Tortelli. 1987. Influenza delle procedure sui preparati di "polveri" per analisi diffrattometrica a RX. *ENEA, "Procedure di Analisi di Materiali Argillosi", Collana Studi Ambientali:* 135-179.

Atti del 11° Congresso A.I.O.L.
Sorrento 26-28 Ottobre 1994
da pag. 587 a pag. 602

IL DELTA SOMMERSO DEL FIUME CENTA (ALBENGA): CARATTERISTICHE MORFOLOGICHE E STRATIGRAFICHE

Marco FIRPO, Mauro PICCAZZO, Maria Cristina BONCI,
Roberta IVALDI e Flavio POGGI

Dipartimento di Scienze della Terra, Università di Genova, Italia.

RIASSUNTO

Vengono analizzate le recenti variazioni morfologiche e stratigrafiche del delta del F. Centa (Liguria occidentale): i dati storici raccolti, unitamente alle osservazioni dirette, evidenziano una crisi erosiva del sistema a cui è collegata l'attuale regressione del litorale. Da un'analisi di dettaglio è emerso che nell'ultimo secolo la linea di riva è arretrata a ponente della foce di oltre 200 m, mentre a levante l'arretramento è limitato a circa 100 m; anche il confronto fra dati batimetrici (1882-1991) conferma la crisi erosiva in atto.

Dall'analisi tessiturale e microfaunistica dei sedimenti della carota K4, prelevata nella porzione di prodelta ad una profondità di 50 m, è stato possibile evidenziare tre intervalli:

- 400/200 cm dal top: netta prevalenza delle sabbie (> 50 %) con forme dominanti di foraminiferi tipicamente infralitorali, epifite o infaunali con preferenza per fondali detritico-sabbiosi;
- 200/30 cm dal top: aumento del tenore in silt, accompagnato dal mutamento dell'associazione di microfauna bentonica dominante, che risulta essere quella tipica del piano infralitorale o circalitorale superiore, con fondale fango-limoso e condizioni ambientali difficili;
- 30/0 cm dal top: si evidenzia una tendenza a tornare verso condizioni sedimento-logico-microfaunistiche simili a quelle presenti nel primo intervallo.

Il passaggio a 2 m è improvviso per quanto riguarda la tessitura dei sedimenti, mentre la fauna si adatta alla nuova situazione del fondo con maggior lentezza.

SUMMARY

Recent morphologic and stratigraphic changes of the Centa River delta (Western Liguria) are analysed: both historical data and direct observation display that the delta System is undergoing erosion. This is the cause for the present littoral regression. A detailed analysis has shown that, from the mouth westwards, the shoreline has moved more than 200 m backwards during the latest century, while, in the east-side, the retreat does not reach 100 m; also the comparison between bathimetric data (1882-1991) confirms the shoreline retreat.

The submarine delta is characterized by a particular kind of environment. The textural and microfaunal analysis carried out on the sediments of the K4 core, sampled in the prodelta zone at a depth of 50 m, outlines some distinctive features of this environment, especially the ones related with the sea bottom. Although the whole tested samples show

peculiarities typical of the infralittoral - upper circalittoral environment, it is possible to divide the core up into the following three intervals:

- 400-200 cm from the top: sediments are clearly sandy (sand > 50 %) with prevailing typically infralittoral foraminifera taxa, epiphite or infaunal with preference for detrital-sandy substrata.

- 200-30 cm from the top: increase of the silt rate immediately followed by a change in the dominant benthic microfauna community that appears to be typical of the infralittoral-high circalittoral environment with silty-clayey substratum and harsh environmental conditions (high sedimentation rates, poorly oxigenated waters, salinity and temperature fluctuations).

- 30-0 cm from the top: there's a clear trend to get back to sedimentary-microfaunal features similar to the ones which characterize the first interval.

The textural change, which occurs at a depth of 2 m from the top, is sudden, while the microfaunal community needs a longer time to adjust itself to the new sea-bottom conditions.

1. MORFOLOGIA

Il bacino del F. Centa, tra i più importanti della Liguria occidentale, può essere distinto in due sottobacini principali, quelli del T. Lerrone e del T. Neva, dalla cui confluenza, a 3 km da costa, ha origine il F. Centa propriamente detto (Fig. 1); complessivamente viene drenata un'area di 427 km^2.

Fig. 1 - Veduta aerea della parte terminale del F. Centa.

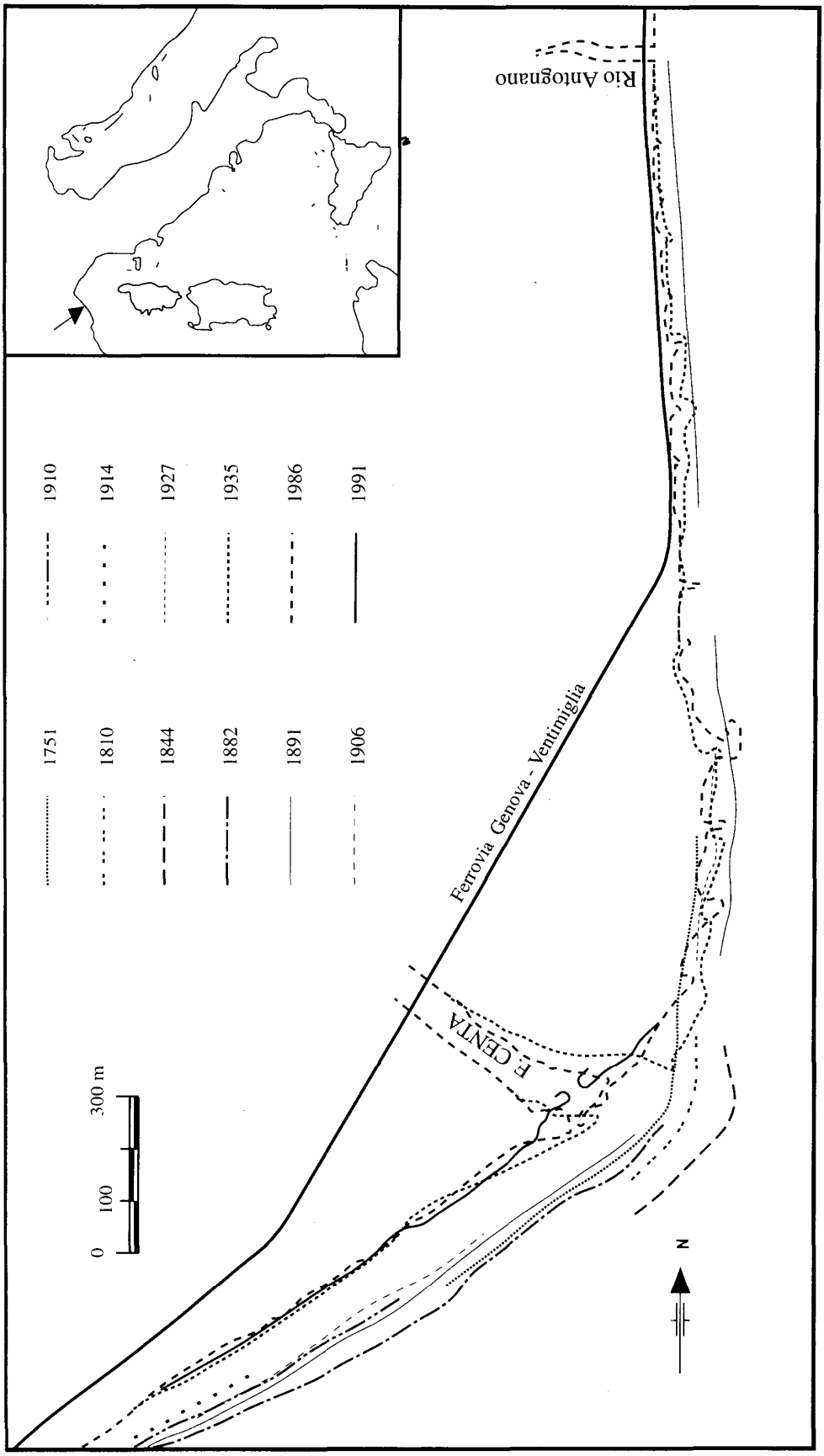


Fig. 2 - Variazioni storiche della linea di riva.

Dal punto di vista geologico la bassa valle è caratterizzata dalla presenza di depositi quaternari, essenzialmente di tipo alluvionale, che ricoprono quelli pliocenici che, a loro volta, poggiano trasgressivamente su un substrato più antico, in precedenza sottoposto a diverse fasi deformative legate all'orogenesi alpina. Si tratta di terreni appartenenti alla zona Prepiemontese, corrispondente al settore più esterno del dominio Piemontese s.l.: solo marginalmente affiorano litotipi di pertinenza Piemontese-Ligure.

Secondo la classificazione di Galloway (1975) la morfologia di un delta può essere distinta in base a tre fattori fisici: il trasporto solido, l'azione del moto ondoso e l'ampiezza dell'escursione di marea; il delta del F. Centa, nel diagramma proposto dall'Autore, si situa nell'area "a moto ondoso dominante" in cui la sedimentazione ha una non trascurabile importanza.

I primi dati storici attendibili sulla morfologia dell'area risalgono al I secolo a.C. quando il Centa scorreva più a settentrione dell'allora città di *Albingaunum.* La linea di costa era più all'interno di alcune centinaia di metri, sino a più di un chilometro nella parte

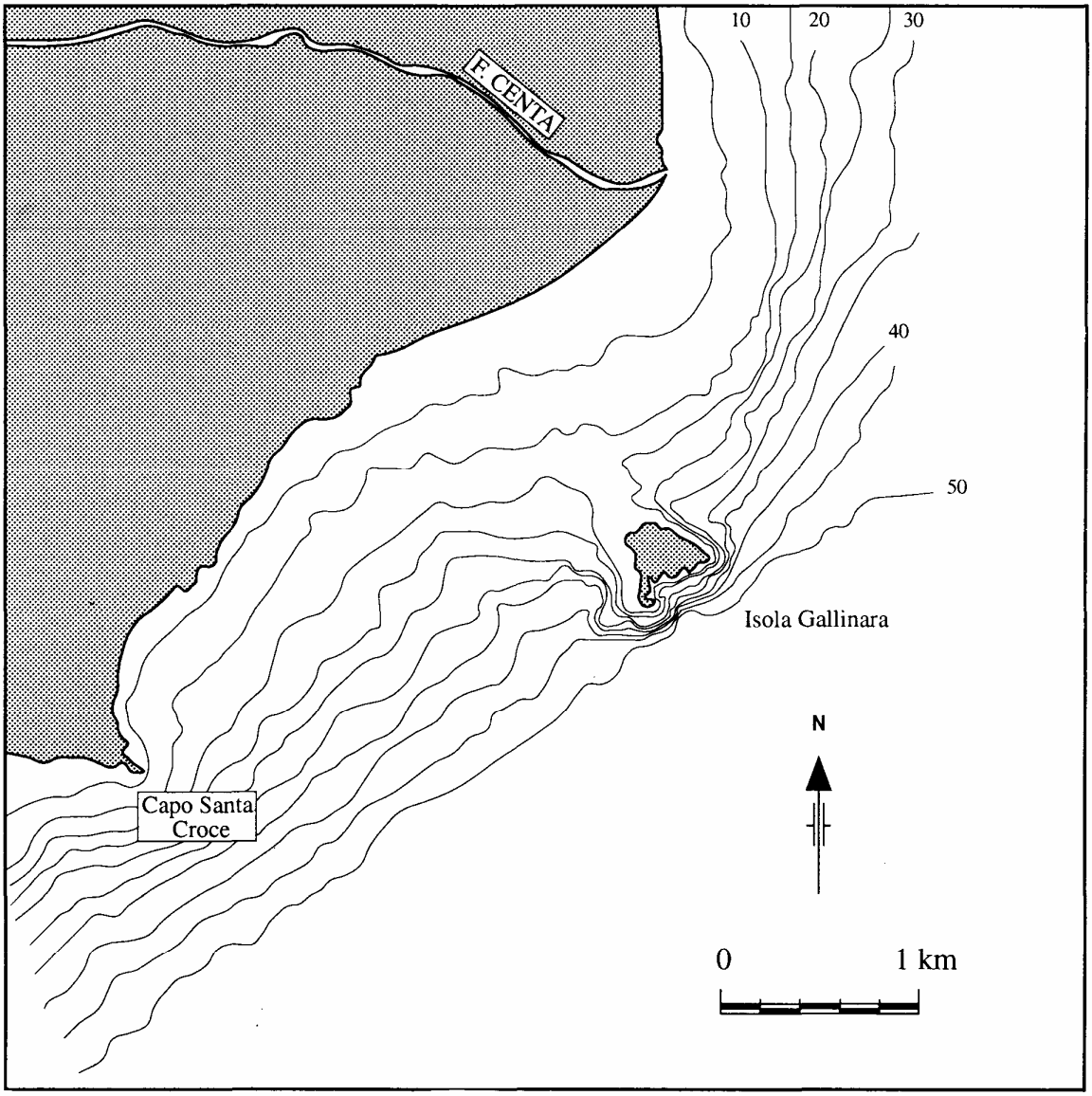


Fig. 3 - Curve batimetriche relative al 1882.

occidentale. Il fiume ha mantenuto il tracciato a levante di Albenga fino al XIII secolo; è poi seguito un periodo caratterizzato da ingenti piene e dal divagare dell'asta fluviale con la presenza di uno o due corsi principali. La documentazione storica della fine del XVII secolo attesta la presenza di due rami, situazione che si è protratta fino all'inizio del secolo successivo. Solo dopo la metà del '700 l'assetto idrografico ha assunto caratteristiche analoghe a quelle attuali, con una zona di paludi costiere completamente bonificate all'inizio del nostro secolo e con il corso, nella parte terminale, leggermente curvato verso levante, secondo la direzione di trasporto prevalente dei sedimenti. L'antropizzazione ha poi condizionato l'evoluzione di tutto il litorale, ed in particolare del delta emerso, visto che la piana è occupata in parte dall'abitato di Albenga ed in parte da insediamenti agricoli ed industriali (Fig. 1); attualmente il delta presenta comunque una caratteristica forma arcuata dipendente dalla dinamica del paraggio.

La linea di riva ha, in parallelo, subito notevoli variazioni ed è stato possibile delinearne un quadro evolutivo di dettaglio dal 1751 al 1991 (Fig. 2) sulla base di

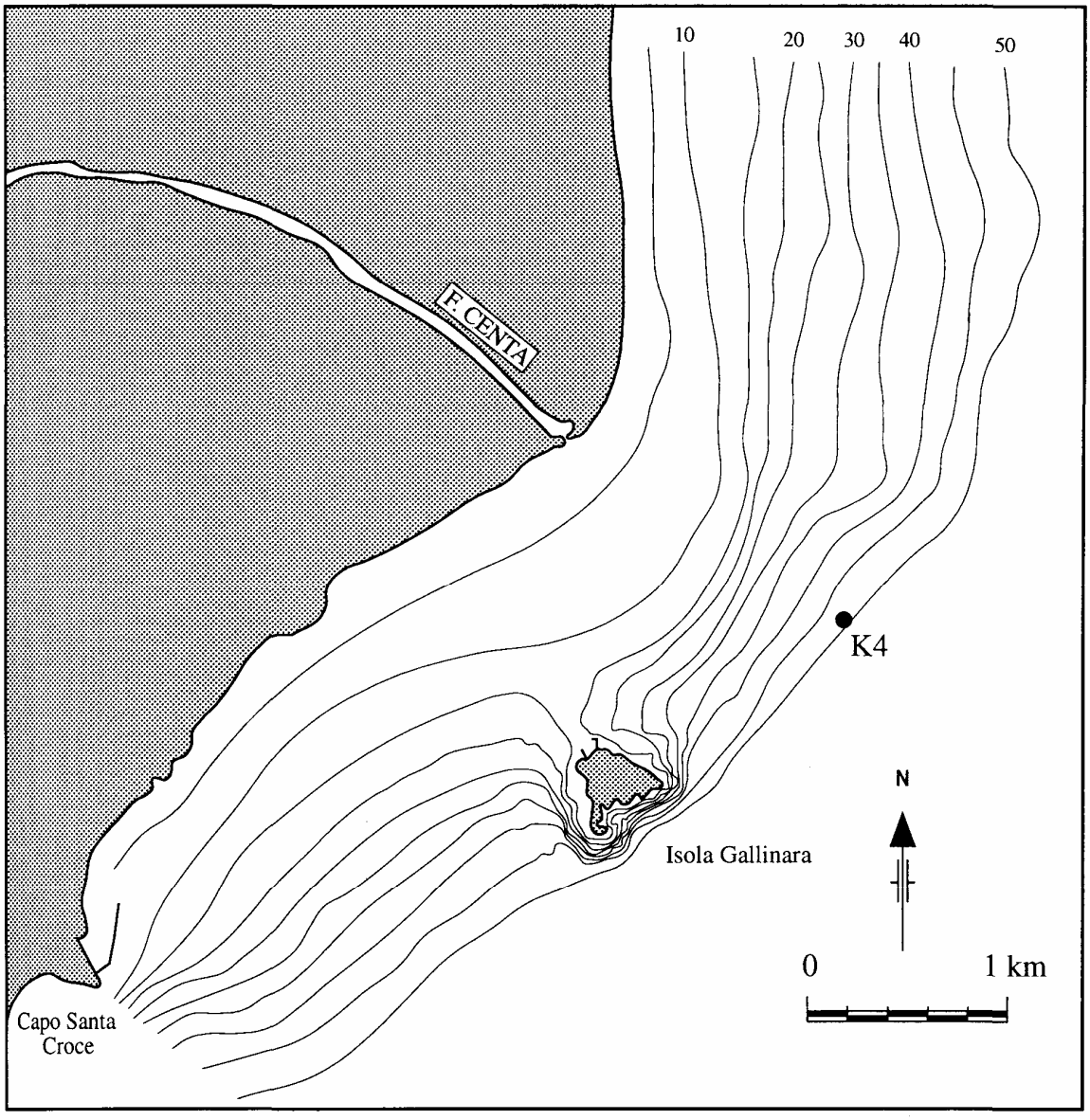


Fig. 4 - Curve batimetriche risalenti al 1991.

cartografie storiche (Ascari at al., 1937), grafici di scandagliamento dell'Istituto Idrografico della Marina di Genova e rilievi recenti: dal confronto di tutti questi dati è emerso come la costa ed il delta siano avanzati fino al secolo scorso, raggiungendo il massimo protendimento nel 1844, a cui è seguita una progressiva erosione fino all'attuale posizione, con un rallentamento dopo il 1935, forse diretta conseguenza delle opere di difesa. Nell'area deltizia è stata calcolata una regressione del litorale di oltre 200 m negli ultimi 150 anni mentre la costa, a ponente della foce, è arretrata di circa 80-120 m dal 1882 al 1935. L'arretramento nella zona a levante, dove è presente il tracciato ferroviario, inizia successivamente al 1893: la spiaggia, facendo riferimento alle planimetrie del progetto della linea ferroviaria del 1885, aveva una profondità variabile tra i 70 ed i 120 m e si può rilevare che in circa un secolo è stata erosa completamente.

Inoltre, mettendo a confronto i dati relativi a batimetrie risalenti alla fine del secolo scorso (Fig. 3) e al 1992 (Fig. 4), sono state prese in considerazione le variazioni subite dalla porzione di delta sommerso: in questo intervallo di tempo la sua morfologia non ha subito importanti mutamenti se non un approfondimento delle isobate lungo costa e lo spostamento della fronte deltizia e del prodelta verso Capo S. Croce, dovuto alla tendenza degli apporti solidi a migrare verso occidente.

L'andamento complessivo delle isobate non è praticamente variato, restando parallelo alla linea di costa, con una pronunciata convessità verso mare. La presenza dell'Isola Gallinara è stata determinante nel condizionare morfologicamente tutta l'area deltizia rallentando il processo erosivo in atto.

Un profilo sismico perpendicolare all'attuale delta sommerso, nella porzione di prodelta (Fig. 5), ne evidenzia la tipica morfologia progradante su una piattaforma. I sedimenti olocenici ricoprono la superficie di erosione derivata dalla trasgressione versiliana. È visibile inoltre, nella parte centrale del profilo, sotto gli accumuli olocenici, una porzione erosa che dovrebbe indicare la linea di riva presente all'inizio della trasgressione versiliana. Il substrato produce un effetto soglia per i sedimenti trattenuti in un piccolo bacino visibile nella porzione distale del profilo.

2. ANALISI TESSITURALI

Durante una campagna di prelievi nella zona del delta sommerso sono stati effettuati campionamenti di fondo utilizzando un vibrocarotatore MIC-VEGA-KABELTEKNIC. Tra questi è stata scelta la carota K4, di lughezza superiore ai 4 m, prelevata sull'isobata dei 50 m in posizione frontale rispetto all'attuale foce del F. Centa (Fig. 4), in quanto presentava, ad un primo esame macroscopico, una notevole variabilità tessiturale.

La carota è stata campionata in 17 punti ad intervalli non regolari, scelti in modo da mettere in evidenza le variazioni granulometriche; il sedimento prelevato è stato analizzato sia da un punto di vista tessiturale sia micropaleontologico.

Dall'osservazione del diagramma riportato in figura 6 la carota K4 può essere suddivisa in tre intervalli con caratteristiche tessiturali molto diverse fra loro:

- intervallo I (400-200 cm): si ha una netta prevalenza della sabbia, con tenori quasi ovunque superiori al 50 %. I sedimenti risultano essere poco o molto poco classati, con curve di frequenza a forte asimmetria positiva, a testimonianza dell'esistenza di un'importante coda di materiale fine;
- intervallo II (200-30 cm): si verifica un deciso aumento, dell'ordine del 20-30 %, della percentuale di silt, accompagnato dalla crescita del tenore in argilla e dalla diminuzione repentina della sabbia. I sedimenti risultano essere sempre molto poco classati, con curve di frequenza mesocurtiche e simmetriche;
- intervallo III (30-0 cm): si ha un nuovo aumento del contenuto in sabbia e in argilla a spese del silt. In questo modo i tenori delle tre classi tessiturali si uniformano ed il

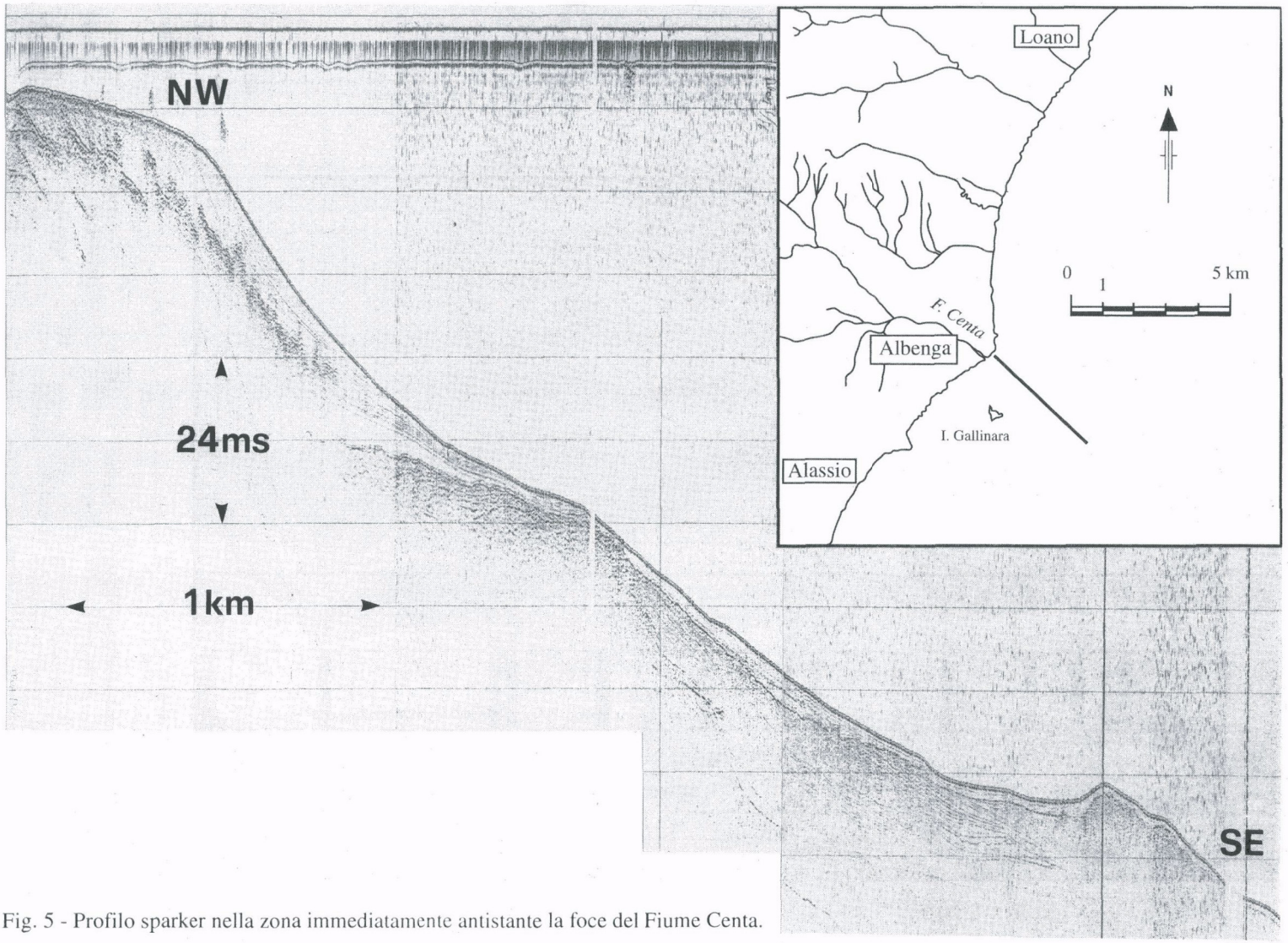


Fig. 5 - Profilo sparker nella zona immediatamente antistante la foce del Fiume Centa.

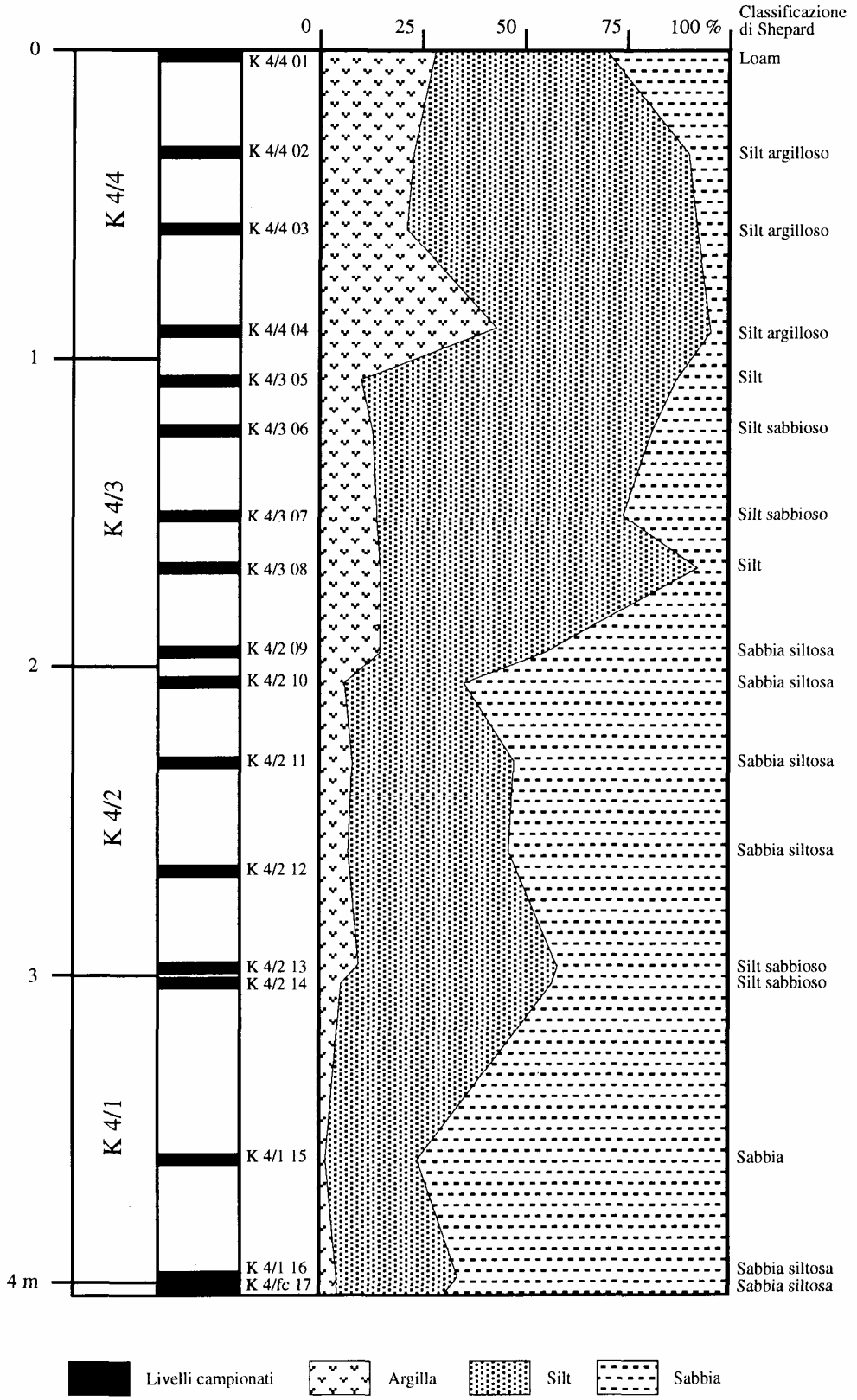


Fig. 6 - Granulometria della carota K4.

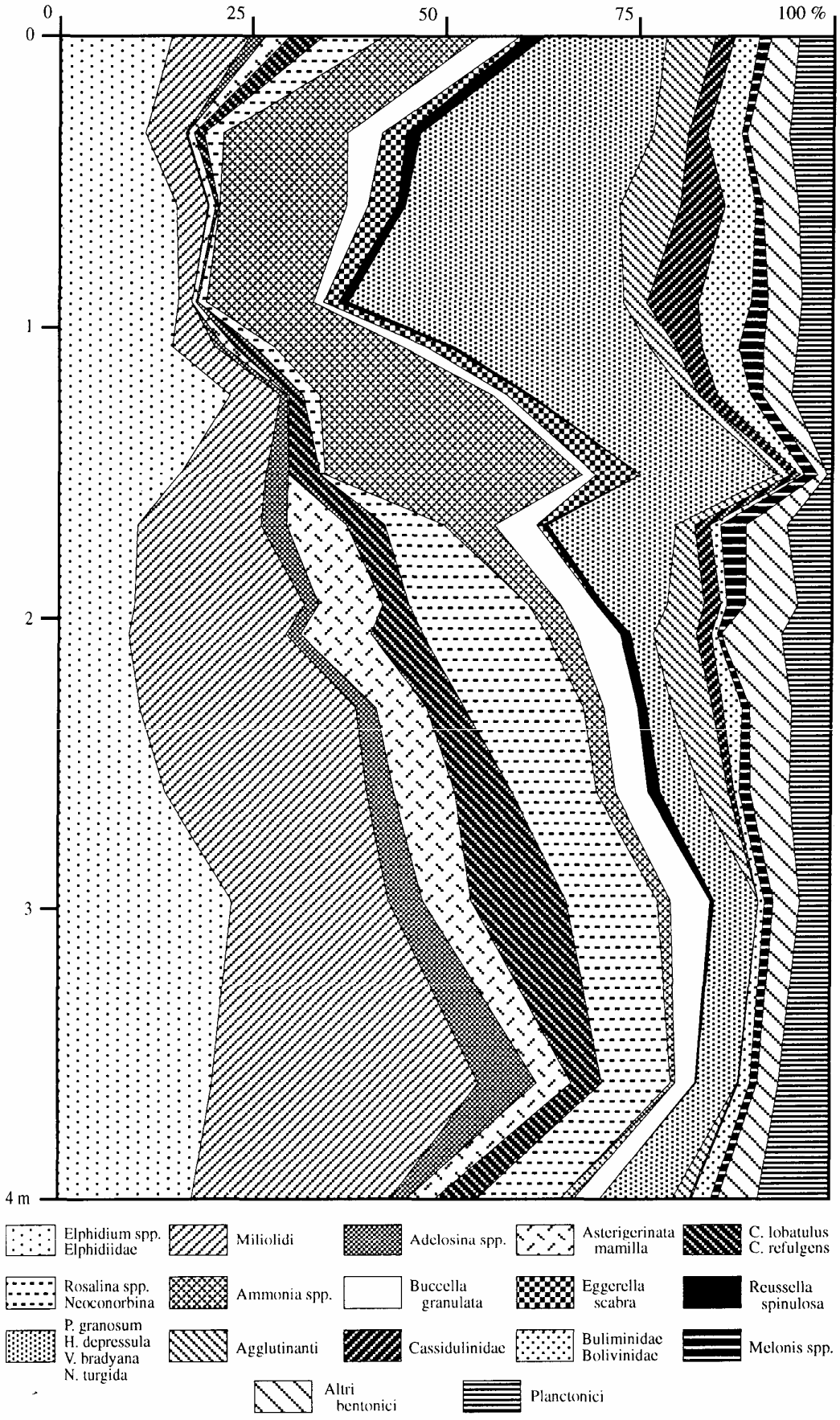


Fig. 7 - Distribuzione dei Foraminiferi nella carota K4.

sedimento può essere classificato come "loam" (Shepard, 1954), sottintendendo, quindi, una classazione pressoché nulla.

3. LA MICROFAUNA A FORAMINIFERI

L'associazione a foraminiferi è stata studiata sia dal punto di vista qualitativo sia da quello quantitativo.

L'analisi qualitativa sulla frazione superiore a 75 µm ha portato all'individuazione di 209 taxa appartenenti a 93 generi, con una nettissima dominanza delle forme bentoniche, la cui percentuale varia da un minimo di 93,5 ad un massimo di 99,4.

L'analisi quantitativa è stata eseguita sulla frazione superiore a 125 µm, contando un minimo di 300 esemplari tra bentonici e planctonici, con l'unica eccezione del campione 7, dove, su tutto il residuo, sono stati individuati solo 172 esemplari. I risultati dei conteggi, tradotti in percentuale, sono stati riportati su una curva cumulativa (Fig. 7) raggruppando i planctonici per evidenziare il rapporto P/P+B. Per quanto riguarda i bentonici sono state conteggiate insieme le specie che forniscono le medesime indicazioni ambientiali e, sotto l'indicazione "altri bentonici", sono stati riuniti tutti i taxa a presenza assolutamente sporadica e non significativi nella caratterizzazione dell'associazione.

3.1. Foraminiferi planctonici

Il plancton è sempre scarsamente rappresentato: la frequenza rispetto ai foraminiferi totali oscilla, in media, tra il 4 ed il 5 % (Fig. 7).

Le specie più comuni sono *Globigerina bulloides* e *Globigerinoides ruber,* caratterizzate dalle frequenze più elevate in tutti i campioni, fatta eccezione per quelli sommitali (1 e 2), dove i planctonici più diffusi sono *Globorotalia truncatulinoides* e *Globorotalia inflata,* presenti anche negli altri livelli, seppure con frequenze più basse. L'associazione è completata da rari esemplari di *Globigerinella calida, Globigerina* sp., *Globigerinoides sacculifer, Globigerinoides trilobus, Globorotalia* sp., *Turborotalita quinqueloba, Orbulina universa.*

Nel complesso si nota una tendenza, più spiccata verso il top della carota, alla prevalenza degli elementi caldi *(Globigerinoides ruber)* e temperato-caldi *(Globorotalia truncatulinoides* e *Globorotalia infiala)* sugli elementi freddi *(Globigerina bulloides).* Non è stato, però, possibile costruire una curva paleoclimatica significativa, dato che i valori di frequenza dei markers climatici sono, comunque, sempre troppo bassi.

3.2. Foraminiferi bentonici

L'analisi delle associazioni a foraminiferi bentonici ha permesso di individuare, dal basso verso l'alto, i seguenti tre intervalli (Fig. 7):

- intervallo I (campioni 16-8).

L'associazione è caratterizzata dalla dominanza di Miliolidi (fino al 41,98 %) ed *Elphidium* spp., seguiti da Discorbidae *(Rosalina* spp. e *Neoconorbina* spp.), Cibicididae *(Cibicides lobatulus* e *C. refulgens), Asterigerinata mamilla, Buccella granulata* e il complesso *Protoelphidium granosum-Haynesina depressula-Valvulineria bradyana-Nonionella turgida.*

Reussella spinulosa, Melonis spp., Buliminidae, Bolivinidae e Cassidulinidae sono presenti solo come elementi accessori a frequenze generalmente inferiori a 2,5 %. Il genere *Ammonta* (in prevalenza rappresentato da *A. beccarli* e subordinatamante da *A. infiala)* registra una presenza piuttosto ridotta nella prima metà dell'intervallo, con una tendenza regolare all'aumento nella metà superiore. Gli Agglutinanti, estremamente sporadici fino al campione 13, raggiungono un massimo (5,54 %) in corrispondenza del campione 10.

Nei livelli basali si può osservare una tendenza all'aumento dei Miliolidi con, in particolare, un massimo al campione 15 (7,59 %) del gruppo delle Adelosine (sul grafico distinte dagli altri Miliolidi). Nei livelli sommi tali, invece, si registra un trend decrescente dei gruppi dominanti, ad eccezione di *Protoelphidium granosum-Haynesina depressula-Valvulineria bradyana-Nonionella turgida,* che, all'opposto, aumentano in modo consistente, raggiungendo una frequenza (16,1 %) molto vicina a quella dei Miliolidi;

- intervallo II (campioni 7-2).

L'associazione subisce un rapido cambiamento con un drastico calo delle frequenze di buona parte degli elementi dominanti nell'intervallo precedente: Discorbidae, Cibicididae, *Asterigerinata marnilla* e *Baccella granulata* si riducono, alcuni, come *A. mamìlla,* fino alla scomparsa; anche i Miliolidi diminuiscono notevolmente (fortissima la riduzione delle Adelosine) per arrivare nel campione 4 alla frequenza più bassa registrata in tutta la carota (1,62 %).

Al contrario *Protoelphidium granosum-Haynesina depressula-Valvulineria bradyana-Nonionella turgida* sono in piena espansione e diventano il gruppo dominante seguiti, in questa tendenza, *da Ammonta* e, in una certa misura, anche da *Elphidium* spp.

Cassidulinidae, Buliminidae, Bolivinidae e gli Agglutinanti registrano anch'essi un certo aumento, anche se molto più contenuto, e diventano elementi caratterizzanti, sia pure secondari. Tra gli Agglutinanti va segnalata la comparsa, con frequenze che arrivano anche al 5,85 % (campione 7) di *Eggerella scabra,* assente nell'intervallo precedente. Per quanto riguarda *Reussella spinulosa* e *Melonis* spp. non si notano variazioni significative.

Tutto l'intervallo è caratterizzato da una rilevante riduzione della diversità specifica, particolarmente accentuata nella fase iniziale dove, come già accennato, si ha anche un netto impoverimento quantitativo;

- intervallo III (campione 1).

Gli ultimi 30 cm al top della carota sono caratterizzati da una tendenza generale a ripristinare la situazione dell'intervallo I.

Protoelphidium granosum-Haynesina depressula-Valvulineria bradyana-Nonionella turgida, pur essendo sempre gli elementi dominanti, sono in diminuzione, mentre ritornano ad aumentare le specie che caratterizzano l'intervallo I. In particolare i Miliolidi arrivano a superare in frequenza *Ammonia,* ricollocandosi tra gli elementi dominanti.

Anche per Cassidulinidae, Bolivinidae, Buliminidae, ed *Eggerella scabra* con più evidenza, si registra una tendenza alla riduzione della frequenza.

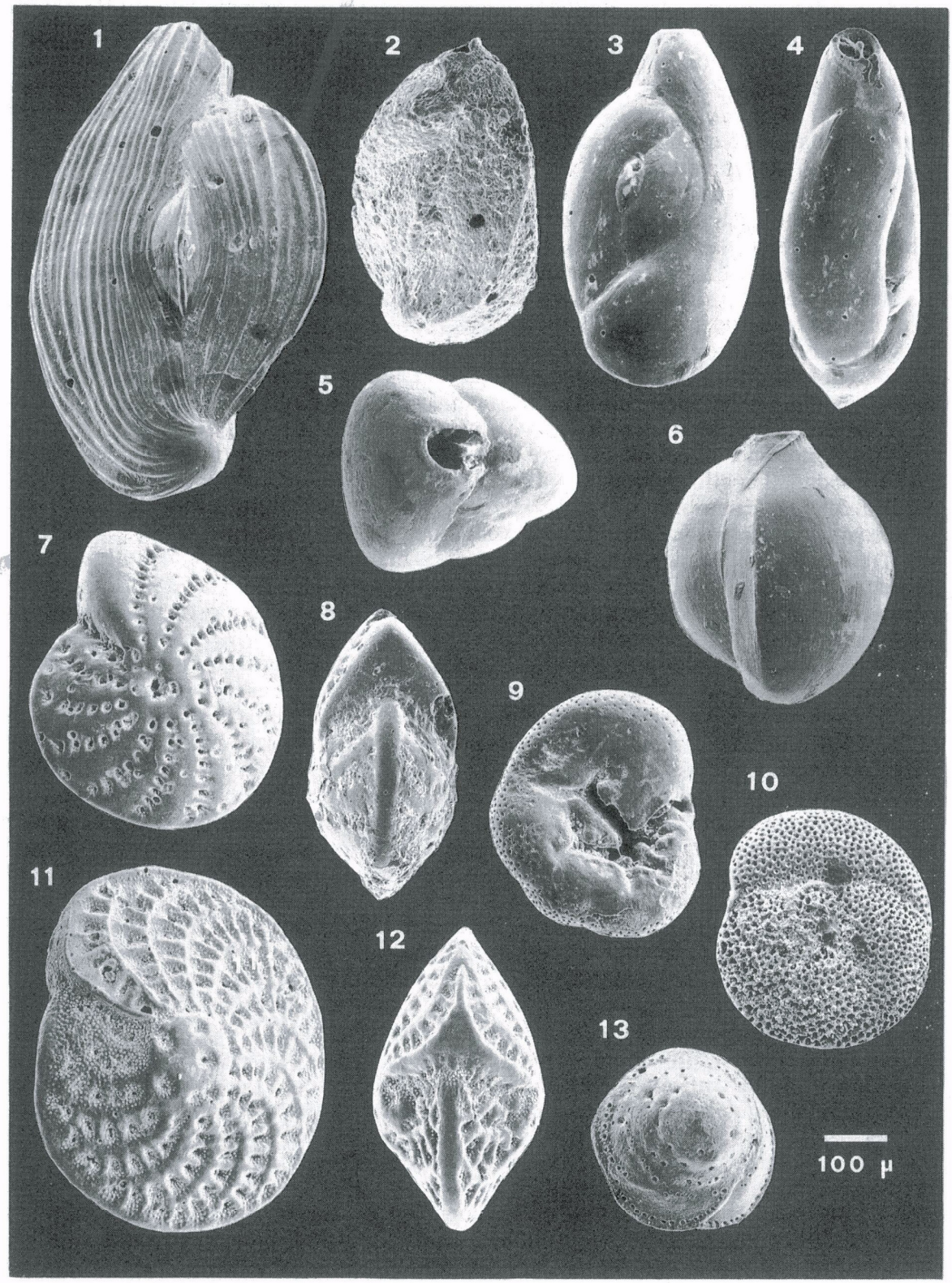
3.3. Osservazioni paleoecologiche

L'intervallo I può rappresentare un ambiente infralitorale con fondali sabbiosi o coperti da popolamenti vegetali, acque limpide e ben ossigenate. Gli elementi dominanti, infatti, sono per la maggior parte specie tipicamente infralitorali, sia epifite (Langer, 1988) mobili (*Quinqueloculina, Triloculina, Elphidium crispum, E. macellum. E. aculeatum*) o fisse a mobilità temporanea (*Rosalina, Asterigerinata*) o incrostanti fisse (*Cibicides*), sia infaunali a prevalente preferenza per fondali sabbiosi (vari Miliolidi agglutinanti, *Elphidium* "non carenati").

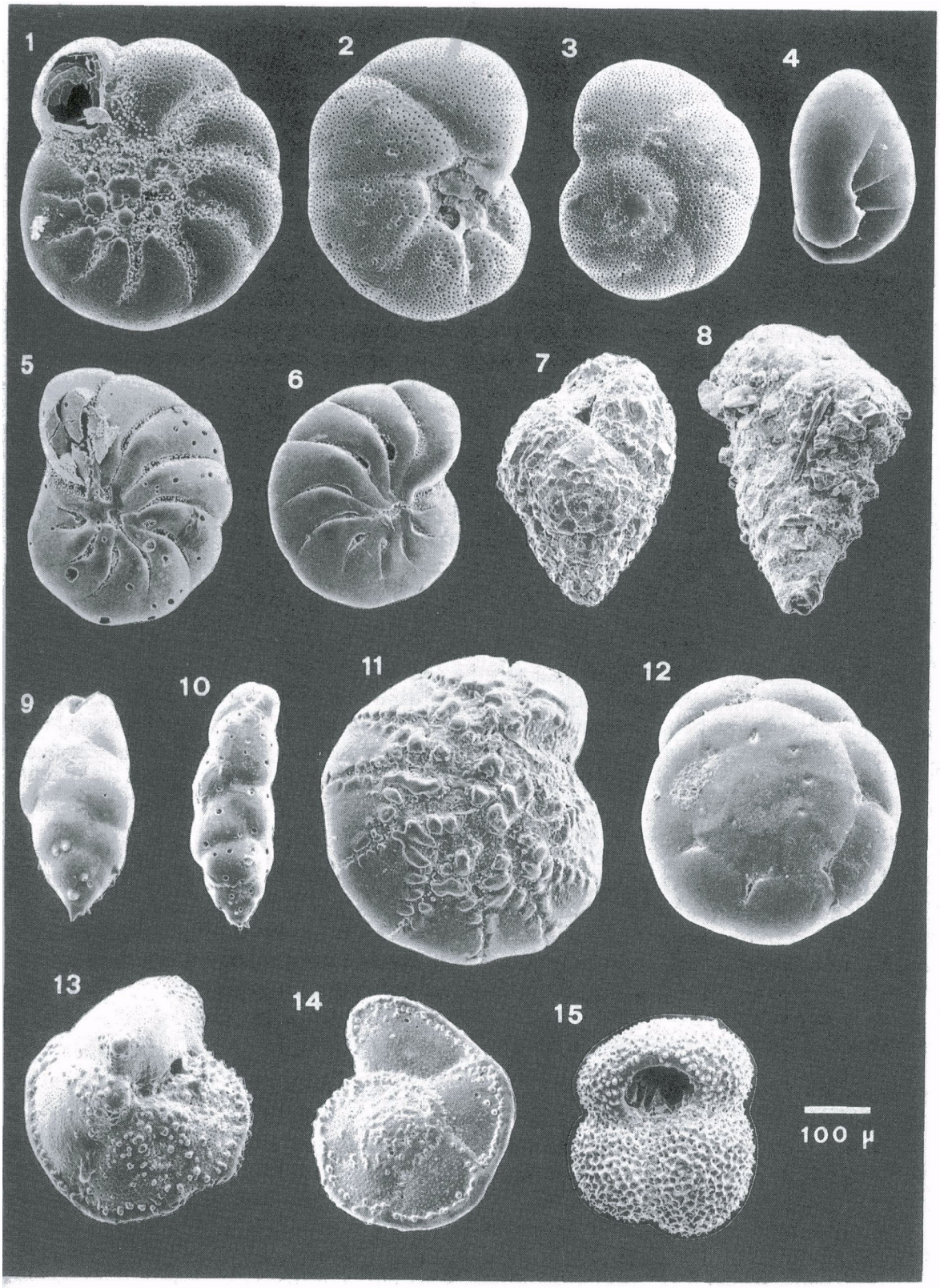
Attualmente un'associazione di questo tipo nel Mediterraneo occidentale (Blanc-Vernet, 1988) è tipica di biotopi dell'infralitorale: popolamenti vegetali tipo "praterie a Posidonie" o zone, ad essi contigue, a fondale detritico-sabbioso e soggette al moto ondoso.

La maggiore frequenza di specie del genere *Adelosina* potrebbe far preferire, per la parte bassa dell'intervallo, l'ipotesi del fondale detritico prima citato, dato che il suddetto genere sembra particolarmente abbondante, soprattutto con le forme costulate, in un ambiente di questo tipo (Blanc-Vernet, 1969 e 1988).

L'intervallo II è, invece, riferibile ad un ambiente infralitorale-circalitorale superiore con fondale fango-limoso. Rispetto all'intervallo I, quindi, la differenza sta non tanto in



Tav. 1 - Foraminiferi bentonici; taxa tipici di fondali detritico-sabbiosi o a copertura vegetale: 1) *Adelosina dagornae*. 2) *Quinqueloculina berthelotiana*. 3-4) *Adelosina dubia*: 3. vista laterale, 4. profilo. 5) *Triloculina trigonula*: vista aperturale. 6) *Triloculina gibba*. 7-8) *Elphidium punctatum*: 7. vista laterale, 8. vista aperturale. 9) *Rosalina bradyi*. 10) *Rosalina obtusa*. 11-12)*Elphidium crispum*: 11. vista laterale, 12. vista aperturale. 13) *Asterigerinata mamilla*.



Tav. 2 - Foraminiferi bentonici; taxa tipici di fondali fango-limosi: 1) *Protoelphidium granosum.* 2-3)*Valvulineria bradyana*: 2. lato ombelicale, 3. lato spirale. 4) *Nonionella turgida.* 5-6) *Haynesina depressula.* 7) *Eggerella scabra.* 8) *Textularia* sp.. 9) *Bulimina aculeata.* 10) *Bulimina elongata.* 11) *Ammonia beccarii.* 12) *Ammonia inflata.*
Foraminiferi planctonici: 13-14)*Globorotalia truncatulinoides excelsa*: 13. lato ombelicale, 14. lato spirale. 15) *Globigerinoides ruber.*

una significativa variazione batimetrica, quanto nel tipo di fondale. Nell'associazione, infatti, si riducono drasticamente o scompaiono le forme dei popolamenti vegetali e dei fondali detritico-sabbiosi, mentre aumentano notevolmente le specie attualmente caratteristiche dei Fanghi Terrigeni Costieri o del Detritico Infangato, come *Nonionella turgida, Valvulineria bradyana, Protoelphidium granosum.*

Anche l'aumento di frequenza di Buliminidae, Bolivinidae e Cassidulinidae è, in questo caso, conseguenza non tanto di maggiore profondità (le percentuali sono ancora troppo basse), quanto, trattandosi di forme nettamente vasicole, del passaggio ad un fondale fangoso o comunque a prevalente componente fine. Parallelamente è interessante notare la comparsa e il relativo sviluppo di *Eggerella scabra,* agglutinante di bassa profondità su sabbie fini e fango.

Inoltre tra gli *Ephidium,* in genere frequenti sia nell'infralitorale sia nel circalitorale superiore, si nota un aumento di *E. cuvilleri,* specie più spiccatamente vasicola e tollerante di diminuzioni della salinità, a fronte di una diminuzione di *E. crispum,* epifita a mobilità permanente (Langer, 1988).

Per quanto riguarda la forte espansione di *Ammonta* bisogna ricordare che si tratta di una forma infaunale di bassa profondità, piuttosto indifferente al tipo di fondale (Vénec-Peyré, 1984); tali caratteristiche sono tipiche, soprattutto, di *A. beccarli,* ben nota per la sua capacità di adattarsi con successo a condizioni non ideali, come forti correnti, elevata torbidità ed intensa sedimentazione (Vénec-Peyré, 1983 e 1984). Vénec-Peyré (1984), per esempio, la segnala come dominante in associazioni di sedimenti mobili (fanghi sabbiosi e detritico-fangosi). La frequenza elevata di *Ammonia* nell'intervallo II potrebbe, quindi, essere il segno di condizioni ambientali più difficili e instabili legate a cambiamenti nella sedimentazione: aumento dell'apporto fine e maggiore torbidità delle acque. La presenza costante, anche se non rilevante, di *A. tepida* può essere segno di una certa tendenza alla diminuzione della salinità (Vénec-Peyré, 1983). Infine si può notare che la già citata riduzione della diversità specifica, che caratterizza questo intervallo, si inserisce abbastanza bene nel quadro di un ambiente a condizioni nel complesso meno favorevoli alla microfauna a foraminiferi.

Nell'intervallo III si osserva, infine, una tendenza al ripristino dell'ambiente dell'intervallo I: le forme vasicole dominanti nell'intervallo II regrediscono, mentre sono in aumento le forme epifite e di fondali detrico-sabbiosi.

Le curve relative all'andamento delle associazioni a foraminiferi bentonici nella carota K4 registrano variazioni legate al tipo di fondale più che alla batimetria, in quanto si rimane sempre nell'ambito dell'infralitorale-circalitorale superiore. Si è, infatti, evidenziato il passaggio da un'associazione tipica di fondali detritico-sabbiosi con o senza copertura vegetale, con acque limpide e ben ossigenate, ad un'altra caratteristica di fondale fango-limoso in acque più torbide e probabilmente un po' meno ossigenate. Verso il top della carota si nota, infine, la tendenza a tornare a condizioni di fondale simili a quelle che caratterizzano la metà più profonda.

4. CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

I protendimenti deltizi in Mediterraneo rappresentano equilibri estremamente delicati e sensibili alle più piccole variazioni di apporti terrigeni e regimi meteomarini, fattori a loro volta dipendenti da piovosità e regime dei venti; essi constituiscono quindi importanti archivi dai quali ricavare utili informazioni sulle modificazioni recenti del clima e dell'ambiente: la piattaforma continentale ligure è ricca di tali depositi e quello del F. Centa è risultato uno dei più importanti e significativi.

La raccolta ed il confronto dei dati provenienti da varie discipline (storia, geomorfologia, geologia, paleontologia per citare le più importanti) hanno permesso di ricostruire alcune modificazioni nel tratto terminale del fiume così schematizzabili:

- la posizione della foce ha migrato verso sud, accompagnata dalla parte sommersa del delta; residui di un antico deposito fluviale sulla piattaforma sono visibili nei profili sismici a nord dell'attuale posizione, in corrispondenza del Rio Antognano;

- la linea di riva ha subito in epoca storica notevoli variazioni, ricostruite con dettaglio per gli ultimi 150 anni;

- il variare nel tempo degli apporti fluviali ha inciso profondamente sulle biocenosi: infatti il confronto nella carota K4 tra il diagramma di distribuzione dei foraminiferi bentonici e quello relativo alle tessiture del sedimento (Figg. 6 e 7) mette in evidenza numerose analogie.

Vi è inoltre da sottolineare la non perfetta coincidenza tra gli intervalli in cui è stata suddivisa la carota per quanto concerne la tessitura del sedimento e la microfauna a foraminiferi presente. Ciò sembra essere imputabile ad un più lento adattamento della microfauna alle variate condizioni sedimentologiche: il cambiamento di tessitura del fondale, evidenziatesi in maniera brusca nel campione 8 (i tenori delle sabbie passano dal 44,9 al 7,8 %), non è accompagnato da un'analoga variazione della microfauna che, solo nel campione successivo, si adatta alle mutate condizioni ambientali.

Questi fatti confermano l'opinione che nel settore di piattaforma studiato la granulometria del sedimento e l'andamento della sedimentazione costituiscono i fattori che hanno influenzato non solo la morfologia, ma anche la composizione e l'evoluzione delle associazioni a foraminiferi bentonici.

BIBLIOGRAFIA

Ascari, M., L. Baccino & G. Sanguineti. 1937. Le spiagge della riviera ligure. Variazioni storiche della linea di battigia della riviera ligure di ponente. *C.N.R. Com. per la Geogr.- Com. per l'Ing.:* 52-60.

Blanc-Vernet, L. 1969. Contribution a l'étude des Foraminifères de Méditerranée. *Recueil des travaux de la Station marine d'Endoûme,* F. 64, b. 48, 315 pp.

Blanc-Vernet, L. 1988. Répartition bathymétrique des foraminifères benthiques sur la plate-forme continentale. *Geologie Méditerranéenne,* Tome XV, n° 1: 5-12.

Boni, A., P. Boni, G.F. Peloso & S. Gervasoni. 1980. Dati sulla neotettonica di parte dei fogli S. Remo (102), Imperia (103) ed Albenga-Savona (92-93). *Contr. Prelim. Carta Neotett. Italia,* Parte II, Pubbl. 356: 1245-1282.

Boni, A. & M. Vanossi. 1972. Carta geologica dei terreni compresi tra il Brianzonese ligure s.l. ed il Flysch ad Helmintoidi s.s. *Atti Ist. Geol. Univ. Pavia,* 23, tav. 24.

Boni, P., G.F. Peloso & P.L Vercesi. 1984. Il bacino pliocenico di Albenga (Liguria occidentale). *Rena. Soc. Geol. It.,* 7: 11-12.

Boni, P., G.F. Peloso & P.L. Vercesi. 1984. Nuovi dati e considerazioni sulla stratigrafia del bacino pliocenico di Albenga (Alpi Marittime). *Mem. Soc. Geol. It.,* 28: 385-396.

Boni, P., G.F. Peloso & P.L. Vercesi. 1988. Considerazioni morfotettoniche su alcune divagazioni fluviali nella piana di Albenga (Alpi Marittime). *Rend. Soc. Geol. It.,* 11:333-338.

Coccioni, R., M. Bellagamba, R. Di Leo, D. Savelli & M. Tramontana. 1992. Latest Pleistocene-Holocene paleoclimatic record and sea-level changes in the central Adriatic Sea: Foraminifera evidence from Gore A 85-10. *Il Quaternario,* 5 (2): 147-162.

Dallagiovanna, G. & M. Vanossi. 1982. La struttura tettonica dell'Unità di Arnasco - Castelbianco (Prepiemontese delle Alpi Marittime). *Rend. Soc. Geol. It.,5:* 119-122.

Fanucci, F. 1986. Évolution stratigraphique de la région du Golfe de Gênes depuis l'Éocène supérieur. *Mem. Soc. Geol. It.,* 36: 19-30.

Fanucci, F., M. Firpo, M. Piccazzo & L. Mirabile. 1984. Le Plioquaternaire de la Mer Ligure: épaisseurs et conditions d'accumulation. *Marine Geology*, 55: 291-303.

Fanucci, F., M. Firpo & A. Ramella. 1987. Genesi ed evoluzione di piane costiere del Mediterraneo: esempi di piccole piane della Liguria. *Geogr. Fis. Dinam. Quat.*, 10: 193-203.

Firpo, M., N. Corradi, G.C. Cortemiglia, F. Fanucci, G. Fierro & M. Piccazzo. 1990. Atlante delle spiagge italiane, Foglio 92-93 Albenga-Savona. CNR - ROMA. Tipografia SELCA, Firenze.

Galloway, W.E. 1975. Process framework for describing the morphologic and stratigraphic evolution of deltaic depositional systems. In: Deltas, models for exploration (M.L. Broussard ed.). Houston Geological Society, Houston: 87-98.

Lamboglia, N. ,1981. Albenga romana e medioevale. *Collana Itinerari Liguri*, Istituto Internazionale di Studi Liguri, n. 1.

Langer, M. 1988. Recent epiphitic foraminifera from Vulcano (Mediterranean Sea). *Revue de Paleobiologie*, Vol. Spéc. n° 2, Benthos '86: 827-832.

McManus, J. 1988. Grain size determination and interpretation. In: Techniques in sedimentology. (M. Tucker ed.). Blackwell Scientific Publications: 63-86.

Piccazzo, M., M. Firpo, R. Ivaldi & D. Arobba. In corso di stampa. Il delta del Fiume Centa (Liguria occidentale): un esempio di modificazione recente del clima e del paesaggio. Atti Convegno AIQUA: Una nuova geologia per l'ambiente, Genova 29-30 giugno 1993.

Rehault, J.P. (inedito). Evolution tectonique et sédimentaire du Bassin Ligure (Mediterranee Occidentale). *Thèse de Doct. Sc. Nat.*, Univ. Paris, 1981.

Rehault, J.P., G. Boillot & A. Mauffret. 1984. The Western Mediterranean Basin geological evolution. *Marine Geology*, 55: 447-478.

Rovereto, G. 1939. Liguria geologica. Mem. Soc. Geol. It., Vol. II.

Sasso, A. 1827. Saggio geologico sopra il Bacino Terziario di Albenga. *Giorn. Lig. Sc., Lett. Arti*, Genova.

Shepard, F.P. 1954. Nomenclature based on sand silt clay ratios. *Journ. Sed. Petr.*, 24: 151-158.

Vénec-Peyré, M.T. 1983. Étude de la distribution des Foraminifères vivants dans la Baie de Banyuls-sur-Mer. *Revue A.F.T.P., Pétrole et Technique*, 301: 22-44.

Vénec-Peyré, M.T. 1984. Les Foraminifères et le milieu: étude de trois écosistèmes. In: Benthos '83 (H. J. Oertli ed.) ELF Aquitaine, Pau: 573-581.

Atti del 10° Congresso A.I.O.L.
Alassio, 4-6 Novembre 1992
da pag. 603 a pag. 617

PRIMI LINEAMENTI DI BIONOMIA BENTICA DELL'ISOLA GALLINARIA (MAR LIGURE)

Andrea BALDUZZI*, Carlo Nike BIANCHI**, Riccardo CATTANEO-VIETTI* Carlo CERRANO*, Silvia COCITO**, Sergio COTTA***, Francesco DEGL'INNOCENTI****, Giovanni DIVIACCO*****, Massimo MORGIGNI**, Carla MORRI*, Maurizio PANSINI*, Luca SALVATORI*****, Lorenzo SENES******, Sergio SGORBINI** e Leonardo TUNESI*****

*Istituto di Zoologia, Università, via Balbi 5, I-16126 Genova
** ENEA-CRAM S.Teresa, CP316, I-19100 La Spezia
*** Octopus, piazza Corvetto 1, I-16122 GENOVA
**** CNR-ISDGM Staz. Oceanogr., Forte S.Teresa, I-19036 Lerici (SP)
*****ICRAM, via L.Respighi 5, I-00197 Roma
****** Acquario di Genova, Ponte Spinola, I-16123 Genova

RIASSUNTO

La distribuzione del benthos sui fondali dell'isola Gallinaria (parco regionale ligure e riserva marina proposta) è stata indagata tramite rilevamenti in immersione subacquea e osservazioni con veicoli filoguidati (ROV) tra O e circa 45 m di profondità. I lati occidentale e nord-orientale dell'isola sono caratterizzati da brevi falesie con popolamenti algidi, cui verso i 10-15 m di profondità seguono praterie di fanerogame o fondi molli. Il lato sud-orientale presenta maggiore varietà di situazioni ambientali e ricchezza di popolamenti biologici. La falesia rocciosa giunge sino a 35 m di profondità, ed ospita vari popolamenti algali cui segue un coralligeno dominato da grandi poriferi *(Axinella polypoides, Cacospongia scalaris,* ecc.). I fondi biodetritici sottostanti presentano una componente a briozoi *(Turbicellepora avicularis)* ed uno strato elevato a gorgonacei *(Eunicella verrucosa* e *Leptogorgia sarmentosa).* La zonazione del futuro parco marino dovrà prevedere una particolare tutela per quest'ultimo lato, dove si trovano emergenze naturalistiche tra le più significative dell'intera riviera di ponente, e dove la nautica da diporto, se non regolamentata, può costituire una grave minaccia alla loro integrità.

SUMMARY

First data on the benthic communities around the Gallinaria island (Ligurian Sea, NW Mediterranean). - The distribution of the benthic communities around this island, a proposed marine park, was studied from the surface to the depth of 45 m by SCUBA divine and ROV observations. The western and north-eastern sides of the island are

characterized by low cliffs with algae-dominated communities. Soft bottoms or sea grass beds extend at the cliff base. Communities of the south-eastern side of the island show a wider ecological variety and biological richness. On this side the cliff reaches a depth of 35 m, where thrives a coralligenous community with large sponges such as *Axinella polypoides* and *Cacospongia scalaris.* Biodetritic bottoms, rich in bryozoans *(Turbicellepora avicularis),* gorgonians *(Eunicella verrucosa* and *Leptogorgia sarmentosa)* and/or sponges *(Cliona viridis),* extend mainly on the south-eastern side of the island, starting at the base of the cliff. A planning of the future marine park should take into special account the latter side, where some of the most outstanding examples of the Mediterranean sea life are flourishing. Boating is one of the major causes of disturbance to the bottom-dwelling biota, because of the continuous anchor action which has a devastating effect on *Posidonia oceanica* meadows and rocky bottom communities.

1. INTRODUZIONE

L'isola Gallinaria, parco regionale ligure, rientra nell'elenco dei siti previsti dalla legge n. 394/91 per l'istituzione di aree protette marine. Una delle prime ricerche che dovrebbero essere condotte nell'ambito dell'individuazione e della definizione delle aree protette marine è lo studio della struttura e della distribuzione delle comunità bentiche costiere, sia per una loro valutazione qualitativa sia per verificare la presenza di un eventuale impatto di tipo antropico (Zattera et al., 1986). Nel caso della Gallinaria, tuttavia, le comunità biologiche marine non sono mai state oggetto di uno studio particolareggiato che ne definisse le caratteristiche fondamentali (Belluscio et al, 1992).

Il tratto di costa di fronte al quale si affaccia l'isola Gallinaria (tra il Capo S. Croce e la punta di Vadino), pur trovandosi tra i due importanti centri urbani di Alassio ed Albenga, presenta caratteristiche di limitata urbanizzazione e l'influenza del fiume Centa e delle acque reflue urbane appare, ancora oggi, relativa.

La costa dell'isola si presenta alta e scoscesa. La sua composizione geologica (quarziti grigio chiare intercalate a peliti e conglomerati poligenici), e la direzione degli strati sono le stesse dell'antistante Capo S. Croce, da cui l'isola si è probabilmente separata a causa di un'ingressione marina quaternaria e dell'erosione provocata dal trasporto di materiale sabbioso, proveniente dal vicino fiume Centa (Orsino, 1975). La forma dell'isola è approssimativamente triangolare, col vertice sud prolungato in uno stretto promontorio piegato verso est (Punta Falconata). Un porticciolo, costruito negli anni '60, si apre all'estremità settentrionale dell'isola. L'altro vertice del triangolo, all'estremo est, prende il nome di Punta Sciusciaù.

2. METODI

Le osservazioni ed i campionamenti sono stati condotti in diversi periodi dell'anno tra il 1988 ed il 1992, utilizzando, come mezzi nautici, il battello da ricerca "S.Teresa" e le motobarche "Bianca Maria", "Chicca", "Dora", e "Negiò II". Due campagne principali

sono state effettuate nel settembre 1991 e nel giugno 1992.

Le metodiche impiegate comprendono: i) rilevamenti subacquei quantitativi; ii) rilevamenti subacquei qualitativi; iii) osservazioni subacquee; iv) osservazioni con telecamera filoguidata. In tutti i casi sono state seguite rotte prefissate (generalmente perpendicolari alla costa) tra la superficie ed i 15 - 45 m di profondità, a seconda dei casi e della morfologia del fondale (Fig. 1).

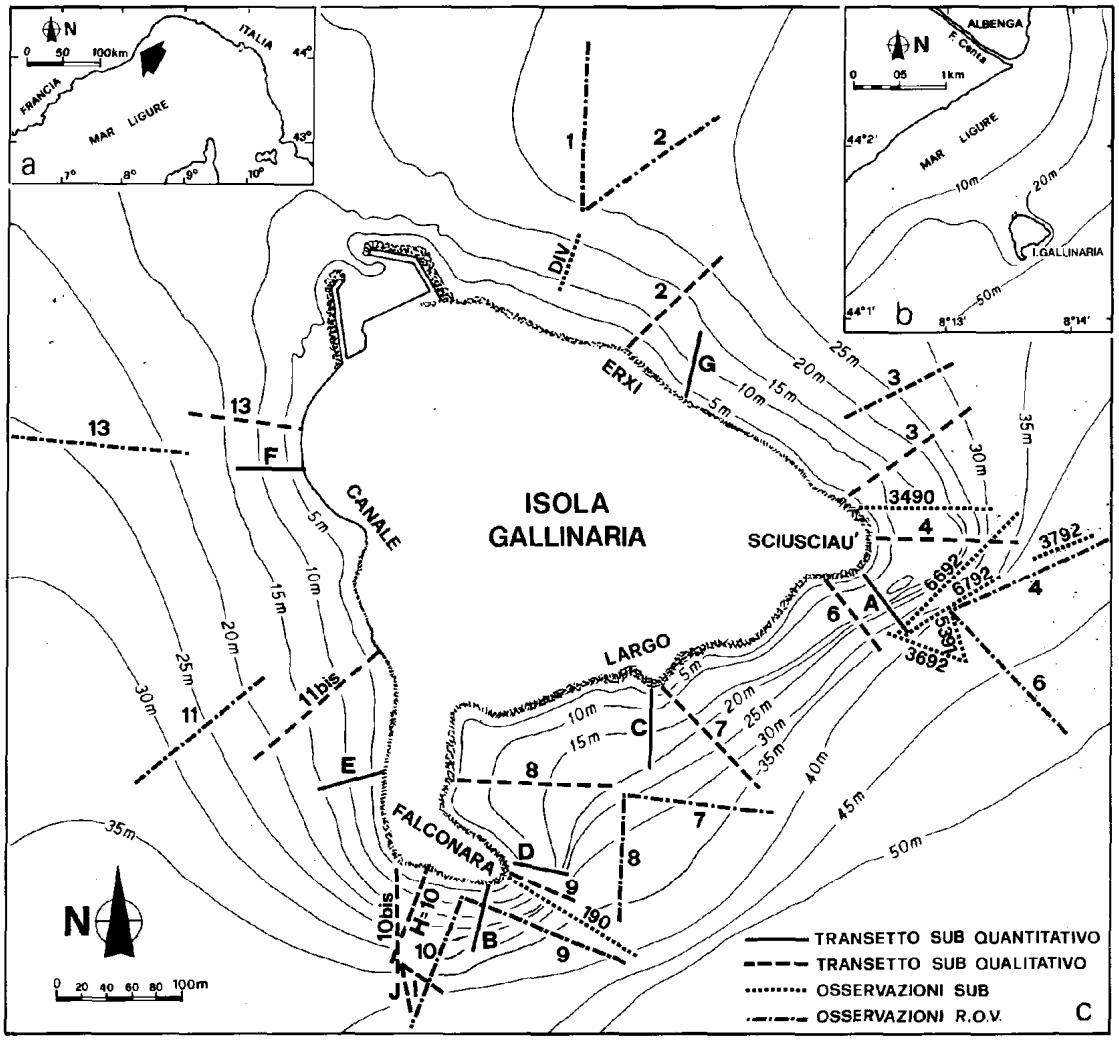


Fig. 1 - Posizione geografica dell'isola Gallinaria (a) e sua ubicazione rispetto alla costa ligure (b). Batimetria e piano dei rilevamenti (c): sono riportati i nomi dei transetti utilizzati nel testo.

I rilevamenti subacquei sono stati effettuati secondo i criteri esposti in Bianchi et al. (1991), limitando i campionamenti alle specie non identificabili in sito. La valutazione

quantitativa è stata effettuata secondo tre diverse tecniche: 1) conteggio degli esemplari all'interno di una fascia larga 1 m, grazie ad un bastone tenuto perpendicolarmente alla cima; 2) computo della frequenza delle diverse specie all'interno di una cornice quadrata di 1 m di lato, suddivisa tramite sagole in 25 subunità di lato 20 cm; 3) stima del ricoprimento su fotografie di superfici standard effettuate con fotocamere subacquee Nikonos e complesso macro (28 e 35 mm).

Per i rilevamenti con telecamera filoguidata, è stato utilizzato il ROV Achille M4 della Comex, lungo transetti costa-largo, secondo le indicazioni di Ardizzone (1992).

Infine, per la mappatura delle praterie sommerse sui fondali circostanti l'isola ci si è avvalsi anche di preesistenti registrazioni al sonar laterale (Bianchi & Peirano, 1990).

In questa sede ci si limiterà a riportare i primi risultati relativi ai popolamenti presenti ed alla loro distribuzione sui fondali dell'isola, sintetizzando le osservazioni condotte nelle varie campagne in cinque transetti schematici. Gli aspetti quantitativi saranno approfonditi in un lavoro successivo. I popolamenti sono stati identificati su base essenzialmente fisionomica; per la loro definizione e denominazione ci si è basati, quando possibile, su diversi recenti lavori di bionomia del benthos mediterraneo (Giaccone, 1973; Augier, 1982; Ballestreros, 1982; Meinesz et al., 1983; Boudouresque, 1984; Ros et al., 1985; Gili & Ros, 1985; Garcia-Carrascosa, 1987).

3. RISULTATI

Per comodità espositiva, i risultati ottenuti con le diverse tecniche vengono riportati separatamente per i tre lati dell'isola: occidentale, nord-orientale e sud-orientale.

3.1. Lato occidentale

I rilevamenti sono stati sintetizzati nel transetto schematico "Canale" (Fig. 2).

Su questo lato la pendenza del fondale è modesta, e la roccia in posto si arresta a 5-8 m di profondità. Al di sotto si estende un lieve pendio ricoperto, nella prima parte, da massi e ciottoli, e successivamente da sabbia. Solo procedendo a sud, verso P. Falconara, il pendio si fa più ripido e roccioso, mentre l'angolo nord-ovest, dove è inserito il porticciolo, si prolunga in una vasta piana sabbiosa - parzialmente coperta da un mosaico di 'matte' morta e di chiazze di *Posidonia oceanica* (Fig. 4) - che collega l'isola alla terraferma (piana di Albenga) senza mai scendere oltre i 15 m di profondità.

La breve parete rocciosa presenta una topografia molto irregolare: di conseguenza anche le associazioni biologiche di fondo roccioso hanno una distribuzione discontinua e in gran parte sovrapposta. La cintura mesolitorale a *Lithophyllum lichenoides* (RMI/*Ll*) è poco sviluppata, così come il popolamento algale fotofilo di modo battuto a *Cystoseira strida* (AFB/*Cs*), anche se la sua presenza denota condizioni idrodinamiche abbastanza sostenute. Sul resto della parete rocciosa s'instaura un mosaico di diversi popolamenti algali infralitorali (AI), sia fotofili di modo semibattuto (a *Corallina elongata,* AFSB/*Ce*; a *Cystoseira compressa,* AFSB/*Cc*) o calmo (a *Halopteris scoparia* e *Padina pavonica,* AFC/*Hs*), sia emifotofili (a *Codium bursa,* AEF/*Cb*), nonché a rodoficee calcaree incrostanti ed echinoidi (RCIE, con *Paracentrotus lividus, Arbacia lixula, Crambe*

crambe, Reptadeonella violacea). Nei tratti più ombreggiati (paretine verticali ed anfratti) vi s'aggiungono popolamenti algali sciafili infralitorali ad *Halimeda tuna* (ASI/*Ht* o ad *Udotea paiolata* (ASI/*Up*;), con la presenza di altre forme sciafile (*Codium adhaerens, Chondrosia reniformis, Phorbas tenacior, Sertella septentrionalis, Rhynchozoon pseudodigitatum*).

Al di sotto della parete, sul fondo a massi e ciottoli, tale mosaico di associazioni sfuma gradualmente in un popolamento algale emifotofilo caratterizzato da *Cystoseira spinosa* nello strato elevato (AEF/*Cs*), con la presenza di numerose altre specie tra cui l'idrozoo *Eudendrium glomeratum* ed il madreporario *Cladocora cacspitosa* (AEF/*Cc*).

Attorno ai 13-15 m di profondità, nella parte più settentrionale di questo lato, si trovano larghe chiazze di *Posidonia oceanica* in discrete condizioni vegetative, anche se la densità dei fasci non raggiunge valori elevati e qua e là si osservano segni lasciati da ancore. Tra i 15 e i 17 m il fondale è costituito da 'matte' morta di posidonia, sulla quale si sviluppano popolamenti algali a *Padina pavonica* ed *Acetabularia acetabulum* (MMP) o a *Dictyopteris membranacea (AEF/Dm)* o a *Dasycladus vermicularis* (AFT/*Dv*), quest'ultimo ad affinità termofila. Il margine inferiore della 'matte' si presenta fortemente eroso, il che denota condizioni di rilevante idrodinamismo anche a livello del fondo.

Nella sabbia organogena grossolana che si estende all'esterno ed a sud della 'matte' di posidonia si sviluppa un popolamento di fondi detritici costieri dominato da *Lithophyllum racemus (facies* a praline, DC/P), anch'esso indicatore di intenso idrodinamismo. Attorno a 25 m di profondità, lo strato elevato è caratterizzato dal gorgonaceo *Eunicella singularis (DC/Es).*

3.2. Lato nord-orientale

I rilevamenti sono stati sintetizzati nel transetto schematico "Erxi" (Fig. 2).

Anche questo lato, tra il porticciolo e la Punta Sciusciaù, è caratterizzato da una modesta pendenza del fondale e dalla scarsa profondità raggiunta dalla roccia in posto (4-5 m). La falesia si continua in un declivio non troppo pronunciato, inizialmente costituito da grossi massi e ciottoli, per poi passare gradualmente a sabbia, sabbia fangosa e fango, con radi massi affioranti.

L'idrodinamismo è decisamente inferiore rispetto agli altri due lati, e maggiore è infatti la quantità di sedimento fine depositato sui fondali: questo lato in effetti è rivolto verso la foce del fiume Centa, che dista circa 2 km dall'isola, ed è quello che maggiormente ne risente l'influsso (Ferretti et al., 1992).

La cintura a *Lithophyllum lichenoides* (RMI/*Ll*) è estremamente ridotta, e manca la frangia a *Cystoseira stricta,* sostituita da un popolamento algale fotofilo di modo semibattuto a *Cystoseira compressa* (AFSB/*Cc*). Il primo metro di profondità, costituito da roccia suborizzontale, è dominato da un popolamento a *Corallina elongata* (AFSB/*Ce*), con importante sottostrato a *Balanus perforatus,* mentre nei successivi 2-3 m, in cui l'inclinazione della roccia aumenta, prevale l'RClE, con *Paracentrotus lividus, Lithophyllum incrustans, Crambe crambe, Reptadeonella violacea, Hemimycale columella* e *Balanophyllia europaea.*

L'ultimo tratto di fondale roccioso è di nuovo suborizzontale; su di esso, e sui piccoli massi che coprono il tratto successivo (fino a circa 10 m di profondità) si osserva un

popolamento fotofilo di modo calmo con *Padina pavonica, Halopteris scoparia* e *Dictyota dichotoma (AFC/Hs).* Tra 10 e 17 m il fondo è costituito da resti di 'matte' morte di posidonia abbondantemente ricoperti di sedimento, colonizzati da un popolamento algale in cui, ad elementi tipici della 'matte' come *Acetabularia acetabulum* (MMP), si aggiungono elementi emifotofili come *Dictyopteris membranacea (AEF/Dm)* o *Cystoseira spinosa* (AEF/*Cs*) ed elementi termofili come *Penicillus capitatus* (AFT/*Pc*). Nella parte più settentrionale di questo lato si sviluppa, attorno a 12 m di profondità, un prato di *Cymodocea nodosa.*

Oltre i 17 m si estende un fondale biodetritico decisamente infangato con ciottoli sparsi, su cui crescono colonie di *Leptogorgia sarmentosa (*DI/*Ls),* mescolato ad elementi dei fanghi terrigeni costieri (FTC). Su questo lato dell'isola sono

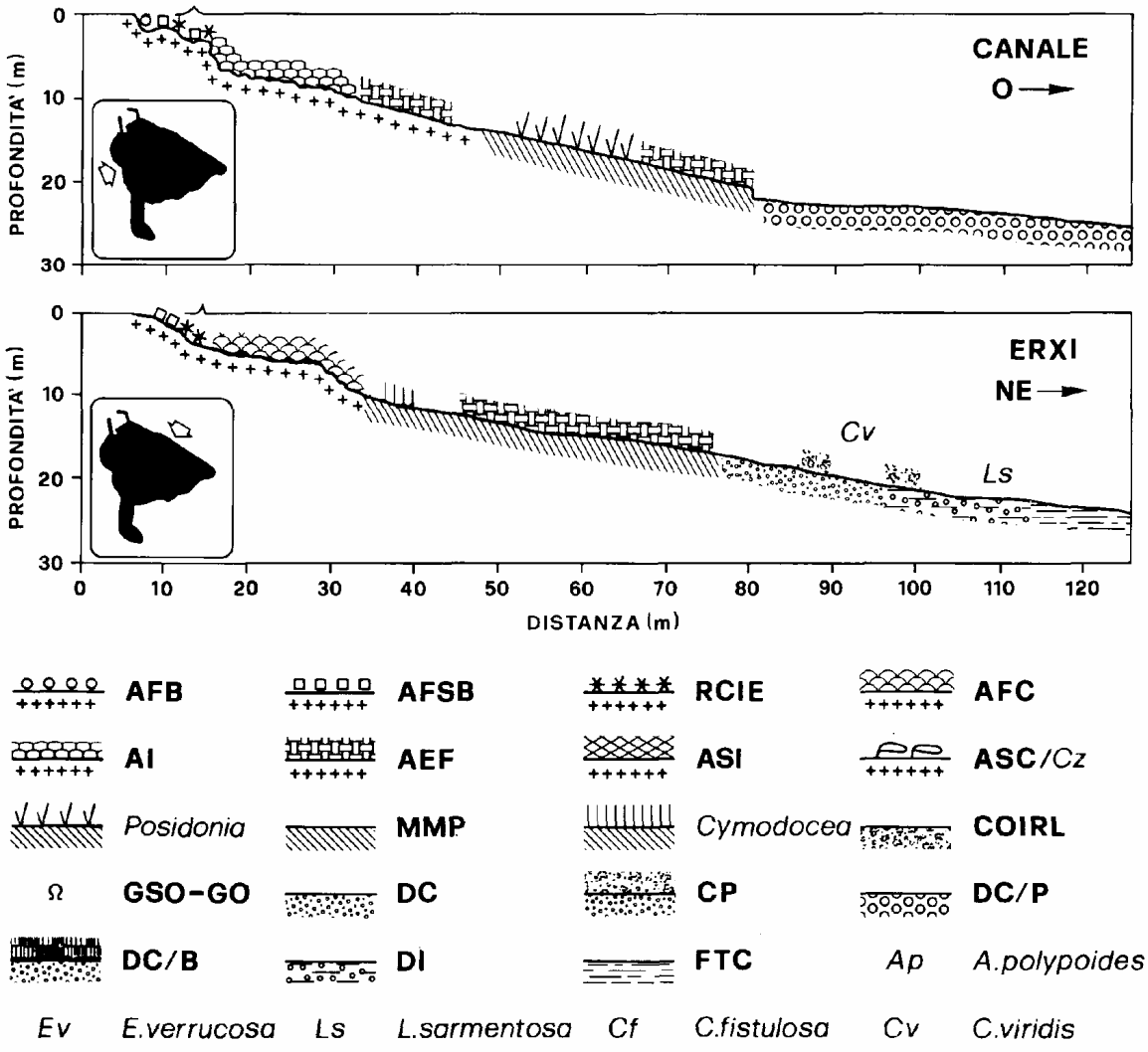


Fig. 2 - Profili bionomici dei lati occidentale (transetto "Canale") e nord-orientale (transetto "Erxi"). Per le sigle della legenda vedi testo ed appendice II.

particolarmente frequenti grossi esemplari di *Cliona viridis* che ai livelli più superficiali perforano la roccia, i massi e i ciottoli (spésso cementandoli tra loro), mentre sul fondale detritico-fangoso si sviluppano in forma massiva, dando origine ad un popolamento assimilabile ad un coralligeno di piattaforma (CP/*Cv*).

3.3. Lato sud-orientale

Le osservazioni sono state sintetizzate in tre transetti schematici: "Falconara", "Largo", "Sciusciaù" (Fig. 3).

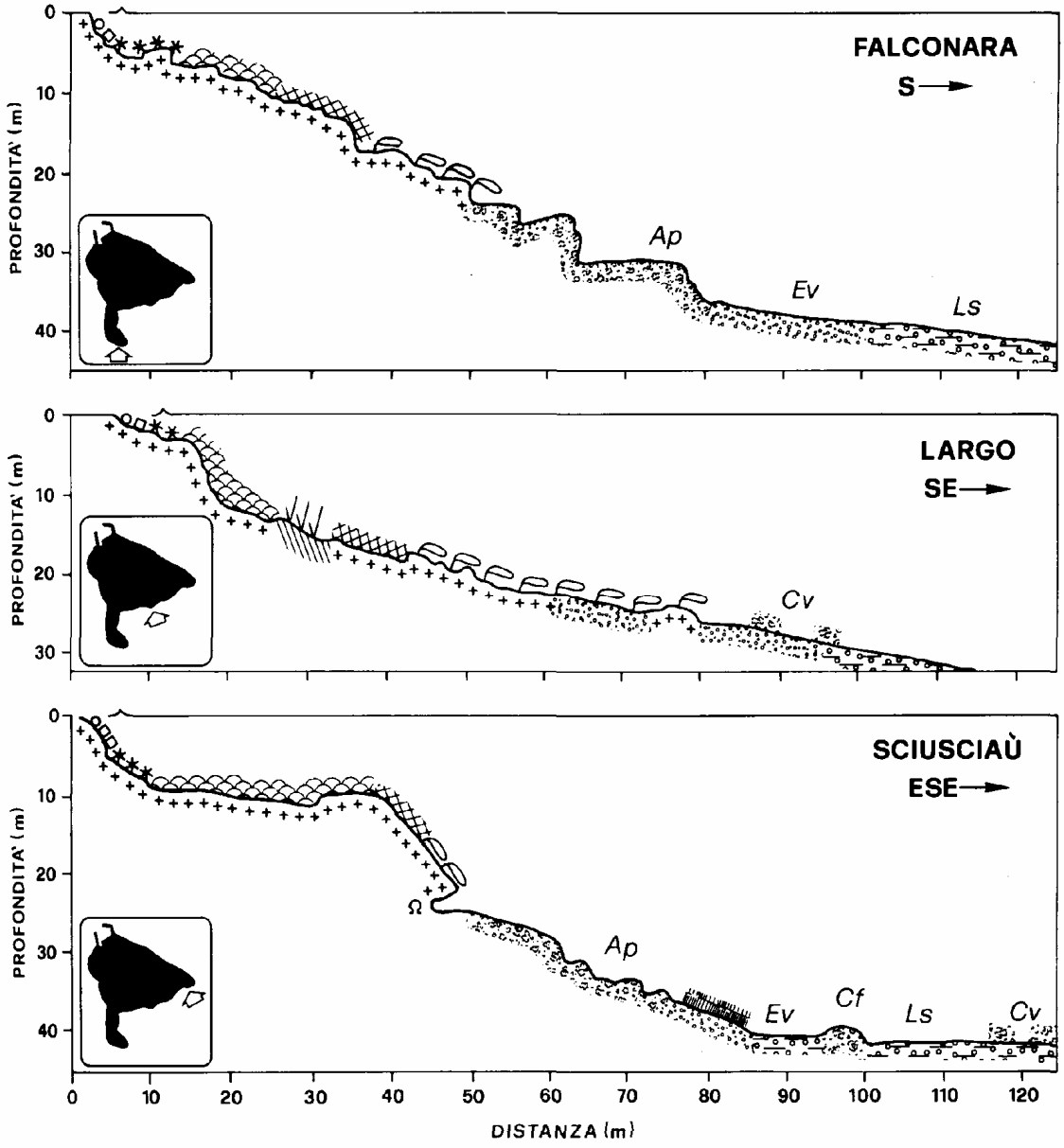


Fig. 3 - Profili bionomici del lato sud-orientale. Stessa legenda di Fig. 2.

La pendenza generale del fondale è piuttosto accentuata, soprattutto sulle due punte. Il profilo sommerso di P. Sciusciaù è caratterizzato da un ampio terrazzo suborizzontale tra 6-8 e 12 m, che separa due ripide pareti rocciose; più in profondità si ha un ampio tratto roccioso a minore pendenza, cui segue un fondale sabbioso-detritico con alcuni affioramenti rocciosi. Il profilo di P. Falconara presenta invece un'alternanza più regolare di gradini rocciosi (affioramenti di strato o massi franati) e di conche riempite di clasti grossolani.

Si tratta della parte dell'isola più esposta al mare aperto, ed in tutti e tre i transetti le prime fasce batimetriche sono interessate da associazioni legate al forte regime idrodinamico: al di sotto della cintura mesolitorale a *Lithophyllum lichenoides* (RMI/*Ll*), si sviluppa un ampio popolamento a *Cystoseira stricta* (AFB/*Cs*), particolarmente esteso sulle punte, e successivamente un popolamento a *Corallina elongata* (AFSB/*Ce*). Al di sotto di questo, o talora formando chiazze frammiste ad esso, dove le condizioni idrodinamiche lo permettono (generalmente attorno a 3-7 m di profondità, ma anche più in superficie lontano dalle punte), prevale un popolamento (RCIE) dominato da rodoficee calcaree incrostanti (*Lithophyllum incrustans*) ed echinoidi (*Arbacia lixula, Paracentrotus lividus*), cui si aggiungono poriferi (*Crambe crambe, Hemimycale columella*) e briozoi (*Reptadeonella violacea, Schizoporella longirostris*).

A partire da circa 6-8 m sulle punte (3-4 m nel transetto "Largo") inizia a prevalere un popolamento algale fotofilo di modo calmo ad *Halopteris scoparia, Padina pavonia* e *Dictyota dichotoma* (*AFC/Hs*), che può alternarsi a chiazze, a seconda dell'orientamento ed esposizione del substrato, con l'RCIE.

Verso il limite inferiore dell'AFC/*Hs* (12-15 m) si aggiungono, spesso a mosaico, una facies a *Cladocora caespitosa* (che localmente si spinge fino a 25 m) ed un popolamento algale sciafilo infralitorale (ASI), in cui sono presenti *Halimeda tuna, Udotea petiolata* e *Codium bursa* e cui si aggiungono paretine di *Parazoanthus axinellae*. Nel transetto "Largo" si rileva, attorno ai 15-17 m, l'estrema propaggine orientale di una 'matte' di *Posidonia oceanica,* solo parzialmente vitale, che occupa una fascia abbastanza ristretta della parte orientale della baia compresa tra il corpo centrale dell'isola e P. Falconara. Al di sotto di questo livello si sviluppa, nei tre transetti, un popolamento algale sciafilo ad affinità circalitorale dominato da *Cystoseira zosteroides* (ASC/*Cz*), nel quale si osserva anche un'importante componente animale costituita da poriferi *(Agelas oroides, Axinella verrucosa, Acanthella acuta, Crambe crambe),* briozoi (*Myriapora truncata, Sertella septentrionalis, Pentapora fascialis)* e tunicati (*Halocynthia papillosa*). In questa zona, sia a P. Sciusciaù sia sul lato orientale di P. Falconara, si trovano delle cavità, lunghe anche diversi metri, che ospitano facies a poriferi *(Phorbas tenacior, Oscarella lobularis, Petrosia fìciformis, Chondrosia reniformis),* madreporari *(Leptopsammia pruvoti, Madracis pharensis, Hoplangia durotrix)* e briozoi *(Rhynchozoon* sp.2, *Rhynchozoon pseudodigitatum),* riconducibili ai popolamenti di grotta semioscura (GSO) ed oscura (GO).

Mentre nel transetto "Largo" l'ASC/*Cz* sfuma direttamente nei fondi detritici (22-25 m), sulle due punte si trovano, al di sotto di esso, altri popolamenti di substrato duro, riconducibili al coralligeno dell'orizzonte inferiore della roccia litorale (COIRL). Particolare sviluppo ha, sia a P. Falconara sia a P. Sciusciaù, una facies caratterizzata da numerosi grossi esemplari di *Axinella polypoides* e di *Cacospongia scalaris*

(COIRL/*Ap*), accompagnati da altre specie di poriferi (*Axinella damicornis, Axinella vaceleti, Dictyonella incisa, Dysidea fragilis*), cnidari (*Parazoanthus axinellae, Paramuricea macrospina)* briozoi (*Pentapora fascialis, Smittina cervicornis, Rhynchozoon* spp.). Essa può essere preceduta da una facies priva dello strato elevato ad *Axinella polypoides* e *Cacospongia scalaris* (COIRL/0).

Il fondale sabbioso che si estende a partire da circa 35 m di profondità (25 m nel transetto "Largo") è costituito, fino ad oltre 40 m, da sabbia biogena grossolana su cui si sviluppa un popolamento dei fondi detritici costieri con predominanza del briozoo eretto *Turbicellepora avicularis* (DC/B) e con, talvolta, una facies elevata a *Eunicella verrucosa* (DC/*Ev*). Più in profondità aumenta la frazione fine del sedimento, e vi si instaura un popolamento dei fondi detritici infangati a *Leptogorgia sarmentosa* (DI/*Ls*). Sugli affioramenti rocciosi isolati nel sedimento a P. Sciusciaù si installa una particolare *facies* coralligena, dominata dal briozoo *Cellaria fistulosa* (COIRL/*Cf*), mentre il sedimento biodetritico di tutta la zona è interessato da fenomeni di bioconcrezione e dallo sviluppo di grandi esemplari massivi del porifero *Cliona viridis* che costituiscono una forma "larvata" di coralligeno di piattaforma (CP/Cv).

4. CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

I tre lati dell'isola Gallinaria presentano una diversa tipologia dei fondali (Fig. 4): differenze si riscontrano, di conseguenza, nella distribuzione dei popolamenti bentici.

II lato occidentale, che guarda verso la costa alassina, è caratterizzato da brevi falesie con mosaici di popolamenti algali. Queste terminano verso 5-7 m su fondali subpianeggianti che giungono fin verso i 12-15 m e che sono in parte ricoperti da praterie di *Posidonia oceanica,* generalmente in mediocri condizioni di sviluppo.

Il lato nord-orientale è simile al precedente, ma la scogliera sommersa è nel complesso meno acclive, e la prateria di posidonia è praticamente scomparsa, lasciando ampie distese di 'matte' morta, su cui si possono rinvenire brevi prati di *Cymodocea nodosa.*

Infine, il versante sud-orientale, tra P.ta Falconare e P.ta Sciusciaù, è quello che presenta la maggiore varietà di situazioni ambientali e ricchezza di popolamenti biologici. La falesia rocciosa, che localmente raggiunge i 35 m di profondità, ospita un vasto insieme di popolamenti algali più o meno marcatamente fotofili, cui segue un coralligeno dominato da grandi poriferi massivi e/o eretti (*Axinella polypoides, Cacospongia scalaris,* ecc.), mentre i gorgonari sono rappresentati solo da *Paramuricea macrospina.* Questo coralligeno, per l'aspetto compositivo e fisionomico, si discosta molto da quello, meglio noto, di altre zone liguri (Rossi, 1965; Morri et al., 19X6; Cattaneo-Vietti et al, 19XK). Si conferma l'assenza a Gallinaria di *Corallium rubrum,* nonostante vi siano indicazioni storiche sulla sua presenza (Marchetti, 1965). Non è stato possibile inoltre confermare la presenza di *Gerardia savaglia,* segnalata in passato da subacquei locali. Di simile interesse faunistico è peraltro la presenza di una popolazione di *Eunicella verrucosa* sui fondi biodetritici sottostanti.

Alla luce di queste prime osservazioni non è ovviamente possibile trarre conclusioni definitive, ma possono essere effettuate alcune considerazioni nell'ottica di una migliore

salvaguardia dei fondali dell'isola Gailinaria.

L'isola presenta ancor oggi un ambiente marino in buone condizioni, grazie alla sua posizione, lontana da importanti fonti inquinanti, ed all'assenza di insediamenti abitativi.

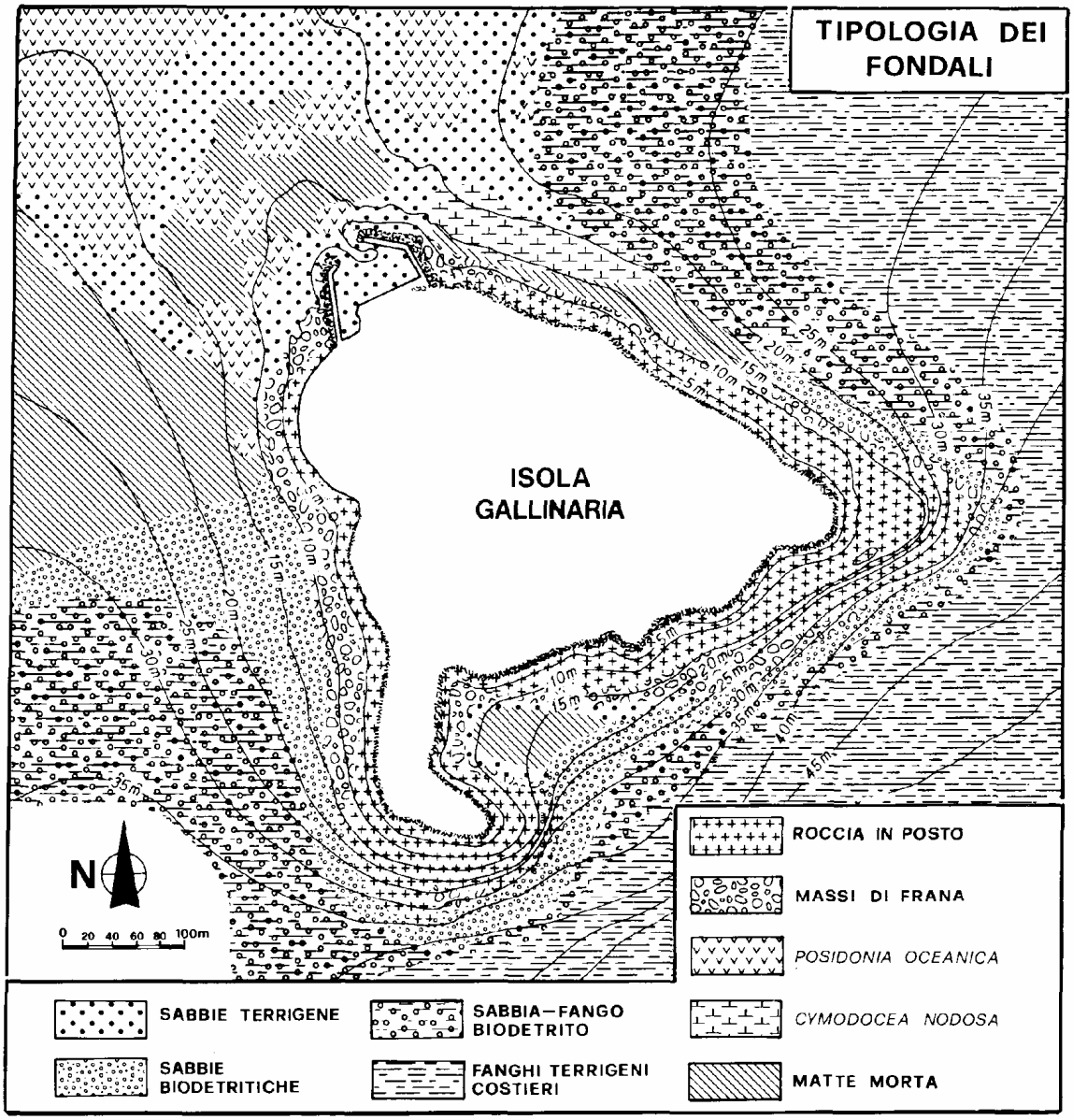


Fig. 4 - Carta schematica dei fondali circostanti l'isola Gallinaria.

Nonostante il collettore fognario di Alassio sbocchi al largo di Capo S. Croce, infatti, il regime delle correnti e la profondità di scarico fanno sì che le acque che circondano la Gailinaria continuino ad essere tra le più limpide della riviera ligure. L'influenza del fiume

Centa, pur sensibile, si limita infatti ad un lieve deposito di sedimento fine sui fondali nord-orientali.

Tale condizione è testimoniata dalla persistenza di un popolamento mesolitorale praticamente integro, ormai difficile da ritrovarsi lungo le coste antropizzate della Riviera Ligure, e dalla presenza di popolamenti infra- e circalitorali ancor oggi relativamente ben conservati, anche se non può essere sottaciuto il degrado generalizzato delle praterie di posidonie, peraltro comune a tutte le coste liguri (Bianchi & Peirano, 1990).

I fondali del lato sud-orientale di Gallinaria - ed in particolare le due punte di Sciusciaù e Falconara - sono quelli in cui sono presenti emergenze naturalistiche tra le più significative dell'intera riviera di ponente: la zonazione del futuro parco marino dovrà privilegiare quest'ultima zona per le azioni di tutela.

I fondali dell'intera isola, comunque, ospitano diverse specie interessanti dal punto di vista floro-faunistico, che possono considerarsi rare nel Mar Ligure. Tra i vegetali ricordiamo *Dasycladus vermicularis, Galaxaura oblongata* e *Penicillus capitatus,* specie termofile di notevole interesse biogeografico (Bianchi & Morri, 1993), e tra gli invertebrati, i poriferi *Axinella vaceleti* e *Crambe tailliezi,* gli cnidari *Paramuricea matrospina* e *Phyllangia mouchezii,* il crostaceo *Calcinus tubularis* e l'asteroide *Chaetaster longipes.*

La fortunata situazione ambientale dell'isola si deve, oltre che alla relativa distanza dalla costa, anche al suo mancato sviluppo edilizio ed al vigente regime di divieti legati alla proprietà (divieto di sbarco) e alla presenza di ordigni bellici sui fondali (divieto d'immersione).

Ciò non toglie che nel periodo estivo si assista ad un'alta concentrazione di natanti intorno all'isola. Il danno meccanico causato dagli ancoraggi della nautica da diporto sulle praterie di posidonie è stato ampiamente documentato sulle vicine coste francesi (Robert, 19X3; Porcher & Jeudy de Grissac, 1985): esso costituisce, secondo Doumenge (1992), una delle maggiori fonti di preoccupazione per la tutela dei fondali costieri. Nel tratto di costa tra Finale Ligure e Santo Stefano al Mare (circa 30 miglia nautiche) sono disponibili quasi 4000 posti barca (Unione Camere di Commercio Liguri, 1992), ed è verosimile ipotizzare almeno 2 presenze barca/anno alla Gallinaria, che rappresenta una delle mete preferite dalla piccola nautica. Si può stimare che l'effetto degli ancoraggi interessi non meno di 10000 m^2 di fondale all'anno. Poiché la superficie utile per l'ormeggio intorno all'isola si può stimare in meno di 10 ettari (Fig. 4), l'impatto degli ancoraggi viene ad assumere una rilevante importanza ecologica: le immersioni effettuate alla fine dell'estate, infatti, hanno permesso di osservare numerose ancore abbandonate sul fondo e l'abbattimento di diversi organismi dello strato elevato del coralligeno. Sarebbero pertanto auspicabili provvedimenti che vietino l'ancoraggio almeno sulle praterie di posidonia e sui fondi rocciosi, le cui comunità sono particolarmente sensibili a questo tipo di danno meccanico.

RINGRAZIAMENTI

Le attività in mare sono state rese possibili dalla fattiva collaborazione della Capitaneria di Porto di Savona e dell'Ufficio Circondariale Marittimo di Alassio, mentre i

Carabinieri Sommozzatori del Centro di Genova-Veltri hanno garantito la sicurezza delle immersioni e fornito assistenza. Il Circolo Nautico "Al Mare" di Alassio ha fornito un valido supporto all'organizzazione delle campagne in mare, e la società proprietaria dell'isola, nelle persone del Presidente Luigi Cantarella, del socio Domenico Sommariva e del guardiano Giuseppe Tomatis, ci ha in vari modi agevolato. Un grazie particolare, infine, al comandante Ottavio Vingiano ed al motorista Ezio Frediani del battello da ricerca "S.Teresa", a Massimo Boyer e Paola Bearzi della motobarca "Bianca Maria", ed a tutti coloro che hanno gentilmente messo a nostra disposizione le loro imbarcazioni: Antonio Cattaneo, Arturo Gandolfo, Antonio Volta.

BIBLIOGRAFIA

Ardizzone, G. 1992. Cartografia bentonica con sistemi video controllati a distanza. *In:* A.Paolella (a cura di), *Pianificazione e progettazione delle riserve marine. Parte I: Contributi.* Ministero Marina Mercantile e Consorzio Pelagos, Roma: 44-56.

Augier, H. (a cura di). 1982. *Inventory and classification of marine benthic biocenoses of the Mediterranean.* Council of Europe, Strasbourg. Nature and environment series, 25: 1-57.

Ballestreros, E. 1982. Primer intento de tipificación de la vegetación marina y litoral sobre substrato rocoso de la Costa Brava. *Oecol. aquat.,* 6: 163-173.

Belluscio, A., R. Maj & S. Vannucchi (a cura di). 1992. Isola Gallinara. *In:* A. Palella (a cura di), *Pianificazione e progettazione delle riserve marine. Parte II: Schede.* Ministero Marina Mercantile e Consorzio Pelagos, Roma: 1-5.

Bianchi, C.N., S. Cocito, C. Morri & S. Sgorbini. 1991. Rilevamento bionomico subacqueo. *In:* M. Abbiati (a cura di), *Lezioni del corso formativo per ricercatore scientifico subacqueo.* I.S.S.D., Pisa: 67- 83.

Bianchi, C.N. & C. Morri. 1993. Range extensions of warm-water species in the northern Mediterranean: evidence for climatic fluctuations? *Porcupine Newsletter, 5* (7): 156-159.

Bianchi, C.N. & A. Peirano. 1990. Mappatura delle praterie di *Posidonia oceanica* in Mar Ligure. ENEA-CREA S. Teresa, Rapporto tecnico interno: 1-372.

Boudouresque, C.F. 1984. Groupes écologiques d'algues marines et phytocénoses benthiques en Méditerranée nord-occidentale: une revue. *G. hot. ital.,* 118 suppl. 2: 7-42.

Cattaneo-Vietti, R., A.P. Sirigu & A. Tommei. 1988. *Mare di Liguria.* Centro Studi Unione Camere Commercio Liguri, Genova (2ª edizione): 1-162.

Doumenge, F. 1992. Option pour rendre le tourisme compatible avec la protection de l'environinent marin. In: *Parchi marini del Mediterraneo: problemi e prospettive.* Atti del 2° Convegno Internazionale. I.CI.MAR., San Teodoro (Nuoro): 51-64.

Ferretti, O., F. Immordino, L. Giorgi & M. Setti. 1992. Studio sedimentologico nell'area costiera del fiume Centa (Mar Ligure): risultati preliminari. *In:* G.Albertelli, W.Ambrosetti, M.Piccazzo & T.Ruffoni Riva (a cura di), *Atti del 9° Congresso della Associazione italiana di Oceanologia e Limnologia,* Genova: 275-285.

Garcia-Carrascosa, A.M. 1987. El bentos de los alrededores de las islas Columbretes. Elementos para su cartografia bionómica. *In:* M.L.A. Alonso, J.L. Carretero & A.M. Garcia-Carrascosa (a cura di), *Islas Columbretes: contribución al estudio de su medio natural.* Generalitat Valenciana, València: 477-507.

Giaccone, G. 1973. Elementi di botanica marina. I: bionomia bentonica e vegetazione sommersa del Mediterraneo. *Pubb. Ist. Bot. Univ. Trieste,* serie didattica: 1-41.

Gili, J.M. & J.D. Ros. 1985. Study and cartography of the benthic communities of Medes islands (NE Spain). *PSZNI: Marine Ecology,* 6 (3): 219-238.

Marchetti, R. 1965. Ricerche sul corallo rosso della costa ligure e toscana. 1 - Distribuzione geografica. *Istituto Lombardo (Rena, Se.),* B 99: 255-278.

Meinesz, A., C.F.Boudouresque, C. Falconetti, J.M. Astier, D. Bay, J.J. Blanc, M. Bourcier, F. Cinelli, S. Cirik, G. Cristiani, I. Di Geronimo, G. Giaccone, J.G. Harmelin, L. Laubier, A.Z.Lovric, R. Molinier, J. Soyer & C.Vamvakas. 1983. Normalisation des symboles pour la représentation et la cartographie des biocénoses benthiques littorales de Mediterranee. *Ann. Inst. océanogr.,* Paris, 59 (2): 155-172.

Morri, C., C.N. Bianchi, V. Damiani, A. Peirano, G. Romeo & L. Tunesi. 1986. L'ambiente marino tra Punta della Chiappa e Sestri Levante (Mar Ligure): profilo ecotipologico e proposta di carta bionómica. *Boll. Mus. Ist. Biol. Univ. Genova,* 52 (suppl.): 213-231.

Orsino, F. 1975. Flora e vegetazione delle isole Gallinara e Bergeggi (Liguria Occidentale). *Webbia,* 29: 595-644.

Porcher, M. & A. Jeudy De Grissac. 1985. Inventaire des mouillages forains autour de l'île de Porquerolles (Var, France). *Posidonia Newsletter,* 1 (1): 23-30.

Robert, P. 1983. Dégradation de l'herbier de posidonies dans la zone de mouillage organisé de la baie de Port-Cros. *Trav. sci. Pare nati. Port-Cros,* 9: 195-197.

Ros, J.D., J. Romero, E. Ballestreros & J.M. Gili. 1985. Diving in blue water: the benthos. *In:* R. Margalef (a cura di), *Key environments. Western Mediterranean.* Pergamon Press, Oxford: 233-295.

Rossi, L. 1965. Il coralligeno di Punta Mesco (La Spezia). *Ann. Mus. civ. St. nat. "G.Doria",* Genova, 75 (1964-65): 144-180.

Unione Camere Di Commercio Liguri. 1992. *Porti turistici ed approdi in Liguria.* Cecchinelli Graphital, Genova: 1-157.

Zattera, A., G. Zurlini & E. Politano. 1986. - Metodologia di approccio all'istituzione di aree marine protette. *Acqua aria, 6:* 557-563.

APPENDICE I: ELENCO DELLE SPECIE CITATE

RODOFITE

Corallina elongata Ellis & Solander
Galaxaura oblongata (Ellis & Solander) Lamouroux
Lithophyllum lichenoides Philippi
Lithophyllum racemus (Lamarck) Foslie
Litophyllum incrustans Philippi

CROMOFITE FEOFICEE

Cystoseira compressa (Esper) Gerloff & Nizamuddin
Cystoseira spinosa Sauvageau
Cystoseira stricta (Montagne) Sauvageau
Cystoseira zosteroides (Turner) C.Agardh
Dictyopteris membranacea (Stackhouse) Batters
Dictyota dichotoma (Hudson) Lamouroux
Halopteris scoparia (L.) Sauvageau
Padina pavonica (L.) Thivy

CLOROFITE ULVOFICEE

Acetabularia acetabulum (L.) Silva
Codium adhaerens (Cabrera) C.Agardh
Codium bursa (L.) Kützing
Dasycladus vermicularis (Scopoli) Krassar
Halimeda tuna (Ellis & Solander) Lamouroux
Penicillus capitatus Lamarck
Udotea petiolata (Turra) Börgesen

SPERMATOFITE

Cymodocea nodosa (Ucria) Ascherson
Posidonia oceanica (L.) Delile

PORIFERI

Acanthella acuta Schmidt
Agelas oroides (Schmidt)
Axinella damicornis (Esper)
Axinella polypoides Schmidt
Axinella vaceleti Pansini
Axinella verrucosa (Esper)
Cacospongia scalaris Schmidt
Chondrosia reniformis Nardo
Cliona viridis (Schmidt)
Crambe crambe (Schmidt)
Crambe taillieri Vacelet & Boury-Esnault
Dictyonella incisa (Schmidt)
Dysidea fragilis (Montague)
Hemimycale columella (Bowerbank)
Oscarella lobularis (Schmidt)
Petrosia ficiformis (Poiret)
Phorbas tenacior (Topsent)

CNIDARI

Balanophyllia europaea (Risso)
Cladocora caespitosa (L.)
Corallium rubrum (L.) (*)
Eudendrium glomeratum Picard
Eunicella singularis (Esper)
Eunicella verrucosa (Pallas)
Gerardia savaglia (Bertoloni) (*)
Hoplangia durotrix Gosse
Leptogorgia sarmentosa (Esper)
Leptopsammia pruvoti Lacaze-Duthiers
Madracis pharensis (Heller)
Paramuricea macrospina (Koch)
Parazoanthus axinellae (Schmidt)
Phyllangia mouchezii (Lacaze-Duthiers)

ARTROPODI CROSTACEI

Balanus perforatus Bruguière
Calcinus tubularis (L.)

BRIOZOI

Cellaria fistulosa (L.)
Myriapora truncata (Pallas)
Pentapora fascialis (Pallas)
Reptadeonella violacea Johnston
Rhynchozoon pseudodigitatum Zabala & Maluquer
Rhynchozoon sp.2, *sensu* Hayward
Schizoporella longirostris (Hincks)
Sertella septentrionalis (Harmer)
Smittina cervicornis (Pallas)
Turbicellepora avicularis (Hincks)

ECHINODERMI

Arbacia lixula (L.)
Chaetaster longipes (Retzius)
Paracentrotus lividus Lamarck

CORDATI TUNICATI

Halocynthia papillosa (L.)

(*) specie già segnalate, ma non ritrovate nel presente studio.

APPENDICE II: POPOLAMENTI INDIVIDUATI

• Fondi duri (primari o secondari)

•• Mesolitorale
RMI: popolamento della roccia mesolitorale inferiore
RMI/*Ll*: cuscinetti di *Lithophyllum lichenoides*

•• Infralitorale
AI: mosaico di popolamenti algali infralitorali

••• Fotofilo

•••• Serie evolutiva idrodinamica/batimetrica
AFB: popolamento algale fotofilo di modo battuto
AFB/*Cs*: frangia a *Cystoseira stricta*
AFSB: popolamento algale fotofilo di modo semi-battuto
AFSB/*Cc*: frangia a *Cystoseira compressa*
AFSB/*Ce*: fascia a *Corallina elongata*
AFC: popolamento algale fotofilo di modo calmo
AFC/*Hs*: facies a *Halopteris scoparia* (e *Padina pavonica*)

•••• Aspetti particolari
RCIE: popolamento a Rodoficee Calcaree Incrostanti ed Echinoidi
AFT: popolamento algale fotofilo e termofilo
AFT/*Dv*: con *Dasycladus vermicularis*
AFT/*Pc*: con *Penicillus capitatus*

••• Emifotofilo
AEF: popolamento algale emifotofilo
AEF/*Cb*: con *Codium bursa*
AEF/*Cc*: con *Cladocora caespitosa*
AEF/*Cs*: con *Cystoseira spinosa*
AEF/*Dm*: con *Dyctiopteris membranacea*

••• Sciafilo
ASI: popolamento algale sciafilo infralitorale
ASI/*Ht*: facies a *Halimeda tuna*
ASI/*Up*: facies a *Udotea petiolata*

•• Circalitorale
ASC: popolamento algale (emi)sciafilo ad affinità circalitorale
ASC/*Cz*: facies a *Cystoseira zosteroides*
COIRL: coralligeno dell'orizzonte inferiore della roccia litorale
COIRL/0: senza strato elevato
COIRL/*Ap*: con strato elevato a *Axinella polypoides*
COIRL/*Cf*: con strato elevato a *Cellaria fistulosa*
CP: coralligeno di piattaforma
CP/*Cv*: facies ("larvata") a *Cliona viridis*
GSO: popolamento di grotta semioscura
GO: popolamento di grotta oscura

• Praterie di fanerogame
Posidonia: prateria di *Posidonia oceanica*
Cymodocea: prateria di *Cymodocea nodosa*
MMP: popolamento della matte morta di *Posidonia*

• Fondi molli

•••• Serie evolutiva di infangamento (dei biodetriti)
DC: popolamento dei fondi (bio)detritici costieri
DC/B: facies a briozoi (*Turbicellepora avicularis*)
DC/*Es*: con strato elevato a *Eunicella singularis*
DC/*Ev*: con strato elevato a *Eunicella verrucosa*
DC/P: facies a praline
DI: popolamento dei fondi (bio)detritici infangati
DI/*Ls*: con strato elevato a *Leptogorgia sarmentosa*
FTC: popolamento dei fanghi terrigeni costieri

Atti del 10° Congresso A.I.O.L.
Alassio, 4-6 Novembre 1992
da pag. 619 a pag. 631

CARATTERISTICHE GRANULOMETRICHE E CONTENUTO DI MERCURIO, PIOMBO E CROMO NEI SEDIMENTI DELLA ZONA DI DISCARICA DEI MATERIALI DRAGATI NEL PORTO DI RAVENNA

Michele GIANI*, Massimo GABELLINE, Stefano MISEROCCHI** e David PELLEGRINI*

* Istituto Centrale per la Ricerca scientifica e tecnologica Applicata al Mare, Roma
** Istituto per la Geologia Marina-CNR, Bologna

SUMMARY

A preliminary survey was carried out in order to evaluate the effect of the dumping of Ravenna harbour dredge materials in the disposal site of the Northern Adriatic sea.

The textural characteristics and trace metals concentrations in the sediments of Ravenna dumping site indicate a gradient in the offshore direction depending on the sedimentological features of the zone. No evidence of dredged materials was detected.

Lead and mercury concentrations in sediments show spatial and vertical variations in agreement with precedent studies, chromium concentrations are 2-3 times higher than most other studies in the area.

1. INTRODUZIONE

Il volume di sedimenti dragati annualmente nei porti italiani si aggira intorno ai cinque milioni di metri cubi (Pellegrini et al., 1992b), volume considerevolmente minore di quello di vari altri paesi europei (ad esempio: Belgio, Olanda, Germania, Gran Bretagna) nei quali il volume di materiali dragati ammonta a diverse decine di milioni di metri cubi. Queste maggiori movimentazioni di materiali derivano prevalentemente dal fatto che in tali paesi molti centri portuali e canali navigabili si trovano alla foce di corsi fluviali con elevate portate solide.

In Italia la destinazione prevalente dei materiali dragati è lo scarico a mare. Una consistente attività di dragaggio deriva dai lavori di mantenimento dei porti e dei canali navigabili dell'Adriatico. In tale bacino tra il 1986 ed il 1990 sono state rilasciate autorizzazioni per lo scarico a mare di circa 9,5 -1O^6 m^3 di sedimenti dragati, dei quali circa l'82% era destinato ad essere sversato in mare entro la batimetrica dei 25 metri.

Nel 1989 sono iniziate le operazioni di dragaggio di alcune aree del porto canale di Ravenna che prevedevano lo scarico di 350.000 m^3 di sedimenti in una zona di circa 24 km^2, compresa tra le batimetriche di 16 e 22 metri, ubicata 6 miglia a NE di Porto Corsini. Nel 1991, dopo lo scarico di 86.000 m^3 di sedimenti, è stato avviato uno studio per valutare eventuali variazioni delle caratteristiche dei sedimenti superficiali causate dagli sversamenti nell'area di discarica. Altri studi sono stati condotti nella stessa

area per valutare la biodisponibilità dei metalli in traccia presi in esame mediante estrazioni sequenziali successive (Giani et al., 1992) ed i livelli di contaminazione di alcuni organismi marini bentonici (Pellegrini et al., 1992 a, e).

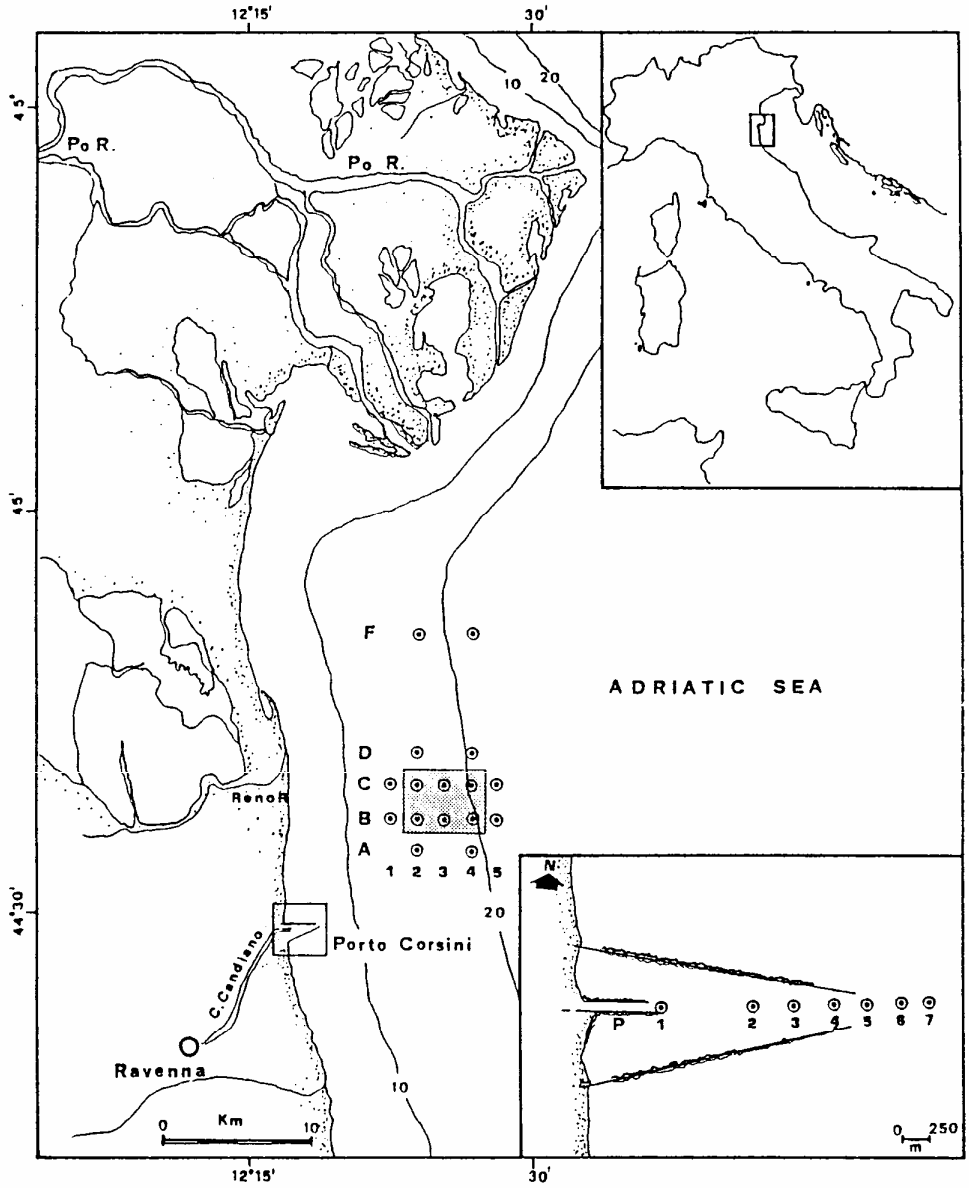


Fig. 1. Ubicazione dei siti di campionamento nell'area di discarica (rettangolo grigio), nella zona circostante ed all'ingresso del porto di Ravenna, tra le due dighe foranee (riquadro in basso).

2. MATERIALI E METODI

A protezione dell'imboccatura del porto-canale di Ravenna (canale Candiano) si trovano due dighe foranee. È in tale area, nella quale doveva essere dragata la maggior parte di sedimenti, che sono stati condotti i campionamenti in sette siti tra l'imboccatura del canale e le estremità delle dighe foranee (fig. 1). Al momento in cui sono state effettuate le operazioni di campionamento (marzo 1991) nell'area di discarica erano stati sversati circa 49.000 m^3 di materiali dragati nelle zone interne al canale Candiano e

circa 36.500 m^3 (dei 300.000 previsti) nella zona compresa tra l'inizio del canale e l'imboccatura delle dighe foranee.

Per valutare eventuali fenomeni di dispersione sul fondo sono stati scelti sei siti di campionamento all'interno dell'area autorizzata alla discarica ed 8 siti nell'area circostante la discarica ubicati secondo il reticolo riportato nella figura 1. Altri due siti di campionamento sono stati ubicati circa 5 miglia più a nord in una zona non influenzata dal trasporto di materiali sversati nell'area di discarica e maggiormente soggetta alla deposizione di sedimenti di origine padana.

Il campionamento dei sedimenti è stato eseguito con carotiere a gravità utilizzando dei liner in plexiglas precedentemente decontaminati. Le carote sono state congelate a bordo e conservate a -20°C.

I sedimenti superficiali sono stati prelevati sezionando uno strato superficiale delle carote dello spessore di 2 cm. Su tre carote, campionate nel giugno 1991, sono stati effettuati prelievi di sezioni dello spessore di 2 cm, ad intervalli di 10 cm, fino ad una profondità massima di 80 cm.

Per le analisi granulometriche la frazione dimensionale maggiore di 63 μm è stata sottoposta a setacciatura su setacci da 0 a 4| o, con un intervallo di 0,5 ϕ mentre la frazione inferiore a 63 μm è stata analizzata mediante sedigrafo a raggi X.

La digestione dei campioni di sedimento destinati alle analisi chimiche è stata condotta secondo il metodo di Agemian & Chau (1975), modificato. Una quantità pari a circa 0,4 g di sedimento umido è stata sottoposta ad un attacco con 3 cm^3 di HNO_3 (65%), 2 cm^3 di HC1 (30%), 2 cm^3 di $HC1O_4$ (70%), 2 cm^3 di HF (40%) in contenitori di teflon sotto pressione, utilizzando un sistema di mineralizzazione a microonde (Milestone MLS 1200). Tutti i reagenti utilizzati erano di grado Suprapur (Merck). Il cromo ed il piombo sono stati determinati mediante atomizzazione elettrotermica in foraetto di grafite utilizzando uno spettrofotometro ad assorbimento atomico Varian SpectrAA 30. Il mercurio è stato determinato con il metodo dei vapori freddi dopo riduzione con cloruro stannoso.

Ogni campione è stato mineralizzato in doppio e su ogni soluzione mineralizzata sono state effettuate almeno due misure. L'accuratezza della metodica rispetto al materiale certificato di riferimento utilizzato (BCSS-1, NRC Canada) è stata di 95,9 % per Cr, 99,2% per Hg, 97,1% per Pb. I coefficienti di variazione medi per le singole misure sono risultati: 8% per Hg, 6% per Cr, 7,5% per Pb.

II contenuto in acqua è stato determinato per via gravimetrica lasciando i campioni ad essiccare a 105 °C per 48 ore. Le concentrazioni dei metalli sono state riferite sempre al peso secco.

La sostanza organica è stata determinata per via gravimetrica lasciando i campioni 16 ore in muffola a 375°C (Ball, 1964).

3. RISULTATI

3.1. Caratteristiche granulometriche

I sedimenti dell'area di studio sono costituiti da silt argilloso ed argilla siltosa (fig. 2), mentre le sabbie fini costituiscono una frazione minima del totale (mediamente inferiore

al 2%). La frazione argillosa aumenta nella direzione costa-largo (fig. 3) mentre la frazione siltosa presenta un gradiente opposto.

I sedimenti della zona portuale sono eterogenei (fig. 2) con granulometrie che vanno dall'argilla siltosa nella parte più interna (stazione P1) al silt argilloso (stazioni P2, P3, P6 e P7) con una zona intermedia di sabbia siltosa, in corrispondenza dell'imboccatura delle dighe (stazioni P4 e P5). La frazione sabbiosa ricade prevalentemente nelle classi comprese tra 3 e 4 |o (sabbie molto fini). La granulometria varia nettamente in funzione della profondità con valori maggiori di sabbia in superficie ed un incremento del silt e dell'argilla negli strati sottostanti.

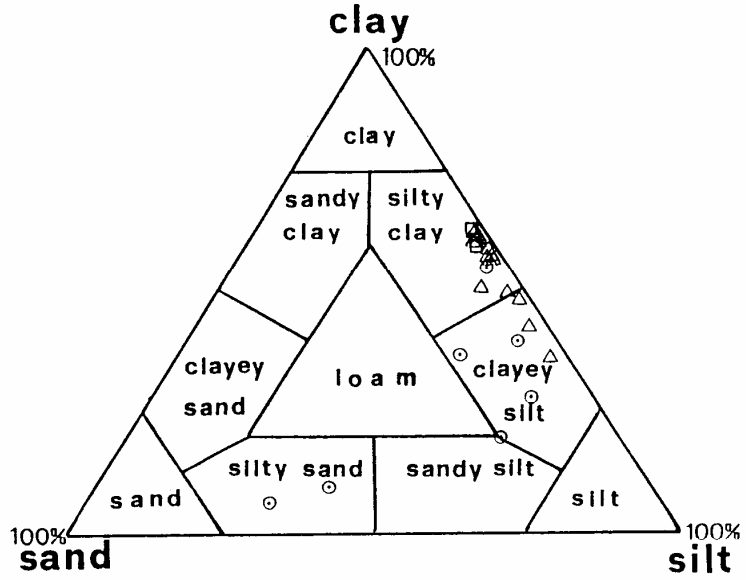


Fig. 2. Classificazione granulometrica dei sedimenti secondo Shepard (triangolo=area di discarica e zona circostante; quadrato= stazioni F2 e F4; cerchio = zona portuale).

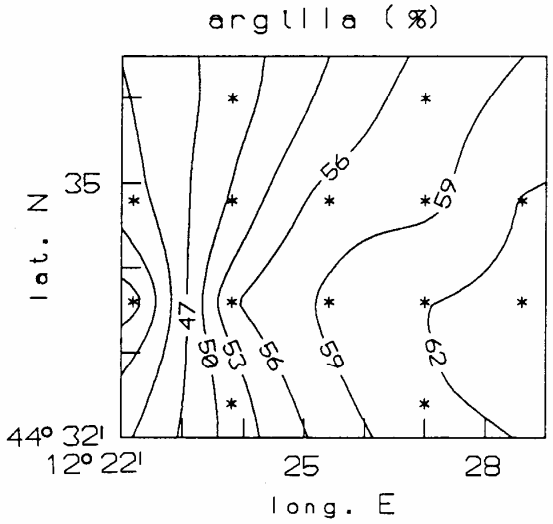


Fig. 3. Distribuzione superficiale dell'argilla nella zona di discarica e nell'area circostante.

3.2. Mercurio

La concentrazione media di mercurio nei sedimenti superficiali dell'area di scarico e nella zona circostante è di 0,30 ±0,11 mg kg^{-1}. Il valore minimo si riscontra nelle stazioni più vicine alla costa B1 e C1 (0,13 mg kg^{-1}) mentre il valore massimo corrisponde alla stazione F4 vicina al Po (0,51 mg kg^{-1}). La distribuzione superficiale del mercurio (fig. 4a) evidenzia un aumento delle concentrazioni dalla costa verso il largo. Il valore più elevato corrisponde alla stazione a nord dell'area di discarica dove vi è una maggior deposizione di sedimenti argillosi di origine padana. I profili della concentrazione di mercurio nelle carote B2 e B5 (fig. 5a) indicano una diminuzione dagli strati superficiali verso quelli più profondi.

I sedimenti della zona portuale studiata presentano concentrazioni elevate di mercurio nella stazione più interna (1,93 mg kg^{-1} nella stazione P1, da 0,89 a 2,43 mg kg^{-1} nella carota della stazione P2) decrescendo verso l'uscita del porto con valori minimi in corrispondenza ai campioni di sabbia siltosa. I valori nelle carote sono molto variabili (fig. 6a) anche a causa dell'eterogeneità nella composizione granulometrica verticale evidenziata in altre carote portuali.

3.3. Piombo

La concentrazione media nell'area di discarica e nella zona circostante risulta pari a 33,09 + 6,27 mg kg^{-1}. Il valore minimo corrisponde alla stazione C1 (24,50 mg kg^{-1}) mentre il valore massimo alla stazione F2 (57,20 mg kg^{-1}). La distribuzione superficiale indica un gradiente positivo dalla costa verso il largo, come indicato dalle isoplete (fig. 4b). Nella distribuzione verticale lungo le carote si evidenzia una marcata diminuzione con l'aumentare della profondità nelle carote B2 e B5 (fig. 5b).

Nei sedimenti portuali le concentrazioni superficiali risultano variabili con valori massimi prossimi a quelli dell'area di discarica, pure il profilo verticale nella carota P3 indica una notevole variabilità delle concentrazioni (fig. 6b).

3.4. Cromo

La concentrazione media di cromo nell'area di discarica e nella zona circostante è pari a 135,1 ± 14,0 mg kg-^{1}. Il valore minimo corrisponde alla stazione B2 (122,8 mg kg^{-1}) mentre il valore massimo (171,2 mg kg^{-1}) corrisponde alla stazione vicina al Po (F4). Come avviene per gli altri due metalli le concentrazioni aumentano verso il largo (fig. 4c). I profili verticali non seguono un andamento uguale nelle varie stazioni, nella stazione B2 i valori negli strati superficiali sono inferiori a quelli degli strati più profondi contrariamente alla carota B5 (fig. 5e).

Le concentrazioni di cromo nei sedimenti superficiali del porto risultano inferiori a quelle nei sedimenti dell'area di discarica. Nel profilo verticale della carota portuale si riscontra una maggiore variabilità delle concentrazioni (fig. 6c).

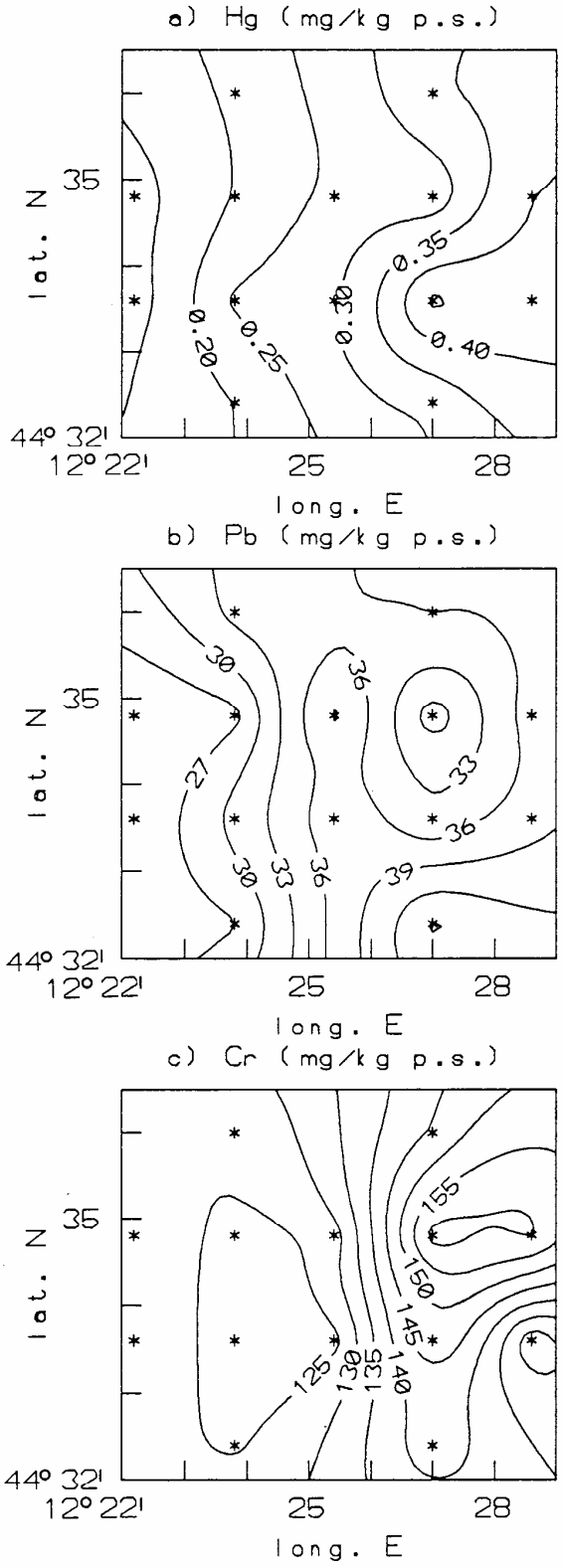


Fig. 4 - Distribuzione superficiale del mercurio (a), del piombo (b) e del cromo (c) nell'area di discarica e nella zona circostante.

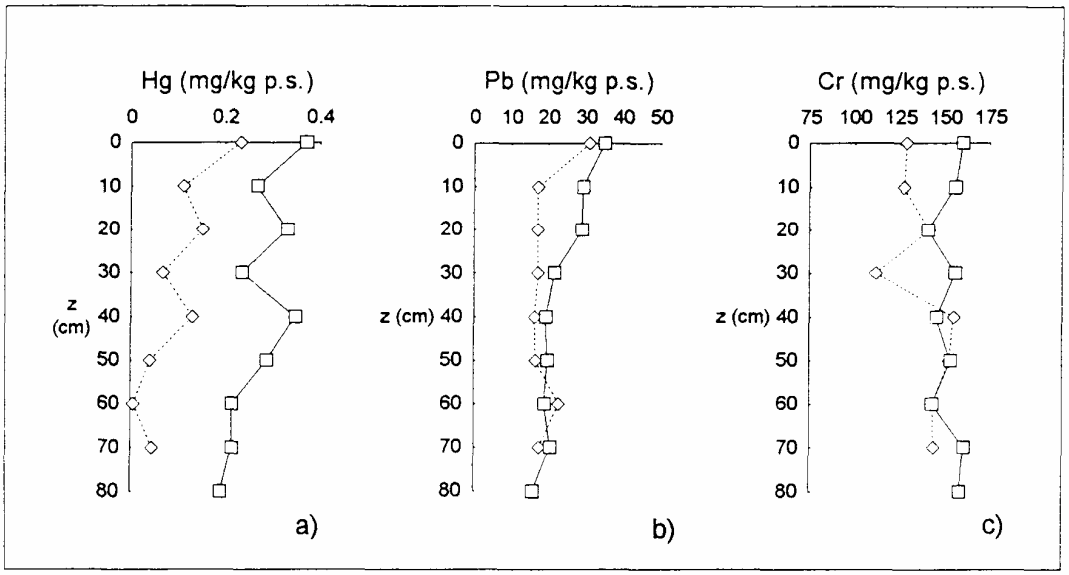


Fig. 5 - Distribuzione superficiale di mercurio (a), piombo (b) e cromo (c) in funzione della profondità (z) nella carota B2 (linea tratteggiata) e B5 (linea continua).

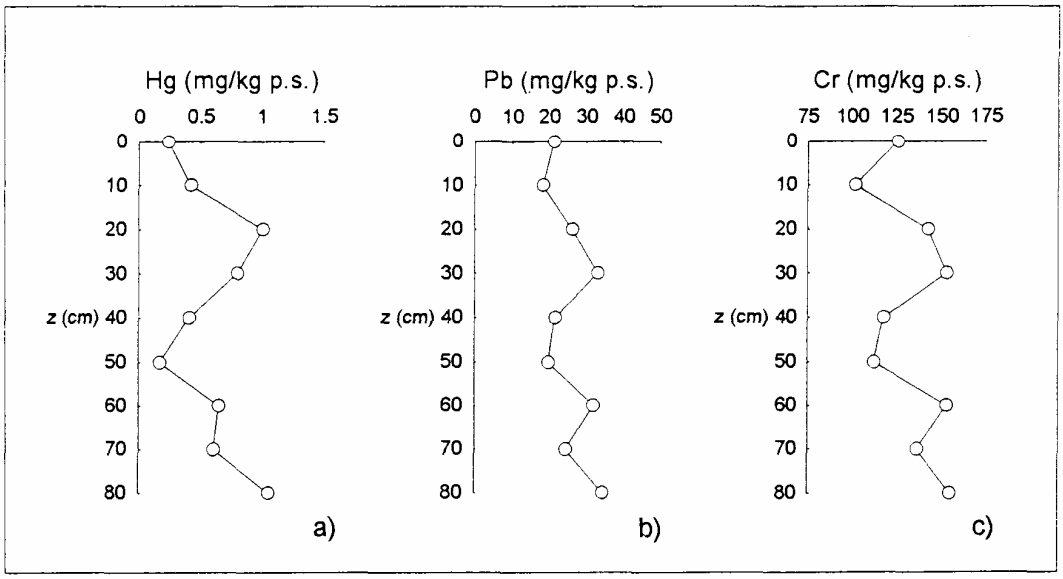


Fig. 6 - Distribuzione superficiale di mercurio (a), piombo (b) e cromo (c) in funzione della profondità (z) in una carota portuale (P3).

4. DISCUSSIONE

Nella zona di discarica i sedimenti sono costituiti da silt argilloso e da argille siltose con un contenuto di argilla che aumenta in funzione della batimetria ($r = 0,882$, $p<0.001$).

Un unico campione (A2) presenta una percentuale di sabbia (sabbie molto fini) pari a 5,9, valore superiore a quello medio per la zona ($1,9 \pm 1,3$), mentre le altre variabili studiate non mostrano variazioni significative.

Le caratteristiche granulometriche dell'area di discarica e della zona circostante sono in accordo con la distribuzione areale descritta in precedenti lavori (Angeloni et al., 1979, Bortoluzzi et al., 1984, Brambati et al., 1983, Colantoni et al., 1978).

Nei sedimenti della zona portuale risulta prevalente la frazione sabbiosa e siltosa sia sulla base dei risultati del presente studio (fig. 2) che sulla base di dati pregressi relativi alle zone più interne. I campioni portuali presentano una notevole variabilità sia in superficie (fig. 2) che negli strati sottostanti con frazioni sabbiose e siltose maggiori che nei campioni prelevati nell'area di discarica.

In generale, le concentrazioni di Hg, Pb e Cr aumentano dalla costa verso il largo; nell'area di discarica non si evidenziano aumenti puntuali di particolare rilevanza; i valori più elevati corrispondono alle stazioni più vicine al delta del Po. Normalizzando la concentrazione del mercurio per il contenuto di argilla si riscontra ancora un gradiente costa largo che potrebbe derivare da una sedimentazione di materiale particellato, arricchito in modo differenziale a seconda dell'origine (fiumi Reno, Po, fiumi a nord del Po).

L'aumento delle concentrazioni di vari metalli in traccia (tra cui Hg, Pb, Cr) dalla costa verso il largo nella zona a sud del delta padano era già stato evidenziato anche in precedenti studi (Frignani et al., 1978; Frascari et al., 1988). Le concentrazioni dei metalli presi in considerazione risultano comparabili ai dati relativi ai sedimenti superficiali della parte occidentale dell'Adriatico settentrionale riportati da altri autori per il mercurio (Frignani et al., 1978; Guerzoni et al., 1984, Ferrara e Maserti, 1992) e per il piombo (Donazzolo et al., 1984; Guerzoni et al., 1984; Giordani et al., 1989, Giordani et al., 1992). I valori di cromo risultano invece più elevati di quelli riportati da Frignani et al. (1978) per la stessa area e da Guerzoni et al. (1984) e (Donazzolo et al., 1984) per altre aree dell'Adriatico nord-occidentale. Valori prossimi a quelli del presente studio sono stati trovati in alcune carote prelevate al largo di Cesenatico utilizzando la fluorescenza di raggi X (Giordani et al., 1992), mentre valori più elevati sono stati trovati alla foce dell'Adige da Juracic et al.(1986). Concentrazioni dello stesso ordine di grandezza dei nostri risultati sono stati trovati anche nel mar Tirreno (Cosma et al. 1980, Leoni et al., 1991) e nel mar Ligure (Cosma et al., 1979; Cosma et al. 1982, Cosma et al., 1983) dove le concentrazioni variano tra 100 e 300 mg kg^{-1}, con punte, nella fascia costiera, in prossimità dei fiumi, spesso più elevate di 500 mg kg^{-1}.

La differenza tra i valori trovati nel presente studio e quelli di vari altri studi precedenti deriverebbe dal differente metodo di digestione dèi campione solido. Dai risultati di una serie di estrazioni selettive fatte sugli stessi campioni (Giani et al., 1992) il cromo risulta quasi totalmente legato alla frazione residuale e quindi probabilmente associato alla matrice cristallina, il che conferma la necessità di utilizzare una digestione forte con acido fluoridrico sotto pressione per migliorare l'efficienza della solubilizzazione, come indicato anche da Loring & Rantala (1988). L'attacco a caldo con HNO_3 8 N, utilizzato nei lavori precedenti, ha generalmente una bassa efficienza di estrazione rispetto al cromo totale (inferiore al 40-42%, secondo Donazzolo et al., 1981 e Guerzoni et al., 1987).

I profili verticali nelle carote indicano un arricchimento negli strati superficiali del mercurio e del piombo mentre il cromo non mostra tale andamento. I profili per il piombo risultano simili a quelli trovati nella stessa area (Guerzoni et al., 1987) ed in una zona costiera dell'Adriatico centro-orientale (Prohic & Juracic, 1989). L'arricchimento

del piombo in superficie può essere dovuto sia ad un incremento degli apporti alloctoni (apporti fluviali ed atmosferici) connessi con un aumento della contaminazione di origine antropica sia ad una mobilizzazione nella diagenesi primaria (Ridgway & Price, 1987). Il profilo verticale del mercurio indica un arricchimento in superficie come evidenziato in altri studi (Selli et al., 1977; Guerzoni et al., 1987).

Le concentrazioni medie (in mg kg^{-1}) nelle sezioni, comprese tra 40 e 80 cm, delle carote B2 e B5 sono risultate essere, rispettivamente, pari a 0,072±0,003 e 0,252±0,04 per il mercurio, 18,3±3,4 e 18,9±2,0 per il piombo, 141,1±6,2 e 153,2±7,8 per il cromo. Anche in profondità, come in superficie, le concentrazioni dei metalli presi in esame sono maggiori al largo soprattutto per quanto concerne il mercurio. Poiché le sezioni considerate dovrebbero corrispondere ad un periodo preindustriale sulla base della velocità di accumulo dei sedimenti per l'area di 0,24 cm/anno (Frignarli e Langone, 1991) le concentrazioni trovate potrebbero essere prese come valori massimi di background. Si otterrebbe così un buon accordo con i valori proposti da Guerzoni e coll. (1987) per il piombo e per il mercurio della carota B2 mentre nella carota B5 il valore risulterebbe circa doppio. Si potrebbe pertanto ipotizzare che anche in epoca preindustriale nella stazione più al largo vi sia stato un maggiore accumulo di particellato fine, che risulta arricchito di molti metalli in traccia ed in particolare di mercurio (Donazzolo et al., 1984).

Gli elevati valori di mercurio trovati nei sedimenti della zona portuale (carota P2) sono indice di una contaminazione di mercurio che deriva presumibilmente dall'inquinamento generale del canale Candiano e delle piallasse circostanti causato dagli scarichi degli impianti petrolchimici presenti nella zona (Anconelli et al., 1980, Miserocchi et al., 1990).

Nei sedimenti portuali sono mediamente presenti concentrazioni più elevate di Hg mentre i valori relativi a Pb e Cr sono comparabili o inferiori a quelli della zona di discarica.

L'applicazione della cluster analysis di tipo Q, basata sui coefficienti di distanza, alla matrice dei dati formata da tutti i campioni ha messo in evidenza un diverso raggruppamento dei campioni prelevati nel porto da quelli costieri. Conseguentemente sono state indagate le correlazioni tra variabili in funzione delle stazioni, separatamente per l'area portuale e per la zona costiera, applicando la cluster analysis di tipo R (coefficiente di correlazione di Pearson).

Nella zona costiera il mercurio risulta significativamente correlato alla frazione argillosa ($r = 0,868$, $p < 0,001$), il piombo con la sostanza organica ($r = 0,77$), il cromo mostra una correlazione positiva con la sostanza organica ($r = 0,654$, $p<0.01$).

Il dendrogramma ottenuto mediante cluster analysis di tipo R, applicata sulla matrice formata da 9 parametri analizzati nelle 16 stazioni della zona costiera, basandosi sui coefficienti di correlazione, evidenzia le correlazioni esistenti tra i parametri analizzati (fig. 7a).

Nella zona portuale il piombo ed il cromo risultano correlati in modo significativo con le frazioni più fini: in particolare il piombo con l'argilla ($r = 0,984$, $p < 0,01$). I raggruppamenti ottenuti mediante cluster analysis in funzione dei parametri analizzati nei campioni portuali (fig. 7b) oltre alle correlazioni già descritte, indicano un associazione tra il mercurio e la sostanza organica e tra il cromo e la frazione siltosa compresa tra 16 e 4 μm.

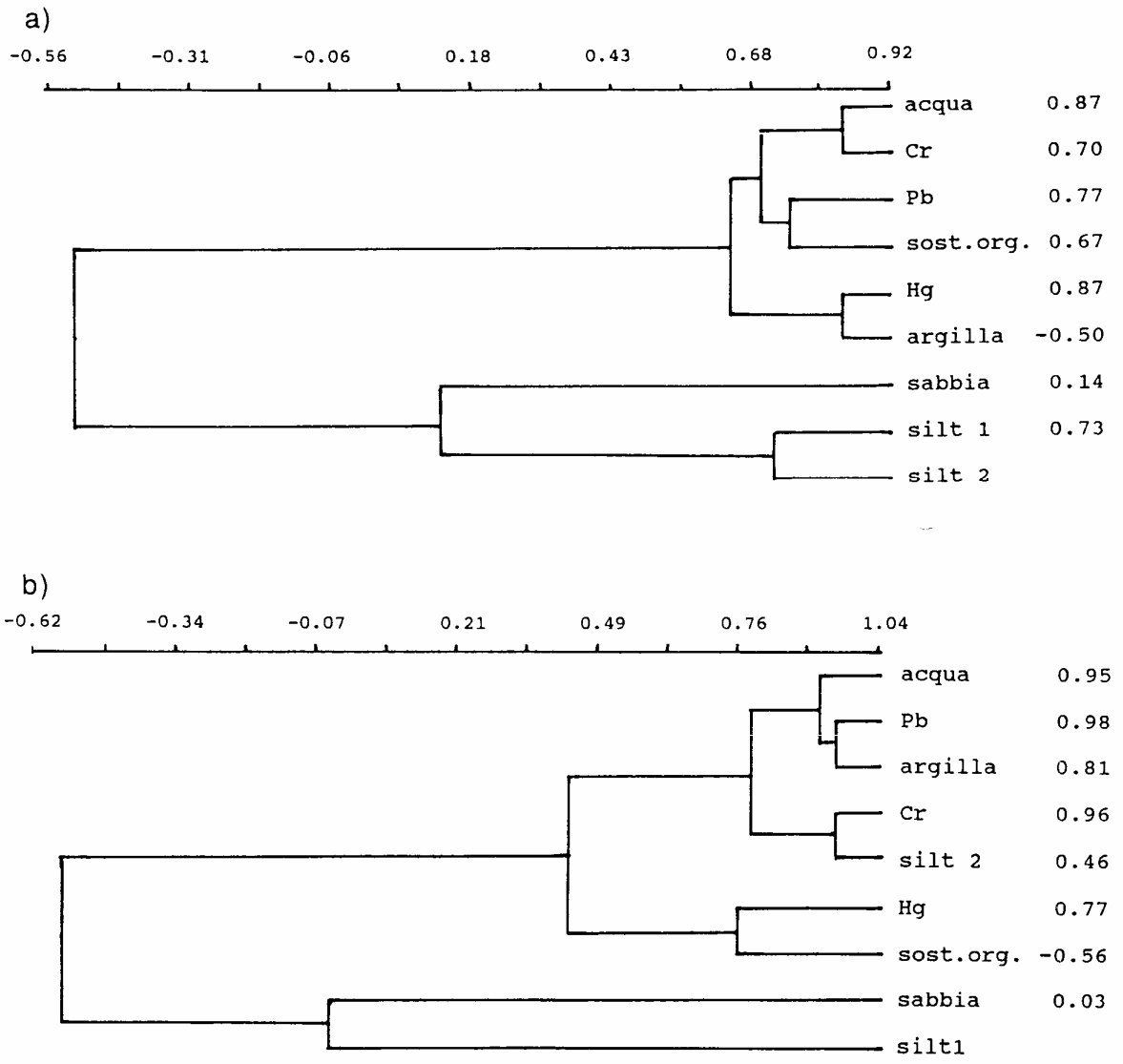


Fig. 7 - Cluster analysis, di tipo R, basata sui coefficienti di correlazione. Dendrogramma relativo ai campioni della zona costiera (a) e della zona portuale (b). I valori riportati lungo l'asse orizzontale indicano i livelli di similarità, silt 1 = frazione compresa tra 16 e 63 μm; silt 2 = frazione compresa tra 16 e 4 μm .

5. CONCLUSIONI

Non si evidenziano anomalie nella composizione tessiturale né nelle concentrazioni di mercurio, piombo e cromo nell'area di discarica rispetto all'area circostante. La distribuzione di tali metalli sembra regolata principalmente dai processi di deposizione che determinano le caratteristiche sedimentologiche dell'area.

Le concentrazioni di cromo risultano da due a tre volte più elevate delle concentrazioni trovate in precedenti lavori in cui veniva utilizzata una digestione acida meno efficace.

Si evidenzia l'importanza della determinazione delle concentrazioni totali dei metalli per poter comparare i risultati. Anche se le concentrazioni totali non sono un indice della biodisponibilità dell'elemento, permettono di ricostruire in modo univoco la distribuzione degli elementi nei sedimenti marini.

Le tracce di contaminazione da mercurio dei sedimenti portuali più prossimi all'entrata del porto-canale, indicano che una particolare attenzione va posta nelle operazioni di dragaggio e di scarico a mare dei sedimenti dell'area portuale, in considerazione, anche, ad una distribuzione del mercurio non uniforme né in superficie né verticalmente.

Questi risultati preliminari forniscono utili indicazioni per impostare ricerche successive che permettano di comprendere le dinamiche che regolano i processi di sedimentazione nell'area di discarica. Ulteriori studi sono necessari per poter valutare l'eventuale dispersione dei sedimenti nell'area e nella zona circostante, dopo lo scarico di altre quantità di sedimenti portuali.

RINGRAZIAMENTI

Si ringraziano A. Mengoli e M. Magagnoli dell'I.G.M. e G.Natale e P. Coppolelli dell'ICRAM per la loro preziosa collaborazione. Un particolare ringraziamento è dovuto a F.Frascari per gli utili commenti e suggerimenti.

Il presente studio è stato realizzato grazie ad un finanziamento del Ministero dell'Ambiente.

BIBLIOGRAFIA

Agemian, H & A.S.Y. Chau. 1975. An atomic absorption method for the determination of 20 elements in lake sediments after digestion. *Anal. Chim. Acta,* 80: 61- 66.

Anconelli, M.T., C. Baldrati & W. Vandini. 1980. Studio composito sull'inquinamento da mercurio ed altri oligoelementi nelle valli ravennati (piallasse), *Acqua Aria,* 10: 1323-1331.

Angeloni, A.S., L. Angiolini, G. Bortoluzzi, F. Frascari, M. Frignarli, N. Ghedini, P. Giordani, S. Guerzoni, M. Mengoli & G. Rovatti. 1979. Il ruolo dei sedimenti nell'eutrofizzazione delle acque costiere dell'Emilia Romagna: caratterizzazione chimica e sedimentologica dei fondali. In: *Atti del convegno "Eutrofizzazione in Italia",* Roma 3-4 ottobre 1978, CNR, AC/2/50: 79-100.

Ball, D.F. 1964. Loss-on-ignition as an estimate of organic matter and organic carbon in non calcareous soils. *Journ. Soil. Sci.,* 15: 84-92.

Bortoluzzi, G., F. Frascari, M. Frignarli, P. Giordani, S. Guerzoni, G. Rovatti & C.Turci. 1984. Influenza del Po e dei fiumi minori sul contenuto di sostanze nutrienti nei sedimenti marini dell'Emilia Romagna. *Mem. Soc. Geol. It*., 77: 483-497.

Brambati, A., M. Ciabatti, G.P. Fanzutti, F. Marabini & R. Marocco. 1983. A new sedimentological textural map of the Northern and Central Adriatic sea. *Boll. Oceanol. Teor. Appl,* 1: 261-271.

Colantoni, P., P. Curzi. & P. Gallignani. 1978. Caratteristiche generali del fondo e del sottofondo della piattaforma continentale tra Ancona e la foce del fiume Reno. In: P. Colantoni and P. Gallignani (Editors), *Ricerche sulla piattaforma continentale dell'Alto Adriatico.* CNR. Quad. n.l, dicembre 1978.

Cosma, B., M. Drago, M. Piccazzo, G. Scarponi & S. lucci. 1979. Heavy metals in Ligurian Sea sediments: distribution of Cr, Cu, Ni, and Mn in surficial sediments. *Mar. Chem.,* 8: 125-142.

Cosma, B., M. Drago, M. Piccazzo & S. Tucci. 1980. Heavy metals in high Tyrrhenian sea sediments: distribution of Cr, Cu, Ni and Mn in superficial sediments. *Atti Soc. Tose. Sc. Nat. Mem.* ,87:145-161.

Cosma, B., R. Frache, F. Baffi & A. Dadone. 1982. Trace Metals in sediments from Ligurian coast, Italy. *Mar. Poll. Bull,* 13: 127-132.

Cosma, B., V. Contardi, G. Zanicchi, R. Capelli. 1983. Heavy metals in superficial sediments from the Ligurian Sea, Italy. *Chem. Ecol.,* 1: 331-344.

Davis, J.C. 1986. Statistics and data analysis in geology. J. Wiley, 646 pp.

Donazzolo, R., O. Hieke Merlin, L. Menegazzo Vitturi, A. Orio, B. Pavoni, G. Perin, & S. Rabitti. 1981. Heavy metal contamination in surface sediments from the Gulf of Venice, Italy. *Mar. Poli. Bull.* ,12:417-425.

Donazzolo, R., O. Hieke Merlin, L. Menegazzo Vitturi, & B. Pavoni. 1984. Heavy metal content and lithological properties of recent sediments in the Northern Adriatic Sea. 1984. *Mar. Poli. Bull.,* 15: 93-101.

Ferrara, R. & B.E. Maserti. 1992. Mercury concentration in the water, particulate matter, plankton and sediments of the Adriatic Sea. *Mar. Chem.,* 38: 237-249.

Frascari, F., M. Frignani, S. Guerzoni & M. Ravaioli. 1988. Sediment and pollution in the Northern Adriatic sea. *Annals of the New York Academy of Sciences,* 534: 1000-1020.

Frignani, M., F. Frascari, G. Quarantotto, & R. Poletti. 1978. Trace heavy metals in Adriatic sea sediments off the italian coast from Pesaro to Po delta. *Gior. Geol.,* XLIII: 21-45.

Frignani, M. & P. Giordani. 1983. Metalli pesanti in sedimenti antichi e recenti dei mari italiani. *Atti del V congresso AIOL.* 525-534.

Frignani, M. & L. Langone. 1991. Accumulation rates and ^{137}Cs distribution insediments off the Po river delta and the Emilia-Romagna coast (northwestern Adriatic Sea, Italy). *Cont. Shelf Res.,* 11: 525-542.

Giani, M., M. Gabellini, D. Pellegrini, E. Beccaloni & R. Giordano. 1992. Trace metals in sediments of a dumping site in an italian coastal area of the Northern Adriatic. In: Proceeding of the XII International Symposium "Chemistry of the Mediterranean", Rovinj: 36-42.

Giordani, P., S. Guerzoni, & G. Rovatti. 1989. Metalli pesanti e nutrienti nei sedimenti del mare Adriatico. *Boll. Oceanol. Teor. Appl.* 167-176.

Giordani, P., A. Asioli, A.M. Borsetti, M. Frignarli & F. Lucchini. 1992. Geochemical and biostratigraphic records of historical environmental stresses in sediments of north-western adriatic. *Atti del IX congresso AIOL:* 35-44.

Guerzoni, S., M. Frignani, P. Giordani & F. Frascari. 1984. Heavy metals in sediments from different environments of a Northern Adriatic Sea Area, Italy. *Environ. Geol. Water Sci.,* 6: 111-119.

Guerzoni, S., G. Rovatti, E. Molinari & G. Rampazzo. 1987. Total and "selective" extraction methods for trace metals in marine sediment. Reference sample (MES-1, NBS 1646). *Chem. Ecol.,* 3:39-48.

Juracic, M., L. Menegazzo Vitturi, S. Rabitti, & G. Rampazzo, 1986. Suspended matter properties and its role in pollutant transfer from the river to the sea. Case study: Adige river - Adriatic sea. *Sci. Total Environ.,* 55: 243-249.

Leoni, L., F. Sartori, V. Damiani, O. Ferretti, & M. Viel. 1991. Trace element distributions in surficial sediments of the Northern Tyrrhenian Sea: contribution to heavy-metal pollution assessment *Environ. Geol. Water Sci,* 17: 103-116.

Loring, D.H. & R.T.T. Rantala. 1988. An intercalibration excercise for trace metals in marine sediments. Mar. *Chem.,* 24: 13-28.

Miserocchi, S., F. Frascari, S. Guerzoni & L. Langone. 1990. Inquinamento da mercurio ed altri metalli pesanti (Pb, Cu, Zn) nei sedimenti delle valli ravennati (piallasse della Baiona). *Acqua Aria,* 4: 361-370.

Pellegrini, D., P. Coppolelli, M.G. Natale & A.M. Cicero. 1992a. Risultati preliminari sul contenuto di mercurio, piombo e cromo in organismi marini della in relazione al dragaggio del porto di Ravenna. *Biologia Marina, suppl. al Notiziario S.LB.M., 1:* 217-218.

Pellegrini, D., M. Gabellini, M. Giani & C. Barbera. 1992b. L'impatto ambientale nelle attività di dragaggio portuale. *VIA,* VI(21): 37-41.

Pellegrini, D., M. Giani & P. Coppolelli. 1992c. Mercury and chromium in organisms of the coastal marine area between Po delta and Ravenna harbour. *Rapp. Comm. int. Mer Médit.,* 33: 81.

Prohic, E. & M. Juracic. 1989. Heavy metals in sediments. Problems concerning determination of the anthropogenic influence. Study in the Krka river estuary, eastern Adriatic coast, Yugoslavia. *Environ. Geol. Water Sci.,* 13: 145-151.

Ridgway, I.M. & N.B. Price. 1987. Geochemical associations and post-depositional mobility of heavy metals in coastal sediments: Loch Etive, Scotland. *Mar. Chem.,* 21:229-248.

Selli, R., M. Frignani & P. Giordani. 1977. Inquinamento dei sedimenti marini. In: *Atti del convengno "Aspetti scientifici dell'inquinamento dei mari italiani",* Accademia nazionale dei Lincei, Roma: 169-192.

Atti del 11° Congresso A.I.O.L
Sorrento 26-28 Ottobre 1994
da pag. 633 a pag. 642

SEDIMENTOLOGIA ED EVOLUZIONE OLOCENICA DELLA LAGUNA COSTIERA PRESENTE UN TEMPO ALLA FOCE DEL TEVERE

Piero BELLOTTI

Dipartimento di Scienze della Terra, Università di Roma "La Sapienza"

RIASSUNTO

Al momento della bonifica del delta del Tevere, avviata nel 1884, erano presenti ai lati del fiume due bacini palustri che rappresentavano l'ultima fase evolutiva di un'ampia laguna originatasi almeno 13000 anni B.P. La sua evoluzione è avvenuta in tre fasi distinte ed è stata guidata da due fattori:
a) risalita glacioeustatica del livello del mare;
b) posizione della foce tiberina rispetto alla barriera costiera.

Nella prima fase (13000-6000 anni B.P.) la foce del Tevere era interna alla laguna e il livello del mare si sollevava in modo discontinuo e con tassi medi via via decrescenti. I sedimenti fluviali non erano in grado di compensare l'incremento volumetrico della laguna indotto dal sollevamento marino cosicché tutto il sistema barriera-laguna, migrava verso terra.

Nella seconda fase, iniziata circa 6000 anni B.P. e sicuramente terminata anteredentemente a 2000 anni B.P., il livello del mare era pressoché stabile e il Tevere, sfociando ancora nella laguna, apportava in quel bacino una sufficiente quantità di materiale da consentire la progradazione della sua foce. Si creò quindi un corpo deltizio lagunare che, raggiunta la barriera costiera, divise in due bacini l'originaria laguna.

L'ultima fase, sicuramente attiva negli ultimi 2000 anni, è stata caratterizzata dalla stabilità del livello marino e dalla foce del Tevere posta in mare. I due bacini, ormai privi di apporti sedimentari continui, si trasformarono via via in paludi salmastre che oggi sono scomparse perché impianti idrovori drenano le acque che le alimentavano.

SUMMARY

In the 1884 two salt marshes which were present in the upper Tiber delta plain were reclaimed. These basins marked the last evolutional phase of a wide lagoon existing in proximity of the Tiber river mouth, since 13,000 years ago.

The sedimentary processes and the holocenic evolution of the lagoon have been recognised by: surface and subsurface data, radiometric age, archaeological and historical information.

It's possibile to subdivide the evolution of the lagoon in three stages controlled by two main factors:

a) the sea level glacioeustatic rise,

b) the Tiber river mouth location, respect to the beach barrier.

In the first time (13000 / 6000 years B.P.) the Tiber River flowed into the lagoon and the sea level rise was characterised by decreasing average rates. In this period, the rise in sea level was probably punctuated by rapid episodic rises. Sediment supply was not enough to compensate the sea level rise and that determined a retrograding trend of the barrier-lagoon System.

The second stage began, about 6000 years ago and ended at least 2000 years B.P. This phase developed during the sea level still stand like the following one. The Tiber River, while flowed into the lagoon, builted a prograding lagoon delta body. When the latter jointed to beach barrier, the lagoon split in two minor basins.

In the last stage, the Tiber River was flowing directly into the Tyrrhenian sea and both basins were connected to the sea by means of one or more inlets. Under this condition the sedimentary supply of the basins was ephymeral and mainly related to the Tiber River floods.

1. INTRODUZIONE

Gli studi sui caratteri sedimentologici del delta del Tevere, sito a circa 20 km a occidente di Roma (Fig. 1), sono stati sviluppati nell'ultimo decennio attraverso perforazioni, rilievi sismici, analisi microfaunistiche, tessiturali e datazioni con radiocarbonio. Essi hanno consentito di ricostruire tridimensionalmente l'intero corpo deltizio nonché l'evoluzione dell'area costiera romana dalla fine dell'ultima glaciazione. Abbondanti resti archeologici e testimonianze storiche concorrono a tale ricostruzione per gli ultimi 2500 anni circa unitamente alla fotointerpretazione di immagini aeree,le più vecchie delle quali risalgono ai primi anni del '900.

I dati di dettaglio sono riportati in alcuni recenti lavori (tra cui Bellotti et al., 1986; Belluomini et al., 1986; Bellotti et al., 1989) ai quali si rimanda per una maggiore documentazione.

Nel periodo storico (dall'antica Roma alla fine del XIX secolo) un elemento caratteristico di questo territorio è stata la presenza di alcuni stagni costieri; essi hanno avuto una origine comune ed una evoluzione legata agli eventi eustatici e sedimentari avvenuti nell'area durante l'Olocene.

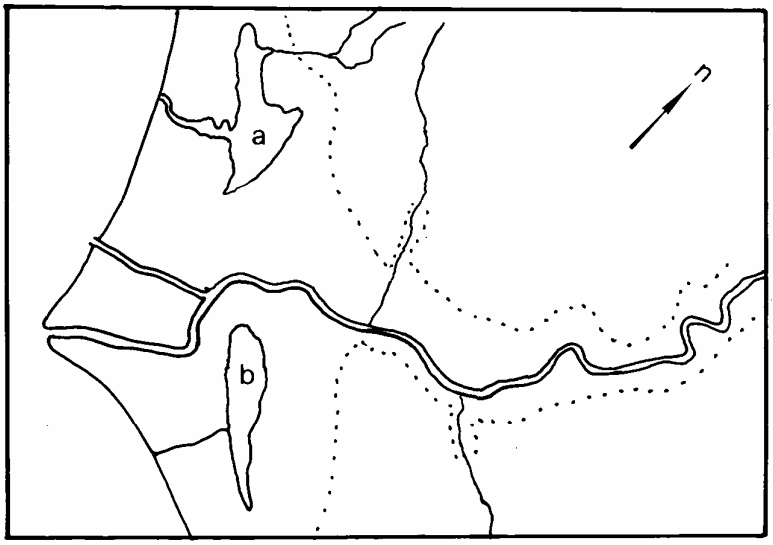


Fig. 1 - Ubicazione dell'area. Con a) e b) sono indicati rispettivamente gli Stagni di Maccarese e di Ostia come erano catografati poco prima della bonifica.

2. VARIAZIONI RELATIVE DEL LIVELLO MARINO

L'area deltizia del Tevere, come buona parte del margine tirrenico laziale, non ha mostrato negli ultimi 20000 anni un significativo tasso di subsidenza (Marani et al., 1986;

Bellotti et al., 1989) a meno di non considerare fenomeni limitati nel tempo e nello spazio. Le variazioni relative del livello marino, avvenute in tal periodo nell'area esaminata, devono pertanto essere attribuite pressoché esclusivamente alla risalita eustatica successiva all'ultimo massimo glaciale, esse sono parte di un ciclo eustatico ad alta frequenza (Fischer, 1964) legato ai parametri dell'orbita terrestre (Hays J.D. et al., 1976; Mitchum & Van Wagoner, 1991).

Le oscillazioni del livello del mare non avvengono con tasso costante e in molti casi possono essere descritte, a grandi linee, con funzioni sinusoidali. Le curve relative risultano tuttavia molto complesse per il sovrapporsi di cicli a frequenza diversa. È stato, inoltre, messo in evidenza che i sollevamenti eustatici relativi alle deglaciazioni non sono eventi continui ma caratterizzati da rapide fasi di sollevamento seguite da momenti di relativa stasi (Frazier, 1974; Thomas & Bentley, 1978; Anderson & Thomas, 1991) hanno presentato curve della risalita olocenica del livello del mare che mostrano in tal periodo un sollevamento marino di tipo episodico. Questo sembra legato a particolari meccanismi di deglaciazione e caratterizzato da impulsi di sollevamento di 3-5 cm/anno aventi durata di qualche secolo. Un simile sollevamento episodico comporta inevitabilmente una successione di eventi sedimentari ripetuti nel tempo che possono essere registrati, con buona definizione, in zone costiere a bassa subsidenza, da sequenze di facies *coarsening upward* (di spessore metrico) limitate da superfici di trasgressione. Queste ultime sono relative ai tratti più acclivi della curva di risalita, mentre, al tratto di curva meno acclive corrisponde la formazione della sequenza *coarsening upward* (Mitchum & Van Wagoner, 1991).

3. EVOLUZIONE DEL BACINO COSTIERO

Gli stagni costieri presenti nell'area deltizia alla fine del secolo scorso erano ciò che rimaneva di un'ampia laguna già esistente 13000 anni B.P. alle foci del Tevere.

La sua evoluzione è stata guidata da due fattori essenziali:

a) la risalita glacioeustatica del livello del mare,

b) la migrazione della foce del Tevere rispetto alla barriera costiera.

Il primo fattore, in assenza di un significativo tasso di subsidenza, ha determinato lo spazio disponibile per l'accumulo dei sedimenti. Il secondo ha influito sui meccanismi

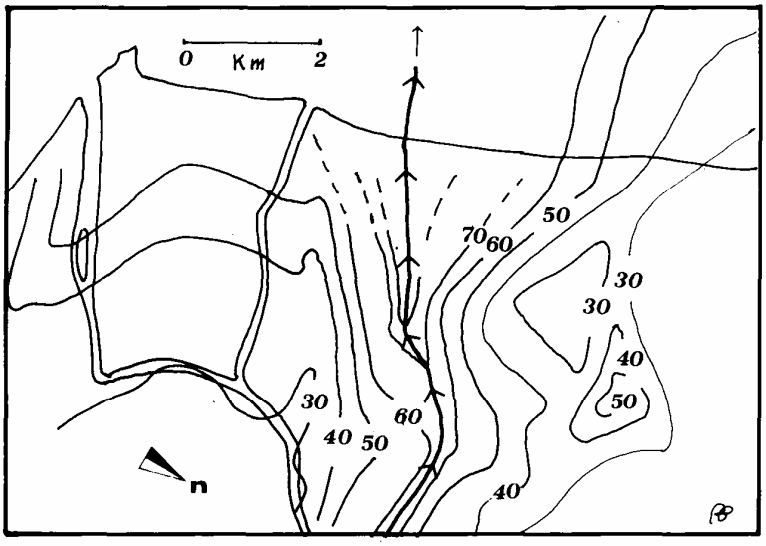


Fig. 2 - Andamento del corso del F. Tevere (tratto con frecce) nel pleniglaciale. Profondità espresse in metri dall'attuale livello marino.

di rifornimento (in acqua dolce e sedimento) del bacino considerato. La combinazione di questi due fattori ha determinato l'evoluzione della laguna attraverso tre fasi distinte caratterizzate da un diverso aspetto morfologico del bacino costiero, da differenti processi sedimentari e dalla diversa tipologia dei depositi.

Durante il basso stazionamento glaciale, il Tevere percorreva una valle, oggi sepolta, il cui andamento è stato in parte ricostruito (Fig.2). Nelle prime fasi di risalita il mare invase parte della valle producendo una profonda "ria".

Tale situazione non va comunque assimilata ad un estuario *sensu* Cameron & Pritchard (1963) in quanto, nell'esistente contesto microtidale, l'input sedimentario tiberino, nonché la rielaborazione durante le prime fasi trasgressive dei sedimenti che il Tevere aveva deposto alla foce nel periodo glaciale, consentirono ben presto la formazione di una barriera sabbiosa tra la foce e il mare aperto.

3.1. Prima fase

Si è sviluppata da almeno 13000 a 5000-6000 anni B.P. (non si hanno dati precedenti ai 13000 anni) ed è caratterizzata da due scenari morfologicamente distinti (Fig. 3).

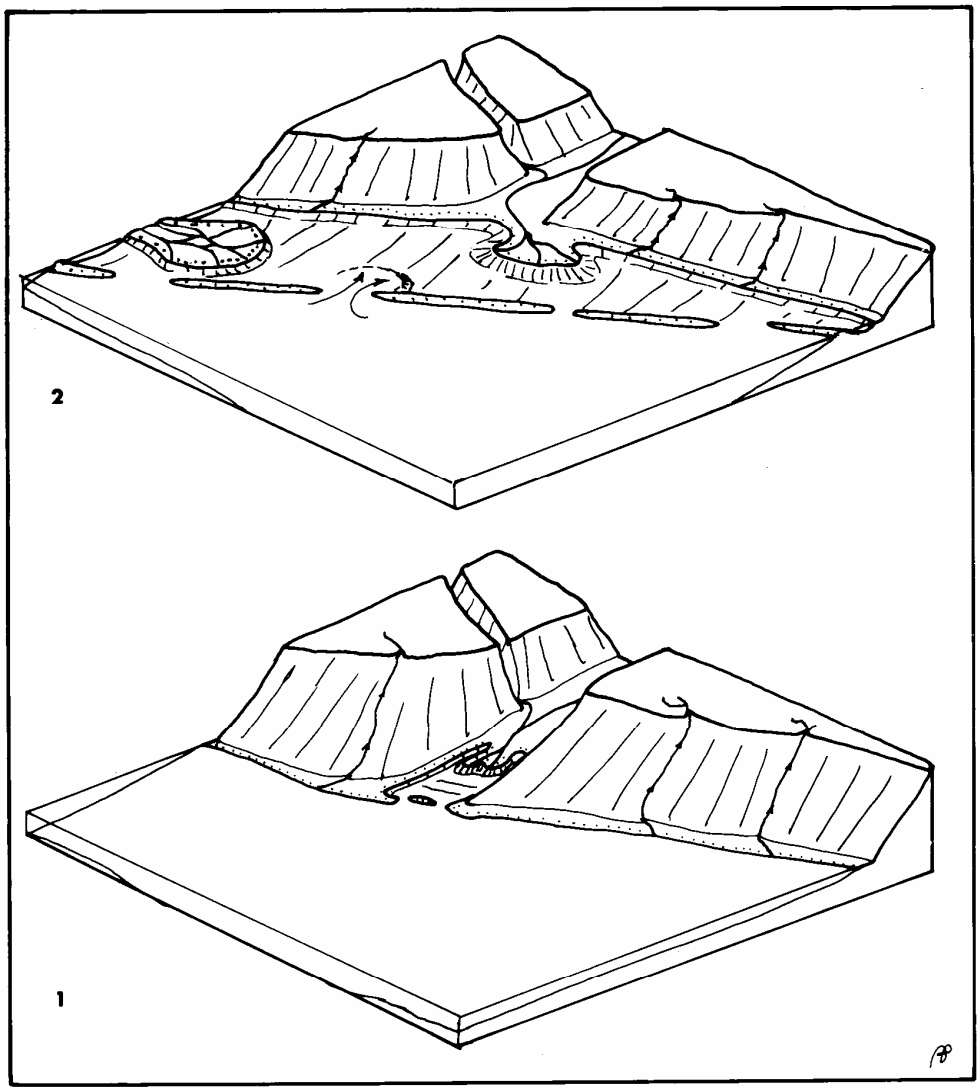


Fig. 3 - Scenari paleogeografici della prima fase dell'evoluzione del bacino lagunare alla foce del F. Tevere. I numeri 1 e 2 si riferiscono rispettivamente a circa 12000 e 9000 anni B.P.

Lo scenario più antico mostra una laguna allungata, normalmente alla linea di costa secondo l'asse della paleovalle fluviale. Essa comunicava con il mare aperto attraverso varchi presenti nella sottile barriera costiera e al suo interno sfociava il Tevere, che costruiva un delta lagunare e rappresentava il principale input sedimentario. La risalita del livello del mare, non compensata dagli apporti del Tevere, costringeva il sistema barriera-laguna-foce ad una progressiva migrazione verso terra. Circa 10000 anni B.P. il livello marino raggiunse -30 m dall'attuale livello annegando completamente la paleovalle del Tevere e ridisegnando la morfologia costiera.

Il secondo scenario morfologico, successivo a 10000 anni B.P., è caratterizzato da una laguna estesa in direzione trasversale rispetto alla valle del Tevere e più simile della precedente ad una "restrict lagoon" sensu Kjerfve (1986). Il principale input sedimentario rimase quello del Tevere, che apportava alla laguna sabbie fini e peliti costruendo corpi lenticolari deltizio-lagunari.

Apporti non trascurabili tuttavia derivavano da un piccolo corso d'acqua intrecciato, attivo tra 10000 e 7500 anni B.P., e capace di mettere in posto un corpo deltizio tabulare sabbioso-ghiaioso. Ulteriori sabbie pervenivano, all'interno della laguna, dal mare; queste costituivano limitati corpi lenticolari attribuibili a depositi di washover comuni in barriere che, a causa di uno scarso rifornimento sedimentario durante il sollevamento del livello marino, non hanno la possibilità di svilupparsi arealmente in modo notevole. Questo secondo scenario rimase pressoché inalterato fino a 5000 anni B.P., nonostante il sollevamento del livello marino abbia indotto una sensibile retrogradazione del sistema barriera-laguna-foce tiberina.

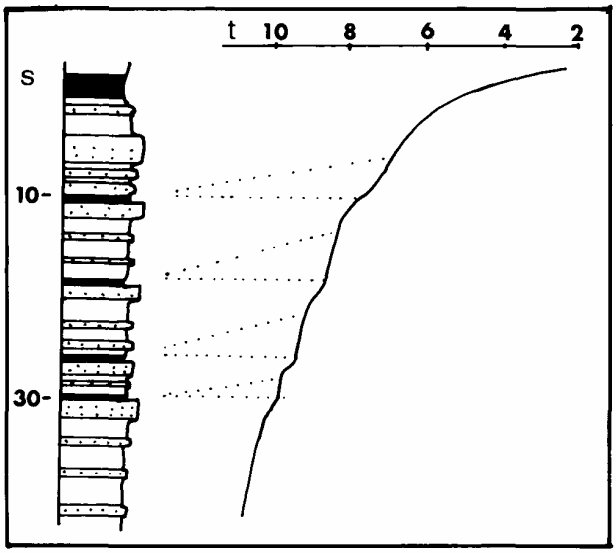


Fig. 4 - Relazione tra successione dei sedimenti lagunari e risalita episodica del livello marino. L'andamento generale della curva è calcolato su dati radiometrici; i singoli flessi sono indicativi. Ai tratti più acclivi corrispoderebbero le superfici di trasgressione che separano le sequenze pelite-torba; queste si sarebbero sviluppate durante gli intervalli corrispondenti ai tratti di curva meno acclivi.

Non trascurabile in questa prima fase era la sedimentazione organica rappresentata da livelli torbosi che a varie quote si rinvengono nella successione verticale dei depositi lagunari. Tale successione è comunemente costituita da ritmi con alla base peliti salmastre e alla sommità torbe e testimonianze di ambienti più dulcicoli. Si può supporre che i processi sedimentari responsabili di questo assetto dei sedimenti siano legati al meccanismo di risalita del livello del mare. Durante l'impulso di sollevamento i sedimenti che giungevano dal continente non erano sufficienti a compensare l'innalzamento del

livello dell'acqua, e la laguna diventava più profonda aumentando lo spazio disponibile per la deposizione del sedimento e il contenuto in acque marine. Al cessare dell'impulso tale spazio iniziava ad essere riempito e la laguna tendeva ad assumere via via un carattere palustre e una minore salinità finché un nuovo impulso non ripristinava le condizioni precedenti. La Fig. 4 mostra uno schema della relazione tra successione verticale dei sedimenti e curva di risalita episodica del livello marino.

Ogni ritmo pelite-torba, normalmente con spessore di ordine metrico, sarebbe il prodotto di un ciclo *shallowing upward* limitato da superfici di trasgressione che evidenziano un brusco passaggio da un ambiente poco profondo ad uno a maggiore profondità. La durata del singolo ciclo, misurata sulla base di dati radiometrici, è dell'ordine del millennio. Non si è tuttavia in grado di stabilire la durata dell'impulso di risalita, durante il quale si formava la superficie di trasgressione, né quella della fase di stasi in cui si depositava la maggior parte dei sedimenti di ogni singolo ritmo.

3.2. Seconda fase

La seconda fase ha iniziato il suo sviluppo tra 5000 e 6000 anni B.P. ed era con

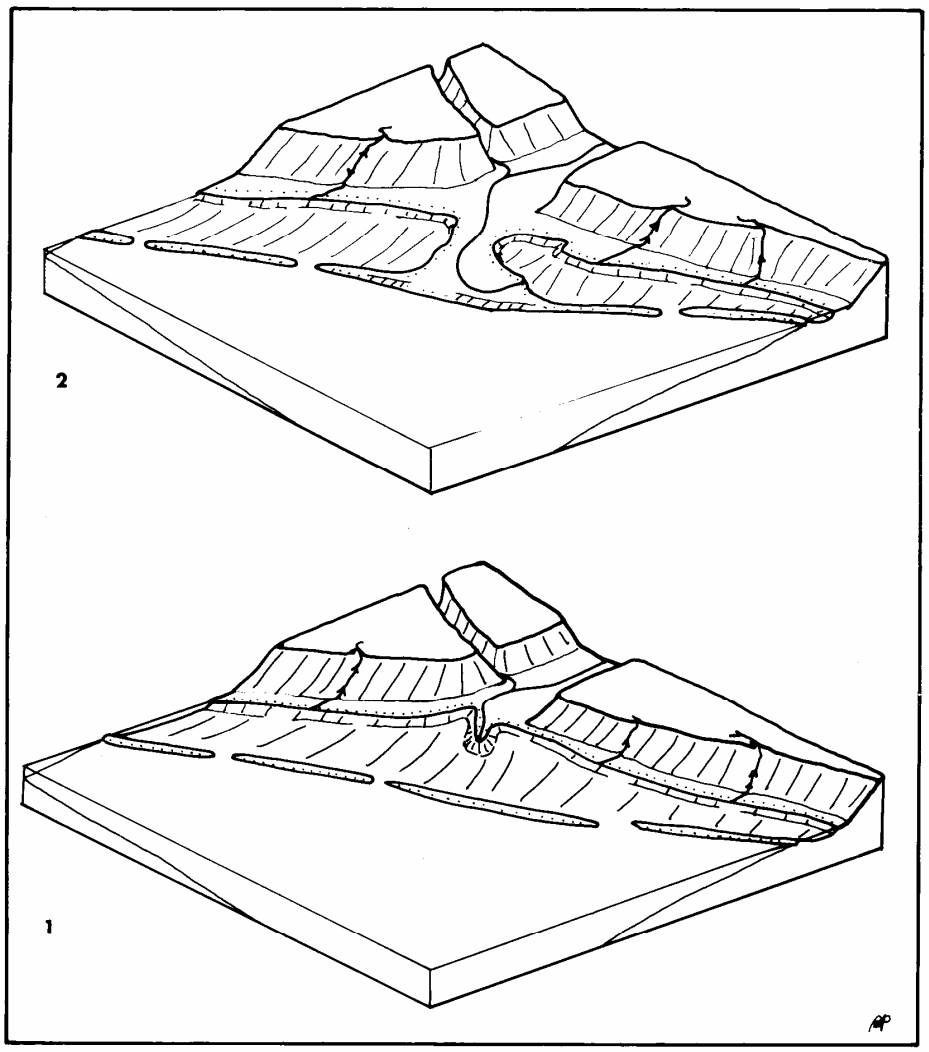


Fig. 5 - Scenari della seconda fase evolutiva del bacino alla foce del F. Tevere relativi a circa 5000 anni B.P. (1) e ad un momento non meglio definito antecedente al I secolo d.C. (2).

certezza terminata 2000 anni B.P. Essa, pertanto, si è sviluppata con il livello del mare ormai pressoché stabile allorché il sistema barriera laguna aveva raggiunto il punto più interno nella sua migrazione verso terra.

Anche questa seconda fase mostra diversi scenari evolutivi (Fig. 5). Quello iniziale è caratterizzato da una laguna allungata parallelamente alla costa, al cui interno la foce del Tevere rappresenta il solo input sedimentario significativo. Con la stabilizzazione del livello marino ed il trascurabile tasso di subsidenza, lo spazio disponibile nella laguna per la deposizione di nuovo sedimento non subì alcun incremento e la laguna cominciò a trasformarsi in una palude salmastra. Testimonianza di questo evento è lo strato di torba che, con spessore massimo di 4 m, si estende 2-5 m sotto il piano di campagna dell'attuale piana deltizia interna. Esso è datato 4700-5200 anni B.P.

I sedimenti del Tevere, non avendo spazio sufficiente per aggradare come nella precedente fase, innescarono la progradazione della foce tiberina all'interno della laguna. Si formò così un corpo deltizio sabbioso stretto ed allungato che una volta congiuntosi con la barriera, divise la laguna in due bacini completamente separati. Sembra logico supporre che la barriera costiera abbia rappresentato un ostacolo all'istaurarsi di una foce marina e che il Tevere, per un certo periodo, abbia continuato a sfociare in uno dei due bacini.

Questo scenario sembra confermato dall'osservazione di una foto aerea dell'inizio del secolo, in essa Pascolini (1957) individuò un vecchio alveo fluviale diretto verso il bacino meridionale (Stagno di Ostia). Le acque fluviali avrebbero, pertanto, abbandonato parte del carico alla foce nello stagno defluendo successivamente in mare attraverso l'apertura nella barriera. La presenza di uno strato sabbioso, subito al di sotto dei più recenti sedimenti dello Stagno di Ostia (de Angelis D'Ossat, 1938), strato peraltro assente nel bacino settentrionale (Stagno di Maccarese), potrebbe rappresentare una ulteriore conferma di questa ipotesi. Le testimonianze storiche di Dioniso D'Alicarnasso, Plutarco e Strabone lascerebbero intendere che questa situazione fosse ancora presente nel periodo repubblicano romano (Bertacchi, 1960) durante il quale lo Stagno sarebbe stato usato come darsena sia dalla flotta militare che da quella mercantile con possibilità di far proseguire le merci via fiume fino a Roma. L'ipotesi di Bertacchi, pur essendo in contrasto con le comuni ricostruzioni archeologiche, non appare geologicamente infondata e ulteriori ricerche mirate sono necessarie per cercare di risolvere questo interessante problema archeologico.

Sembra tuttavia che nel I secolo d.C., all'atto della costruzione dei porti di Claudio e di Traiano, il Tevere non presentasse più alcuna foce naturale nella laguna.

3.3. Terza fase

Non è definibile con certezza quando questa fase, caratterizzata dalla foce marina del Tevere, abbia avuto inizio; essa però era già attiva nel I secolo e si è sviluppata fino alla fine del XIX secolo (Fig. 6). Rispetto alle fasi precedenti, essa è stata caratterizzata da due bacini che hanno subito nel tempo una lenta riduzione della loro estensione.

Rispetto alle fasi precedenti gli input sedimentari risultano decisamente ridotti. Scomparsa l'immissione diretta dei sedimenti tiberini, ormai fluenti in mare, nei bacini venivano immesse peliti e sabbie dalle occasionali inondazioni del Tevere, dal ruscellamento e da piccoli ed effimeri corsi d'acqua provenienti dalle alture circostanti la piana deltizia. Limitate quantità di sabbie fini venivano immesse nei bacini dai venti occidentali che le prelevavano dalle spiagge e dai cordoni costieri.

Entrambi i bacini erano separati dal mare da una barriera sabbiosa che all'inizio di questa fase era larga qualche decina o centinaia di metri, e che, a causa della progradazione del delta marino, aumentò la sua ampiezza fino a superare localmente i tre chilometri nel XIX secolo. Tuttavia entrambi i bacini mantennero sempre almeno un collegamento diretto con il mare tanto da essere parzialmente usati, in alcuni periodi storici, come saline.

Nel 1884 inizia la bonifica che mette fine all'esistenza dei bacini quando questi

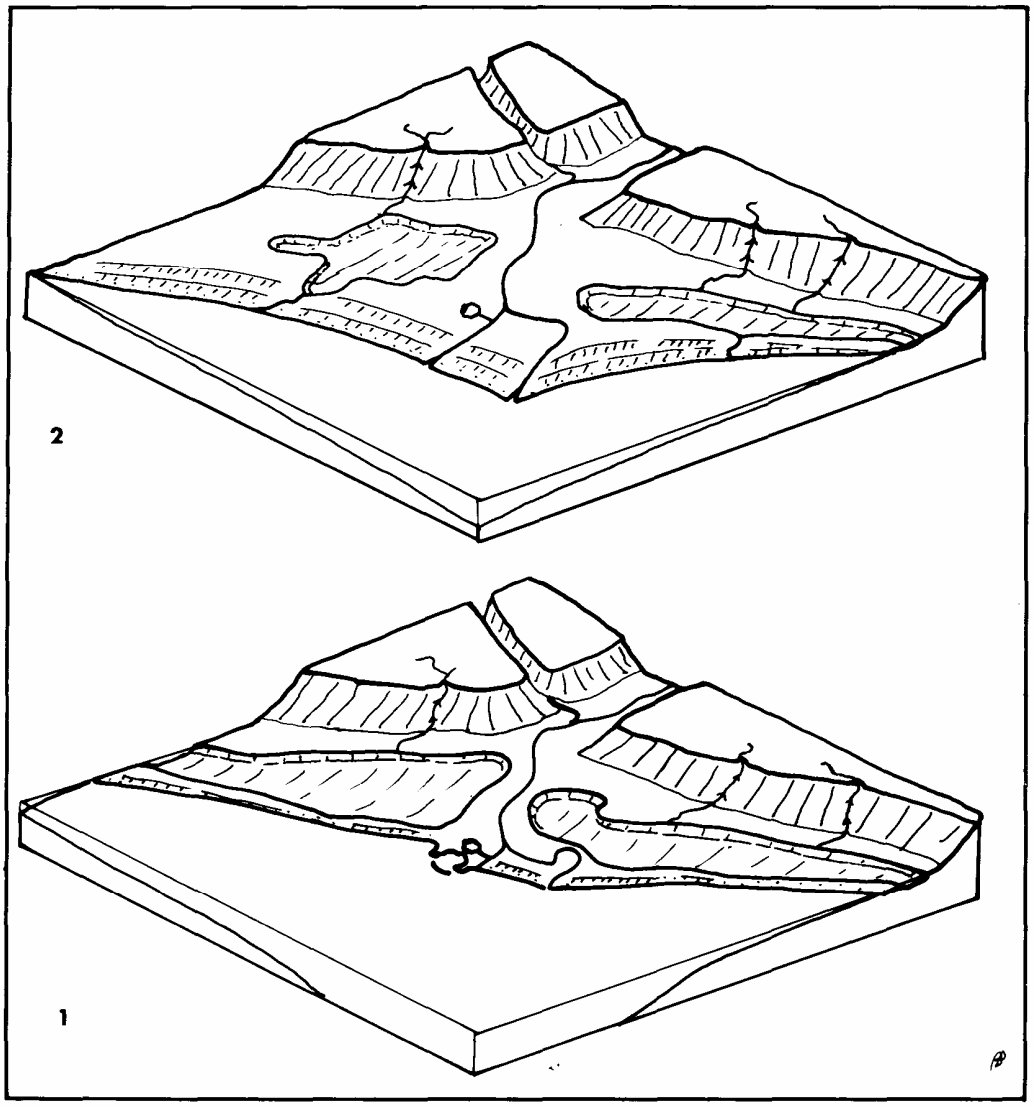


Fig. 6 - Scenari della terza fase evolutiva relativi al I (1) e al XIX secolo (2).

non erano più profondi di un paio di metri ed occupavano un'area variabile da 8.9 a 19.4 Km^2 (Stagno di Maccarese) e da 6.8 a 9.9 Km^2 (Stagno di Ostia). I rispettivi volumi d'acqua erano compresi tra 2.9 e 8.7 e tra 4.1 e 7.4 milioni di m^3 (Amenduini, 1884).

La bonifica ha interamente prosciugato l'area degli stagni senza modificare sostanzialmente la topografia locale. Le acque meteoriche che insistono sull'area del bacino sono oggi canalizzate, sollevate da impianti idrovori e fatte defluire in mare attraverso canali impostati sulle aperture della barriera presenti nella terza fase. Pertanto gli stagni più che scomparsi si possono considerare latenti tanto che essi sono parzialmente ricomparsi nel 1944 quando, per cause belliche, furono messi fuori uso gli impianti idrovori.

4. CONCLUSIONI

L'evoluzione della laguna costiera presente durante l'Olocene alle foci del Tevere è

Tab.1- Schema riassuntivo delle caratteristiche delle tre fasi evolutive.
I termini "stato di accrezione", "deficit" e "surplus" sono usati nell'accezione di Nichols, 1989

		FASE 1	FASE 2	FASE 3
PERIODO		**da 13000 a circa 6000 anni B.P.**	**da 6000 a circa 2000 anni B.P.**	**da 2000 a 100 anni B.P.**
Livello marino		in sollevamento discontinuo	pressochè stabile	stabile
Ubicazione della foce		interna alla laguna	interna alla laguna	in mare
Numero dei bacini		1	da 1 a 2	2
Ricettività del bacino		elevata	in diminuzione	scarsa
Input sedimentario (Tipo)		medio (fluviale+marino)	elevato (fluviale)	scarso (fluviale+eolico)
Stato di accrezione		deficit	surplus	moderato surplus
Evoluzione delle facies	di barriera costiera	retrogradante e aggradante	pressochè nulla	progradante
	di laguna-palude	retrogradante e aggradante	aggradante	limitatamente aggradante
	di delta lagunare	retrogradante e aggradante	progradante	
	di delta			progradante

stata determinata dalla combinazione di due fattori:
a) la risalita glacioeustatica del livello marino;
b) la migrazione della foce del Tevere rispetto alla barriera costiera.

Tre fasi evolutive, schematizzate nella tabella 1, possono essere distinte; esse differiscono tra loro essenzialmente per la diversa paleogeografia, per il diverso input sedimentario nella laguna e per l'evoluzione delle facies. L'intervento antropico, pressoché inlnfluente nelle prime due fasi, è stato sensibile nella terza, dapprima con significative modifiche dei bacini per l'estrazione del sale ed infine con il loro totale prosciugamento.

BIBLIOGRAFIA

Amenduini, G. 1984. Sulle opere di bonificazione della plaga litoranea dell'Agro Romano che comprende le paludi e gli stagni di Ostia, Porto Maccarese e delle terre vallive di Stracciacappa, Baccano, Pantano e Lago dei Tartari. *Relazione del Progetto Generale 15-7-1880.* Min. LL. PP. 36 pp.

Anderson, J.B. & M. A. Thomas. 1991. Marine ice-sheet decoupling as a mechanism for rapid, episodic sea-level change: the record of such events and their influence on sedimentation. *Sedim. Geol,* 70: 87-104.

Bellotti, P., P. Tortora & P. Valeri. 1986. Il delta del Tevere: facies deposizionali e ipotesi evolutiva. *Mem. Soc. Geol. It.* 35: 797-803.

Bellotti, P., M.G. Carboni, S. Milli, P. Tortora & P. Valeri. 1989. La piana deltizia del Fiume Tevere: analisi di facies ed ipotesi evolutiva dall'ultimo low-stand glaciale all'attuale. *Giorn. di Geol.,*51/1*:* 71-91.

Belluomini, G., P. luzzolini, L. Manfra, R. Mortari & M. Zalaffi. 1986. Evoluzione recente del delta del Tevere. *Geol. Rom.,* 25: 213-234.

Bertacchi, L. 1960. Elementi per una revisione della topografia ostiense. *Rend. Acc. Naz. Linc.,* 8/XV: 8-32.

Cameron, W.M. & D.W. Pritchard. 1963. Estuaries. In *The Sea,* M. Hill Ed.: 306-324.

de Angelis D'Ossat, G. 1938. Geo-pedogenesi delle terre sul delta del Tevere. *Recherches sur le Sol,* 6/2: 138-168.

Fischer, A.G. 1964. The Lofer cyclotems of the Alpine Triassic. *Bull. Kans. State Geol. Surv.,* 169: 107-149.

Frazier, D.E. 1974. Depositional Episodes: Their relationship to the Quaternary Stratigraphic Framework in the Nord-west Portion of the Gulf Basin. *Tex. Univ. Bur. Econom. Geol.,* 74/1: 29 pp.

Hays, J.D., J. Imbrie & N.J. Shackelton. 1976. Variations in the Earth's orbit: pacemaker of the ice-ages. *Science*, 194: 1121-1132.

Kjerfve, B. 1986. Comparative oceanogrphy of coastal lagoons. In: D.A. Wolfe Ed., Estuarine variability. *Academic Press.,* 63-81.

Marani, M., M. Taviani, F. Trincardi, A. Argnani, A.M.Borsetti & N. Zitellini. 1986. Pleistocene progradation and postglacial events of the NE Tyrrhenian continental shelf between the Tiber River delta and Capo Circeo. *Mem. Soc. Geol. It.,* 36: 67-89.

Mitchum, R.M. & C. Van Wagoner. 1991. High frequency sequences and their stacking patterns: sequence Stratigraphic evidence of high frequency eustatic cycles. *Sedim. Geol.,* 70: 131-160.

Nichols, M.M. 1989. Sediment accumulation rates and relative sea-level rise in lagoons. *Mar. Geol.,* 88: 201-219.

Pascolini, G. 1957. Antichissimo corso del Tevere. Roma.

Thomas, R.H. & C.R. Benthley. 1978. A model for Holocene retreat of West Antarctic Ice Sheet. *Quat.Res.,* 2: 150-170.

Atti del 10° Congresso A.I.O.L
Alassio, 4-6 Novembre 1992
da pag. 643 a pag. 653

REMOVAL OF N-NO_3, P-PO_4 AND Si-$Si(OH)_4$ FROM THE UPPER LAYER AS A RESULT OF PRIMARY PRODUCTION INDUCED BY PACK-ICE MELTING (ROSS SEA, ANTARCTICA)

Giulio CATALANO[1], Paolo POVERO[2] and Fabio BENEDETTI[3]

1. C.N.R., Istituto Talassografico di Trieste, 34123 Trieste (Italia).
2. Istituto di Scienze Ambientali Marine, Università di Genova, 16038 S. Margherita Ligure, Genova (Italia).
3. Dipartimento di Scienze Chimiche, Università di Trieste, 34127 Trieste (Italia).

RIASSUNTO

Viene proposta una stima dell'N-NO_3, del P-PO_4 e del Si-$Si(OH)_4$ rimossi per produzione primaria nello strato superiore del mare in una serie di stazioni costiere comprese fra l'Evans Cove ed il Campbell Ice Tongue a Baia Terra Nova (Mare di Ross, Antartide). In base al diagramma T/S viene stabilito che lo scioglimento del ghiaccio marino rappresenta la principale causa di formazione di uno strato superiore stabile che si differenzia soprattutto per la minore salinità (S<33.9 PSU). Dopo aver determinato la profondità dello strato mescolato superiore sulla base del criterio del massimo gradiente di densità ed aver confrontato questa profondità con quella relativa all'iso-alina di 33.9 PSU, si assume come profondità dello strato superiore (UL) la minore delle due. Utilizzando la differenza fra la concentrazione di nutrienti teoricamente calcolata in base alla retta di diluizione rispetto alla salinità di 33.9 PSU e quella realmente trovata, si può ricavare una stima delle quantità di nutrienti rimosse dall'UL per la produzione primaria associata allo scioglimento del pack-ice. In una stazione dove il fenomeno dello scioglimento del ghiaccio è stato particolarmente rilevante, con un abbassamento della salinità da 33.9 a 32.65 PSU, ed avente una profondità dell'UL di 18m, le quantità stimate di N, P e Si rimossi sono risultate essere, rispettivamente, di 0.16, 0.012 e 0.42 moli/m^2. Poiché questa stima presuppone un contributo nullo di nutrienti da parte del ghiaccio marino, essa rappresenta un'approssimazione per difetto della nuova produzione nelle stazioni esaminate.

SUMMARY

An estimate of $N\text{-}NO_2$, $P\text{-}PO_4$ and $Si\text{-}Si(OH)_4$ removed from the upper layer by primary production, in a series of coastal stations at Terra Nova Bay (Ross Sea, Antarctica) between Evans Cove and the Campbell Ice Tongue, is presented. From the T/S diagram it can be established that the melting of sea ice is mainly responsible for the formation of a stable upper layer characterized by lower salinity (S<33.9 PSU). The depth of the upper mixed layer is determined on the basis of the maximum density gradient criterion and compared with that of the 33.9 PSU iso-haline; the shallower one is then taken as the depth of the "upper layer" (UL). An estimate of the amounts of nutrients removed from the UL by the primary production associated with the melting of pack-ice can be calculated from the difference between the theoretical concentrations of nutrients, calculated from dilution curves starting from 33.9 PSU salinity, and the experimental values. At a station where the ice melting was massive, the upper layer measuring 18 m and with salinity dropping from 33.9 to 32.65 PSU, it was estimated that 0.16, 0.012 and 0.42 mol/m^2 of N, P and Si, respectively, had been removed from the UL. Since this estimate assumes no contribution of nutrients from the sea-ice, it represents a lower limit for the "new production" in the stations examined.

1. INTRODUCTION

It is well established that marginal ice zones (MIZ) are characterized by high primary production. While irradiation and availability of nutrients are essential for a high primary production, the melting of sea ice has also attributed a major role in determining favourable conditions for the ice-edge phytoplankton bloom (Nelson et al., 1987; 1989). In this respect, the melting of sea ice has two important consequences: the stratification, due to the formation of low salinity water, enhances vertical statibility within the euphotic zone, while the release of the epontic organisms can act as a "inoculum" for a further bloom.

Mitchell & Holm-Hansen (1991), in particular, have proposed vertical stability and depth of the mixed upper layer as essential factors in a light-dependent model of primary production in the MIZ. From considerations on the stability of the water column they "isolated" a mixed upper layer which becomes the potential site for the high primary production described by their model. In this hypothesis the vertical mixing is strongly reduced; thus the variations of chemical parameters related to the process of primary production can be used for estimating biological assimilation.

2. METHODS

During the 1989-90 Italian Antarctic Expedition a series of coastal stations were set up at Terra Nova Bay (Ross Sea) between Evans Cove and the Campbell Ice Tongue (Fig. 1). The sampling was carried out between the 1 1th January and the 4th February 1990. The goal was to study the influence of some local features, such as the sea-ice melting, the morphology of the coast and the presence of the Italian base at Terra Nova Bay, on biologically important chemical species (nutrients, dissolved oxygen, total inorganic carbon) and on abiological parameters (temperature and salinity). Analytical methods and a complete list of the parameters measured have been reported previously (Catalano et al., 1991; Fabiano et al., 1991).

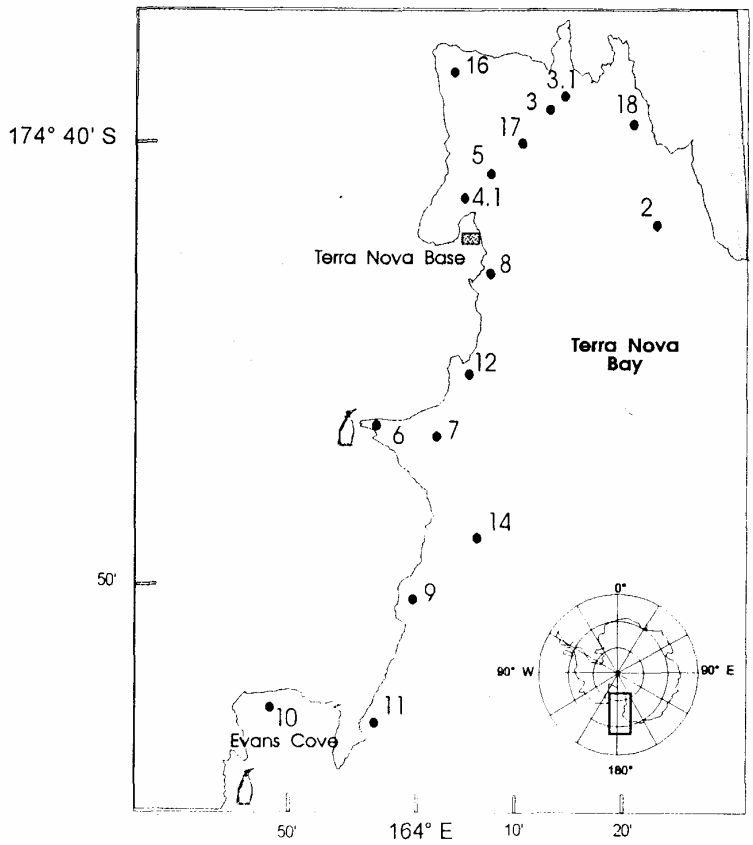


Fig. 1 . Study area and locations of stations.

A vertical CTD profile was carried out in each station in order to obtain a continuous thermo-haline description of the water column; this was then followed by a discrete depth sampling of sea water with a cast of Niskin bottles on a wire. Each bottle was fitted with a reversing thermometer. In addition to the chemical parameters already mentioned, salinity was also determined, with a salinometer, on all the samples. The salinity values thus obtained were used, together with temperature readings, to calibrate

the CTD probe and to complement the chemical parameters measured at discrete depths. These data were found more accurate than those measured with the CTD probe, particularly in several stations where environmental conditions made it difficult to reposition exactly the vessel between the successive casts of the probe and of the Niskin bottles.

A twofold criterion was adopted in order to determine the depth of the upper layer "isolated" as a consequence of the pack-ice melting: this was, on one hand, related to the depth of the picnocline and, on the other, to the depth of the 33.9 iso-haline. From the T/S plot (fig. 2) this value was shown to represent the upper limit of salinity for the less salted water produced by the ice melting.

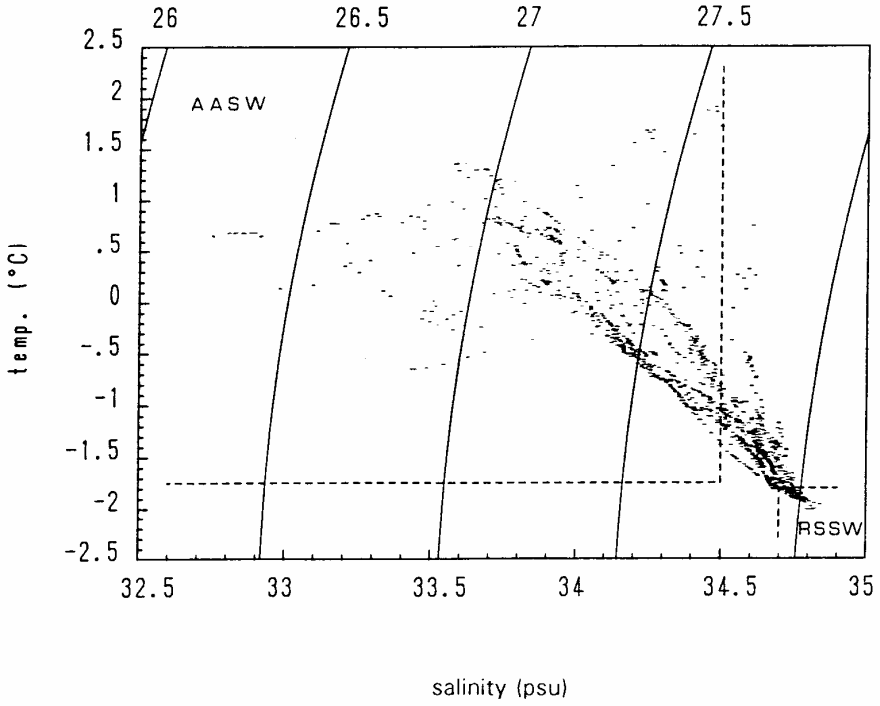


Fig. 2. T/S plot.

The theoretical dilution curve described by Clarke & Ackley (1984) and by Cota et al. (1990) is taken as a reference for estimating the non-conservative behaviour of nutrients during the phase corresponding to the massive sea-ice melting, when the salt contribution from the ice is minimal. In this hypothesis it is possible to assume that, for the sea water interested by the ice melting, the theoretical dilution of each component is directly proportional to the decrease of salinity. The difference between the experimental concentrations of nutrients and those obtained from the theoretical dilution curves yields an estimate of the amounts of nutrients removed: since no contribution of nutrients from the melting of sea-ice is assumed in this approach, the removals thus calculated actually represent a lower limit.

The first stage of melting, involving the congelation-underwater ice, is not considered important for the description of the phoenomenon: the melting of this type of ice is not accompanied by an appreciable haline stratification and thus the stabilization of the water column required for a massive new production is missing during this phase.

3. RESULTS

The T/S diagram obtained from the vertical profiles carried out at each station is reported in Fig. 2. From earlier studies (Jacobs et al., 1970; 1979 - Biggs & Amos, 1973 - Catalano et al., 1992) it can be deduced that the main hydrological process, on the whole water column, along the coastal zone of Terra Nova Bay, is the stratification between RSSW (T<-1.8C, S>34.7 PSU) and AASW (T> -1.75 C, S>4.5 PSU).

Within the AASW domain a dilution effect, due to the melting of sea ice, can be further observed between -0.5 and +0.5 C and between 33.9 and 32.6 PSU, respectively. The critical salinity value of 33.9 PSU is also confirmed by the trend of nutrients relative to salinity, which shows a discontinuity at around this value, clearly indicating a different behaviour of the upper layer influenced by the ice melting. The salinity of 33.9 PSU can thus be taken as the boundary between AASW influenced by the melting of ice-pack or ice-floes, and AASW unaffected by this phoenomenon.

It is in general possible also to define a vertical stability index from the intensity (E) of the picnocline. (E) at heach depth is defined according to equation **1**, from which the depth (Z) at which (E) is maximum can also be obtained (γt represents the anomaly of density).

$$E_{(Z)}=[\gamma t_{(Z+DZ/2)} - \gamma t_{(Z-DZ/2)}]/DZ \qquad (1)$$

Both criteria (depth corresponding to the 33.9 PSU iso-haline and depth corresponding to E_{max}, calculated for DZ=4 m) have been applied to the profiles of each station and the results are reported in Table 1. The two columns (Z_1 and Z_2), corresponding to the depths of the layer with salinity lower than 33.9 PSU, refer to the salinity measured on the samples with a salinometer and to the continuous CTD profile, respectively; the third column Z_E is the depth corresponding to E_{max}. The same results are graphically presented in Fig. 3. The smallest of the three values thus obtained for each station has then been taken as the depth of the upper layer (Z_{UL} characterized by the intake of ice-melting water. This conservative choice follows from the necessity to strictly limit the analysis to those samples corresponding to AASW diluted by ice-melting, excluding unaffected AASW.

Table 1. Depth (dbar) of the upper layer. Z_1 and Z_2 from salinity measurements (S<33.9 PSU); Z_E from the maximum picnocline; Z_{UL}: minimum value.

Station #	Z_1(33.9)	Z_2 (33.9)	Z_E	Z_{UL}
10	0	0	3	0
11	0	0	14	0
9	4	5	6	4
14	7	11	33	7
6	6	5	17	5
7	14	14	16	14
12	11	13	13	11
8	15	12	13	12
4.1	14	8	7	7
5	10	10	10	10
16	0	0	9	0
17	7	7	6	6
3	20	12	43	12
3.1	26	23	27	23
18	17	12	6	6
2	18	20	20	18

Z1: calculated with salinity measured in the laboratory.
Z2: calculated with salinity from CTD profiles.

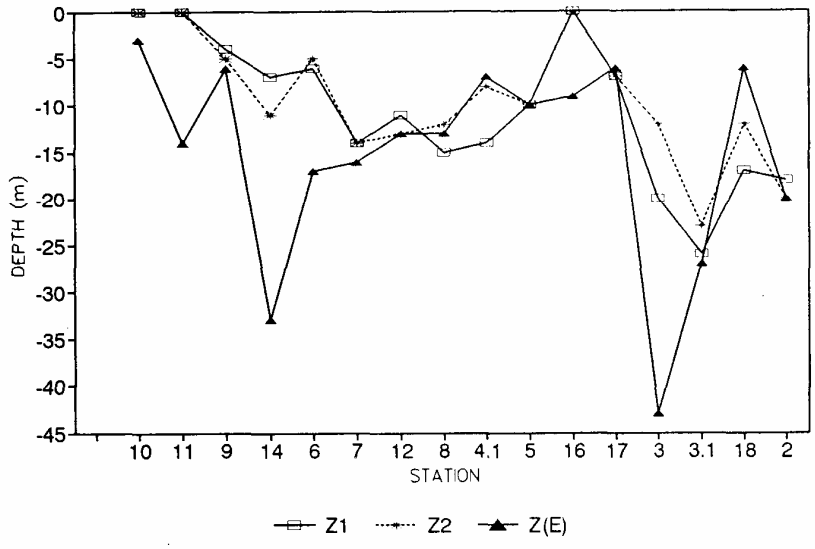


Fig. 3.Depth of Z_1, Z_2 and Z_E of each station.

A linear dependence of N-NC>3, P-PC>4 and Si-Si(OH)4 from salinity is found for

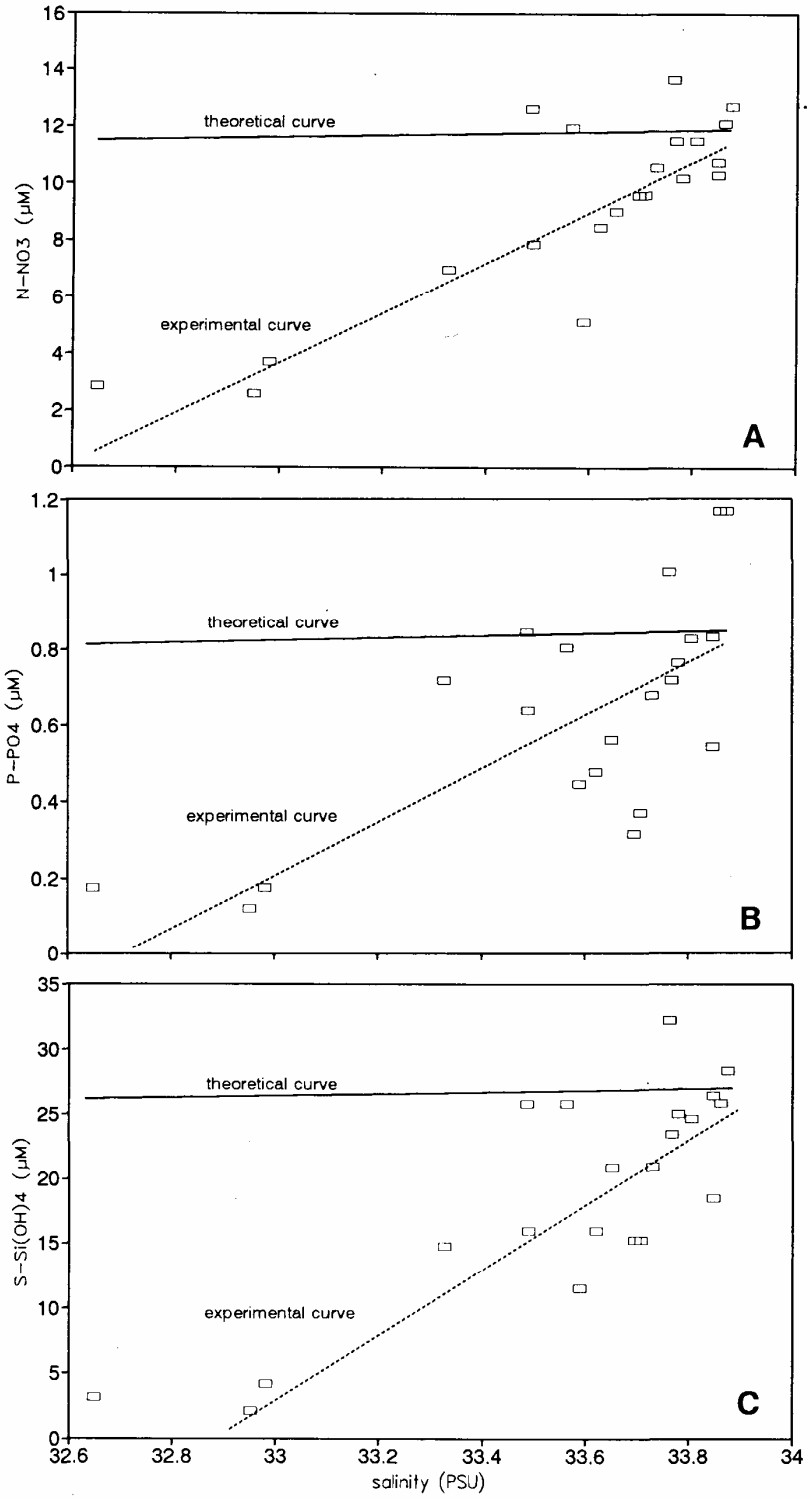


Fig. 4. Diagram of N-NO_3 (A), P-PO_4 (B) and Si-$Si(OH)_4$ (C) vs salinity.

the samples belonging to the UL thus defined, described by the following regressions:

$N\text{-}NO_3 = -290+9*S$	Df=30	R^2=77.8%
$P\text{-}PO_4 = -23+0.7*S$	Df=29	R^2=62.5%
$Si\text{-}Si(OH)_4 = -829+25*S$	Df=30	R^2=73.5%

The theoretical dilution curves for the same samples, calculated in the salinity range 33.9 to 32.5 PSU, have been calculated and are reported in Fig. 4.

In order to obtain, for each station, an estimate of the total amounts of nutrients removed, expressed as mol/m^2, the differences between the values measured at each depth, within the UL, and those calculated from the dilution curves have been integrated for the depth of the UL. Results are in Table 2 and, for $N\text{-}NO_3$ only, in Fig. 5.

Table 2. Estimate of nutrients removal (mol/m^2) integrated for the depth of the UL.

Station #	Z	NO_3	PO_4	SiO_4
10	0	0	0	0
11	0	0	0	0
9	4	0.007	0.0008	0.011
14	7	0.004	0.0007	0.025
6	5	0.008	0.0003	0.008
7	14	0.028	0.0063	0.144
12	11	-0.001	-0.0018	0.006
8	12	0.002	-0.0007	0.031
4.1	7	-0.012	-0.0008	-0.035
5	10	0.075	-0.008	0.189
16	0	0	0	0
17	6	-0.008	-0.0002	0.004
3	12	0.029	0.0041	0.115
3.1	23	0.087	0.0043	0.251
18	6	-0.004	-0.0001	0.003
2	18	0.156	0.0122	0.424

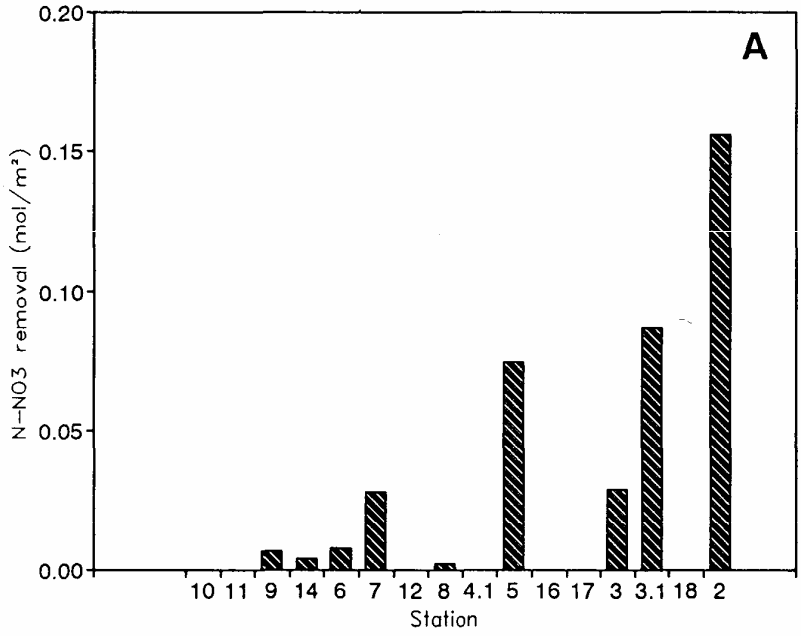


Fig. 5 Estimate of N-NO_3 removal integrated for the depth of UL presented in the order in which the stations are geographically alligned.

4. CONCLUSIONS

Approximately 50% of the stations considered do not show evidence for a significant removal of nutrients from the upper layer. Where removal has taken place, however, a well defined relation with either the spatial or the temporal variable can not be established (Fig. 5). The highest removal of dissolved nutrients per square meter is found at stations 2, 3.1 and 5 located in the Gerlache Inlet; medium to low removal is also found near Adelie Cove (stations 6, 7, 9 and 14) and at station 3 near Gerlache Inlet. The presence of the Italian Base at Terra Nova Bay does not appear to have any significant effect.

In the absence of direct uptake measurements, indirect support for the identification of primary production as the main cause of the removal observed, comes from the comparison between N/P/Si ratios calculated from removal in the UL and those found experimentally for the deeper layer (Table 3): the dose similarity between the ratios obtained for the biologically productive zone, corresponding to the upper layer, and for the deeper regeneration zone, supports the hypothesis. It is also possible to suggest that the observed removal of nutrients from the upper layer can represent an estimate of the new production (Jennings et al., 1984).

Table 3. N/P/Si ratios

	N/P	Si/P
Removals from the upper layer[1]	11.6	34.3
Experimental regressions in the UL	12.7	36.0
Experimental regressions in the deeper layer	11.9	35.9
From other studies:		
El-Sayed and Taguchi (1981)	12.9	29.4
Jennings et al. (1984)	11	24.8
Le Jehan and Treguer (1985)	12	48 - 9.6

1. Sum of the removals calculated in the UL. Negative values have been neglected.

Finally, it should be noted that Si/P ratios differ from those previously reported by other authors (Table 3). The values found by El-Sayed & Taguchi (1981.) and by Jennings (Jennings et al., 1984) were obtained in the Weddell Sea, while the Ross Sea, according to Nelson et al. (1987) and Ledford-Hoffman et al. (1986), is a zone of production and accumulation of biogenic silica. This is entirely consistent with the higher Si/P ratios found.

5. ACKNOWLEDGEMENTS

We wish to thank the crew of the launch "Malippo", G. Mameli, A. Padda, P. Chiocca, S. Frongia and, in particular, L. Coluccia for their assistance in the work at sea, and M. Ionio, of the CNR, Istituto Talassografico di Trieste, for the analytical work in the laboratory at Terra Nova Bay. We are also indebted to Prof. L. Guglielmo, co-ordinator of the Oceanography Programme, and to Dr. M. Zucchelli, head of the Italian Antarctic Project, for the logistic support at Baia Terra Nova Station.

BIBLIOGRAPHY

Biggs, D.C. & A.F. Amos. 1983. Oceanographic data from the south-western Ross Sea, January 1982: STO and nutrient chemistry programs. *Tech. Rep.* 83-3-T, Dept. Oceanogr. Texas A&M University, 167 pp.

Catalano, G., F. Benedetti & M. Iodo. 1991. Coastal oceanography from Cape Russel to Campbell Ice Tongue (Terra Nova Bay). Dissolved oxygen, nutrients, pH, total alkalinity and total inorganic carbon distribution. *Nat. Se. Com. Ant., Ocean. Camp. 1989-90, Data Rep.,* 1: 25-32.

Catalano, G., F. Benedetti & A. Boldrin. 1992. Le condizioni idrologiche a Baia Terra Nova: ossigeno disciolto, nutrienti ed alcuni elementi maggiori nell'estate australe 1987-88. *Atti IX Cong. AIOL, S. Margherita Lig.* 20-23 Nov. 1990, 593-604.

Clarke, D.B. & S.F. Ackley. 1984. Sea ice structure and biological activity in the Antarctic marginal ice zone. *J. Geophys. Res.,* 89: 2087-2095.

Cota, G.F., J.L. Anning, L.R. Harris, W.G. Harrison & R.E.H. Smith. 1990. Impact of ice algae on inorganic nutrients in seawater and sea ice in Barrow strait, NWT, Canada, during Spring. *Can. J. Aquat. Sci.,* 47: 1402-1415.

El-Sayed, S.Z. & S. Taguchi. 1981. Primary production and standing crop of phytoplankton along the ice-edge in the Weddell Sea. *Deep-Sea Res.,* 28: 1017-1032.

Fabiano, M., P. Povero, G. Catalano & F. Benedetti. 1991. Hydrological data collected during the biological, chemical and geological sampling in Terra Nova Bay. *Nat. Sc. Com. Ant., Ocean. Camp. 1989-90, DalaRep.,* 1: 35-71.

Jacobs, S.S., A.F. Amos & P.M. Bruchhausen. 1970. Ross Sea oceanography and Antarctic Bottom Water formation. *Deep-Sea Res.,* 17: 935-962.

Jacobs, S.S., A.L. Gordon & J.L. Ardai. 1979. Circulation and melting beneath the Ross Ice Shelf. *Science,* 203: 439-443.

Jennigs, J.C. Jr., L.I. Gordon & D.M. Nelson. 1984. Nutrient depletion indicates high primary productivity in the Weddell Sea. *Nature,* 309: 51-54.

Ledford-Hofman, P.A., D.J. DeMaster & C.A. Nittrouer. 1986. Biogenic-silica accumulation in the Ross Sea and the importance of Antarctic continental-shelf deposits in the marine silica budget. *Geochim. Cosmochim. Acta,* 50: 2099-2110.

Le Jehan, S. & P. Treguer. 1985. The distribution of inorganic nitrogen, phosphorus, silicon and dissolved organic matter in surface and deep waters of the Southern Ocean. In: *Antarctic Nutrient Cycles and Food Web.* Springer-Verlag 1985.

Mitchell, B.G. & O. Holm-Hansen. 1991. Observations and modeling of the Antarctic phytoplankton crop in relation to mixing depth. *Deep-Sea Res.,* 38: 981-1007.

Nelson, D.M., W.O. Smith Jr., L.I. Gordon & B.A. Huber. 1987. Spring distribution of density, nutrients and phytoplankton biomass in the ice edge zone of the Weddell-Scotia Sea. *J. Geophys. Res.,* 92: 7181-7190.

Nelson, D.M., W.O. Smith, Jr., R.D. Muench, L.I. Gordon, C.W. Sullivan & D.M. Husby. 1989. Particulate matter and nutrient distributions in the ice-edge zone of the Weddell Sea: relationship to hydrography during late summer. *Deep-Sea Res.,* 36: 191-209.

Atti del 10° Congresso A.I.O.L.
Alassio, 4-6 Novembre 1992
da pag. 655 a pag. 665

RELAZIONI TRA PARTICELLATO, BIOMASSA E POPOLAMENTI FITOPLANCTONICI NEL MARE DI ROSS DURANTE LA FIORITURA ESTIVA (*)

Luigi LAZZARA e Caterina NUCCIO

Dipartimento di Biologia Vegetale, Università di Firenze

SUMMARY

A wide portion of the Western Ross Sea between 62° and 75° S has been investigated from December 1989 to February 1990 (R/V "Cariboo") so as to obtain a description of remarkably different situations (Innamorati et al., 1992a). The specific aim of this work" is the characterization of the temporal evolution of phytoplankton by means of changes in the relationships between different biomass indicators such as chlorophyll *a,* phaeopigments, red *in vivo* fluorescence, particles and cellular density integrated by microscopic observation of phytoplankton and particle size spectra analysis. The chlorophyll *a* concentration, the cellular density and the red *in vivo* fluorescence exhibit high levels of correlation (r from 0.90 to 0.97) between them, while the relationships involving either phaeopigments or particle density have much lower correlation coefficients (r from 0.58 to 0.89) for the whole data set. Just separating two distinct subpopulations we obtain an increase of correlation (r reaching 0.95). The first group is made only of surface samples (0-50m, stations 11 to 22) which can be considered in an early phase of the phytoplankton bloom and the second one, which includes all samples deeper than 50m and the whole water column for stations 8-10 and 23-27, corresponds to a late or senescent phase of a bloom. In fact the first group is characterized by lower average ratios of phaeopigments/chlorophyll (0.28 instead of 0.88) and phaeopigments/particles, by lower specific diversity (down to 0.98 bits/cell, with dominance of *Nitzschia sp. gr. Nitzschiella)* and by a smaller diameter of particles (4 µm instead of 11-16 µm), the second group is characterized by opposite features and by a taxonomic composition similar to that observed in the sympagic microflora (mainly *Nitzschia spp. gr. Fragilariopsis)* and at Terra Nova Bay (the same *Nitzschia* and *Phaeocystis panchetii).*
The different taxonomic composition of the two groups and the observation of a new bloom at the end of January over the Ross Sea Continental slope, gives consistency to the hypothesis of a second phytoplanktonic bloom occurring in the late summer, even offshore.

(*) Ricerca realizzata con i finanziamenti del Programma Nazionale di Ricerche in Antartide.

1. INTRODUZIONE

La distribuzione spaziale e temporale della biomassa fitoplanctonica nel Mare di Ross è stata oggetto negli ultimi anni di un crescente interesse e di vari studi (Wilson et al., 1986; Innamorati et al., 1990; Smith et al., 1990; Innamorati et al., 1992a). Questi hanno, tra l'altro, ulteriormente evidenziato quanto è già noto per tutto l'Oceano Antartico, cioè l'ampia eterogeneità spaziale della biomassa dei produttori primari.

Un aspetto che invece rimane non sufficientemente chiarito è quello dell'evoluzione temporale dei popolamenti fitoplanctonici durante la stagione estiva, sia per la scarsità di dati disponibili in serie temporale sia per il fatto che viene generalmente sottovalutata la sovrapposizione dell'evoluzione temporale sulle distribuzioni spaziali, esaminate mediante campagne oceanografiche condotte su vaste aree e quindi su un'ampia scala temporale.

Dalle serie temporali effettuate si evidenziano brusche variazioni della biomassa in periodo tardo estivo (Iwanami et al., 1986) ed è stata anche ipotizzata la possibilità di una doppia fioritura nelle acque costiere del Mare di Ross occidentale (Innamorati et al., 1992b).

In relazione quindi allo studio dell'evoluzione temporale del fitoplancton antartico sono state esaminate le caratteristiche fisiologiche dei popolamenti, che determinano l'eterogeneità della composizione della biomassa, sia in pigmenti che in specie e natura del particellato, in un'ampia zona del Mare di Ross occidentale in cui i rilevamenti sono avvenuti in due periodi successivi della stagione estiva.

2. METODI

Durante la seconda spedizione oceanografica italiana in Antartide è stata svolta una campagna nel periodo dicembre ‘89-febbraio ‘90 (R/V Cariboo), tra 62° e 75°S nel settore Pacifico dell'Oceano Antartico e nel Mare di Ross occidentale (Innamorati et al., 1991). Sono state campionate 27 stazioni (Fig. 1) a 10 quote di profondità tra la superficie e 200 metri con bottiglie Niskin e prelevati 79 campioni di acqua superficiale pompata a bordo con nave in movimento lungo tutta la rotta. Per ogni campione prelevato, sono stati analizzati: la clorofilla a e i feopigmenti mediante spettrofluorimetria su estratto acetonico (Holm-Hansen, 1965), la fluorescenza della clorofilla *a in vivo* (spettrofluorimetro Perkin Eliner LS5b, ex 430nm, em 680nm, DX 1 Orini) su campioni mantenuti in penembra fino al momento della misura ed alla temperatura costante dell'acqua di superficie, la densità del particellato sospeso e la sua distribuzione dimensionale tra 2.8 e 85 µm diametro sfera equivalente (d.s.e.) (Coulter Counter Multisizer), e la densità e composizione specifica dei popolamenti fitoplanctonici mediante il metodo Utermöhl (Hasle, 1978). Lo studio delle relazioni tra clorofilla, feopigmenti, fluorescenza *in vivo,* densità cellulare ed in particelle è stato condotto tra le trasformate logaritmiche, calcolandone le regressioni ortogonali, data la distribuzione aleatoria di entrambe le variabili.

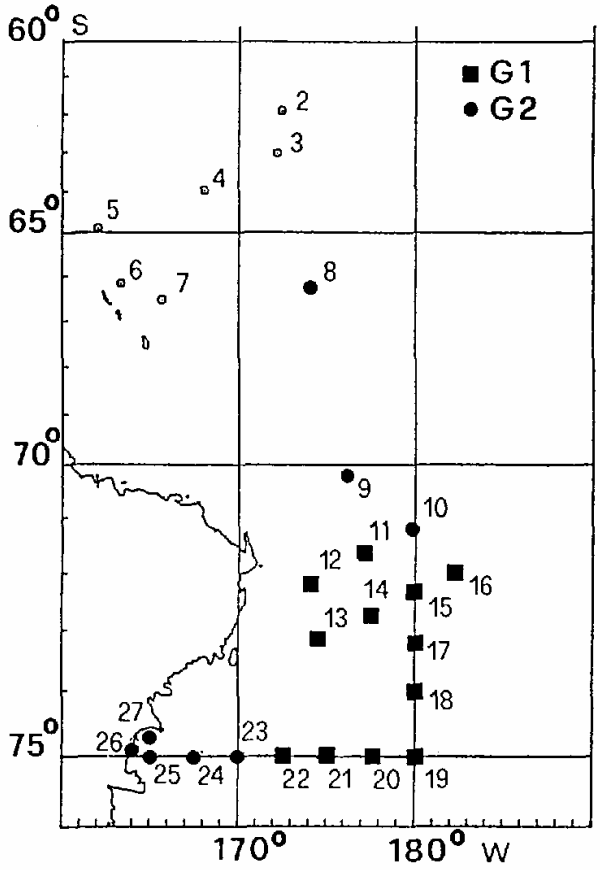


Fig. 1 - Ubicazione delle stazioni di campionamento e loro attribuzione al primo gruppo (G1) o al secondo (G2), sulla base dei campioni superficiali (0-50m).

3. RISULTATI E DISCUSSIONE

Un dettagliato esame delle relazioni esistenti (Tab. 1) tra i cinque indicatori di biomassa prescelti, mette in evidenza due tipi di relazione: tra clorofilla, fluorescenza *in vivo* e densità cellulare si osservano relazioni lineari ed univoche (Fig. 2a, b) con un elevato grado di correlazione (r compresi tra 0.85 e 0.95, Tab. 1); quando tra le variabili considerate ci sono i feopigmenti e le particelle si osservano (Tab 1), per l'insieme dei punti, coefficienti di correlazione inferiori (da 0.58 a 0.89), ma la separazione in due sottoinsiemi comporta correlazioni molto più elevate per ciascuno di questi (da 0.85 a 0.95).

Le relazioni nelle quali appare più netta la separazione tra due popolazioni di punti sono quelle tra feopigmenti e clorofilla (Fig. 3a) e tra feopigmenti e particelle (Fig. 3b). Le due distinte rette di regressione si presentano con pendenze vicine all'unità, ma con

regressione Log y = a + b Log x		n	r	a	b
fluorescenza *in vivo*	Tot	181	0.926	-0.08	1.37
vs	G1	72	0.975	-0.03	1.29
clorofilla *a*	G2	109	0.903	-0.13	1.34
fluorescenza *in vivo* vs cellule	Tot	105	0.936	-1.94	0.77
clorofilla *a* vs cellule	Tot	96	0.897	-1.29	0.54
feopigmenti	Tot	195	0.853	-0.305	0.81
vs	G1	72	0.949	-0.569	0.82
clorofilla *a*	G2	123	0.950	-0.116	0.87
feopigmenti	Tot	195	0.579	-3.89	0.89
vs	G1	72	0.849	-4.95	1.03
particelle	G2	123	0.885	-5.09	1.31
fluorescenza *in vivo*	Tot	194	0.889	-6.48	1.57
vs	G1	84	0.926	-6.42	1.50
particelle	G2	110	0.900	-8.15	2.11
clorofilla *a*	Tot	195	0.854	-4.59	1.14
vs	G1	72	0.908	-4.85	1.13
particelle	G2	123	0.906	-5.74	1.51
feopigmenti	Tot	96	0.687	-1.42	0.48
vs	G1	40	0.833	-1.92	0.56
cellule	G2	56	0.841	-1.11	0.44
feopigmenti vs fluorescenza	Tot	181	0.778	0.505	1.81
particelle vs cellule	Tot	96	0.815	-6.83	2.29

Tabella 1 - Regressioni ortogonali tra i cinque indicatori di biomassa.

diverse intercette con le ordinate, ad indicare rapporti diversi tra le grandezze lineari. Nel caso della relazione feopigmenti-clorofilla si distingue infatti un gruppo (G2) con un elevato rapporto (feopigmenti/clorofilla = 0.88) da un gruppo (G1) con rapporto più basso (0.28) ed analogamente per il rapporto feopigmenti/particelle si passa dai ca. 0.105 pg/particella del G2 ai ca. 0.012 del G1.

I gruppi di punti così individuati corrispondono inoltre a campioni spazialmente contigui (Fig. 1): il cosiddetto Gì è costituito solo dai campioni superficiall (0-50 m) delle stazioni da 11 a 22, mentre G2 sono i campioni profondi delle stesse stazioni e dell'intera colonna per le stazioni 8-10 e 25-27. La stazione 23 presenta una situazione intermedia in quanto solo i campioni dei primi 5 m appartengono al primo gruppo.

La differenziazione dei due gruppi è possibile oltre che per la loro distribuzione spaziale e per le diverse relazioni tra indicatori di biomassa, anche sulla base delle condizioni

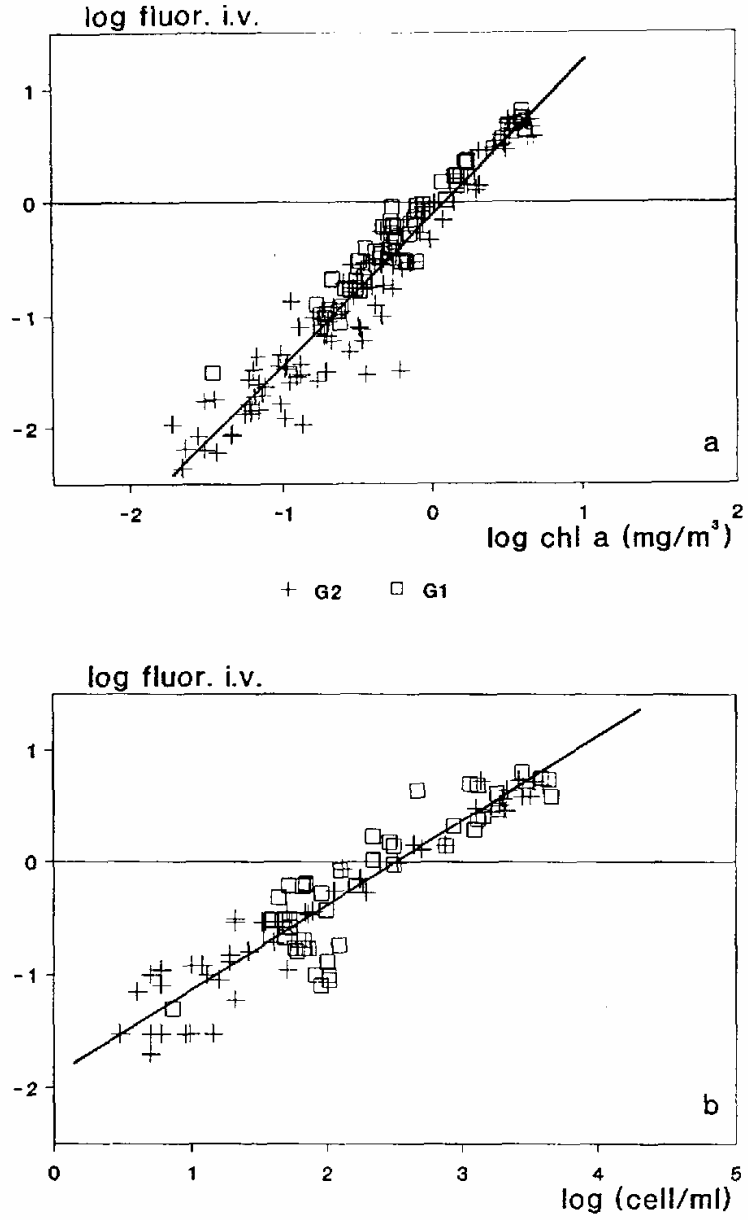


Fig. 2 - Regressioni ortogonali per i due gruppi di campioni (G1 e G2) : a) fluorescenza *in vivo* e clorofilla *a* (mg/m^3); b) fluorescenza *in vivo* e densità fitoplanctonica (cell/ml).

ambientali, della composizione e struttura dei popolamenti fitoplanctonici e della distribuzione dimensionale del particellato.

Le stazioni 22 e 25 situate nel transetto E-W a 75°S (Fig. 1), vengono tra loro confrontate in quanto rappresentative delle situazioni rispettive del G1 e del G2.

Le differenze nella struttura verticale delle due colonne d' acqua (Fig. 4) sono

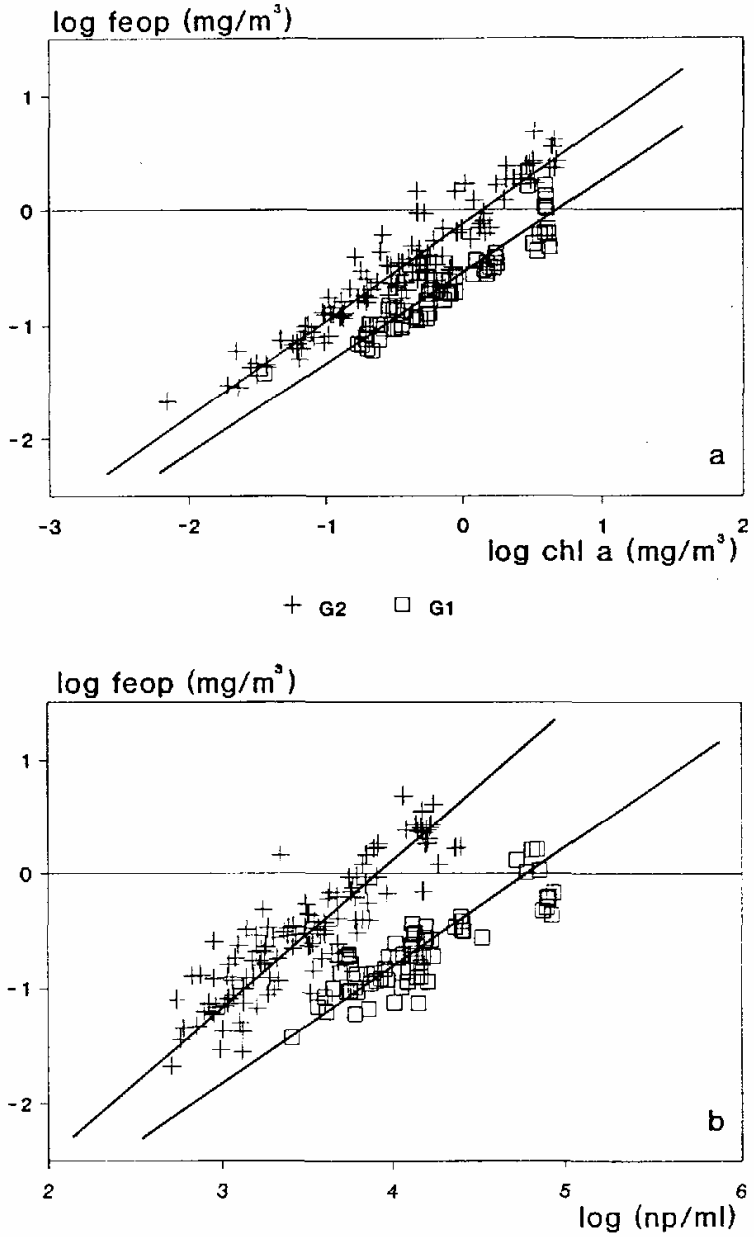


Fig. 3 - Regressioni ortogonali per i due gruppi di campioni (G1 e G2) : a) feopigmenti (mg/m^3) e clorofilla *a* (mg/m^3); b) feopigmenti e densità in particene (numero particelle/ml).

notevoli. La stratificazione della stazione 22 (Fig. 4a), più marcata e profonda fino a 50m, è dovuta ad un forte riscaldamento dello strato superficiale nel quale si è realizzata una notevole crescita della biomassa fitoplanctonica (Fig. 4b), come indicano gli elevati valori di clorofilla, cellule, fluorescenza, particene e le basse percentuali di feopigmenti.

La stazione 25 (Fig. 4c, d) è più prossima alla costa continentale e influenzata dallo

scioglimento del pack, come risulta dal forte calo della salinità (33.2 PSSU), ma la sua stratificazione superficiale è meno profonda (ca. 20 m) e, al di sopra del picnoclino coincidente qui con l'aloclino, sostiene una biomassa fitoplanctonica con concentrazioni anche maggiori della stazione 22. Il particellato presenta nella st. 25 maggiori dimensioni medie e distribuzione verticale più omogenea rispetto alla st. 22, probabilmente per una azione più prolungata dei processi di aggregazione e sedimentazione.

La distribuzione dimensionale del volume di particellato (Fig. 5a, b) si differenzia nei primi 50 m, in modo ancor più netto con d.s.e. modali di 4-5 urti nella st. 22 e di 11- 16 µm nella 25. In acque antartiche sono stati spesso osservati d.s.e. prevalenti di 16 µm (Sheldon et al., 1972) in condizioni di scarsa biomassa, e intorno a 3 e 14 µm nel Mare di Weddell (Boldrin & Rabitti, 1992).

Il fitoplancton presenta, nelle stazioni del G1 della scarpata continentale, densità relativamente basse (fino a circa 0.3 x 10" cell/dnr) con scarsa presenza di Diatomee e un aumento progressivo di *Phaeocystis panchetti* procedendo da nord verso sud. Lungo il transetto E-W le densità superficiali salgono notevolmente, particolarmente alle staz. 22 e 23, per il forte aumento di Diatomee: alla stazione 22 le alte densità tra O e 25 m sono dovute a *Nitzschia sp. gr. Nitzschiella* che arriva al 90% del totale e abbassa quindi notevolmente la diversità specifica (fino a 0.89 bit/cellula), mentre a 50 in prevale *Phaeocystis pouchetii.*

Nella stazione 25, la densità fitoplanctonica (fino a oltre 3 x 10^6 di cell/dm^3) è dovuta a *Nitzschia spp. gr. Fragilariopsis,* di cui la *N. cuna* è senz'altro la più abbondante, e a *N. sp. gr. Pseudonitzschia.* Si ha cioè un popolamento dominante più differenziato (2.1 bit/cellula) e con specie di maggiori dimensioni.

L'analisi dei popolamenti fitoplanctonici sembra indicare che nelle stazioni G1 si abbia una situazione precedente ad una fase di fioritura che è già in atto alla stazione 22, dove lo strato superficiale si è fortemente stabilizzato nel tempo, favorendo il notevole sviluppo della specie dominante.

Le caratteristiche finora evidenziate per i due gruppi sembrano identificare il G1 con una fase di sviluppo del popolamento precedente a quella del G2, nel modello di fioritura antartica con un solo massimo. I caratteri delineati per i campioni del gruppo G1 e specialmente per la stazione 22, caratteri quali: la scarsa presenza percentuale di feopigmenti, le piccole dimensioni di cellule e particelle (4-5 µm), la loro maggiore densità superficiale e la minima diversità specifica, portano a considerare questa situazione come espressione di una fase giovanile della fioritura, se non precedente.

Nel secondo gruppo (G2) invece, i feopigmenti percentualmente elevati, le diverse dimensioni e distribuzione delle particelle, la composizione tassonomica e la maggiore diversità specifica sembrano indicare una situazione decisamente più matura, certamente senescente.

A conferma di una tale interpretazione si può osservare che in corrispondenza delle stazioni del G1 sulla scarpata continentale, tra 71° e 73 °S si è verificato nella seconda metà di gennaio una fioritura, dove in precedenza era stata rilevata una scarsa biomassa, come risulta evidente dalle misure di fluorescenza effettuate in continuo durante la rotta di ritorno (Guglielmo et al., 1993). Anche le densità cellulari sono notevolmente più alte

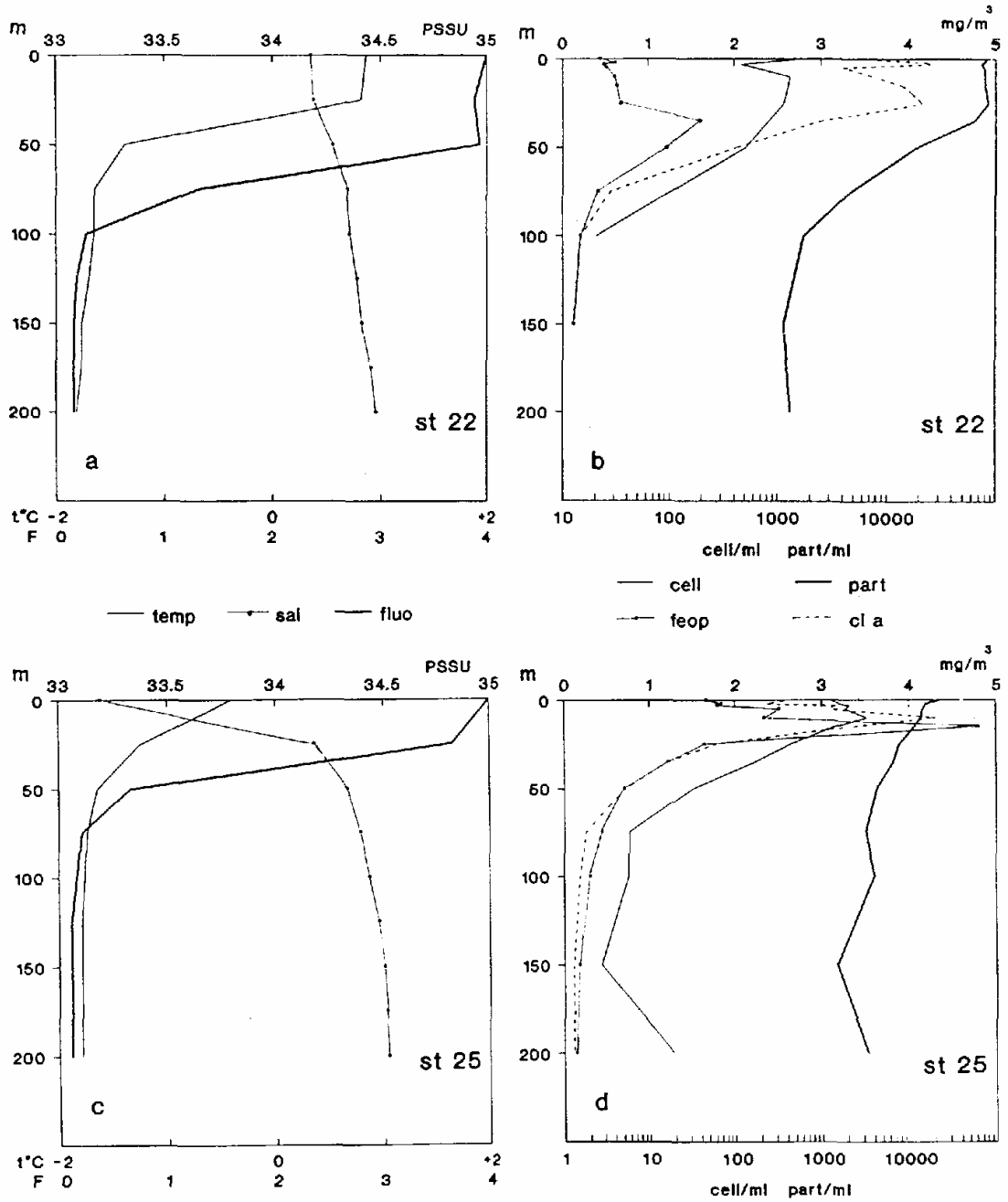


Fig. 4 - Profili verticali di : temperatura (°C), salinità (PSSU), fluorescenza *in vivo,* clorofilla *a* (mg/m^3), feopigmenti (mg/m^3), densità fitoplanctonica (cell/ml) e particellato sospeso (n.ro part./ml) per la stazione 22 (a, b) e per la stazione 25 (e, d).

(fino a 2 * 10^6 cell/dm^3) di quelle rilevate nella seconda metà di dicembre, per la fioritura di *Nitzschia sp. gr. Nitzschiella* e un incremento di *Phaeocystis pouchetii.*

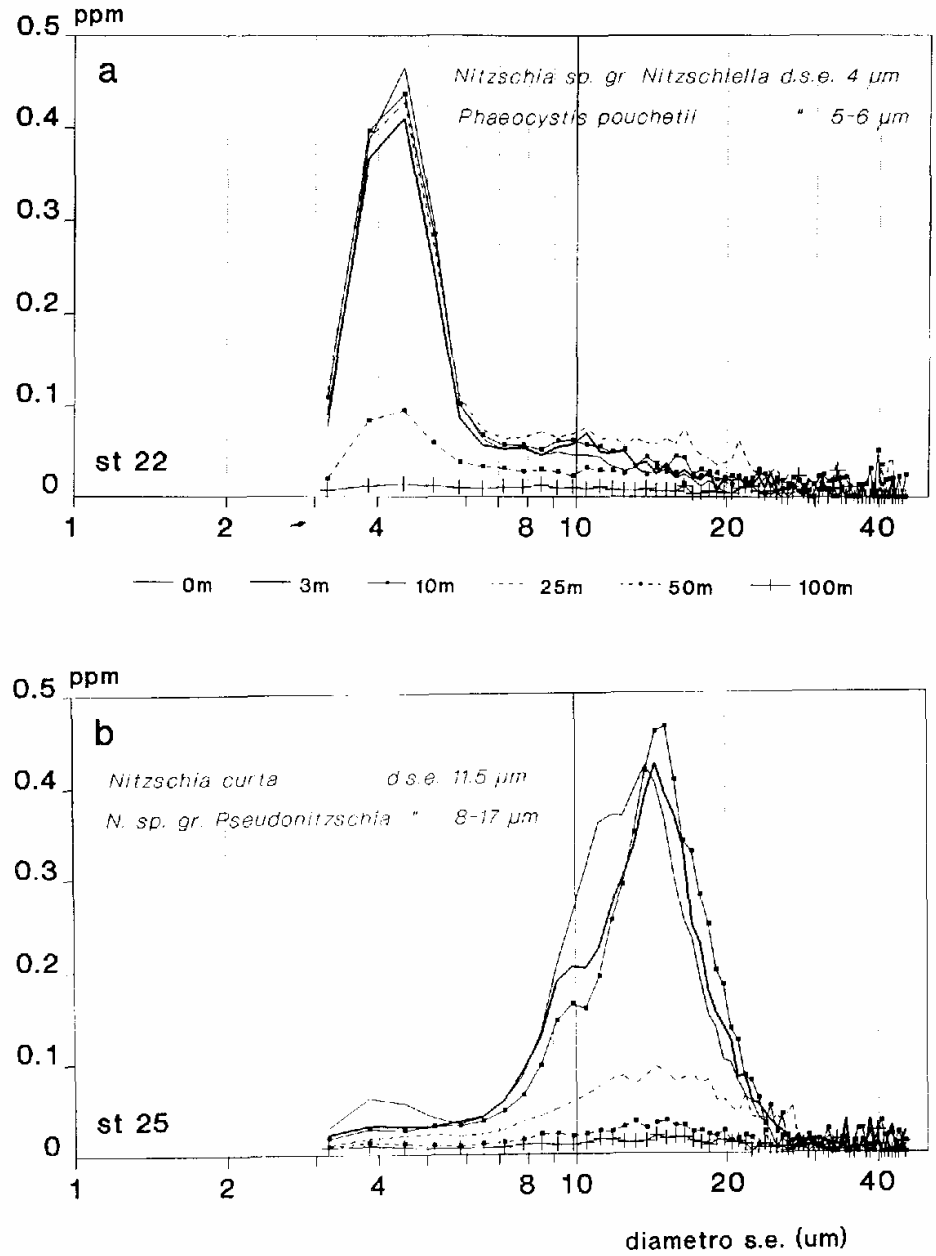


Fig. 5 - Spettri dimensionali del volume di particellato sospeso (ppm volume/volume) per le stazioni 22 (a) e 25 (b). Sono indicate per ciascuna stazione le specie dominanti.

Relativamente alla situazione considerata senescente delle stazioni 25-27, va osservato che, sia da un punto di vista ambientale che biologico, questa risulta assai simile a quella rilevata in Baia Terra Nova (Innamorati et al., 1992b) con una serie temporale di misure

(24/12/89 - 8/2/90). Anche qui i popolamenti fitoplanctonici sono prevalentemente in una fase di calo della biomassa ed i rapporti feopigmenti/clorofilla superano in media l'unità (Innamorati et al., 1993).

Si può ipotizzare quindi che nella zona più costiera (st. 25-27 e Baia Terra Nova) la fioritura osservata tra la fine di dicembre e l'inizio di gennaio, caratterizzata dalle *Nitzschia spp. gr. Fragilariopsis* che compongono quasi totalmente anche il popolamento simpagico, sia la fase finale della prima fioritura che appare allo scioglimento dei ghiacci. La diversa composizione della fioritura rilevata alla st. 22 e nella zona più al largo in gennaio, con copresenza di *Phaeocystis panchetti* e *Nitzschia sp. gr. Nitzschiella* differenza osservata anche da Smith et al. (1990), e il maggior tempo trascorso in questa zona dallo scioglimento dei ghiacci, può far supporre che, come in altre zone costiere, anche al largo si possa realizzare una seconda fioritura tardo estiva.

Infine va sottolineato che nel Mare di Ross, il particellato presenta generalmente indici di correlazione assai elevati con tutti gli indicatori di biomassa utilizzati (cellule, fluorescenza, clorofilla e feopigmenti), rivelando così la natura e/o l'origine prevalentemente fitoplanctonica delle particelle sospese. Ad una conclusione analoga si è giunti anche dall'analisi dei dati bio-ottici (Innamorati et al., 1992a), quali i profili verticali di PAR e gli spettri di irradianza sottomarina.

BIBLIOGRAFIA

Boldrin, A. & S. Rabitti. 1990. Oceanografia biologica del Mare di Weddell orientale (EPOS Leg 3). *Atti del IX Congr. Ass. Ital. Oceanol. Limnol.,* S. Margherita Ligure, 20-23 novembre 1990: 697-707.

Guglielmo, L., J-H. Hecq, A. Artegiani, F. Benedetti, G. Catalano, F. Decembrini, M. Fabiano, A. Goffart, M. Innamorati, L. Lazzara, C. Nuccio & E. Paschini. 1993. Ecohydrodynamical approach of the planktonic ecosystem during the Vth ITALIANTARTIDE expedition in the pacific sector of the Southern Ocean (1989-1990). I. Oceanographic Data. *Journal of Marine System,* in stampa.

Hasle, G. R. 1978. Settling. The inverted microscope method. In: *Phytoplankton manual* Sournia A. (Ed.), UNESCO, Paris.

Holm-Hansen, O., C.J. Lorenzen, R.W. Holmes & J.D.H. Strickland. 1965. Fluorometric determination of chlorophyll, *J. Cons. perm, int. Explor. Mer,* 30, No. 1: 3-15.

Innamorati, M., L. Lazzara, L. Massi, G. Mori, C. Nuccio & V. Saggiomo. 1992a. Indagine sulla biomassa fitoplanctonica nel Mare di Ross in relazione ai fattori ambientali. In: *Oceanografia in Antartide.* Gallardo V. A., Ferretti O. e Moyano H. I. (Ed.), Atti Seminario Intemazionale, Concepcion, Cile, 7-9 marzo 1991, ENEA-Centro EULA (Cile): 235-252.

Innamorati, M., L. Lazzara, L. Massi, G. Mori, C. Nuccio & V. Saggiomo. 1993. Aspetti dell'ecologia del fitoplancton nel Mare di Ross. (in preparazione)

Innamorati, M., L. Lazzara, G. Mori, C. Nuccio & V. Saggiomo. 1991. Phytoplankton ecology. *Nat. Sc. Com. Ant., Ocean. Camp. 1989/90, Data Rep., 1*: 141-252.

Innamorati, M., L. *Lazzara, G.* Mori, C. Nuccio & V. Saggiomo. 1992b. Spatial and

temporal distributions of phytoplankton size fractions in Antarctic waters: biomass and production, summer 1989/90. *Atti del IX Congr. Ass. Ital. Oceanol. Limnol., S. Margherita Ligure, 20-23 novembre 1990:* 605-612.

Innamorati, M., G. Mori, L. Lazzara *&* S. Vanucci. 1990. Eutrofia ed oligotrofia nell'Oceano Antartico. *Oebalia,* XVI-1: 153-162.

Iwanami, K., S. Futatsumachi & A. Taniguchi. 1986. Short-term of chemical property of water and mikroplankton community in the coastal area near Syowa Station, Antarctica, in midsummer of 1984. I. Chemical property including chlorophyll *a. Mem. Natl Inst. Polar Res.,* Spec. Issue, 40: 1-14.

Sheldon, R.W., A. Prakash & W.H. Jr. Sutcliffe. 1972. The size distribution of particles in the ocean. *Limnol. Oceanogr.,* 17(3): 327-340.

Smith, W.O. Jr., H.P. Kelly & J.H. Rich. 1990. Chlorophyll distribution and primary productivity in the Ross Sea, austral summer 1990. *Ant. Jour. U.S.* 25 (5): 179-182.

Wilson, D.L., W.O. Jr. Smith & D.M. Nelson. 1986. Phytoplankton bloom dynamics of the Western Ross Sea ice edge. I. Primary productivity and species-specific production. *Deep-Sea Res.,* 33 (10): 1375-1387.

Atti del 10° Congresso A.I.O.L.
Alassio, 4-6 Novembre 1992
da, pag. 667 a pag. 680

SIZE, LENGTH-WEIGHT RELATIONSHIPS AND BIOMASS OF COPEPODS IN ANTARCTIC WATERS (TERRANOVA BAY, ROSS SEA).

Tecla ZUNINI SERTORIO, Carlo OSSOLA and Priscilla LICANDRO

Istituto di Scienze Ambientali Marine, Università di Genova

RIASSUNTO

Sono state analizzate la lunghezza e la biomassa dei Copepodi raccolti nella zona della Baia di Terranova durante la Spedizione Italiana in Antartico 1987-88. La biomassa (peso secco) è stata determinata direttamente o mediante le relazioni peso-lunghezza stabilite per i Copepodi antartici in esame.

Come in altre zone antartiche costiere, le specie più numerose sono di piccole dimensioni e appartengono principalmente ai generi *Ctenocalanus, Oithona* ed *Oncaea.* La biomassa è però determinata in modo preponderante dai generi *Calanus, Calanoides, Euchaeta* e *Metridia* che insieme costituiscono da 86 a 99.9% della biomassa totale dei Copepodi sulle 14 colonne d'acqua esaminate. La distribuzione verticale di tali forme è marcatamente differente: *Calanus* e *Calanoides* si addensano nei primi 100 metri, *Euchaeta* diventa quantitativamente importante a partire da 100 m, *Metridia* occupa tutti gli strati della colonna d'acqua ma tende ad addensarsi maggiormente a livelli sottosuperficiall.

La somma dei quattro generi che dominano la biomassa è in media 2,27 gDW/m^2 (11,35 mg/m^3) sulla colonna 0-200 m e 5,59 gDW/m^2 (9,32 mg/m^3) sulla colonna 0-600 m. Tali valori rappresentano più del 99% della biomassa totale dei Copepodi catturati con rete di 500 μm e più del 94%, in media, di quella catturata con rete di 250 μm.

I confronti con i dati esistenti in letteratura mostrano che i valori di biomassa dei Copepodi rilevati nella zona della Baia di Terranova in gennaio, all'inizio dell'estate antartica, sono maggiori di quelli segnalati per altre zone antartiche costiere ma notevolmente più bassi di quelli indicati per le acque di un fiordo nella Baia di Cumberland (South Georgia). Tall differenze sono imputabili ai diversi momenti stagionali in cui sono avvenuti i campionamenti, alle caratteristiche ambientali delle zone esplorate e alla profondità delle colonne d'acqua considerate, ma in parte devono anche essere attribuite agli effetti dei diversi metodi di prelievo dei campioni.

ABSTRACT

The study deals with Copepods collected in Terranova Bay and adjacent waters (Ross Sea) during the Italian Antarctic Expedition 1987-88. It gives Information on Copepod size and focuses on biomass (dry weight) assessment and distribution over

water colums. Biomass has been evaluated directly or through length-weight relationships derived for Copepods of the studied area.

The most numerous species are small-sized and belong to *Ctenocalanus, Oithona* and *Oncaea.* Biomass, however, is mostly determined by *Calanus, Calanoides, Euchaeta* and *Metridia* which form, together, 86% to 99.9% of total Copepod biomass over the 14 examined water columns. These four large-sized genera give a mean biomass of 2,27 gDW/m^2 over 0-200 m water column and of 5,59 gDW/m^2 over 0-600 m. Comparisons with published Copepod biomass data of different Antarctic zones are discussed.

l. INTRODUCTION

Since the beginning of the century many Authors have studied Ross Sea Copepods taking into account identification, abundance and species distribution (e.g. Wolfenden, 1908; Brady, 1918; Farran, 1929; Vervoort, 1957; Bradford, 1971; Park, 1978). Only more recently some information on Antarctic Copepod biomass has been supplied (e.g. Voronina, 1970; Hopkins, 1971, 1985b; Hopkins & Torres, 1988; Ward, 1989; Boysen-Ennen et al., 1991; Schnack-Schiel et al., 1991) and, as far as Ross Sea is concerned, only for a coastal inner zone, the McMurdo Sound (Hopkins, 1987).

Biomass evaluations of zooplanktonic organisms are useful for comparison between different components of the pelagic ecosystem and provide data for ecosystem modelling. Moreover, biomass along with organisms growth rate are necessary for secondary production calculation (Middlebrook & Roff, 1986).

This study deals with Copepods collected in Terranova Bay and adjacent waters (Ross Sea) during the 1987-88 Italian Antarctic Expedition. It gives information on Copepod size and focuses on biomass (dry weight) assessment and distribution over water columns. In addition comparisons with published biomass data of different Antarctic zones are discussed.

Taxonomy and numerical abundance of Terranova Bay Copepods shall be dealt with in detail in another paper (Carli and Zunini Sertorio, in preparation).

2. MATERIALS AND METHODS

The Copepods used in this study were delivered to us by the Marine Sorting Center Italla (Della Croce & Zunini Sertorio, 1990). They had been sorted out from the zooplankton samples collected during January 1988 in fourteen stations over an area included between 74°30'-75° S and 164°-168° E (Fig. 1). In each station samples were obtained at set depths by means of an EZNET- BIONESS sampler equipped with 500 μm or 250 μm mesh nets. The sampling method is described in detail by Guglielmo et al. (1990).

The stations were sampled at different times of the day. Depending on the sounding, which varied from 187 to 875 meters, the depth of the sampled water columns was different for each station. The water columns were intended to be divided in 9 layers and

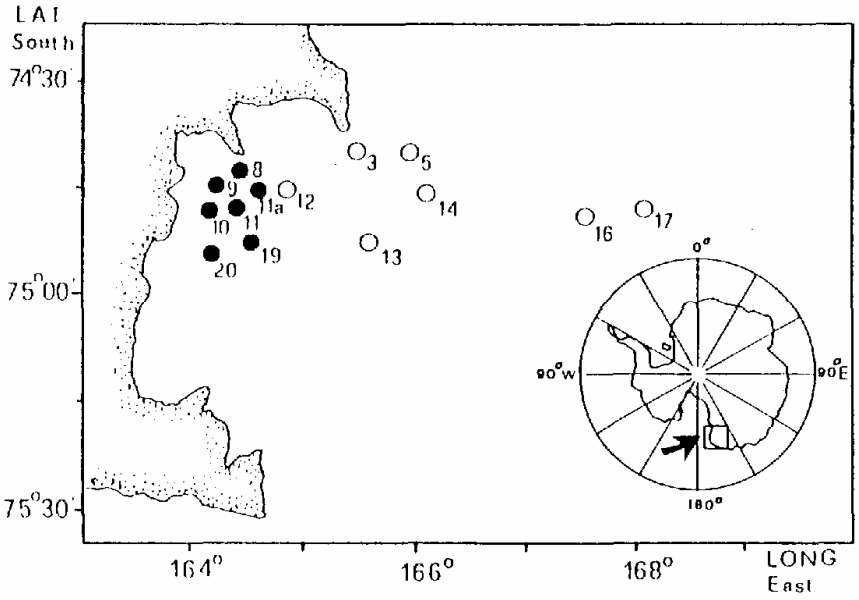


Fig.l : The study area: stations sampled with 500 ^m (●) and with 250 μm (○) mesh nets.

only exceptionally the layers have been only 6 or 7. The thickness of sampled layers was also different ranging from a minimum of 10 m to a maximum of 100 m (Table 1). All the samples were preserved in 4% formalin-buffered seawater.

The Copepods delivered to us were those present in aliquots drawn from the entire zooplankton sample. In the laboratory all the specimens were counted and identified to species or genus level, taking into account sex and development stages. The sex was identified in copepodite V and VI. In addition, the following measurements were taken, separately, for each copepodite stage: maximum body length (from the tip of the head to the end of the furca) and cephalothorax length (from the tip of the head to the end of the lateral posterior metasoma edge, points excluded). The measurements were taken with a micrometric eye-piece and were approximated to ± 0.01 mm. When species were sufficiently represented, at least 100 specimens of each stage taken at random in different samples were measured; in other cases all the available specimens were measured.

Dry weight (DW) was determined in groups of Copepods of each stage and sex, the number of animals in each group varying from ten to several hundred depending on their size. Specimens were counted, washed in distilled water, placed in pre-weighed aluminium pans, dried at 60°C tilt dry weight was attained, cooled in a dessicator for 30' and weighed with a Mettler M3 micro-scale with 1μg accuracy. The weighing, when possible, was repeated and the mean individual dry weight (μg/ind) was calculated as the mean of the results.

Weight of uncommon species or stages, which on account of their insufficient number did not lend themselves to direct dry weight assessment, was estimated using the following linear equation: $\log_{,0} W = \mathrm{Iog}_{10} a + b \log_{,0} L$ where W is the dry weight (μg),

TABLE 1. Station Data

Station number	*Location*	*Date*	*Local Time*	*Bottom depth m*	*Sampled water column m*	*Sampled layers N°*	*Thickness of layers m*	*Filtered volume m^3*	*Net meshes µm*	*Surface temp. °C*	*Surface sal. ‰*
8	74°43'S 164°26'E	5 Jan. 1988	1615-1651	570	100-500	7	50 - 100	128.1	500	1.99	34.84
11	74°49'S 164°29'E	5 Jan. 1988	2248-0003	640	150-600	6	50 - 100	198.5	500	1.68	34.89
9	74°43'S 164°15'E	6 Jan. 1988	1208-1251	370	20-300	9	10-30-40	141.7	500	2.09	34.83
10	74°48'S, 164°09'E	6 Jan. 1988	1745-1802	325	0-300	9	30 - 50	70.3	500	2.02	34.86
11a	74°47'S 164°31'E	7 Jan. 1988	1225-1309	530	10-100	9	10 - 20	147.7	500	1.68	34.89
20	74°52'S, 164°14'E	9 Jan. 1988	1638-1712	257	0-200	9	20 - 40	144.9	500	-0.34	34.86
19	74°53'S, 164°33'E	10 Jan. 1988	1858-1957	660	0-500	9	50 - 100	201.7	500	0.65	34.83
12	74°45'S, 164°50'E	24 Jan. 1988	2309-0014	560	0-450	9	50	477.6	250	0.8	34.86
3	74°39'S 165°27'E	25 Jan. 1988	1231-1308	187	0-150	9	10 - 20	282.6	250	1.05	34.78
13	74°51'S 165°32'E	25 Jan.1988	1921-2026	810	250-700	9	50	310.9	250	0.74	34.83
5	74°39'S 165°57'E	26 Jan. 1988	0725-0831	700	0-500	9	50 - 100	351.3	250	-0.05	33.58
14	74°45'S 165°05'E	26 Jan. 1988	1138-1251	875	250-600	6	50 -100	239	250	0.55	34.25
17	74°47'S 168°04'E	27 Jan. 1988	0747-0841	550	0-350	9	30 - 40	348.9	250	0.03	32.44
16	74°48'S 167°34'E	27 Jan. 1988	1409-1608	650	0-500	9	50 - 100	421.5	250	1.02	34.04

a is the proportionality Constant, *b is* the slope, *L* is the cephalothorax length (μm). Regression equations reported here are functional regression equations (Ricker, 1973).

All the dry weight values obtained were increased by 30% to account for the loss of weight due to formalin preservation (Durbin & Durbin, 1978; Omori, 1978; Böttger & Schmack, 1986). The total sample biomass was estimated by cumulating the weight of all the Copepods as derived from direct measurement or from length-weight regressions; it was then referred to filtered water volume to obtain biomass for each examined layer, and the water column biomass was obtained by summing up the sampled layers. Copepod biomass (DW) and abundance (No.) are expressed in terms of volume of filtered water or alternatively in terms of water surface.

3. RESULTS

3.1. Copepod length

Mean total length of captured Copepods ranged from 0.54 mm *(Oncaea* iuv.) to 9.26 mm (adult female *Euchaeta antarctica).*

The stations sampled with 250 µn meshes net (St. 12, 3, 13, 5, 14, 17, 16) cleary revealed that Copepods smaller than 2 mm in length were numerically important in the examined area, and predominant in the first 200 m *(Ctenocalanus, Oithona,* Calanoids CII-CIII). Below 200 m, where the overall number of Copepods decreased, specimens between 2-5 mm in length were predominant (mainly *Calanoides* and *Metridia)* and specimens greater than 6 mm start to appear *(Euchaeta).* This pattern of vertical size distribution was not detected in the stations sampled with 500 μm nets (St. 8, 11, 9, 10, 11a, 20,19) because small species are not represented quantitatively with 500 μm meshes (Vannucci, 1968).

Size analysis also revealed that most of the Copepod biomass was in the 3-5 mm fraction, both in stations sampled with either 250 or 500 μm, and that biomass distribution was bimodal in water columns deeper than 200 m, with a maximum between 3-5 mm and a second peak in classes > 6 mm.

As an example, Fig. 2 shows the distribution of Copepod lengths versus numbers (2A) and versus dry weights (2B) over water columns sampled with 250 μm (St. 3, 5) and 500 nm meshes (St. 19, 20): in the last two stations Copepods < 2mm are negligible and in all stations biomass peaks between 3-5 mm.

3.2. Dry weight determination

The dry weights (μg/ind) of copepodites which, due to their abundance, have been weighed, are presented in Table 2 along with DW increased by 30% and cephalotorax lengths.

From these data (using DW without 30%) length - weight (log-log) regressions were derived for the genera *Euchaeta* and *Metridia* (Tab. 3). The majority of *Euchaeta* adults were *E. antarctica* and nearly all *Metridia* adults were *M. gerlachei,* so it is likely that copepodite stages CI1-CIV belong to these two species. The regressions were used to evaluate the dry weight of uncommon species and stages of each particular genus, e.g. *Euchaeta* sp., *Metridia* CII.

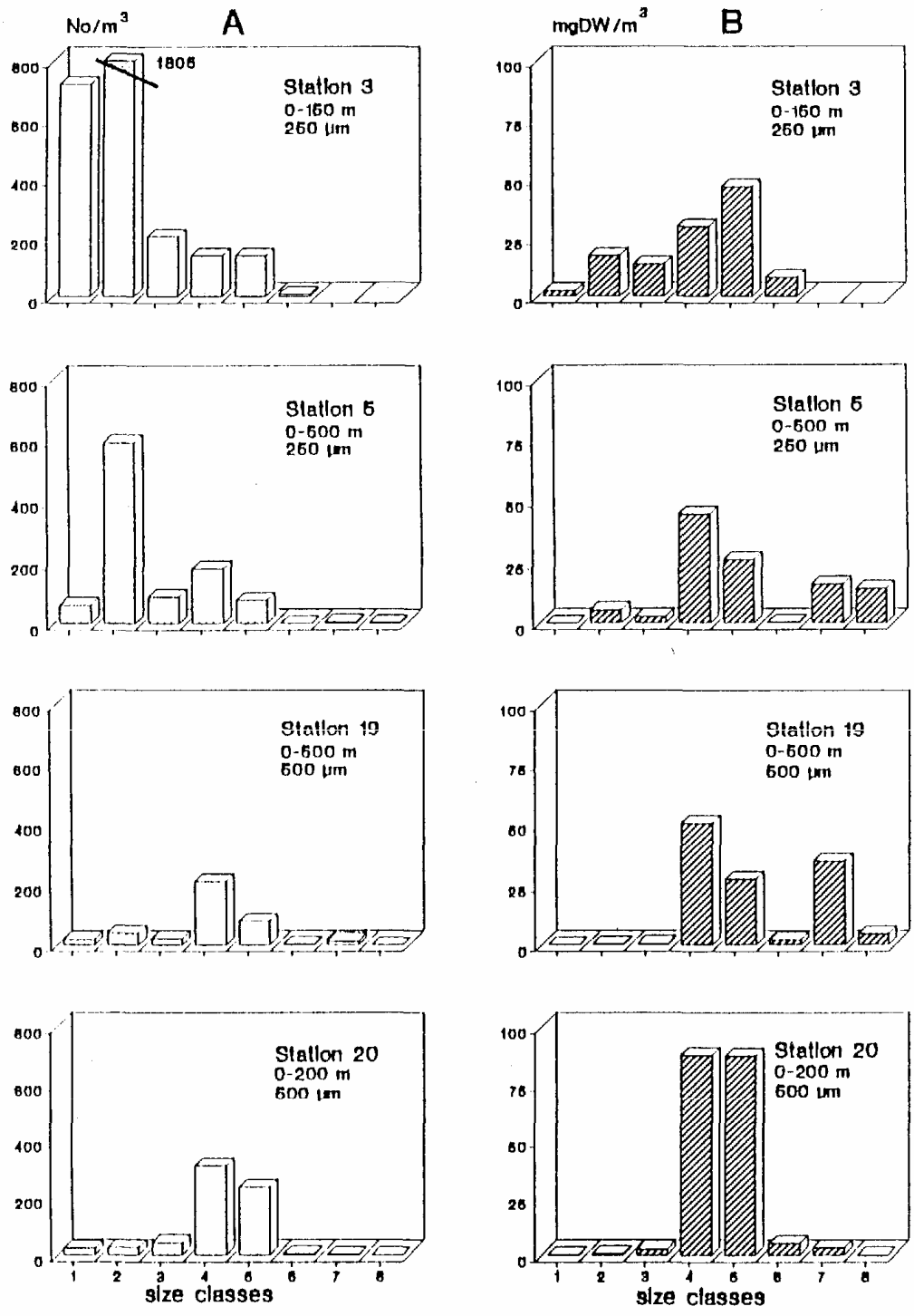


FIG.2. Size distribution of Copepod versus numbers (A) and versus biomass (B) over water columns sampled with 250 μm (Stations 3, 5) and 500 μm meshes (Stations 19, 20). The height of sampled water colums is indicated. Size classes: 1= <1mm; 2 = 1–2 mm; 3 = 2–3 mm; 4 = 3–4 mm; 5 = 4–5 mm; 6 = 5–6 mm; 7 = 6–7 mm; 8 = >7mm.

TABLE 2. Dry weight and cephalothorax length of copepodites of dominant genera. Dry Weight: N, number of subsamples; n_1, total number of animals in all subsamples. Cephalothorax: SD, standard deviation; n_2, number of measures.

	Dry weight, μg				Cephalotorax, mm		
	N	n_1	μg/ind	μg/ind + 30%	mean	SD	n_2
Calanus propinquus CVI, f	1	38	659,4	857,2	4,12	0,18	38
C propinquus CV, f	1	57	391	508,3	3,49	0,2	50
Calanus acutus CVI, f	3	300	276,2	359,1	3,93	0,18	116
C. acutus CV, f	4	350	252,6	330,2	3,51	0,15	101
Calanidae CIV	1	100	108,3	149,7	2,73	0,18	68
Euchaeta antarctica CVI, f	2	68	3974,4	5166,7	6,81	0,3	68
E. antarctica CVI, m	2	37	2209	2871,7	5,22	0,2	42
E. antarctica CV, f	2	200	2152,4	2798,1	4,99	0,23	101
E. antarctica CV, m	2	100	1824,3	2372,3	4,79	0,19	100
Euchaeta CIV	1	50	249,9	324,9	3,2	0,13	53
Euchaeta CIII	2	100	87,3	113,5	2,21	0,14	96
Euchaeta CII	2	200	27,4	35,6	1,49	0,11	74
Metridia gerlachei CVI, f	2	200	191,7	249,3	2,46	0,1	114
M. gerlachei CVI, m	2	200	45,4	59	1,56	0,09	102
M. gerlachei CV, f	1	100	62,2	80,9	1,83	0,07	15
Metridia CIV	3	300	27,7	36	1,53	0,15	101
Metridia CIII	2	400	5,3	6,9	0,84	0,16	140
Ctenocalanus spp. CVI, f,m	3	600	7,4	9,6	0,94	0,06	113
Oithona spp. CVI, f,m	3	600	2,5	3	0,89 *	0,12	632

* total length

Length-weight data of Copepods combined (n =19) were grouped to formulate the general regression for all Copepods, which was in turn used to attribute dry weight to specimens differing from *Euchaeta* and *Metridia.*

Regressions had coefficients of determination (r^2) ranging from 0.96 to 0.98 and were tested for significance ($p<0.01$).

3.3. Copepod biomass

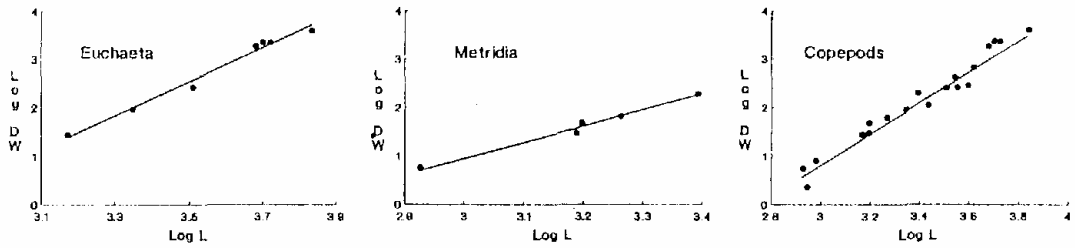
The total Copepod biomass over the examined water columns ranged between 0.8 (St. 11) and 6.78 g DW/m^2 (St. 10), such high variability being explained both by different depth of the sampled water columns and species patchiness.

Four genera *(Calanus, Calanoides, Euchaeta, Metridia)* formed 86 to 99.9% of the biomass over the different water columns, the remaining genera altogether never exceeding 0.5% when 500 *fan* net was used and ranging between 0.3-14% (mean 6.3%) when 250 μm was used (Tab.4). In Table 4 *Calanus* and *Calanoides* were grouped in the family Calanidae because C1-C1V copepodite stages were not easily separated.

To assess mean vertical distribution and mean standing stock for the examined area, only the four biomass dominant genera were considered, small sized species having been excluded because estimates of their abundance are biased from the change of the net meshes from 500 to 250 μm in the second week of sampling. This allowed us to use the

TABLE 3. Lenght–weight regressions of Copepods and corresponding graphs. DW [μg]; L: cephalothorax [μm]; N: number of observations; r^2: coefficient of determination for the regression; SER: standard error of regression coefficient b; SD: standard deviation of the regression.

	Functional regression	N	r^2	SER	SD
Euchaeta	log DW = 3,540 log L – 9,859	7	0,985	0,037	0,286
Metridia	log DW = 3,338 log L – 9,072	5	0,984	0,061	0,454
Copepods	log DW = 3,197 log L – 8,791	19	0,965	0,02	0,072



data of stations sampled with different meshes for calculation purposes. For average values calculation, however, only the eight columns which were divided in 50 or 100 m layers were considered (see Table 1: St. 8, 11, 19, 12, 13, *5,* 14, 16) thus excluding those subdivided in 10-40 m layers (St. 9, 10, 11a, 20, 3, 17) considering that sampling performed in thin layers enhances organism accumulations which are not detected by net vertically or obliquely sampling the same column (Longhurst & Williams, 1976, and actual personal observations). Not all the eight considered columns reached the surface and only three reached a depth of 600 meters, therefore the averages for each 50 or 100 m layer were based on a different number of stations (Fig. 3).

The four biomass dominant genera had a vertical distribution which was markedly different. The herbivorous Calanidae *(Calanus* and *Calanoides)* concentrate more in the upper 100 m, the carnivore *Euchaeta* was quantitatively significant below a depth of 100 m, the omnivore *Metridia* could be found in all layers but was more abundant in sub-superficial ones. All of them tend to occupy different levels of the water column during development, with the young generally taking over the higher layers (cfr. Huntley and Escritor, 1991, p. 1165); this was reflected in the different vertical distributions corresponding to abundance (No./m^3) and biomass (mg DW/m^3) of each genera as is shown in Fig. 3.

The numerical standing stock of Calanidae, *Metridia* and *Euchaeta* for the average 0-600 m column was notably different (7593 - 13670 - 2186 ind/m^2, respectively) but biomass was much more similar (1.46 - 1.95 - 2.18 gDW/m^2, respectively); the biomass resulting from their sum was 2.27 g/m^2 (11.35 mg/m^3) in the 0-200 m and 5.59 g/m^2 (9.32/m^3) in the 0-600 m water column, these values representing more than 99% (range: 99.5 - 99.9) of the total biomass of Copepods sampled with 500 μm and no less than 86% (range: 86 - 99.7) of that sampled with 250 μm net meshes.

Copepod biomass data found in the literature for different Antarctic areas, over different water columns, range from 8,6 g DW/m^2 in a fjord of Cumberland East Bay,

TABLE 4. Biomass (DW) and percentages of main copepods contributing to biomass over water columns sampled with 250 μm and 500 μm net meshes.

Net meshes	250 µm						
Stations, No	3	5	12	13	14	16	17
Water column, m	0–150	0–500	0–450	250–700	250–600	0–500	0–350
Biomass, mg DW/m²	**1912**	**6004**	**4091**	**4455**	**3143**	**2759**	**1945**
%							
Calanidae	61	25,2	39,1	19,6	11	20,2	17,6
Euchaeta	4,9	31,5	26,8	46,3	53,4	17,5	23,4
Metridia	26	39,7	20,1	33,7	35,3	57,1	46,4
Total	**91,9**	**96,4**	**86**	**99.6**	**99,7**	**94,8**	**87,4**
Net meshes	500 µm						
Stations, No	8	9	10	11a	11	19	20
Water column, m	100–500	20–300	0–300	10–100	150–600	0–500	0–200
Biomass, mg DW/m²	**5447**	**4724**	**6781**	**2394**	**799**	**6347**	**3723**
%							
Calanidae	14,7	14,6	19,3	67,8	3,2	24,9	49,7
Euchaeta	47,6	41,1	20,9	2,5	85,4	36,5	4,4
Metridia	37,6	44	59,3	29,6	11,3	38,3	45,7
Total	**99,9**	**99,7**	**99,5**	**99,9**	**99,9**	**99,7**	**99,8**

South Georgia, in January, to 0,2 g DW/m^2 on the shelf of SW Weddell Sea in February (Tab. 5).

Taking into account the different depth of sampled water columns, a comparison with published data indicates that Copepod biomass evaluated in January in Terranova Bay and the adjacent area is considerably lower than that reported at the beginning of summer in the fjord of Cumberland East Bay but always higher than that of other Antarctic coastal and open sea areas sampled in months other than January.

4. DISCUSSION AND CONCLUSION

In Terranova Bay and the adjacent area the most numerous Copepod species are small in size and mainly belong to the *Ctenocalanus, Oithona* and *Oncaea* genera, as observed in other Antarctic coastal areas (Jazdzewski et al. 1982; Kaczmaruk, 1983; Chojnacki & Weglenska, 1984; Tanimura et al., 1986; Fransz, 1988; Ward, 1989); biomass obtained in early summer, however, mainly consists of four bigger species: *C.propinquus, C.acutux, M.gerlachei, E.antarctica,* all occurring in their different stages of development and patchly distributed.

Comparisons with previously published biomass data referring to other Antarctic areas are biased because of the different gears and sampling techniques used. The data presented in this study for the average 0-200 and 0-600 m water columns were obtained on stations sampled with nets which opened and closed every 50 or 100 meters, and the

TABLE 5. Zooplankton and Copepod biomass (DW) in different Antarctic zones, over different water columns..

Site	Period	Net meshes µm	Water column m	Zoopl. <20mm g/m²	Copep. g/m²	Authors
Croker Passage	Mar–Apr. 83	162	0–1000	2.9	2.69	Hopkins, 1985
McMurdo Sound	Feb. 83	162	0–800	2.45		Hopkins, 1987
Weddell Sea, NW	Feb. 83					Boysen-Ennen et al., 1991
oceanic zone		320	0–300	2.3	1.36	
shelf NE		320	0–300	2.2	1.89	
shelf SW		320	0–300	0.9	0.22	
Weddell Sea, W	Mar. 86					Hopkins & Torres, 1988
open sea		162	0–1000	1.1	0.89	
pack zone		162	0–1000	1.3	1.03	
Cumberland E Bay	Sept. 83	330	0–200	2.56	2.21	Ward, 1989
	Jan. 87	330	0–220	11.99	8.61	
Terranova Bay	Jan. 88	250 and 500	0–200		2.27*	This study
			0–600		5.59*	

*** only four large–sized genera, biomass dominating**

layers were added to get the global column result, as Ward (1989) did in Cumberland East Bay. Other Authors sampled the entire investigated column with repeated oblique sweeps (Hopkins, 1985b, 1987; Hopkins & Torres, 1988; Boysen-Ennen et al., 1991). These two different sampling methods have not been compared and we suspect that the cause of the encountered differences is partly due to the techniques used. The diverse pelagic habitats, however, as well as the pronounced seasonality of Antarctic plankton are relevant causes of variability.

The Copepod biomass values presented here for Terranova Bay refer to the major large-sized genera largely dominating the biomass and correspond to the beginning of the summer, the moment of their maximum growth, which is indicated in our samples by the large number of juveniles of *Calanus, Calanoides, Euchaeta* and *Metridia* (Zunini Sertorio et al., 1990). It must be noted that nearly all the available terms of comparison correspond to areas sampled in middle or late summer, when the reproductive activity of these Copepods is reduced.

The high biomass evaluated for Terranova Bay in January, at the beginning of the summer, is likely to correspond to the maximum annual development which is probably not a long-lasting event. We don't know the annual cycle of Copepod in this area. Hubold & Hempel (1987), in a coastal zone of the Weddell Sea have observed that during summer plankton populations "seem to undergo significant development at comparably short time scale, i.e. in the order of days or weeks."

If future surveys in the Terranova Bay area were to be carried out, they will allow to evaluate the seasonal variation of Copepod biomass by supplying more adeguate terms of comparison with other Antarctic zones where sampling have been done in different season or in different moment of dominant Copepods life cycles.

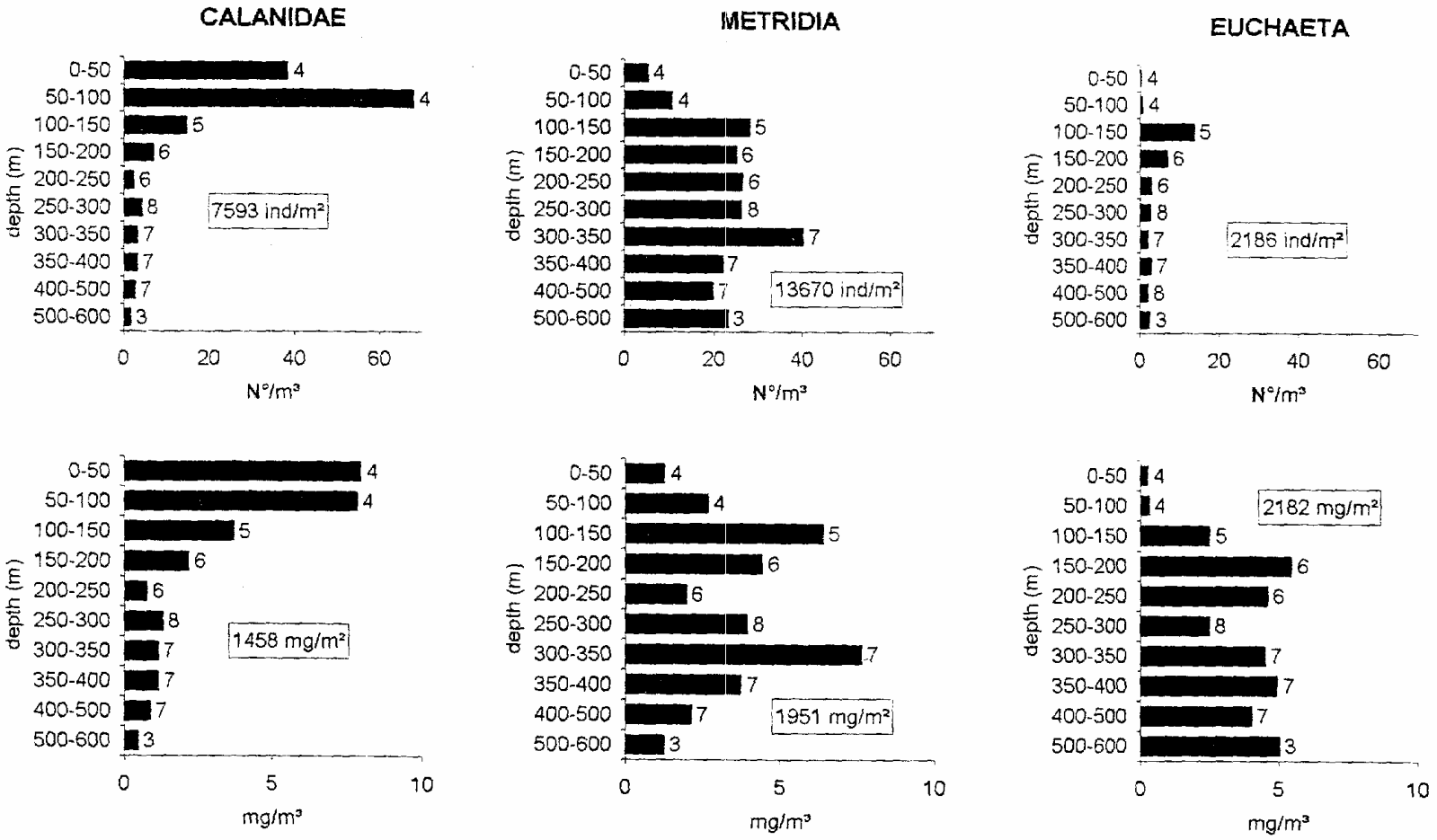


FIG.3. Vertical distribution of abundance (N°/m³) and biomass (mgDW/m³) of main copepods. Average values for tested area. The digits written aside the histogram indicate the number of stations used for calculating the layer average. In the boxes the abundance and the biomass over 0-600m water column is indicated, expressed in unit of surface (m²).

Acknowledgements

We wish to express our thanks to Drs. P. Bernal, E. Cattini and P. Salemi Picone for their helpful cooperation in the laboratory work. Prof. N. Della Croce made useful comments on an early draft of this manuscript.

5. REFERENCES

Bird D.F. & Y.T. Prairie. 1985. Practical guidelines for the use of zooplankton length-weight regression equations. *J. Plankton Res.,* 7: 955-960

Böttger, R. & D. Schmack. 1986. On the effect of formaldehyde fixation on the dry weight of Copepods. *Meeresfors.,* 31: 141-152.

Boysen-Ennen E., W. Hagen, G. Hubold & U. Platkowski. 1991. Zooplankton biomass in the ice-covered Weddell Sea, Antarctica. *Mar. Biol.,* 111: 227-235.

Bradford, J.M. 1971. The Fauna of the Ross Sea. Part 8. Pelagic Copepods. *New Zealand Oceanographic Institute,* Mermoir 59, 44 pp.

Brady, G.S. 1918. Copepoda. *Scient. Rep. Australas. Antarct. Exped. 1911-1914,* Ser. C, 5(3): 1-48.

Carli, A., M. Feletti, G.L. Mariottini & L. Pane. 1992. Distribuzione di *Metridia gerlachei* Giesbrecht, 1902 (Copepoda, Calanoida) nella Baia di Terra Nova (Mare di Ross). *Atti 9° Congr. A.I.O.L, S. Margherita Ligure, 20-23 Novembre 1990:* 623-633.

Chisholm, L.A. & J.C. Roff. 1990. Size-weight relationships and biomass of tropical neritic copepods off Kingston, Jamaica. *Mar. Biol.,* 106: 71-77.

Chojnacki, J. & T. Weglenska. 1984. Periodicity of composition, abundance, and vertical distribution of summer zooplankton (1977/1978) in Ezcurra Inlet, Admiralty Bay (King George Island, South Shetland). *J. Plankton Res.,* 6 (6): 997-1017.

Conover, RJ. & M. Huntley. 1991. Copepods in ice-covered seas - Distribution, adaptations to seasonally limited food, metabolism, growth patterns and life cycle strategies in polar seas. *Journal of Marine Systems, 2:* 1-41.

Della Croce, N. & T. Zunini Sertorio. 1990. "Antarctic 1987/1988" National Program. Oceanographic Campaign 1988. Sorting Center. *Nat. Se. Com. Ant. Ocean. Camp. 1987-88,* Data Rep. I: 401-404.

Durbin, E.G.& A.G. Durbin. 1978. Length-weight relationships of *Acartia clausi* from Narragansett Bay, Rhode Island. *Limnol. Oceanogr.,* 23: 958-969.

Farran, G.P. 1929. Crustacea, Part X. Copepoda. *Brit. Antarct. ('Terra Nova') Exped., 1910. Nat. Hist. Rep. (Zool.),* 8: 203-306.

Fransz, H.G. 1988. Vernal Abundance, Structure and Development of Epipelagic Copepod Populations of the Eastern Weddell Sea (Antarctica). *Polar Biol.,* 9: 107-114.

Giguère, L.A., J.-F. St-Pierre , B. Bernier, A. Vézina & J.-G. Rondeau. 1989. Can We Estimate the True Weight of Zooplankton Samples after Chemical Preservation? *Can. J. Fish. Aquat. Sci.,* 46: 522-527.

Guglielmo, L., G. Costanze, A. Manganare & G. Zagami. 1990. Spatial and vertical distribution of zooplanktonic communities in the Terranova Bay (Ross Sea). *Nat.*

Sci. Com. Ant., Ocean. Camp. 1987-88, Data Rep. I: 257-398.
Hempel, G. 1985. On the biology of polar seas, particularly the Southern Ocean. In: Gray, J.S. & M.E. Christiansen M.E. (eds.), *Marine Biology of Polar Regions and Effects of Stress on Marine Organisms.* John Wiley & Sons Ltd., New York, p. 3-33.
Hopkins, T.L. 1971. Zooplankton standing crop in the Pacific sector of the Antarctic. *Biology of the Antarctic seas,* Llano G.A. & Wallen I. E. (eds.), Am. Geophys. Union 17: 347-362.
Hopkins, T.L. 1985a. Food web of an Antarctic midwater ecosystem. *Mar. Biol,* 89: 197-212.
Hopkins, T.L. 1985b. The Zooplankton Community of Croker Passage, Antarctic Peninsula. *Polar Biol.,* 4: 161-170.
Hopkins, T.L. 1987. Midwater food web in McMurdo Sound, Ross Sea, Antarctica. *Mar. Biol.,* 96: 93-106.
Hopkins, T.L. & J.J. Torres. 1988. The Zooplankton Community in the Vicinity of the Ice Edge, Western Weddell Sea, March 1986. *Polar Biol.,* 9: 79-87.
Hubold, G. & I. Hempel. 1987. Seasonal variability of zooplankton in the Southern Weddell Sea. *Meeresforsch,* 31: 185-192.
Huntley, M.E. & F. Escritor. 1991. Dynamics of *Calanoides acutus* (Copepoda: Calanoida) in Antarctic coastal waters. *Deep -Sea Res.,* 38: 1147-1167.
Jazdzewski, K., W. Kittel & K. Lotocki. 1982. Zooplankton studies in the southern Drake Passage and in the Bransfield Strait during austral summer (BIOMASS - FIBEX, February-March 1981). *Pol. Polar Res.,* 3: 203-242.
Kaczmaruk, B.Z. 1983. Occurrence and distribution of the Antarctic copepods along the ice shelves in the Weddel Sea in summer 1979/80. *Meeresforsch,* 30: 25-41
Longhurst, A. & R. Williams. 1976. Improved filtration systems for multiple-serial plankton samplers and their deployment. *Deep-Sea Res., 23:* 1067-1073.
Middlebrook, K. & J.C. Roff. 1986. Comparison of Methods for Estimating Annual Productivity of Copepods *Acartia hudsonica* and *Eurytemora herdmani* in Passamaquoddy Bay, New Brunswick. *Can. J. Fish. Aquat. Sc.,* 43: 656-664.
Omori, M. 1978. Some factors affecting on dry weight, organic weight and concentration of carbon and nitrogen in freshly prepared and preserved zooplankton. *Int. Revue ges. Hydrobiol,* 62: 261-269.
Park, T. 1978. Calanoid Copepods (Aetideidae and Euchactidae) from Antarctic and Subantarctic Waters. In: *Biology of the Antarctic Seas, VII,* Llano G.A.and Wallen I.E. *(eds.), Antarctic Res. Ser.,* 27: 91-290.
Ricker, W.E. 1973. Linear regression in fishery research. *J. Fish Res. Board Can.,* 30: 409-434.
Schnack-Schiel, S.B., W. Hagen & E. Mizdalski. 1991. Seasonal comparison of *Calanoides acutus* and *Calanus propinquus* (Copepoda: Calanoida) in the southeastern Weddell Sea, Antarctica. *Mar. Ecol. Progr. Ser.,* 70: 17-27.
Schnack, S.B., B. Smetacek., V. Bodungen & P. Stegmann. 1985. Utilization of phytoplankton by Copepods in Antarctic waters during spring. In: Gray J.S. & M.E. Christiansen (eds.) *Marine Biology of Polar Regions and Effects of Stress on Marine Organisms.*, John Wiley & Sons Ltd., New York, 65-81

Tanaka, O. 1960. Biological results of the Japonese Antarctic Research Expedition. 10. Pelagic Copepoda. *Special Publ. Seto Mar. Biol. Lab.,* 10: 1-95.

Tanimura, A., M. Fukuchi & T. Hoshai T. 1986. Seasonal change in the abundance of zooplankton and species composition of Copepods in the ice-covered sea near Syowa Station, Antarctica. *Mem. Natl. Inst. Palar Res., Spec. Issue,* 40: 212-220.

Tremblay, M.J. and J.C. Roff. 1983. Production estimates for Scotian Shelf zooplankton. *Con. J. Fish. Aquat. Sc.,* 40: 598-611.

Vannucci, M. 1968. Loss of organisms through the meshes. In: *Zooplankton sampling,* Tranter D.J. and Fraser J.H. (eds.), UNESCO Monogr.Ocean.Metod., 77-86.

Vervoort, W. 1957. Copepods from Antarctic and Sub-antarctic plankton samples. *Rep. B.A.N.Z.A.R.E. 1929-1931,* ser. B (Zool., Bot.), 3: 1-160.

Voronina, N.M. 1970. Seasonal cycles of some Common Antarctic Copepod Species. In: *Antarctic Ecology,* Holgate M.W. (ed), The Scientific Commettee on Antarctic Research, Academic Press, London & New York: 162-172.

Ward, P. 1989. The distribution of zooplankton in an Antarctic fjord at South Georgia during summer and winter. *Antarctic Science,* 1(2): 141-150.

Wolfenden, R.N. 1908. Crustacea VIII. Copepoda. *Natural Antarctic Expedition 1901-1904, Natural History,* 4 (Zool., Bot.): 1-46.

Zunini Sertorio, T., P. Salerai Picone, P. Bernal, E. Gattini & C. Ossola. 1990. Copepods collected in sixteen stations during the Italian Antarctic Expedition 1987-1988. *Nat. Se. Com. Ant. Ocean. Camp. 1987-88,* Data Rep. II: 67-125.

Zvereva, Zh.A. 1972. Seasonal Changes of Antarctic Plankton in the Molodezhnaya and Mirny Region. *Explor. Fauna Seas, Israel Prog. Sci. Transl.,* 12(20): 248-262.

Atti del 10° Congresso A.I.O.L.
Alassio, 4-6 Novembre 1992
da pag. 681 a pag. 690

DISTRIBUZIONE DEGLI OSTRACODI PLANCTONICI IN AREE ANTARTICHE E SUBANTARTICHE DELL'OCEANO PACIFICO

Giorgio BENASSI*, Ireneo FERRARI*, Paolo MENOZZI*, Valerla ROSSI* e Ken G. McKENZIE**

* Istituto di Ecologia, Università di Parma
** Department of Geology, University of Melbourne (Australia)

RIASSUNTO

Sono presentati i primi risultati dello studio degli Ostracodi planctonici raccolti durante la spedizione oceanografica italiana del 1989-90 nell'Antartide (Mare di Ross) e nel Pacifico Meridionale. Sono state complessivamente identificate 11 specie, tra cui *Proceroecia rivoltella,* una nuova specie raccolta da stazioni localizzate tra 68° e 71° S.

Alle alte latitudini (da 72° a 75° S) e nelle aree sotto costa (Baia di Terra Nova) il popolamento a Ostracodi è dominato dalla specie endemica *Alacia belgicae;* in quest'area anche *Macia hettacra* e *Metaconchoecia isocheira* sono piuttosto comuni. Alle latitudini più basse (da 62° a 72°-73° S) è dominante *Alacia hettacra,* cui sono associate altre due specie presenti con densità rilevanti, *Boroecia antipoda* e *Metaconchoecia skogsbergi.*

I risultati confermano, complessivamente, le evidenze fornite da altri autori, in particolare Deevey (1982), che hanno studiato la distribuzione degli Ostracodi nel Pacifico Meridionale e in Antartide. In sostanza si può ritenere che, da un punto di vista faunistico, gli Ostracodi planctonici delle latitudini meridionali siano oggi ragionevolmente ben conosciuti almeno a profondità inferiori ai 1000 m. Si sottolinea, per altro, l'esigenza di un più intenso sforzo di ricerca sul ciclo biologico e sull'ontogenesi delle specie dominanti e sul ruolo della componente ad Ostracodi nella struttura trofica del plancton.

SUMMARY

The main results of research on planktonic Ostracoda collected during the 1989-90 Italian Oceanographic Expedition in Antarctica (Ross Sea) and in Southern Pacific Ocean are presented. A total of eleven species, including a new species, *Proceroecia rivoltella,* recorded al stations located between 68° and 71° S, were found. At higher latitudes (from about 72° to 75° S) and inshore (Terra Nova Bay) the endemic species *Alacia belgicae* dominates *aver Alacia hettacra* at most depths, and *Metaconchoecia isocheira* is the other common species. At lower latitudes (from 62° S to 72°-73° S) *Alacia hettacra* is the dominant species; *Boroeda antipoda* and *Metaconchoecia skogsbergi* are also fairly abundant.

The same suite of species was found over the same area as surveyed previously by the cruises of "Eltanin" (Deevey, 1982). The near identity with Deevey's records confirms that the planktonic Ostracoda of far southern latitudes are now reasonably well known, at least to depths less than 1000 m. The need is stressed for research on life history and ontogenesis of the dominant species of Ostracoda and on their role in the plankton trophic structure.

1. INTRODUZIONE

I risultati dello studio sugli Ostracodi planctonici relativo alla prima spedizione oceanografica italiana in Antartide sono stati presentati da McKenzie et al. (1990), Renassi et al. (1992) e Naldi et al. (1992). Ostracodi erano presenti in 272 campioni di zooplancton su un totale di 311, raccolti nel Mare di Ross, per lo più nella Baia di Terra Nova. L'identificazione sistematica fu fatta solo sugli adulti (6587, pari a poco più del 12% del totale degli individui esaminati). Furono individuate 4 specie: *Alacia belgicae* (82,69 % del totale), *Metaconchoecia isocheira* (16,65%), *Alacia hettacra* (0,61%) e *Metaconchoecia skogsbergi* (0,05%). In quasi tutte le stazioni era dominante *Alacia belgicae,* con una densità massima di 4 ind-nr^3 in un campione prelevato tra 200 e 250 m. L'analisi della distribuzione verticale segnalò per questa specie un insediamento preferenziale a quote batimetrichc intermedie e profonde lungo la colonna verticale (il fondale nella zona di campionamento solo raramente superava i 1000 m e la massima profondità esplorata fu di 800 m). Uno studio sulla variabilità della taglia corporea di *Alacia belgicae* eseguita su migliaia di individui evidenziò due distinti intervalli dimensionali per gli adulti, sia femmine che maschi, suscitando così la domanda di conoscenze accurate da acquisire attraverso ricerche più dettagliate sia sulla variabilità di caratteri morfometrici che sulla variabilità dei genotipi.

In questa nota è presentata una sintesi dei risultati dello studio sugli Ostracodi nei campioni di zooplancton raccolti nel corso della seconda spedizione oceanografica, che si svolse nel 1989-90 e che interessò non solo il Mare di Ross, ma un ambito latitudinale molto più ampio (da 51°S fino ai 75°S della Baia di Terra Nova). Sono analizzati i trend di distribuzione spaziale delle specie dominanti con riferimento sia alla latitudine che alla profondità e sono svolte alcune considerazioni preliminari sul complesso dei risultati delle ricerche sugli Ostracodi planctonici relative alle due spedizioni oceanografiche.

2. MATERIALI E METODI

I campioni di zooplancton sono stati prelevati dal 25 novembre 1989 al 12 gennaio 1990 da 27 stazioni (Fig. 1). La profondità del fondale variava dai 4230 m della stazione 2 ai 280 m della stazione 18 (Tab. 1). Solo 4 stazioni (la 24, la 25, la 26 e la 27) cadevano nell'area di campionamento della campagna oceanografica del 1987-88. E' stato utilizzato un campionatore elettronico EZNET-BIONESS munito di 10 reti ad apertura di maglia di 500 µm e bocca di 0,25 m^2. Ad ogni stazione sono stati raccolti un campione "integrato" su tutta la colonna (dalla profondità massima esplorata alla superficie) e un numero variabile di campioni (fino a un massimo di 9) da varie profondità. Sono stati seguiti diversi piani di campionamento in dipendenza della profondità del fondale (Tab. 1). Solo in 10 stazioni con fondali largamente superiori ai 1000 m il campionamento è stato effettuato fino a questa quota batimetrica. In molte stazioni si è proceduto al campionamento da strati di spessore variabile (da 10 a 40 m) fino a profondità di 100 o 200 m per uno studio dettagliato della distribuzione verticale dello zooplancton nelle acque più superficiali (Guglielmo et al. 1992).

E' stato esaminato e classificato il materiale inviateci dal Marine Sorting Center di Santa Margherita, precisamente 6668 esemplari di Ostracodi estratti dai 346 campioni (su un totale di 572 raccolti nel corso della spedizione), in cui questi organismi planctonici erano presenti. Quasi tutti gli individui esaminati, compresi gli stadi giovanili, sono stati classificati a livello di specie; l'identificazione non è stata possibile solo per un certo numero di esemplari seriamente danneggiati.

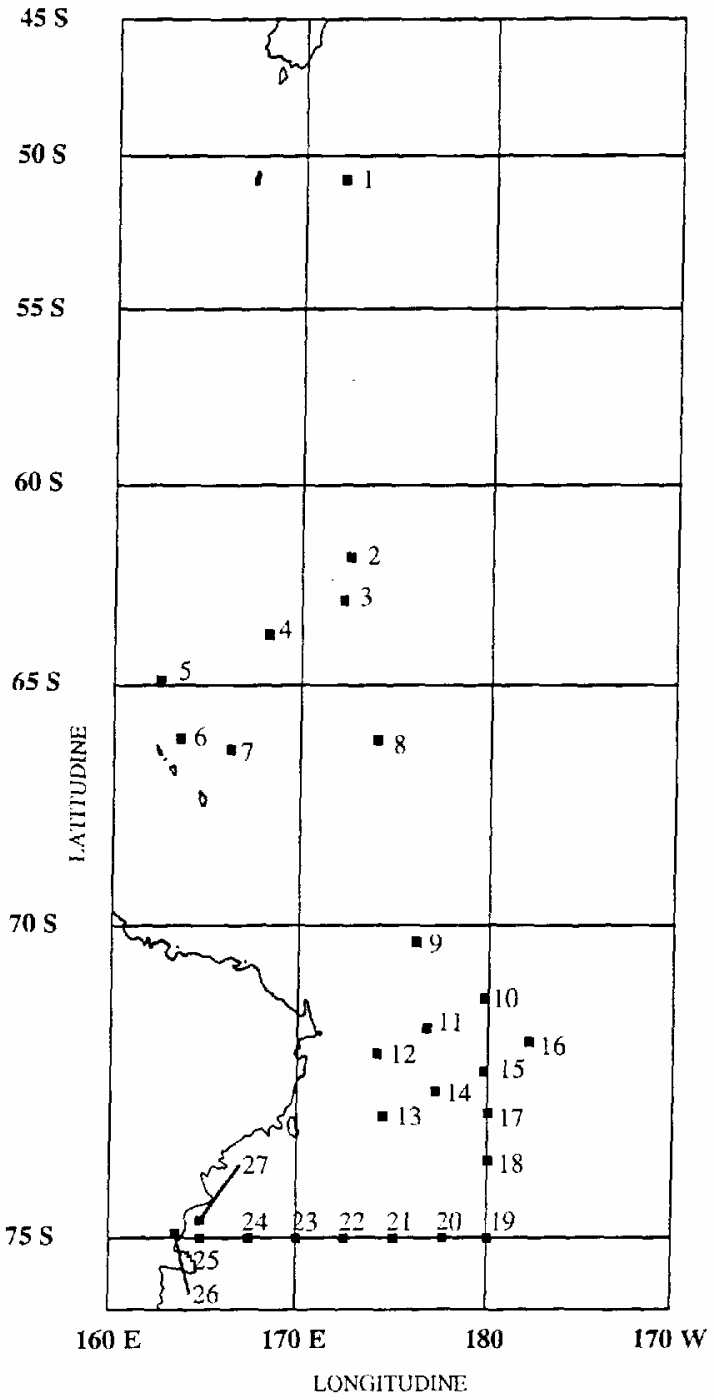


Fig. 1 - Stazioni di campionamento della spedizione oceanografica 1989-90.

In questa nota per ogni stazione sono riportate, sia per l'intera biocenosi ad Ostracodi che per le singole specie, le densità medie relative alle sequenze di pescate eseguite alle varie profondità; sono state calcolate medie ponderate tenendo conto dello spessore dei diversi strati di campionamento. L'analisi della distribuzione verticale delle specie dominanti è stata fatta su due distinti blocchi di stazioni:
1) le 10 stazioni, localizzate tra 60° e 72°-73°S, con fondali oltre i 1000 m (2,4,5,6,7bis,8bis,9,10bis,14bis,15bis), in cui i campioni di zooplancton sono stati raccolti di 100 in 100 m dalla superficie fino a -800 m e poi da -800 a -1000 m;
2) 17 stazioni localizzate tra 71° 30' e 75° S, con fondali generalmente inferiori a 1000 m (11bis, 12bis, 13, 16bis, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 22N, 22P, 23, 24, 25, 26, 27), in cui i campioni di zooplancton sono stati raccolti da strati di spessore variabile (da 10 a 100 m) dalla superficie o da 100 m fino a profondità comprese tra 250 e 800 m.

3. RISULTATI

Sul totale di 6668 esemplari esaminati, ne sono stati classificati a livello di specie 6524; di questi il 24,9% era costituito da adulti, il 75,1% da forme giovanili. Sono state identificate le seguenti 11 specie: *Gigantocypris muelleri* Skogsberg, *Conchoecissa symmetrica* (Mueller), *Boroecia antiporta* (Mueller), *Alacia belgicae* (Mueller), *Alacia hettacra* (Mueller), *Discoconchoecia elegans* (Sars), *Pseudoconchoecia serrulata* (Claus), *Obtusoecia antarctica* (Mueller), *Metaconchoecia skogsbergi* (Iles), *Metaconchoecia isocheira* (Mueller) e *Proceroecia rivoltella* n.sp. McKenzie & Benassi. Quest'ultima è una nuova specie (Fig. 2) presente con pochi individui in un numero limitato di stazioni tra 68° e 71° S; essa è stata descritta dettagliatamente in un lavoro che McKenzie e Benassi hanno recentemente sottoposto alla rivista *Records ofthe Australian Museum.*

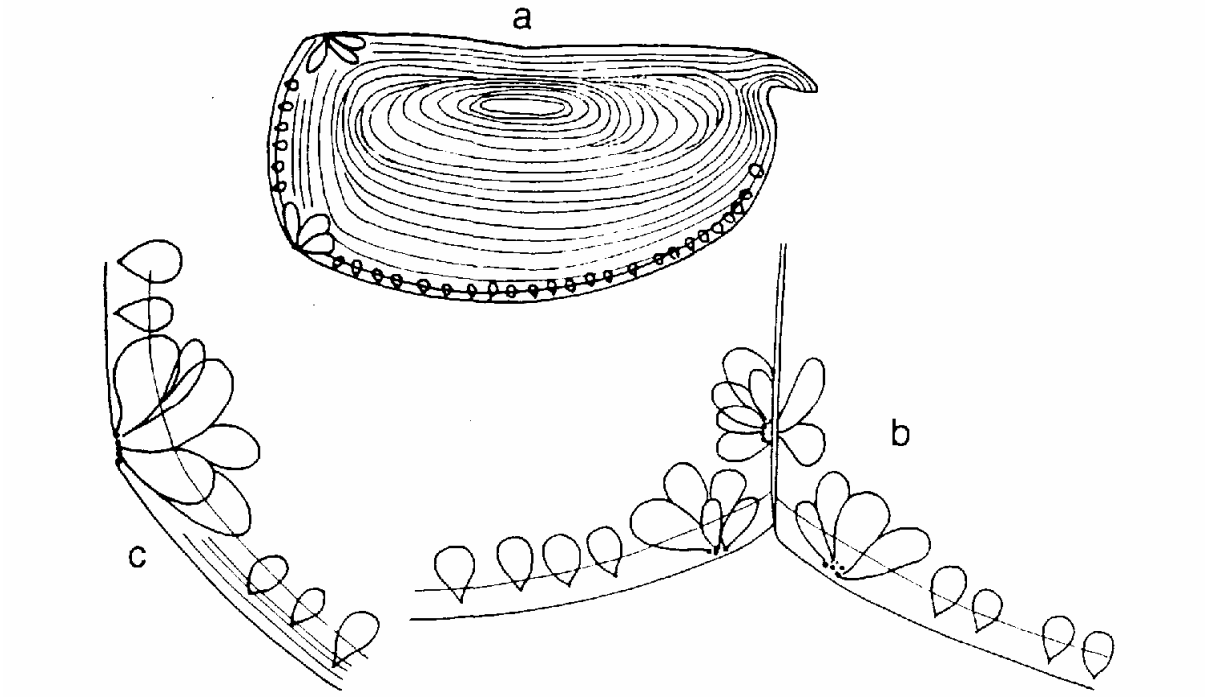


Fig. 2 - *Proceroecia rivoltella* (n.sp.): carapace di una femmina adulta (a) e particolari del bordo posteriore della valva sinistra (b) e del margine postero-ventrale della valva destra (c) del maschio adulto.

Tab. 1 - Stazioni di campionamento dello zooplancton: per ogni stazione sono indicate la profondità del fondale (z_f) e la profondità massima di campionamento (z_s) e inoltre la densità media e la densità massima (max) degli Ostracodi (individui per 100 m^3) relative ai campioni raccolti alle diverse profondità.

St.	z_f m	z_s m	Densità media	Densità max (strato di campionamento)
1	517	400	23,8	90,9 (100-150)
2	4230	1000	176,6	916,8 (0-100)
3	2150	800	4,1	22,6 (100-200)
3bis	3220	200	110,6	405,1 (60-80)
4	3125	1000	15,7	35,7 (0-247)
5	3130	1000	12,8	35,3 (0-100)
6	2700	1000	34,8	100,7 (100-200)
7	3505	200	16,0	50,8 (100-120)
7bis	3530	1000	12,6	37,6 (200-300)
8	3350	200	26,5	112,6 (100-120)
8bis	3390	1000	16,5	85,6 (100-200)
9	3285	1000	15,4	51,2 (100-200)
9bis	3290	200	30,3	128,8 (120-140)
10	1325	200	22,8	71,2 (80-100)
10bis	1340	1000	15,9	39,3 (500-600)
11	940	200	25,4	100,0 (100-120)
11bis	845	800	14,3	58,4 (50-100)
12	685	200	4,2	18,2 (140-160)
12bis	575	500	7,0	13,0 (50-100)
13	315	280	1,0	6,5 (200-220)
14	1575	200	21,5	97,2 (140-160)
14bis	1545	1000	56,6	258,4 (100-200)
15	2120	200	28,6	96,1 (100-120)
15bis	2140	1000	14,7	34,9 (500-600)
16	760	200	113,3	325,3 (100-120)
16bis	750	700	38,9	160,9 (100-200)
17	535	450	23,1	49,8 (180-220)
17bis	530	100	0,8	8,0 (80-90)
18	280	250	1,2	5,8 (220-250)
19	460	400	39,6	135,6 (160-200)
19bis	460	100	3,6	11,8 (50-60)
20	390	350	10,0	34,5 (310-350)
21	300	250	8,0	18,7 (160-180)
22	545	500	25,6	147,6 (250-300)
22N	540	450	41,8	140,2 (200-250)
22P	550	500	56,6	263,4 (250-300)
23	345	300	99,7	185,4 (160-180)
23bis	345	100	2,9	15,2 (80-90)
24	520	450	143,6	305,1 (220-260)
24bis	545	100	3,7	22,9 (70-80)
25	885	800	72,0	189,3 (300-400)
25bis	880	200	12,0	34,0 (80-100)
26	635	450	138,6	378,0 (260-300)
26bis	590	100	2,2	16,8 (50-60)
27	735	600	123,1	376,1 (250-300)
27bis	835	100	8,3	33,6 (50-60)

Tab. 2 - Densità medie (ind. per 100 m^3) delle specie di Ostracodi planctonici: **GM**: *Gigantocypris muelleri*, **CS**: *Conchoecissa symmetrica*, **BA**: *Boroecia antipoda*, **AB**: *Alacia belgicae*, **AH**: *Alacia hettacra*, **DE**: *Discoconchoecia elegans*, **PS**: *Pseudoconchoecia serrulata*, **OA**: *Obtusoecia antarctica*, **PR**: *Proceroecia rivoltella*, **MS**: *Metaconchoecia skogsbergi*, **MI**: *Metaconchoecia isocheira*. Nell'ultima colonna a destra (**UI**) sono riportate le densità delle forme non identificate.

St.	GM	CS	BA	AB	AH	DE	PS	OA	PR	MS	MI	UI
1	-	-	-	-	-	1,521	18,341	2,848	-	0,671	-	0,448
2	-	0,464	0,734	-	70,542	7,667	95,830	-	-	1,129	-	0,248
3	0,161	-	0,714	-	3,024	-	-	-	-	-	-	0,190
3bis	-	-	-	-	109,303	1,308	-	-	-	-	-	-
4	-	0,121	2,938	-	9,931	0,121	-	-	-	1,853	0,697	-
5	-	-	2,282	-	8,355	-	-	-	0,254	1,037	0,918	-
6	-	-	8,659	-	24,306	-	-	-	1,865	-	-	-
7	-	-	-	-	16,014	-	-	-	-	-	-	-
7bis	-	-	2,471	-	6,946	-	-	-	0,847	1,567	0,155	0,649
8	-	-	-	-	25,526	-	-	-	-	-	0,924	-
8bis	-	-	1,460	-	14,052	-	-	-	-	0,906	-	0,119
9	-	0,153	3,657	-	7,842	-	-	-	-	2,405	0,446	0,936
9bis	-	-	1,899	-	27,489	-	-	-	-	-	0,918	-
10	-	-	0,355	-	21,977	-	-	-	0,514	-	-	-
10bis	-	-	3,579	0,160	7,443	-	-	-	-	4,739	-	-
11	-	-	0,403	-	25,036	-	-	-	-	-	-	-
11bis	-	-	3,675	0,186	7,961	-	-	-	-	2,200	0,126	0,186
12	-	-	-	4,195	-	-	-	-	-	-	-	-
12bis	-	-	0,240	2,729	3,115	-	-	-	-	0,240	0,129	0,538
13	-	-	-	0,718	-	-	-	-	-	-	-	0,242
14	-	-	-	11,861	6,173	-	-	-	-	-	0,256	3,185
14bis	-	-	4,778	21,138	22,470	-	-	-	-	3,027	-	5,228
15	-	-	-	8,199	16,169	-	-	-	-	-	0,984	3,278
15bis	-	-	7,680	0,841	4,032	-	-	-	-	1,510	0,491	0,123
16	-	-	-	70,705	28,481	-	-	-	-	-	2,897	11,251
16bis	-	-	4,083	21,740	10,604	-	-	-	-	-	1,339	1,080
17	-	-	0,314	11,041	9,435	-	-	-	-	-	1,706	0,611
17bis	-	-	-	0,803	-	-	-	-	-	-	-	-
18	-	-	-	1,162	-	-	-	-	-	-	-	-
19	-	-	-	33,157	0,688	-	-	-	-	-	5,225	0,492
19bis	-	-	-	2,997	0,592	-	-	-	-	-	-	-
20	-	-	-	7,052	0,618	-	-	-	-	-	1,700	0,605
21	-	-	-	4,951	1,866	-	-	-	-	-	1,197	-
22	-	-	-	20,609	0,538	-	-	-	-	-	3,237	1,205
22 N	-	-	-	40,113	0,247	-	-	-	-	-	1,422	-
22 P	-	-	-	50,555	0,596	-	-	-	-	-	5,489	-
23	-	-	-	69,663	4,158	-	-	-	-	-	25,913	-
23bis	-	-	-	2,518	-	-	-	-	-	-	0,381	-
24	-	-	-	127,352	2,438	-	-	-	-	-	13,810	-
24bis	-	-	-	3,210	-	-	-	-	-	-	0,504	-
25	-	-	-	69,680	0,479	-	-	-	-	-	1,822	-
25bis	-	-	-	11,968	-	-	-	-	-	-	-	-
26	-	-	-	135,407	0,187	-	-	-	-	-	2,984	-
26bis	-	-	-	2,217	-	-	-	-	-	-	-	-
27	-	-	-	120,634	-	-	-	-	-	-	2,479	-
27bis	-	-	-	7,754	-	-	-	-	-	-	0,560	-

I valori medi e massimi di densità del popolamento totale ad Ostracodi, relativamente alle sequenze di campioni raccolti alle diverse profondità, sono riportati per ogni stazione in Tab. 1. In Tab. 2 sono riportate le densità medie delle singole specie.

Ad eccezione di *Gigantocypris muelleri* e, ovviamente, di *Proceroecia rivoltella,* tutte le specie ritrovate erano già state segnalate da Deevey (1982) nello studio degli Ostracodi planctonici raccolti nelle crociere dell' "Eltanin" fra Nuova Zelanda e Mare di Ross. Si può dire che gli Ostracodi planctonici dell'area indagata sono ragionevolmente ben conosciuti almeno fino a 1000 m di profondità (che rappresenta il limite batimetrico da cui sono stati prelevati i campioni di zooplancton nel corso della spedizione). Tre specie, *Discoconchoecia elegans, Pseudoconchoecia serrulata* e *Obtusoecia antarctica,* sono state trovate anche in campioni della crociera del 1991 nello Stretto di Magellano (Benassi et al., dati non pubblicati). Nel Mare di Ross è stata confermata la presenza delle 4 specie rinvenute nella spedizione 1987-88.

Le specie dominanti (Tab. 2) sono *Pseudoconchoecia serrulata* nelle stazioni 1 e 2 (con una densità massima di 9,2 ind-m^{-3} tra O e 100 m nella stazione *2),Alacia hettacra* in tutte le stazioni dalla 3 alla 12 (ma è nella stazione 2, tra 100 e 200 m, che raggiunge il suo massimo di densità, 5,4 ind-m^{-3}), *Alacia belgice/e* in tutte le stazioni dalla 16 alla 27 (il massimo di densità, 3,7 ind-m^{-3}, è slato riscontrato nelle stazioni 26 e 27 tra 250 e 300 m). Procedendo verso le più alte latitudini, il trend di densità, oltre che per *Alacia belgicae,* è in aumento anche per *Metaconchoecia isocheira,* una specie di piccola taglia che è probabilmente trattenuta solo parzialmente dalla rete da 500 µm.

Due specie ad alta frequenza di comparsa, *Boroecia antipoda* e *Metaconchoecia skogsbergi,* sono associate ad *Alacia hettacra,* alle latitudini comprese tra 60° e 72°-73° S. La distribuzione verticale di queste tre specie è rappresentata in Fig. 3 dove sono riportati i valori medi di densità calcolati per le 10 stazioni in cui i campioni di zooplancton sono stati raccolti di 100 in 100 m fino a -800 m e dallo strato compreso tra -800 e -1000 m. Evidente è la differenziazione degli strati preferenziali di insediamento. A. *hettacra* appare decisamente più superficializzata rispetto alle altre due specie.

La distribuzione verticale delle specie dominanti nelle 17 stazioni localizzate alle latitudini più alte, in particolare nel Mare di Ross (Fig. 4), mette in evidenza *per Alacia belgicae* la tendenza, già rilevata nell'analisi dei campioni del 1987-88, a un insediamento preferenziale alle profondità intermedie e per *Alacia hettacra* la tendenza, anche più netta rispetto a quanto osservato alle più basse latitudini, a occupare gli strati superficiali..

4. CONCLUSIONI

I nostri risultati si allineano sostanzialmente con quelli delle più recenti ricerche in Antartide. Ci limitiamo a citare il rapporto di Kock (1992) sugli Ostracodi planctonici raccolti nel Mare di Weddell, nel Mare di Scozia e al largo della Penisola Antartica nel corso di tre crociere "Polarstern", dal 1986 al 1988; questo autore analizza la struttura di popolazione, il ciclo stagionale e i comportamenti migratori delle forme dominanti che sono rappresentate, come nell'area esplorata nel corso delle spedizioni italiane, dalle due specie endemiche del genere *Alacia (A. belgicae* e *A. hettacra).*

Le ipotesi aperte dall'analisi dei dati raccolti riguardano i gradienti di distribuzione spaziale di Ostracodi secondo la latitudine e secondo la profondità e inoltre aspetti del ciclo biologico delle popolazioni dominanti, della loro ontogenesi, della variabilità su base morfometrica e su base genetica. Un'altra linea di ricerca che dovrà essere

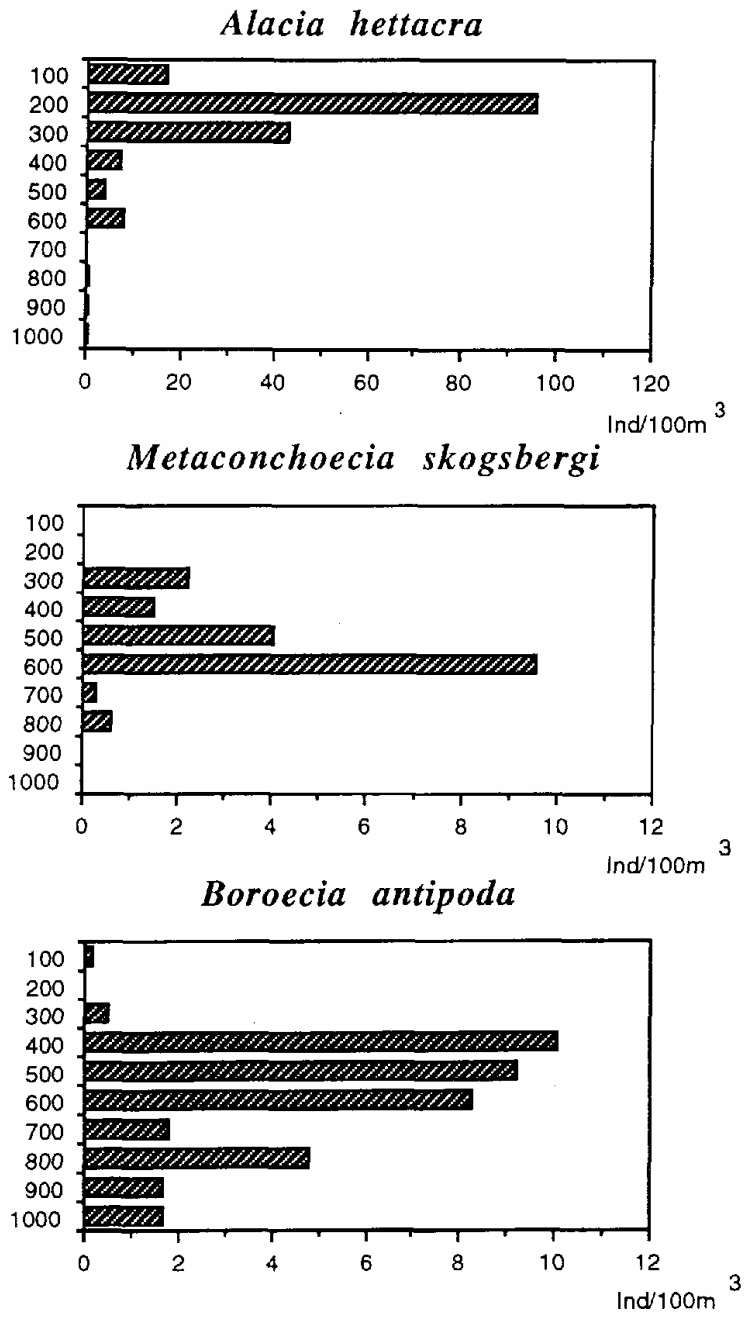


Fig. 3 - Distribuzione verticale delle tre specie più importanti di Ostracodi alle latitudini comprese tra 60° e 73°S: dati medi di densità calcolati su campioni raccolti in 10 stazioni (vedi testo). La scala delle densità di *Alacia hettacra* è di un ordine di grandezza maggiore rispetto alle altre due specie.

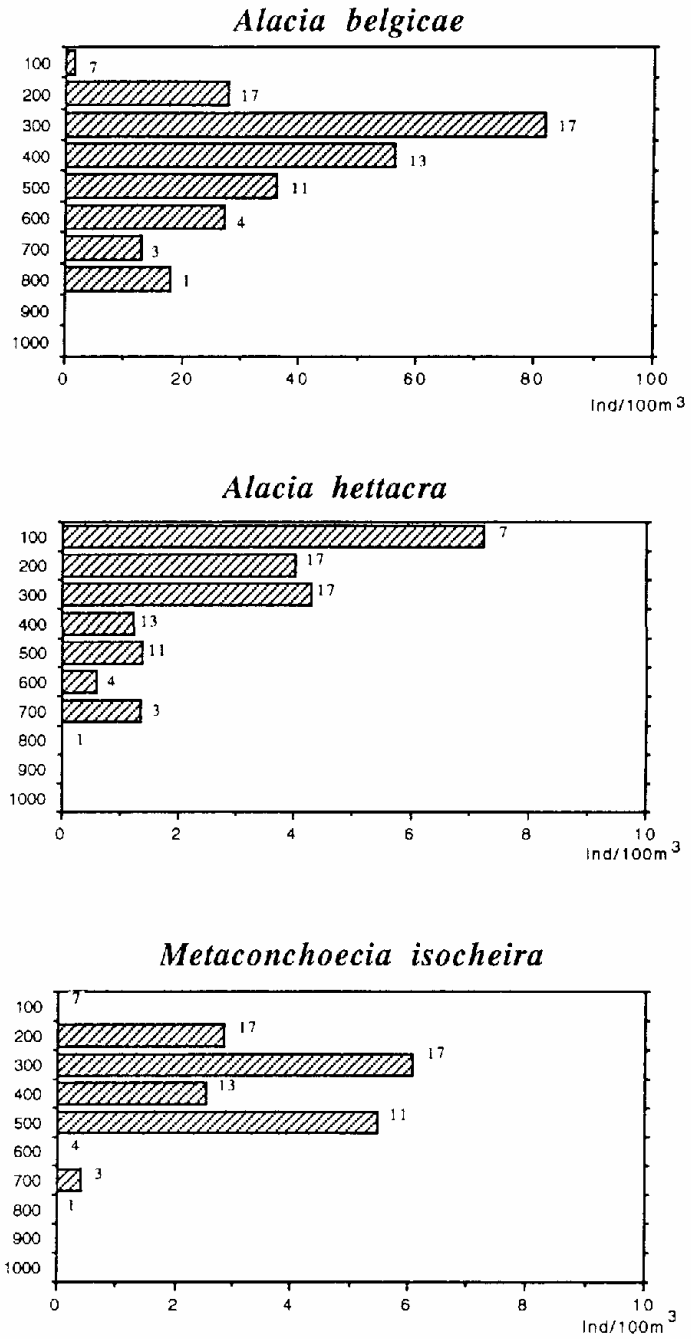


Fig. 4 - Distribuzione verticale delle tre specie più importanti di Ostracodi alle latitudini comprese tra 71° e 75° S : dati medi di densità calcolati su campioni raccolti in 17 stazioni (vedi testo). In quest'area i fondali sono piuttosto bassi e i campioni sono stati prelevati fino a una profondità massima di 800 m. I numeri vicini a ogni barra indicano i campioni effettivamente prelevati ai vari strati. La scala delle densità di *Alacia belgicae* è di un ordine di grandezza maggiore rispetto alle altre due specie.

sviluppata più a fondo riguarda il regime alimentare delle specie, la relazione tra comportamento alimentare e distribuzione spaziale e, più in generale, il ruolo degli Ostracodi nella struttura trofica dello zooplancton.

Si avverte, ora, l'esigenza di un lavoro minuto di scambio di informazioni con le altre unità operative implicate nelle campagne oceanografiche e, ovviamente, l'esigenza di passare a una fase di rielaborazione e modellazione dell'insieme dei dati raccolti. Da questa fase si attendono apporti conoscitivi essenziali a un'analisi più accurata sia della distribuzione spaziale che del ruolo trofico delle specie di Ostracodi. Si insiste, in ogni caso, in vista della progettazione di future crociere in Antartide, su una raccomandazione già ampiamente argomentata da Benassi et al. (1992); essa riguarda l'opportunità di effettuare prelievi di zooplancton, sia a breve che a lungo termine, da almeno una stazione fissa di campionamento.

BIBLIOGRAFIA

Benassi, G., M. Naldi & K.G. McKenzie. 1992. Preliminary research on species distribution of planktonic ostracods (Halocyprididae) in the Ross Sea, Antarctica. *Journal of Crustacean Biology,* 12(1): 68-78.

Deevey, G.B. 1982. A faunistic study of the planktonic ostracods (Myodocopa, Halocyprididae) collected on eleven cruises of the "Eltanin" between New Zealand, Australia, the Ross Sea and the South Indian Ocean. - *In:* L.S. Kornicker (Ed.) Biology of the Antarctic Seas X. *Antarct. Res. Ser.,* 32: 131-167.

Guglielmo, L., G. Costanze, G. Zagami, A. Manganare & A. Arena. 1992. Zooplankton Ecology in the Southern Ocean. *National Scientific Commission for Antarctica, Oceanographic Campaign 1989-90. Data Report. Part II:* 301-468.

Kock, R. 1992. Ostracods in the epipelagial zone of the Antarctic Peninsula. A contribution to the systematics and lo their distribution and population structure with regard to seasonality. *Ber. Polarforsch.,* 106: 1-209.

McKenzie K.G, G. Benassi, M. Naldi, I. Ferrari & P. Menozzi. 1990. Report on Planktic Ostracoda from the Ross Sea, Antarctica. *National Scientific Commission for Antarctica, Oceanographic Campaign 1987-88. Data Report. Part II:* 171-229.

Naldi, M., G. Benassi, 1. Ferrari, P. Menozzi & K.G. McKenzie. 1992. Distribuzione degli ostracodi planctonici nella Baia di Terra Nova. *Atti del 9°Congresso A.I.O.L.,* S. Margherita Ligure, 20-23 Novembre 1990: 613-622.

Atti del 10° Congresso A.l.O.L.
Atassia, 4-6 Novembre 1992
da pag. 691 a pag. 697

BIOMASS ESTIMATES OF SOME ZOOBENTHIC SPECIES ASSOCIATED TO SEAWEEDS IN THE SMALLOVV HARD BOTTOMS OFF TERRA NOVA BAY (ROSS SEA, ANTARCTICA)

Maria Cristina GAMBI & Tommaso D'AGOSTINO

Laboratorio di Ecologia del Benthos-Stazione Zoologica "Anton Dohrn", Ischia (Napoli, Italy)

RIASSUNTO

Dati quantitativi sulla biomassa degli organismi bentonici costieri antartici sono ancora alquanto scarsi e frammentari, benché essenziali per valutare gli stock biologici coinvolti nei flussi energetici dei sistemi e la loro dinamica. Nel corso delle ricerche svolte dal nostro gruppo nell'ambito del P.N.R.A., vengono presentati i dati relativi alla valutazione della biomassa di alcune specie zoobentoniche, significative in termini di abbondanza e ruolo funzionale, associate ai popolamenti macroalgali dei fondi duri superficiali di Baia Terra Nova (Mare di Ross, Antartide). I campionamenti quantitativi (su una superficie di 1.600 cm^2) e semi-quantitativi (circa 1.250 cm^2), eseguiti durante l'estate australe 1989-90, sono stati effettuati in immersione lungo una falesia rocciosa a 0,5 m (st. 1), 2 m (st. 2), 6 m (st. 3), 12 m (st. 4), e 16 m (st. 5) di profondità. Le specie animall selezionate per le stime di biomassa rappresentano il 91,3 % dell'abbondanza totale rilevata e sono: *Harmothoe spinosa* Kingberg forma A e *H. spinosa* forma B (policheti); *Laevilitorina antarctica* (Smith), *Onoba gelida* (Smith), *O. turqueti* (Lamy) e *Powellisetia deserta* (Smith) (molluschi Gasteropodi); *Munna antarctica* Pfeffer (crostacei isopodi); *Nototanais dimorphus* (Beddard) (crostacei tanaidacei) e *Paramoera walkeri* (Stebbing) (crostacei anfipodi). Per ciascuna specie, il parametro morfologico meglio correlato con la biomassa (peso umido e peso secco), calcolato su un gruppo limitato di individui, è stato usato per ricavare gli istogrammi taglia-frequenza della popolazione nei vari campioni. La biomassa totale è stata poi calcolata sugli istogrammi di ciascuna specie.

Le specie che contribuiscono maggiormente ai valori di biomassa sono *P. walkeri* (peso secco medio = 3, 37 g/m^2 e *L. antarctica* (2,09 g/m^2), che sono risultate essere anche le specie più abbondanti. Importanti in termini di biomassa sono risultati anche i policheti, con due morfotipi di *H. spinosa* (0.84 g/m^2). La biomassa totale ha un andamento coerente con quello dell'abbondanza e tende a diminuire con la profondità. La stazione 2, caratterizzata dalla dominanza della Rodoficea *Iridaea cordata,* presenta i valori maggiori di biomassa (massimo peso secco = 19,34 g/m^2).

In generale, i valori medi rilevati nei vari campioni, nonostante costituiscano una sottostima rispetto al totale della comunità zoobentonica, sono risultati tra i più elevati in rapporto a quelli riscontrati in altre aree costiere antartiche e sub-antartiche.

1. INTRODUCTION

Despite the relatively large number of research on Antarctic benthic community composition and structure (White, 1984; Dayton, 1990), quantitative studies that give biomass estimates are quite scarce, especially in the Continental shelf areas (Muhlenhardt-Siegel, 1988; Beckley & Branch, 1992). These data are, however, of paramount importance for the understanding of both community organization and energy partitioning and flow in these coastal populations that, despite great environmental perturbation (Dayton et al., 1970) and short seasonal pulse of food supply, show generally very high standing crop and production (Dayton, 1989).

In the framework of the P.N.R.A. programmes, we focused our studies on shallow hard-bottom biotopes off Terra Nova Bay (Ross Sea, Antarctica), and associated communities (Gambi et al., 1992) that are submitted to high levels of physical disturbance due to Continental and sea ice scouring and melting. Previous studies on these benthic associations dealt with the definition of their spatial distribution and structure/organization by analyzing the abundance, diversity and trophic guild patterns along a depth transect (Gambi & Mazzella, 1991; Gambi et al., 1992). In the present paper we discuss biomass pattern of the most abundant and functionally relevant species of the vagile fauna associated to the seaweeds. In these biotopes, in fact, the macroalgae could represent an important source of energy that can be also largely exported to other systems (Reichardt, 1987), and vagile zoobenthos is an important trophic link between primary producers and higher trophic levels (e.g., demersal fishes; Vacchi et al., in press).

2. MATERIAL AND METHODS

Samples were collected during the 2nd Italian Oceanographic Expedition (austral summer 1989-90) at Terra Nova Bay (Ross Sea, Antarctica) (Gambi & Mazzella, 1991). Benthic organisms were sampled by SCUBA diving in five stations placed along a rocky cliff at 0.5 m (st. 1), 2 m (st. 2), 6 m (st. 3), 12 m (st. 4), and 16 m (st. *5)* depths in coincidence with well defined algal facies (Cormaci et al., 1991). In all stations, except station 1, two kinds of samples were collected: quantitative, over a surface of 1,600 cm^2 (samples A), and semi-quantitative, over a surface of about 1,250 cm^2 (samples C). The most abundant and functionally important species of the vagile fauna were considered for biomass estimates: *Harmothoe spinosa* form A Kingberg and *H. spinosa* form B (polychaetes); *Laevilitorina antarctica* (Smith), *Onoba gelida* (Smith), *O. turqueti* (Lamy) and *Powellisetia deserta* (Smith) (molluscs Gastropods); *Munna antarctica* Pfeffer (crustacean isopods); *Nototanais dimorphus* (Beddard) (crustacean tanaids) and *Paramoera walkeri* (Stebbing) (crustacean amphipods). Because of the taxonomic importance of the material collected, wet and dry weights were estimated by means of an indirect, not destructive method. For each of the selected species, a group of specimens representing a wide range of sizes was selected; for each specimens various morphological parameters (e.g., length or width) as well as wet (formolized or in alcohol) and dry (48 hours at 80 °C) weights were measured. For molluscs both wet and dry weight were measured after digestion of their calcareous shell with phosphoric acid (H_3PO_4) 2M. The morphological parameter that was best correlated with both wet and dry weights was used to measure the individuals in the various samples and to obtain the size-frequency histograms, from which the total biomass for each species was estimated.

3. RESULTS AND DISCUSSION

The nine selected species for biomass estimates accounted for 91.3% of the total abundance (Gambi et al., submitted). Relationships between body size and dry weight, and between wet and dry weights are reported in Table 1. The allometric relationship that best fits the data for all the species studied is: $y = ax + bx^2 + cx^3$. Correlation coefficients ranged between 0.85 and 0.99 and were all significant at $P<0.01$. Linear regressions between dry and wet weight were all significant ($P<0.01$) except for *O. turqueti* (Table 1).

Table 1

Relationship: size/dry weight y= ax + bx2 + cx3	size parameter	a	b	c	No. ind.	r
Harmothoe spinosa (form A)	width 6th seg.	-0.722	0.386	2 140	24	0.98**
H. spinosa (form B)	width 6th seg.	-1 380	2 821	1 532	21	0.99**
Laevilitorina antarctica	shell height	0.028	-0.004	0.014	48	0.99**
Onoba turqueti	shell height	0.355	-0.266	0.060	21	0.88**
Onoba gelida	shell height	0.022	-0.002	0.013	25	0.97**
Powellisetia deserta	shell height	-0.053	0.070	-0.001	25	0.96**
Nototanais dimorphus	length	-0.041	0.037	-0.002	44	0.90**
Munna antarctica	thorax length	0.116	-0.038	0.028	41	0.85**
Paramoera walkeri	length	-0.233	0.086	-0.003	22	0.91**

Relationship: wet weight/dry weight y = a + bx	a	b	r
Harmothoe spinosa (A)	0.100	0.155	0.99**
H. spinosa (form B)	0.197	0.146	0.99**
Laevilitorina antarctica	0.031	0.214	0.93**
Onoba turqueti	0.145	0.069	0.36 n.s.
Onoba gelida	0.004	0.282	0.82**
Powellisetia deserta	0.050	0.206	0.85**
Nototanais dimorphus	0.016	0.402	0.92**
Munna antarctica	0.015	0.184	0.87**
Paramoera walkeri	0.470	0.136	0.95**

** = significant at P<0.01
n.s.= not significant

In all samples the polychaetes accounted for the lowest dominance of the numerical abundances recorded, molluscs showed highest values mainly in samples of stations 2 and 5, while crustaceans dominated in stations 1, 3 and 4 (Fig. 1A). This trend derived also from the occurrence, for some of the studied species, of many juvenile specimens (e.g., *L. antarctica* at st. 2; Gambi et al., submitted). Biomass pattern of the main group showed for polychaetes an increase according to depth (Fig.

1B). The two species of polychaetes considered, two morphotypes of *H. spinosa,* are, in fact, among the largest sized vagile animals collected in these biotopes. These forms are carnivores (Averincev, 1977) and their low abundances but relatively high biomass seem consistent with their trophic role. Crustacean peracarids, on the contrary, decreased in biomass with depth due to the replacements of large-sized species, like *P. walkeri,* in shallow stations, with small-sized species, like *N. dimorphus,* in deeper sites. Finally, molluscs showed a quite irregular trend with depth.

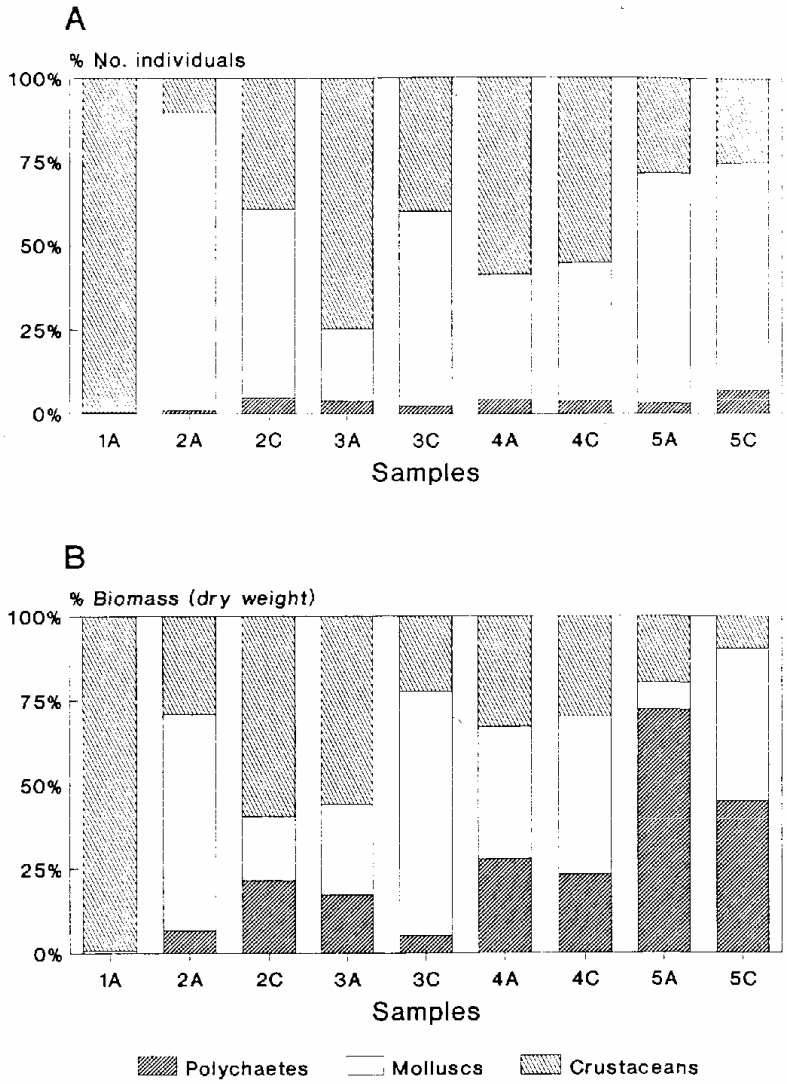


Fig. 1: Quantitative dominance of the total abundance (A) and biomass (dry weight, B) of the main zoobenthic groups collected in the various samples.

The species that accounted for the highest biomass was *P. walkeri* (mean dry weight= 3.37 g/m^2), a large-sized amphipods abundant mainly in st. 1 and 2. Other species with relatively high biomass values were *L. antarctica* (2.09 g/m^2), the two forms of *H. spinosa* (0.84 g/m^2), *N. dimorphus* (0.42 g/m^2) and *M. antarctica* (0.41 g/m^2) (Table 2). Total zoobenthic biomass, despite the extremely high numerical abundances recorded in the various samples (mean values ranging from 6,330 to 32,000 ind./m^2) was not particularly high due to the fact that most of the species are quite small (molluscs, crustacean isopods and tanaids). However, these values are a underestimate because not all the species collected were considered, including the sea urchin *Sterechinus neumayeri* and the seastar *Odonstaster validus.* These echinoderms, very abundant in these biotopes (Gambi & Mazzella, 1991; Di Geronimo et al., 1992), were on the contrary extremely scarce in our samples due to the small surfaces sampled with respect to their size. Therefore, their contribution to the overall zoobenthic biomass was not considers but is likely to be quite important and should be evaluated in the future.

Table 2
Biomass (d. w. g/m2)

Species/ Samples	1A	2A	2C	3A	3C	4A	4C	5A	5C
Harmothoe spinosa (A)	-	0.79	0.84	0.20	0.044	0.44	0.64	0.18	0.66
H. spinosa (form B)	-	0.50	0.25	0.096	0.095	0.18	0.26	0.60	0.91
Laevilitorina antarctica	0.01	12.37	0.98	0.144	1.89	0.68	1.60	0.025	1.11
Onoba turqueti	-	0.009	-	0.034	0.004	0.032	0.024	0.016	0.11
Onoba gelida	-	0.01	-	0.067	0.014	0.033	0.080	0.018	0.090
Powellisetia deserta	-	0.04	-	0.23	0.052	0.14	0.15	0.026	0.27
Nototanais dimorphus	-	0.60	0.015	0.60	0.43	0.52	0.88	0.16	0.17
Munna antarctica	-	0.59	1.44	0.34	0.16	0.22	0.29	0.052	0.16
Paramoera walkeri	17.60	4.41	1.57	0.026	0.004	-	-	-	-
Total dry weight (g/m2)	17.61	19.34	5.11	1.75	2.71	2.26	3.94	1.10	3.50
Total wet weight (g/m2)	94.47	96.44	28.78	7.27	11.86	10.64	17.80	6.44	20.44

The trend of the total biomass in the various samples showed a certain degree variability among replicates (samples A and C of the same station), mainly in st.s 2 and 5. This variability is likely due to the patchy distribution of the seaweeds that strongly influences also the associated vagile fauna (Gambi et al., submitted). As a whole, mean biomass showed a decrease with depth, consistently with also a decrease on abundance. Samples of st. 2, characterized by the dominance of the Rhodophyta *Iridaea cordata,* accounted for the highest biomass values (max. dry weight = 19.34 g/m^2; Table 2) due to the abundance of both *P. walkeri* and *L. antarctica.*

Comparisons between our density and biomass data with those of different antarctic and sub-antarctic coastal areas are sometimes difficult because of the different sampling techniques and biomass evaluation methods used. Generally in most studies, biomass is measured only as wet weight. Our wet weight values (Table

2) ranged among the highest recorded in coastal austral areas at comparable depths (Muhlenhardt-Siegel, 1988; Beckley & Branch, 1992; Gambi et al., submitted). This fact suggest that the coastal area of Terra Nova Bay is quite productive, as evidentiated also by the pattern of phytoplankton biomass in summer (Innamorati et al., 1992). These benthic biomass data represent also a baseline for our future studies focused to elucidate the stocks of macronutrients (organic C and N) and their pathways in these biotopes with respect to those of less physically disturbed coastal systems.

ACKNOWLEDGEMENTS

Thanks are due to the other participants to this P.N.R.A. research, Mr. M. Lorenti, Dr. G.F. Russo and Dr. M.B. Scipione, for their advices in the allometric analysis of the isopod and tanaid, mollusc, and amphipod species, respectively.

REFERENCES

Averincev, V.G. 1977. Seasonal variations in the structure of population of Antarctic Polynoid and the role played by Polychaetes in the biocoenoses of the Arctic and Antarctic. In: *Adaptation within Ant. Ecosyst., III SCAR Symp.,* Llano Ed.: 239-251

Blackey, L.E. & G.M. Branch. 1992. A quantitative scuba-diving survey of the sublittoral macrobenthos at subantarctic Marion Island. *Polar Biol.,* 11: 553-563.

Cormaci, M., Furnari, G., Scammacca, B. & G. Casazza. 1991. Phytobenthos sampling in Terra Nova Bay (Ross Sea, Antarctica): 1989-90 Campaign. *Nat. Sc. Com. Ant. Ocean. Camp. 1989-90, Data Report.,* I: 371-376.

Dayton, P.K. 1989. Interdecadal variation in an Antarctic Sponge and its predators from oceanographic climatic shifts. *Science,* 245: 1484-1486.

Dayton, P.K. 1990. Polar Benthos. In: *Polar Oceanography, Part B: Chemistry, Biology and Geology.* Academic Press: 631-685.

Dayton, P.K., Robilliard, G.A. & R.T. Paine. 1970. Benthic zonation as a result of anchor ice at Mc Murdo Sound, Antarctica. In: *Antarctic Ecology* I, M.W. Holdgate Ed., Academic Press, London: 244-258.

Dayton, P.K., Robilliard, G.A., Paine, R.T. & L.B. Dayton. 1974. Biological accomodation in the benthic community at Me Murdo Sound, Antarctica. *Ecol. Monogr., 44(1):* 105-128.

Di Geronimo, I., Cattaneo-Vietti, R., Gambi M.C., Casazza, G., Cormaci, M. e B. Scammacca. 1992. Prime osservazioni sulle comunità bentoniche costiere di Baia Terra Nova (Mare di Ross, Antartide): bionomia e distribuzione. *Proceedings IX Congress AIOL, Santa Margherita Ligure,* November 1990: 635-646.

Gambi, M.C., Buia, M.C., Lorenti, M., Mazzella, L., Russo, G.F. e M.B. Scipione. 1992. Prime osservazioni sulle comunità bentoniche costiere di Baia Terra Nova (Mare di Ross, Antartide): aspetti quantitativi e funzionali. *Proceedings IX Congress AIOL, Santa Margherita Ligure,* November 1990: 647-658.

Gambi, M.C. & L. Mazzella. 1991. Second Italian Oceanographic Expedition in the Ross Sea (Antarctica): preliminary report on quantitative and functional studies

on benthic communities of Terra Nova Bay. *Nat. Sc. Com. Ant. Ocean. Camp. 1989-90 Data Rep.,* I: 349-367.

Gambi, M.C., Lorenti, M., Russo, G.F. & M.B. Scipione. submitted. Benthic associations of the shallow hard bottoms off Terra Nova Bay (Ross Sea, Antarctica): zonation pattern, biomass estimates and population structure. *Amarene Science* (U.K.).

Innamorati, M., Lazzara, L., Mori, G., Nuccio, C. & V. Saggiomo. 1992. Indagine sulla biomassa fitoplanctonica nel Mare di Ross in relazione ai fattori ambientali. In: *Oceanografia in Antartide.* V.A. Gallardo, O. Ferretti e H.L. Moyano (eds.). Enea- Progetto Antartide- Italia: 235-252.

Muhlenhardt-Siegel, U. 1988. Some results on quantitative investigations of macrozoobenthos in the Scotia Are (Antarctica). *Polar Biol.,* 8: 241-248.

Reichardt, W.T. 1987. Burial of Antarctic macroalgal debris in bioturbated deep-sea sediments. *Deep-Sea Research,* 34(10): 1761-1770.

Vacchi, M., La Mesa, M. & A. Castelli. In press (1993). Diet of two nototheniid fish from Terra Nova Bay, Ross Sea. *Antarctic Science* (U.K.).

White, M.G. 1984. Marine Benthos. In: *Antarctic Ecology,* II, R.M. Laws Ed., Academic Press, London: 421-461.

Atti del 10° Congresso A.I.O.L.
Alassio, 4-6 Novembre 1992
da pag. 699 a pag. 707

SOME ASPECTS OF SEDIMENTATION PATTERN OF THE NORTHWESTERN ROSS SEA, ANTARCTICA

Mauro FRIGNANI, Livio LABBROZZI, Leonardo LANGONE
and Mariangela RAVAIOLI

Istituto per la Geologia Marina, CNR - via Gobetti 101 -140129 Bologna - Italy

RIASSUNTO

Trentadue campioni di sedimento, caratteristici di diverse aree di piattaforma e scarpata continentale nel Mare di Ross nord-occidentale, sono stati confrontati attraverso una Anallsi Fattoriale di tipo "Q" utilizzando diciotto variabili che definiscono lo stato ed il comportamento dei sedimenti. Quattro Fattori rendono conto di gran parte dell'informazione e rappresentano rispettivamente sedimenti biogenici di bacino di piattaforma, materiall sabbiosi caratteristici degli alti morfologici, componenti relitte della scarpata superiore ed, infine, sedimenti misti della scarpata inferiore. Risulta confermata l'importanza di flussi biogeni, morfologia dei fondali, azione delle correnti, mescolamento biologico e movimenti in massa come elementi che regolano la distribuzione dei tipi di sedimento.

ABSTRACT

Thirty-two sediment samples, collected in different setting environments of the northwestern Ross Sea, were analyzed by a Q-mode Factor Analysis taking into account eighteen variables which define composition and behavior of sediments. Four factors account for the most part of the total information. They represent biogenic sediments from shelf basins, coarser materials from banks, relict sediments of the upper slope and mixed sediments of the lower slope, respectively. It is confirmed that sediment distribution in the area is mainly controlled by biogenic fluxes, bottom morphology, hydrodynamics, biomixing and mass movements.

1. INTRODUCTION

The Continental margin of the Ross Sea shows a unique and complex morphology: the noticeable depth of the shelf break, the deepening of the Continental shelf towards the coast, and its rugged topography shaped by glacial erosion with troughs and banks transversal to the shelf break. This created different depositional settings. A study of the

sediment distribution pattern was carried out on the basis of a number of geochemical and textural features in order to identify the sediment types of the different environments. Estimates from DeMaster (1981) and Ledford-Hoffman et al. (1986) pointed out that the Antarctic Continental margin is a repository of biogenic silica and that this environment plays a key role in the silica biogeochemical cycle at a global level. However, further information is essential to calculate the sediment balance for both biogenic and detritic materials with a greater degree of accuracy than presently available estimates.

The aims of this study are: 1) to define in a simple schematic way the sediment types which characterize the seabed of the northwestern Ross Sea and, 2) to discuss their distribution according to the bottom morphology and related processes of sediment transport and accumulation.

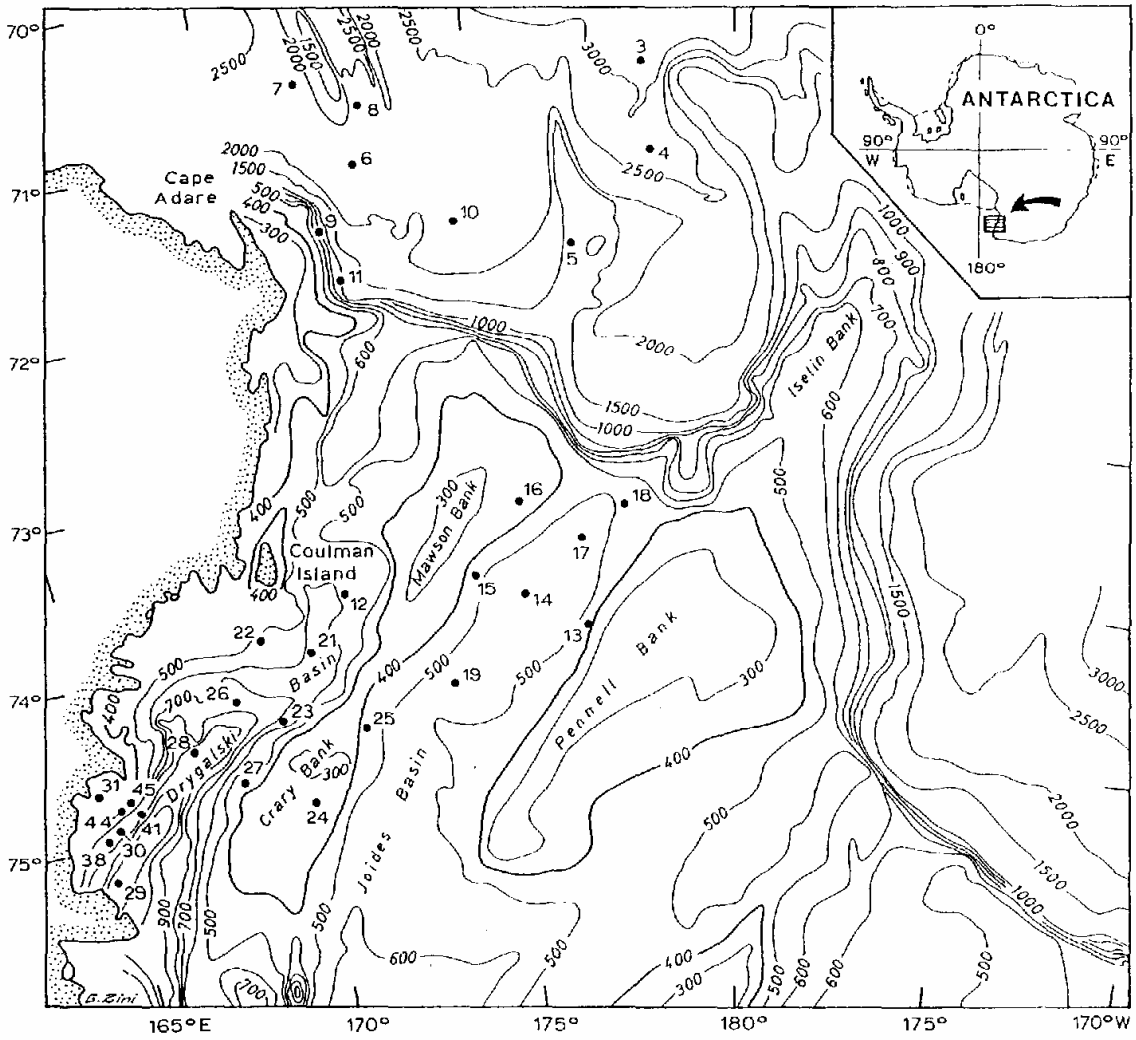


Fig. 1 - Study area, bathimetry and sample location.

2. MATERIALS AND METHODS

Analyses were made on surficial sediments collected with a box corer from 32 stations in the northwestern Ross Sea during the PNRA cruise of 1990-91. The study area, together with bathimetry and sample locations, is shown in Fig. 1. Porosity, grain size composition (with percentages of coarse material larger than 2 mm, sand, silt, clay, and mean diameter, Mz), organic matter (as organic carbon, OC), biogenic silica and lithic contents, as well as excess ^{210}Pb activity were determined. Other parameters were calculated, such as the C/N and C/SiO_2 ratios, and the maximum fluxes of excess ^{210}Pb, total N, biogenic silica, and organic matter. Fluxes were computed using ^{210}Pb-derived apparent accumulation rates (Labbrozzi, 1992) and concentrations in the surficial sediment. The amount of organic matter (OM) was estimated from the OC content using a conversion factor of 1.7, as done by Dunbar et al. (1989). Details of the methods were reported by Labbrozzi (1992).

A Q-mode Factor Analysis was used according to Davis (1973), Klovan and Imbrie (1971) and Klovan and Miesch (1975) in order to obtain statistical information about sediment types and composition. The different sets of data were compared after normallzing the scales between minimum and maximum values of each variable (Table 1). The similarity matrix was obtained through the "costheta" correlation coefficient, and in the final rotation (Varimax method) the axes were kepi orthogonal.

VARIABLE	MINIMUM VALUE	MAXIMUM VALUE	AVERAGE	STANDARD DEVIATION
water depth (m)	337	3355	1021	787
porosity	0.32	0.86	0.63	0.15
>2 mm (%)	0.01	31.20	6.45	9.20
sand (%)	0.33	92.67	40.33	25.55
silt (%)	2.58	56.56	26.73	12.47
clay (%)	0.67	63.79	26.49	17.99
Mz (phi)	1.3	9.5	5.6	2.2
OC (%)	0.14	2.78	0.80	0.56
N (%)	0.03	0.56	0.13	0.11
SiO_2 (%)	0.5	32.7	12.0	9.3
lithics (%)	22.0	96.4	82.5	14.6
excess ^{210}Pb (Bq/kg)	9.7	352.0	132.2	85.5
C/SiO_2	0.17	3.69	0.47	0.60
C/N	3.45	16.42	7.99	2.59
N flux (mg/cm^{2}y)	0.011	0.247	0.067	0.052
SiO_2 flux (mg/cm^{2}y)	0.79	17.76	6.38	4.98
OM flux (mg/cm^{2}y)	0.11	2.20	0.78	0.56
^{210}Pb flux (Bq/m^{2}y)	21.11	251.46	110.08	61.34

Table 1 - Minimum, maximum, average values and standard deviations for all the analytical and computed data of the variables used to describe the sediments

3. RESULTS AND DISCUSSION

Table 1 shows the minimum, maximum and average values for all the 18 variables of the data matrix used for the Factor Analysis. The wide ranges between minimum and maximum values for many parameters are due to the large differences in the composition of samples from different environments.

SAMPLE	COMM.	FACTOR 1	FACTOR 2	FACTOR 3	FACTOR 4
Anta91-03bc	.9112	.5374	.2948	.7309	-.0364
Anta91-04bc	.9481	.3438	.2706	.8425	.2168
Anta91-05bc	.9438	.0275	.4982	.6662	.5010
Anta91-06bc	.9476	.5823	.3859	.6776	.0225
Anta91-07bc	.9044	.2075	.6097	.6732	.1910
Anta91-08bc	.9310	.5897	.4102	.6210	-.1717
Anta91-09bc	.9379	.1735	.8014	.3928	.3335
Anta91-10bc	.9757	.5105	.2246	.7759	.2503
Anta91-11bc	.8731	.0363	.4749	.0684	.8010
Anta91-12bc	.8267	.4047	.6557	.4626	.1379
Anta91-13bc	.9098	.5943	.6373	.3862	.0368
Anta91-14bc	.9483	.8795	.2114	.3598	.0245
Anta91-15bc	.8940	.3623	.6314	.5939	.1066
Anta91-16bc	.7635	.1064	.8237	.0190	.2710
Anta91-17bc	.9439	.4745	.7937	.2231	.1974
Anta91-18bc	.9657	.2860	.8059	.4308	.2212
Anta91-19bc	.9470	.9016	.1868	.3132	.0333
Anta91-21bc	.9508	.4974	.2854	.4312	.6604
Anta91-22bc	.9644	.7507	.4281	.4566	-.0961
Anta91-23bc	.9255	.3810	.7957	.3811	.0425
Anta91-24bc	.9567	.7746	.4924	.2988	.1578
Anta91-25bc	.9615	.8780	.2774	.2966	.1607
Anta91-26bc	.9552	.9326	.1610	.1541	.1891
Anta91-27bc	.9757	.9356	.1682	.2505	.0963
Anta91-28bc	.9295	.8727	.3147	.2489	.0833
Anta91-29bc	.9155	.7041	.5143	.3937	-.0149
Anta91-30bc	.9603	.7895	.5200	.1756	.1890
Anta91-31bc	.9373	.6870	.6294	.1340	.2264
Anta91-38bc	.9856	.4800	.7421	.4499	.0472
Anta91-41bc	.9274	.3588	.8143	.3353	.1523
Anta91-44bc	.9048	.5708	.6728	.3213	.1522
Anta91-45bc	.9521	.4789	.7087	.4619	.0843
VARIANCE		35.380	30.493	20.707	6.465
CUM.VAR.		35.380	65.873	86.580	93.044

Table 2 - Varimax Factor Matrix

The Q-mode Factor Analysis showed that four factors account for 93% of the total information. This means that the composition of our samples can be significantly described by a combination of these factors in varying proportions. Table 2 displays the Varimax Factor Matrix used for the analysis and Fig. 2 shows the composition of the four factors.

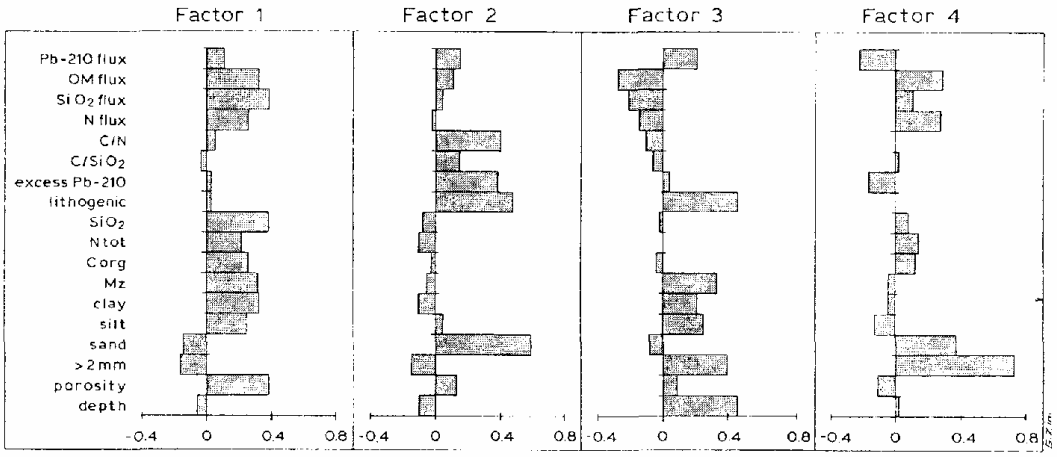


Fig. 2 - Composition of the four Factors.

Factor 1 represents a fine sediment with high biogenic components and fluxes and low ^{210}Pb. Samples 26 and 27 can be considered end members of this factor (Table 2). Factor 2 describes a sandy sediment with high lithogenic component, ^{210}Pb activity, C/N ratio (an index of the presence of diagenized organic matter), and low biogenic fluxes except for the nitrogen flux. Samples 16 and 41 show the composition closest to that of this Factor. Factor 3 is a clayey silt with scarce sand and a significant presence of the coarse fraction larger than 2 mm. It is found at high water depth and is inversely correlated with fluxes, except for the ^{2IO}Pb flux. Sample 4 is well represented by this factor. Finally, Factor 4 represents a pebbly and sandy sediment characterized by a low significance of all the other parameters. ^{210}Pb activity and flux are inversely correlated. Factor 4 is abundant in sample 11.

The map of Fig. 3 indicates prevailing factor in the composition of each sample. According to these results we can make some observations about the sedimentation pattern in the area. Maximum values of Factor 1 caracterize the inner continental shelf, mainly in the Drygalski and Joides basins. The concentration of Factor 2 is high in the outer continental shelf and, generally, in shallow areas such as the banks. Factor 3 is found at high water depth and is distributed downslope in the area between Cape Adare and Iselin Bank. Finally, Factor 4 is the main constituent of the samples from the upper slope, and its influence progressively decreases downslope. Such distribution can be seen clearly in Fig. 4 which shows a schematic diagram of a transect from land towards the open ocean. The location of this transect is shown in Fig. 3.

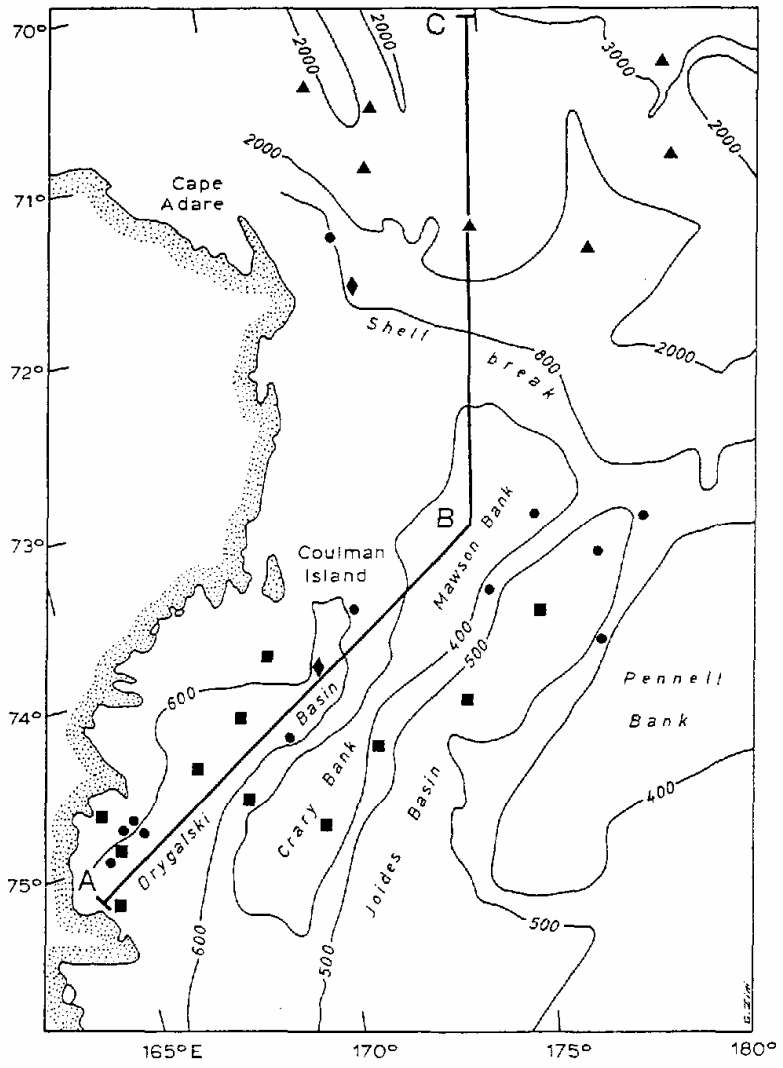


Fig. 3 - Distribution of the prevailing Factor in sediment samples (see Table 2): ■, Factor 1; ●, Factor 2; ▲, Factor 3; ♦, Factor 4. The location of the transect described in fig. 4 is shown.

Following an ideal pathway from shore to the abyssal plain, we can observe that present-day biogenic sedimentation (Factor 1) is predominant in shelf basins. This kind of sediment could be related to the siliceous mud (SiM) and siliceous ooze (SiO) according to the compositional classification of Dunbar et al. (1985).

On the morphological highs and on the outer shelf, marine currents can resuspend and partially remove fine fractions, leaving the coarser sediments (Factor 2). These materials would be the equivalent of the residual glacial-marine sediments (RGM) mentioned by Dunbar et al. (1985). Intense processes of physical reworking (Anderson et al, 1984) cause repeated resuspensions of fine particles and ^{210}Pb is enriched by a process of scavenging. Furthermore, bioturbation (Frignarti et al., 1991) can mix particles rich in excess ^{210}Pb deep into the sediments of these shallow areas, with the formation of

radionuclide activity-depth profiles even if scarce or no net sediment accumulation occurs. Therefore, these profiles can be used to calculate mixing rates.

Factors 4 and 3 represent areas of the Continental slope of the northwestern Ross Sea where sediments are transported downslope primarily by turbidity currents (Anderson et al, 1979). Therefore, the upper slope is affected by erosion that causes relict sediment outcrops (Factor 4). The eroded material is transported downslope where mixed (modern and ancient) sediment accumulates (Factor 3). Factor 3 records high ^{210}Pb and low biogenic fluxes that could be due to the long residence time of settling particles in the water.

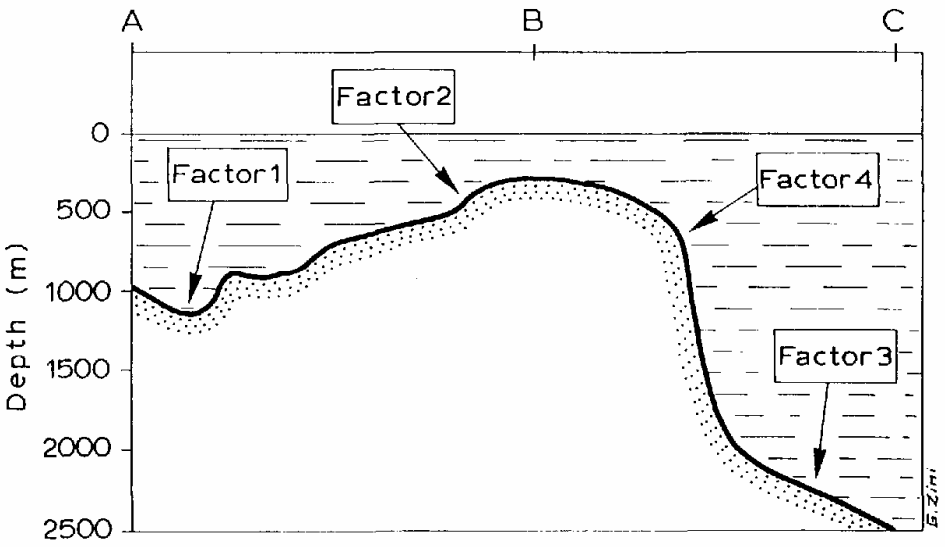


Fig. 4 - Schematic representation of the transect shown in fig. 3 and distribution of the four Factors according to bottom morphology.

If we combine information from the literature and from this study, we come to the conclusion that modern sediment accumulation occurs wherever the biogenic sediments of Factor 1 and the mixed sediments of Factor 3 are significantly present. Therefore, only shelf basin and lower slope samples with a composition similar to Factors 1 and 3 should be used to calculate the mass balances of organic carbon, biogenic silica, and other materials. Moreover, biogenic fluxes, bottom topography, hydrodynamics, biomixing and mass movements are confirmed to be the most important factors controlling the sedimentation pattern in this part of the Ross Sea. Of course, the relative importance of each element is variable in the different subenvironments.

4. CONCLUSIONE

1) The Q-mode Factor Analysis shows that a combination of four factors can account for the composition of sediments of the study area with a high degree of confidence.

2) The composition of Factor 1 describes the characteristic sediments of the shelf basins. The composition of Factor 2 is associated with the banks and the outer shelf. Factor 4 represents the upper part of the slope, while Factor 3 is relative to the lower slope.

3) Only the areas where Factors 1 and 3 are significant should be considered in calculating the mass balance of organic C, biogenic silica and other materials which accumulate on the bottom sediments of the area.

ACKNOWLEDGEMENTS

The authors thank G. Zini for the drawings, as well as G. Marozzi, A. Magagnoli, G. Rovatti, V. Palumbo and F. Finocchiaro for their assistance in collecting the samples. Financial support for this research was provided by the National Antarctic Research Programme. This is contribution n. 945 from the Istituto per la Geologia Marina del CNR, Bologna.

REFERENCES

Anderson, J.B., C.F. Brake & N.C. Myers. 1984. Sedimentation on the Ross Sea Continental shelf, Antarctica. *Marine Geology, 57,* 295-333.

Anderson, J.B., D.D. Kurtz & F.M. Weaver. 1979. Sedimentation on the Antarctic Continental slope. *SEPM,* 27, 265-283.

Davis, J.C. 1973. Statistics and data analysis in geology. J. Whiley, NY, 550 pp.

DeMaster, D.J.. 1981. The supply and accumulation of silica in the marine environment. *Geochim. Cosmochim. Acta,* 45, 1715-1732.

Dunbar, R.B., A.R. Leventer & W.L. Stockton. 1989. Biogenic Sedimentation in McMurdo Sound, Antarctica. *Marine Geology,* 85, 155-179.

Dunbar, R.B., J.B. Anderson, E.W. Domack & S.S. Jacobs. 1985. Oceanographic influence on Sedimentation along the Antarctic Continental shelf. In: (S.S. Jacobs editor) *Oceanology of the Antarctic Shelf,* Antarctic Research Series, 43, AGU, Washington D.C., 291-312.

Frignarli, M., L. Langone, M. Ravaioli, M. Taviani & M.C. Gambi. 1991. The relevance of bioturbation in reworking processes of Ross Sea recent surficial sediments. *Sixth International Symposium on Antarctic Earth Sciences,* Tokio, September 1991, 159.

Klovan, J.E. 1975. R and Q mode Factor Analysis. In: *Concepts in Geostatistics,* Springer Verlag, 21.

Klovan, J.E. & J. Imbrie. 1971. An algorithm and FORTRAN IV program for large scale Q-mode Factor Analysis and calculation of factor scores. *Mathem. Geol.,* 3, 61-77.

Klovan, J.E. & A.T. Miesch. 1975. Extended CABFAC and Q-mode Factor Analysis of compositional data. *Computers and Geosdences,* 1, 161-178.

Labbrozzi, L.. 1992. Sedimentazione attuale e recente in Antartide, con particolare riguardo alla componente biogena: parte nord-occidentale del Mare di Ross. *Tesi di Laurea,* Università di Bologna.

Ledford-Hoffman, P.A., D.J. DeMaster & C.A. Nittrouer. 1986. Biogenic silica accumulation in the Ross Sea and the importance of Antarctic Continental shelf deposits in the marine silica budget. *Geochim. Cosmochim. Acta,* 50, 2099-2110.

AIRÒ S. 403
ALBERTELLI G. 189 529
ALIANI S. 209
AMBROGI R. 461
ASIOLI A. 107 487
ASTRALDI M. 87
AZZARO F. 37
BALDUZZI A. 603
BALZI M. 513
BARBANTI A. 97
BASSOD. 221 563
BATTILOTTI M. 53 375
BAVESTRELLO G. 327
BELLOTTI P. 633
BENASSI G. 681
BENEDETTI F. 643
BERELSON W .M. 525
BIANCHI C.N. 277 603
BOGGERO A. 177
BONACCORSO A. 37
BONCI M. C. 587
BONDAVALLI C. 265
BONOMI A. 125
BORSETTI A.M. 107
BRANDOLINI P. 233
BREGANT D. 37
BRIANT M. 461
BUDILLON G. 155
BURBA N. 333
BUSCARINU P. 201
CABRINI M. 333
CAMPILI F. 155
CANTONATI M. 477
CAPOTONDI L. 107
CARIBONI M. 477
C AROLLO A. 167
CASARETTO L. 441
CASTELLI C. 513
CATALANO G. 643
CATTANEO-VIETTI R. 327 603
GATTINI E. 65
CERADINI S. 143
CERRANO C. 603
CHIANTORE M. 529
CICERI G. 143
CIVITARESE G. 37
COCCO E. 543
COCITO S. 277 603
COGLIATI N. 143
COMMEAU J. A. 97
CONVERSANO F. 155
CORATO F. 155
CORRADI N. 233 575
CORSELLI C. 221
CORTEMIGLIA G.C. 135
COSSU A. 421
COTTA S. 603
COVAZZI A. 125 189
CRIMACO L. 543
CRISAFI E. 37
D'AGOSTINO T. 691
DANOVARO R. 295 355

DE BIASI A.M. 555
DEGL'INNOCENTI F. 603
DE LAURO M. 53 375
DELLA CROCE N. 125
DELLA VALLE G. 441
DEL NEGRO P. 333
DE MAGISTRIS M. A. 543
DIVIACCO G. 603
FABIANO M. 53 355
FERRARI I. 253 681
FERRARI M. 575
FERRETTI O. 389
FESTA V. 461
FIRPO M. 587
FONDA UMANI S. 333
FRASCARI F. 97
FRASCHETTI S. 189 529
FRIGNANI M. 699
GABELLINI M. 367 619
GAMBI M.C. 691
GASPARINI G.P. 65 87
GIACOBBE S. 221
GIANI M. 367 619
GIANNI A. 503
GIORDANI G. 265
GIORDANI P. 23 525
GUGLIELMO L. 307
GUZZINI A. 345
HAMMOND D. E. 525
HECQ J. H. 11
HOPKINS T. S. 53 375
IMMORDINO F. 389
INNAMORATI M. 451 513
IVALDI R. 587
LABBROZZI L. 699
LA PERLA R. 37
LA MESA M. 503
LANGONE L. 699
LAVISTA F. 451
LAZZARA L. 655
LEONARDI M. 37 221
LICANDRO P. 667
LUCCHINI F. 525
LUCHETTA A. 37
LUGLIÉ A. 201 287
MANCA B. 287 421
MARTINOTTI W. 143
MASSI L. 451
Mc KENZIE K. G. 681
MEDICEI F.S. 487
MEES J. 295
MELLEY A. 513
MELONI R. 389
MENOZZI P. 681
MILANI L. 333
MISEROCCHI S. 619
MISIC C. 355
MONASSI M. 53 375
MONTI M. 441
MORGIGNI M. 277 603
MORI G. 451
MORRI C. 277 603
MOWBRAY S. 23
NAIR R. 65
NICCHIOTTI G. 47
NIDIACI L. 451
NOCENTINI A.M. 177
NUCCIO C. 451 655
OCCHIPINTI AMBROGI A. 253
OSSOLA C. 667

OTTAVIANI E. 47
PAGNOTTA R. 345
PANO N. 3
PANSINI M. 327 603
PAPA L. 47 77
PARIS G. 117 265
PEIRANO A. 277
PELLEGRINI D. 367 619
PICCAZZO M. 587
PISTEK P. 87
POGGI F. 587
POLETTI R. 525
POLIMENI R. 37
POVERO P. 53 643
PRIMICERIO R. 253
PRICE N.B. 23
PRONZATO R. 327
PUDDU A. 345
RABBI E. 525
RAICICH F. 37
RAVAIOLI M. 699
RIDERÀ D'ALCALÀ M. 53 375
ROLLA A. 167
ROSSETTI G. 117 265
ROSSI G. 65
ROSSI V. 117 681
SAGGIOMO V. 53 375
S ALLEO A. 13
SALVATORI L. 603
SANDULLI R. 277
SARÀ M. 327
SCONFIETTI R. 403 477
SECHI N. 201 287
SEI S. 117
SENES L. 603
SETTI M. 575
SGORBINI S. 277 603
SILVESTRI C. 277
SPAGNOLI F. 367
SPARLA M. P. 307
SPARNOCCHIA S. 87
SPEZIE G. 155
SPOTORNO M. 233
TERRANOVA R. 245
TRAMONTANO M.A. 53 375
TUCCI S. 575
TUNESI L. 413 603
VACCHI M. 413 503
VIAROLI P. 117 265
VINCX M. 295
WELKER C. 431 441
ZANGAGLIA A. 53 375
ZANOLI S. 367
ZOPPINI A. 345
ZUNINI SERTORIO T. 667

ATTI

DELL'ASSOCIAZIONE ITALIANA

di

OCEANOLOGIA E LIMNOLOGIA

(A.I.O.L.)

(dal 1 Gennaio 1991 al 31 Dicembre 1992)

VERBALE DELLA RIUNIONE DEL CONSIGLIO DI PRESIDENZA

SANTA MARGHERITA LIGURE, 23 APRILE 1991

Il giorno 23 aprile 1991, alle ore 10.00, si riunisce il Consiglio di Presidenza dell'Associazione presso l'Istituto di Scienze Ambientali Marine, in Santa Margherita Ligure, per discutere il seguente Ordine del giorno:

1. Comunicazioni del Presidente
2. Situazione Patrimoniale
3. Assemblea Generale dei Soci 1991
4. Varie ed eventuali

Sono presenti il Presidente N. Della Croce, i Consiglieri G. Albertelli, W. Ambrosetti, G. Catalano, P. Giordani, M. Piccazzo ed il Segretario-Tesoriere R. Cattaneo-Vietti. Assente giustificato G.P. Fanzutti.

1. Comunicazioni del Presidente

1.1. Associazione ed Informazione

Il Presidente sottolinea la necessità di una maggiore partecipazione dell'AIOL ad una più corretta informazione su argomenti di pertinenza attraverso gli organi di stampa ed mass media. Viene pertanto auspicato che l'Associazione, attraverso il suo Consiglio di Presidenza, si pronunci ufficialmente quando ritiene che siano state diffuse informazioni scientificamente scorrette. Si propone pertanto di chiedere ai Soci di segnalare al Consiglio di Presidenza ogni caso di disinformazione che possa apparire sulla stampa di loro conoscenza. Il Consiglio di Presidenza, una volta informato, deciderà se preparare o meno un comunicato stampa da inviare all'Ansa per rettificare e/o commentare, a nome dell'AIOL, la disinformazione.

Il Consigliere Ambrosetti fa notare che, per quanto riguarda le acque interne, l'Istituto di Pallanza svolge già tale ruolo ed è in contatto con la redazione di vari quotidiani.

Si decide pertanto che le notizie riguardanti le acque interne dovranno essere inviate a W. Ambrosetti (Pallanza), e quelle relative alle acque marine direttamente al Segretario. Dovranno raggiungere il Segretario anche i comunicati stampa che l'Istituto di Pallanza intende inviare alla redazione dei quotidiani a nome del Consiglio di Presidenza dell'Associazione.

A tale scopo verrà inviata a tutti i Soci una lettera per sollecitarli in quest'azione di più corretta informazione.

Sempre per meglio definire il ruolo della Associazione a livello nazionale ed affermare le competenze scientifiche dei suoi Soci, il Consiglio di Presidenza dà mandato al Presidente di scrivere un articolo sui rapporti tra ricerca scientifica sull'ambiente marino, informazione ed associazioni protezionistiche, mettendo in evidenza le varie funzioni e denunciando la confusione di ruoli che è oggi presente in Italia. L'articolo, una volta sottoposto al Consiglio di Presidenza, verrà poi inoltrato a quotidiani e settimanali nazionali con preghiera di pubblicazione.

1.2. Sede legale dell'Associazione

Viene dato mandato al Consigliere P. Giordani di aprire la partita IVA dell'Associazione presso l'ufficio IVA di Bologna, in quanto sede legale, e di recuperare l'atto costitutivo dell'Associazione presso il notaio Dr. Aldo Vico, verificando la possibilità di

trasferire la sede legale dell'Associazione a S. Margherita Ligure, presso l'Istituto di Scienze Ambientali Marine, in modo da poter riunire in un'unica sede tutti i documenti ed i volumi di sua proprietà.

Il Consiglio di Presidenza invita i Soci D. Bregant e R. De Bernardi, che hanno ancora in deposito presso i rispettivi Istituti di appartenenza volumi arretrati degli Atti di vari Congressi, di attendere la prossima Assemblea Generale dove si deciderà la loro definitiva collocazione (Titolo IV - Art. 4 del Regolamento).

2. Situazione patrimoniale

Il Consigliere Ambrosetti, in qualità di Segretario-Tesoriere uscente, presenta la situazione patrimoniale dell'Associazione a tutto il marzo 1991, non ancora approvata dai Revisori dei Conti, come risulta dal verbale del 18 dicembre 1990.

La situazione patrimoniale può così essere riassunta:

Lit. 16.486.174 su c/c Cariplo a Pallanza
Lit. 13.343.146 su c/c Cassa Risparmio Trieste
Lit. 1.330.027 su c/c CARICE a S. Margherita Ligure
L'attivo al 23.4.1991 risulterebbe pertanto di oltre 31 milioni.

Tale bilancio è ancora provvisorio in quanto non si è ancora chiuso l'esercizio precedente su cui gravano i costi di stampa degli Atti del 9° Congresso, curati dai Soci G. Albertelli, W. Ambrosetti e M. Piccazzo.

Si decide comunque di unificare tutti i depositi presso la Cassa di Risparmio di Genova (CARIGE) in S. Margherita Ligure, Agenzia 141.

3. Assemblea Generale dei Soci

Il Consiglio di Presidenza, deciso che l'Assemblea Generale si terrà nella prima quindicina di ottobre, prende atto che sono state proposte come sedi, nell'ordine, Lecce, Bologna e Trieste. Il Consiglio di Presidenza da mandato al Consigliere W. Ambrosetti di contattare direttamente il Socio Magazzù allo scopo di approfondire la sua proposta. Il Presidente riferisce che all'Assemblea potrebbe essere invitato il Direttore dell'Istituto di Oceanografia dell'Accademia delle Scienze di Tirana (Albania) nell'ambito di una proposta di scambi culturali in corso di definizione.

4. Varie ed Eventuali

4.1. Iscrizione all'International Council of Scientific Union (ICSU)

Si ritiene opportuno che l'Associazione sia iscritta alle Union di pertinenza che compongono l'ICSU. Il Presidente prenderà contatti per quanto riguarda la IUBS ("International Union of Biological Sciences"), mentre per le altre componenti dell'Associazione sarà necessario approfondire il problema.

4.2. Corso di Formazione Ambientale

Il Presidente illustra la possibilità che l'Associazione possa organizzare nel suo ambito un Corso di Formazione ambientale ad indirizzo marino ed auspica una discussione su tale argomento alla prossima Assemblea.

4.3. Indirizzario Soci

La prossima Assemblea dovrà pronunciarsi in merito alla pubblicazione di un Indirizzario Soci, che eventualmente includa anche lo Statuto ed il Regolamento dell'AIOL.

4.4. Eventuale Congresso Congiunto AIOL-SIBM

Il Presidente riferisce che il Presidente della SIBM, Prof. G. Relini, lo ha ufficiosamente contattato per verificarc la possibilità di organizzare un Congresso congiunto nel 1992. Il Consiglio di Presidenza, pur riconoscendo la necessità di una maggiore e fattiva collaborazione tra le due Associazioni, ritiene prematura la proposta.

4.5. Partecipazione al Convegno "Ecosistema Stretto di Messina"

Il Presidente informa di aver rappresentato, su invito, l'Associazione al recente Convegno "L'ecosistema Stretto di Messina" tenutosi a Messina dal 4 al 16 aprile u.s. In tale occasione ha avuto la possibilità di far presente al Ministro Ruberti le difficoltà e le necessità dell'oceanografia italiana.

Esauriti gli argomenti all'ordine del giorno la seduta è tolta alle ore 13.00.

Il Presidente	Il Segretario
(Norberto Della Croce)	**(Riccardo Cattaneo-Vietti)**

VERBALE DELLA RIUNIONE DEL CONSIGLIO DI PRESIDENZA

SANTA MARGHERITA LIGURE, 1 LUGLIO 1991

Il giorno 1 luglio 1991, alle ore 15.00, si riunisce il Consiglio di Presidenza dell'Associazione presso l'Istituto di Scienze Ambientali Marine, in Santa Margherita Ligure, per discutere il seguente Ordine del giorno:

1. Assemblea Generale dei Soci
2. Aspetti amministrativi e di gestione dell'Associazione
3. Varie ed eventuali

Sono presenti il Presidente N. Della Croce, i Consiglieri G. Albertelli, G. Catalano, G.P. Fanzutti, P. Giordani, M. Piccazzo ed il Segretario-Tesoriere R. Cattaneo-Vietti. Assente giustificato W. Ambrosetti.

1. Assemblea Generale dei Soci

Dopo un'ampia discussione, il Consiglio di Presidenza decide di riunire l'Assemblea Generale dei Soci a Lecce, il giorno 24 ottobre p.v. su invito del Socio G. Magazzù. Si attende comunque, prima di inviare ai Soci la nota informativa, una lettera ufficiale dell'Università di Lecce.

Il Programma della giornata sarà così articolato:
- ore 9.30: I Professori N. Della Croce, A. Brambati e F. Faranda presenteranno i diversi aspetti dell'attività di ricerca svolta e tutt'ora in corso nello Stretto di Magellano da parte delle unità operative partecipanti.
- ore 15: ASSEMBLEA GENERALE DEI SOCI.
- Per il giorno successivo è prevista una visita all'Istituto Talassografico di Taranto, organizzata da S. Ceraci, Direttore dell'Istituto. Si è in attesa di una sua lettera ufficiale.
- Nei due giorni immediatamente precedenti l'Assemblea si terrà invece un Seminario su "Aree Subantartiche" organizzato dal Prof. Magazzù ed al quale i Soci AIOL sono invitati.

Ordine del Giorno dell'Assemblea Generale. Il Consiglio di Presidenza approva il seguente O.d.G. da porre in discussione all'Assemblea Generale.

1. Comunicazioni del Presidente
2. Sede ed Organizzazione del prossimo Congresso AIOL
3. Approvazione dei nuovi Soci. Discussione sui Soci morosi
4. Stampa di un Indirizzario Soci con Statuto e Regolamento
5. Ipotesi di modifica dello statuto per meglio definire la figura del Socio junior
6. Corso di formazione ambientale organizzato dall'AIOL
7. Iscrizione AIOL al 1CSU
8. Proposta che l'Associazione, su richiesta dei Soci interessati, si faccia promotrice con SIBM e SITE, di attività promozionali nel campo universitario e non (materie concorsuali, cattedre di la e 2a fascia, posti di ricercatori, ecc.)
9. Ipotesi di cambiamento della sede legale dell'Associazione e deposito dei beni e dei documenti societari in un'unica sede
10. Relazione finanziaria del precedente esercizio 1989-90.

2. Aspetti amministrativi e di gestione della Associazione

2.1. Iscrizione IVA

Il Consigliere P. Giordani riferisce circa la possibilità di aprire la partita IVA presso l'Ufficio competente a Bologna (sede legale della Società). Il Consiglio all'unanimità decide di regolarizzare la posizione fiscale dell'Associazione e da mandato al Segretario perché prenda contatto con il Rag. Fanti di Bologna per gli atti del caso.

2.2. Pubblicazione Atti 9° Congresso

Il Consigliere M. Piccazzo informa il Consiglio sulla pubblicazione degli atti del 9° Congresso. Lamenta che alcuni Soci, anche dopo numerose sollecitazioni, non abbiano ancora mandato la versione definitiva del loro intervento. Si decide di chiudere il volume nel dicembre 1991 per poterlo distribuire durante il congresso 1992.

Si approva il preventivo di spesa di stampa degli atti presentato dalla Ditta Lang di Genova che prevede un costo massimo di spesa, per 500 volumi, di Lit. 15.450.000 (IVA esclusa).

Per quanto riguarda gli estratti, che saranno venduti agli Autori al prezzo di Lit. 2.000 cadauno, nel caso in cui si superino le 6 pagine (dodici facciate) gratuite, sarà richiesto un sovraprezzo di Lit. 100.000 a pagina (IVA esclusa).

2.3. Posizione Soci morosi

Il Consiglio, preso atto di quanto deciso nell'Assemblea Generale del 22 novembre 1990 nel corso del 9° Congresso dell'Associazione, dà mandato al segretario di depennare i Soci morosi da più di sei anni. Di tale decisione i Soci saranno avvisati per lettera.

3. Varie ed eventuali

Il Consiglio di Presidenza, per discutere la possibilità di svolgere una comune attività promozionale in ambito universitario e di altri Enti di Ricerca, in collaborazione con le altre Società Scientifiche del settore (SITE, SIBM), da mandato al Presidente di sollecitare un incontro con i vari Direttivi.

Viene data lettura della "lettera aperta" da inviare ai giornali ed Autorità, preparata dal Presidente e dal Segretario, dal titolo: "Mare: ricerca e politica ambientale". I singoli Consiglieri si impegnano, entro e non oltre il 20 luglio, di far conoscere eventuali modiche al testo. La lettera sarà firmata a nome del Consiglio di Presidenza dell'Associazione.

Il Consiglio di Presidenza, su richiesta, da il patrocinio dell'AIOL al Congresso "Mediterranean Seas 2000", organizzato dall'Istituto di Scienze Ambientali Marine a S. Margherita Ligure nel settembre 1991, ed al Simposio sulle "Aree subantartiche" di Lecce (ottobre 1991).

Il Segretario da lettura della lettera del Socio D. Bregant il quale informa di aver provveduto ad estinguere i conti correnti intestati all'Associazione aperti presso la Banca di Trieste e di averli trasferiti presso il conto corrente di S. Margherita Ligure. Il Segretario ancora avvisa i consiglieri che lo stesso è avvenuto per quanto riguarda i fondi che giacevano a Pallanza.

Esauriti gli argomenti all'ordine del giorno la seduta è tolta alle ore 18.00.

Il Presidente — Il Segretario

(Norberto Della Croce) — **(Riccardo Cattaneo-Vietti)**

VERBALE DELL'ASSEMBLEA GENERALE DEI SOCI

LECCE, 23 OTTOBRE 1991

Il giorno 23 ottobre 1991 alle ore 15.00 nell'Aula Ferrari, gentilmente concessa dall'Università degli Studi di Lecce, si riunisce l'Assemblea Generale dell'Associazione per discutere il seguente ordine del giorno:

1. Commemorazione del Prof. Leopoldo Trotti
2. Chiusura del Bilancio del biennio 1989-90
3. Approvazione definitiva del verbale dell'Assemblea di S. Margherita Ligure del 22 novembre 1990
4. Relazione del Presidente
5. Attività promozionali dell'Associazione
6. Relazione del Segretario-Tesoriere
7. Approvazione dei nuovi Soci e discussione sui Soci morosi
8. Sede e data del prossimo Congresso
9. Stampa di Indirizzario Soci con Statuto e Regolamento
10. Proposta di modifica dello Statuto (Art. 3 ed Art. 4)
11. Corso di formazione ambientale organizzato dall'AIOL
12. Varie ed eventuali

Sono presenti 26 Soci con diritto al voto (+ 11 deleghe), per un totale di 37 Soci.

Il Presidente N. Della Croce dopo un breve saluto ai Soci convenuti, ringrazia vivamente tutti coloro che hanno contribuito all'organizzazione dell'Assemblea, ed in particolare il Preside della Facoltà di Scienze, Prof. S. Mongelli, il Direttore del Dipartimento di Biologia, Prof. G. Dalessandro, il Prof. C. Storelli, ed i Soci G. Magazzù e F. Boero, tutti dell'Università di Lecce. Un particolare ringraziamento anche ai Soci A. Brambati e F. Faranda che, in mattinata, avevano presentato all'Assemblea un dettagliato resoconto delle attività scientifiche svolte dal Programma Nazionale di Ricerca in Antartide durante le diverse campagne condotte nelle aree subantartiche (Magellano, Patagonia, Magdalena e Canale Beagle).

1. Commemorazione del Prof. Leopoldo Trotti

Successivamente il Presidente da la parola al Socio A. De Maio per la commemorazione del Prof. Leopoldo Trotti, già Direttore dell'Istituto Sperimentale Talassografico di Trieste e recentemente scomparso. L'Assemblea, su invito del Presidente, osserva un minuto di silenzio alla Sua memoria.

2. Chiusura del Bilancio del biennio 1989-90

Il Presidente invita W. Ambrosetti, Segretario-Tesoriere del biennio precedente (1989-90), a presentare il rendiconto finanziario relativo a quel biennio, che non era stato approvato nell'Assemblea di S. Margherita Ligure in quanto l'esercizio, in quella data, non era stato ancora chiuso.

Vengono proposti e nominati quali Revisori dei Conti i Soci, D. Bregant e S. Fonda Umani che, insieme a W. Ambrosetti, si ritirano per esaminare i documenti relativi.

3. Approvazione definitiva del verbale dell'Assemblea di S. Margherita Ligure del 22 novembre 1990

I Revisori dei Conti, D. Bregant e S. Fonda Umani, rientrati in sala, propongono di approvare il bilancio 1989-90 (qui riportato) che andrà a far parte integrante del verbale dell'Assemblea del 22 novembre 90. L'Assemblea approva all'unanimità.

BILANCIO FINANZIARIO AIOL 1989-90

ENTRATE

Residuo gestione precedente	Lit.	22.665.856
Quote Sociali	Lit.	5.433.000
Iscrizione IX Congresso	Lit.	13.800.000
Contributo Ditte Espositrici	Lit.	3.000.000
Interessi bancari	Lit.	807.936
Totale	Lit.	45.706.792

USCITE

Spese tipografiche	Lit.	1.859.960
Spese postali, carta, fotocopie	Lit.	2.575.420
Organizzazione 9° Congresso	Lit.	7.025.365
Rimborso spese relatori	Lit.	1.694.000
Cena sociale	Lit.	1.340.000
Spese bancarie	Lit.	52.700
Totale	Lit.	14.547.445
Avanzo di esercizio:	Lit.	31.159.347

4. Relazione del Presidente

Il Presidente ringrazia ancora una volta i convenuti e ricorda brevemente le iniziative recenti a cui l'ATOL ha dato il suo patrocinio: il Simposio "Mediterrancan Seas 2000" organizzato dall'ISAM e che ha visto riuniti a S. Margherita Ligure i maggiori esperti mondiali delle scienze del mare. Un secondo convegno organizzato sotto l'egida dell'AIOL è quello relativo alle "Aree Subantartiche", appena conclusosi a Lecce e sul quale i Soci F. Faranda e A. Brambati avevano in mattinata relazionato i Soci. Ancora viene ricordato il 2° Simposio Internazionale sull'Ecologia Microbica del Mar Mediterraneo di Taormina (13-16 novembre 1991) e il Convegno "L'ecosistema Stretto di Messina" tenutosi a Messina dal 4 al 16 aprile 1991.

Successivamente il Presidente ricorda di aver scritto a tutti i Soci una lettera in cui si denunciava la scarsa attendibilità delle informazioni scientifiche che appaiono sulla stampa e sui mass media in genere e si sollecitava, da parte degli iscritti, un'azione di controllo e denuncia delle disinformazioni più gravi. Purtroppo a tale lettera non è seguita alcuna risposta. Tale disinteresse è certamente un indice dello stato di malessere che pervade i Soci, i quali dovrebbero far sentire maggiormente la loro presenza e quindi avere maggior "peso" a livello nazionale. Uno degli scopi dell'AIOL, infatti, è proprio quello di interpretare le esigenze della ricerca oceanologica e limnologica italiana, svolgendo un'azione di promozione sia a livello del mondo scientifico e politico che dell'opinione pubblica.

Tra i vari argomenti toccati dalla relazione del Presidente suscita un vivace dibattito quello riguardante la situazione della navi oceanografiche a disposizione della comunità scientifica italiana. Dopo una breve discussione, cui partecipano, tra gli altri, F. Faranda, A. Brambati, D. Bregant e N.Della Croce, viene approvata - per cercare di risolvere al-meno temporaneamente l'annoso problema - la proposta di F. Faranda. Questa si traduce nel prendere contatti con l'Osservatorio Geofisico Sperimentale di Trieste per verificare la possibilità che la n/o Explora possa, con trasformazioni temporanee, essere utilizzata anche da altre Unità Operative; ed ancora nei verificare la possibilità di noleggiare a tempi lunghi la n/o "Cariboo", noleggio che potrebbe essere gestito dall'ENEA.

L'Assemblea da mandato ai Soci A. Brambati e F. Faranda di sottoporre tali proposte al MURST, all'OGS, all'ENEA ed al CNR per i vari aspetti che coinvolgono direttamente o indirettamente tali Enti.

5. Attività promozionali dell'Associazione

Viene data lettura del documento preparato dal Prof. A. Moroni, Presidente della SITE (Società Italiana di Ecologia) in cui, riassumendo, si propone la costituzione di un "Gruppo di lavoro interassociativo" denominato RIFOSEU tra la SIBM (Società Italiana di Biologia Marina), la SITE e l'AIOL, allo scopo di studiare la possibilità di una Federazione che diventi un effettivo punto di coagulo delle esigenze della ricerca e della didattica ambientale italiana.

Il documento RIFOSEU suscita un'ampia ed articolata discussione, a cui prendono parte, tra gli altri, F. Faranda, D. Bregant, G. Catalano, F. Boero, O. Ferretti, N. Della Croce. Da più parti si sente l'esigenza di aprire tale gruppo di lavoro alla componente non universitaria della ricerca anche perché CNR, ENEA ed altri Enti potrebbero dare un contributo alla formazione. Si auspica, in linea generale, un miglior coordinamento tra le varie iniziative dell'Associazione e delle altre Società ed una maggiore attenzione all'inter-displinarità delle ricerche condotte in campo ambientale.

L'Assemblea, dopo aver preso in esame il documento RIFOSEU, dà mandato al Consiglio di Presidenza di discuterlo collegialmente insieme alle altre Associazioni nel corso di un incontro promosso dalla SITE, valutare quanto proposto dalle altre Società e di relazionare alla prossima Assem-blea. Inoltre viene dato mandato di proporre, durante la riunione collegiale, la costituzione di un "Gruppo Nazionale su analisi e gestione del sistema acquatico", riservato agli strutturati di qualsiasi Ente di ricerca.

6. Relazione del Segretario-Tesoriere

Il Segretario-Tesoriere R. Cattaneo-Vietti informa l'Assemblea che il Consiglio di Presidenza ha provveduto le formalità necessario per l'attribuzione del Codice Fiscale dell'Associazione (C.F.: 92027530374) grazie all'interessamento del Consigliere P. Giordani ed all'azione del Rag. Gianluigi Fanti (Via Garibaldi 1, 40124 Bologna) che vengono pubblicamente ringraziati. Tale Codice Fiscale potrà essere utilizzato dall'Asso-ciazione solo nell'ambito della propria attività istituzionale (essenzialmente scientifica e promozionale), mentre qualora l'Associazione inizi a svolgere attività "commerciali" (acquisto e vendita di beni) dovrà essere richiesta l'attribuzione della partita IVA ed attivate le regolari contabilità.

Il Tesoriere relaziona sulla situazione socio-finanziaria fino al 20 ottobre 1991.

A tale data risultano iscritti 320 Soci, di cui 83 morosi. Numerosi sono stati i Soci che, in seguito alla lettera di sollecito, hanno regolato le loro pendenze amministrative, permettendo un recupero di oltre Lit. 1.000.000 di quote arretrate.

Il Segretario rende noto che è stato aperto un Conto Corrente Bancario (n. 7892/80) presso la Cassa di Risparmio di Genova ed Imperia (Ag. 141) di S. Margherita Ligure in

cui sono state versate le somme societarie ancora disponibili presso le sedi dei Presidenti precedenti: R. De Bernardi (Pallanza) ha versato Lit. 16.000.000 in data 10 giugno 1991; D. Bregant (Trieste) ha versato Lit. 14.159.701 in data 8 luglio 1991 ed infine G. Albertelli (Organizzatore 9° Congresso) ha versato Lit. 1.502.215.

BILANCIO PARZIALE 1991

Disponibilità di cassa al 31.7.91	Lit.	31.661.916

ENTRATE (al 20.10.91)

Quote sociali al 20.10.91(70 Soci)	Lit.	3.145.000
Totale.	Lit	34.806.916

USCITE (al 20.10.91)

Francobolli	Lit.	487.500
Cancelleria	Lit.	55.000
Tipografia	Lit.	737.800
Spese bancarie	Lit.	22.188
Totale	Lit.	1.302.488
Disponibilità di cassa (20.10.91)	Lit.	33.504.428

Inoltre si ricorda che l'Associazione aspetta un contributo di Lit. 5.000.000 dal CNR (già assegnato), di Lit. 1.000.000 dalla Società Idronaut e di Lit. 1.000.000 dalla Società Veronese per il 9° Congresso, contributi che saranno utilizzati per la stampa degli Atti del Congresso di S. Margherita Ligure. A tal proposito si rammenta che per la stampa di 500 volumi di questi Atti il Consiglio di Presidenza, in data 1 luglio 1991, ha approvato il preventivo di spesa presentato dalla Ditta Lang di Genova di Lit. 15.450.000 (IVA esclusa).

7. Approvazione dei nuovi Soci e discussione sui Soci morosi

Si procede alle lettura delle domande pervenute per l'ammissione di nuovi Soci.

Chiedono di essere ammessi come Soci Attivi (11):

Barbieri Marco	presentato da Cattaneo e Balduzzi
Bavestrello Giorgio	presentato da Balduzzi e Pansini
Carrada Gian Carlo	presentato da Faranda e Cattaneo
Corriere Giuseppe	presentato da Cattaneo e Pansini
Focardi Silvano	presentato da Della Croce e Cattaneo
Giangrande Adriana	presentato da Gambi e Boero
Martinotti Walter	presentato da Guzzi e Ciceri
Povero Paolo	presentato da Della Croce e Fabiano
Rossi Loreto	presentato da Della Croce e Boero
Senes Lorenzo	presentato da Cattaneo e Balduzzi
Zagami Giacomo	presentato da Bruni e Crisafi

Chiedono di essere ammessi come Soci Associati (2):

Lenardon Giovanni	presentato da Fonda Umani e Catalano
Vaccarezza Claudia	presentato da Zunini Sertorio e Fabiano

Chiedono di essere ammessi come Soci Juniores (15):

Angelini Stefano	presentato da Cananeo e Balduzzi
Casarino Bruno	presentato da Albertelli e Tufano
Celio Massimo	presentato da Fonda Umani e Colantoni
Cerrano Carlo	presentato da Cattaneo e Balduzzi
Chiantore Maria Chiara	presentato da Albertelli e Fabiano
Levi Alberto	presentato da Zunini-Scrtorio e Fabiano
Licandro Priscilla	presentato da Della Croce e Cattaneo
Knoop Miryam	presentato da Albertelli e Fabiano
Mantelli Fabrizio	presentato da Albertelli e Della Croce
Misic Cristina	presentato da Fabiano e Albertelli
Olivari Enrico	presentato da Della Croce e Cattaneo
Ossola Carlo	presentato da Albertelli e Della Croce
Ricci Francesca	presentato da Zunini-Sertorio e Albertelli
Riva Teresa	presentato da Giussani e Ambrosetti
Vallarino Lorenzo	presentato da Albertelli e Della Croce

L'Assemblea approva all'unanimità, richiedendo però i Soci attivi, conformemente alle norme statutarie, un curriculum personale.

Nel 1991 i seguenti Soci hanno dato le dimissioni: F. Bianchi, P. Madoni, R. Muratori, G. Raspi, A. Renzoni, S. Stura, M. Torchio, T. Valente.

L'Assemblea da incarico al Segretario di avvisare i Soci morosi da più di quattro anni al 1991 che saranno depennati se non provvederanno a regolare la loro posizione a breve giro di posta.

8. Sede e data del prossimo Congresso

Il Presidente informa l'Assemblea di aver preso contatti con il Comune di Alassio (Riviera Ligure di Ponente) per verificare la possibilità di organizzare in quella città il prossimo Congresso. Dopo una breve discussione la Sede proposta viene accettata mentre sulla data viene dato mandato al Consiglio di Presidenza di sceglierla tenendo conto dei diversi impegni (Antartide, CIESM, ecc.) che sono già in calendario per il 1992.

9. Stampa di Indirizzario Soci con Statuto e Regolamento

Su proposta del Segretario si decide di stampare un indirizzario-soci, contenente anche lo Statuto ed il Regolamento. Tutti i Soci sono invitati a collaborare segnalando alla Segreteria cambiamenti di indirizzi e di numeri telefonici.

10. Proposta di modifica dello Statuto (Art. 3 ed Art. 4)

Da diversi contatti risulta che non vi sarebbero difficoltà nella Sede attuale a spostare la Sede medesima dell'Associazione da Bologna a S. Margherita Ligure. Peraltro, in caso di referendum favorevole, il Presidente sottolinea la possibilità di

confluenza dell'AIOL in un Ente Morale già esistente e la cui sede è presso l'Istituto di Scienze Ambientali Marine. Tale operazione, trasformando di fatto l'AIOL in un Ente Morale, potrebbe conferire altra immagine all'Associazione stessa. Il Presidente fa presente all'Assemblea che il trasferimento della Sede legale della Associazione da Bologna (Art. 3) a S. Margherita Ligure (presso l'Istituto di Scienze Ambientali dell'Università di Genova) potrebbe risolvere, tra l'altro, il problema dei documenti e dei volumi di proprietà dell'Associazione oggi sparsi presso diverse Sedi (Trieste, Pallanza, Bologna, Genova).

Il Segretario-Tesoriere fa presente come lo statuto (Art. 4) preveda la figura del Socio Junior (riservata a studenti) senza però porre un limite di tempo o di età. Il Segretario propone una modifica allo Statuto che limiti a 3 anni tale figura per ogni singolo Socio. Passati i tre anni, il Socio sarebbe messo d'ufficio nella figura di Socio attivo o associato, a seconda dei casi.

Per Statuto, una proposta di modifica dello Statuto stesso, deve essere sottoposta a referendum tra tutti i Soci in regola con le quote sociali (Art. 18). L'Assemblea autorizza il Consiglio di Presidenza ad indire il referendum sia per il primo che per il secondo punto.

11. Corso di formazione ambientale organizzato dall'AIOL

Il Presidente informa l'Assemblea che la "Società Geografica Italiana" organizza un Corso di formazione ambientale e si domanda se un'iniziativa del genere non potrebbe nascere nell'ambito dell' AIOL.

F. Faranda propone di incaricare il formando "Gruppo Nazionale su analisi e gestione del sistema acquatico" di valutare tale possibilità operativa. Lo stesso F. Faranda propone, nell'ambito delle attività di tale gruppo, un progetto di censimento degli stagni e della lagune in Italia.

12. Varie ed eventuali

Il Segretario legge una lettera del Socio Voltolina, da diversi anni ricercatore presso il CICESE di Baja California, in cui si rende noto delle difficoltà organizzative in cui versa una nota rivista scientifica italiana. L'Assemblea, prendendone atto, fa presente che il problema è generalizzato ed appare di difficile soluzione in quanto gran parte delle riviste scientifiche italiane sono affidate alla buona volontà dei singoli ricercatori e quasi sempre manca una base logistica di tipo professionale.

Il Presidente informa l'Assemblea che, a titolo personale, è stato invitato al Simposio "Coastal Area of Albania", tenutosi a Tirana il 4-5 luglio 1991. In quell'occasione, in un incontro con il Segretario dell'Accademia delle Scienze, si è prospettata una possibilità di collaborazione nel campo della ricerca oceanografica tra Italia ed Albania. D. Bregant informa l'Assemblea che l'Istituto Talassografico di Trieste è al corrente del progetto, ma che nulla di definitivo è stato deciso.

L'Assemblea fa presente che i ricercatori afferenti all'Associazione sono interessati e disponibili a sviluppare tale collaborazione internazionale nell'ambito delle loro competenze. F. Faranda propone di dar mandato al Presidente di scrivere in tal senso sia all'Accademia delle Scienze di Tirana che all' Ambasciatore G. Santoro, Direttore Generale dell'Ufficio Cooperazione allo sviluppo del Ministero degli Affari Esteri. L'Assemblea approva all'unanimità.

Esauriti gli argomenti all'O.d.g., alle ore 17.30, l'Assemblea viene sciolta.

Il Presidente — Il Segretario

(Norberto Della Croce) — **(Riccardo Cattaneo-Vietti)**

VERBALE DELLA RIUNIONE DEL CONSIGLIO DI PRESIDENZA

SANTA MARGHERITA LIGURE, 31 GENNAIO 1992

Il giorno 31.1.1992, alle ore 10.00, si riunisce il Consiglio di Presidenza dell'Associazione presso l'Istituto di Scienze Ambientali Marine, in S. Margherita Ligure, per discutere il seguente Ordine del giorno:

1. Congresso Nazionale
2. Referendum
3. Varie ed eventuali

Sono presenti il Presidente N. Della Croce, i Consiglieri G. Albertelli, W. Ambrosetti, G. Catalano, G.P. Fanzulti, P. Giordani, M. Piccazzo ed il Segretario-Teso-riere R. Cattaneo- Vietti.

1. Congresso Nazionale

Come era già emerso durante l'Assemblea Generale di Lecce, si conferma la decisione di organizzare il 10° Congresso dell'Associazione ad Alassio il 4-6 novembre 1992 presso la Sala Hanbury, gentilmente concessa dal Comune.

Il Comitato Organizzatore viene così definito: N. Della Croce (Presidente), G. Albertelli (Messina), A. Balduzzi (Genova), R. Cattaneo-Vietti (Genova), N. Drago (Genova), M. Piccazzo (Genova).

La Segreteria Scientifica sarà tenuta presso l'Istituto di Scienze Ambientali Marine di Santa Margherita Ligure da: R. Danovaro, S. Fraschetti, M. Petrillo e P. Povero.

Si conferma il desiderio di non proporre tematiche particolari, ma di lasciare libertà ai Soci di presentare i loro lavori, ferma restando la tradizione di invitare cinque relatori, italiani e/o stranieri, su tematiche d'ampio respiro nei vari settori della ricerca oceanologica e limnologica.

A tale scopo viene dato mandato a G. Catalano, W. Ambrosetti, N. Della Croce e P. Giordani di contattare personalmente personalità scientifiche rispettivamente nei vari campi della chimica, fisica, biologia e geologia. Sarà inoltre invitato il Prof. Niko Pano (Accademia delle Scienze di Tirana) anche per approfondire la possibilità di eventuali rapporti scientifici tra l'Italia e l'Albania.

N. Della Croce sottolinea inoltre la necessità di aprire un dibattito sul tema: "Ricerca ambientale e mass media" al quale saranno invitati giornalisti specializzati.

L'Assemblea Generale dei Soci è fissata nel pomeriggio del 5 novembre 1992.

Una gita sociale ai Balzi Rossi sarà effettuata sabato 7 novembre, se verrà raccolto un sufficiente numero di adesioni.

Le quote d'iscrizione sono così fissate: Lit. 100.000 lire per i Soci attivi ed associati, Lit. 10.000 lire per i Soci juniores.

Come è consuetudine al Congresso saranno offerti a pagamento (Lit. 1.000.000 a m^2), spazi espositivi per le varie Ditte del settore. La data ultima d'iscrizione e di presentazione dei riassunti al Congresso viene fissata al 31 luglio 1992. Si ribadisce inoltre che in mancanza della presentazione del testo definitivo per la pubblicazione degli atti alla data di scadenza (31 marzo 1993) verranno pubblicati i riassunti.

Il Presidente informa il Consiglio che, in occasione del Congresso, il Circolo Nautico di Alassio ha deliberato di bandire il "Premio Maria Rosa Cattaneo" di tre milioni di lire

alla miglior tesi di soggetto oceanologico il cui Autore si sia laureato nell'Anno Accademico 1990-91 riportando una votazione di almeno 110/110.

Il vincitore di tale premio, che desidera ricordare la figura di una giovane ricercatrice di Alassio Socia dell'AIOL e del Circolo, prematuramente scomparsa, dovrà passare un breve periodo di studio presso un Istituto di ricerca estero di sua scelta.

Il bando del concorso sarà inviato a tutti i Soci ATOL ed ai Presidi delle Facoltà di Scienze di tutte le Università Italiane. I concorrenti dovranno inviare entro il 31 luglio 1992 alla Presidenza dell'AIOL una copia della loro tesi di laurea, un Certificato di laurea con le votazioni di tutti gli esami (in carta semplice) ed una lettera di eventuale accettazione da parte dell'Istituto di ricerca prescelto.

La Commissione del Concorso sarà composta dal Consiglio di Presidenza dell'AIOL, affiancato da un rappresentante indicato dal Circo Nautico di Alassio.

2. Referendum

Viene presentata, discussa ed approvata la scheda referendaria necessaria allo svolgimento del referendum sulle eventuali modifiche da apportare agli arti. 3 e 4 dello Statuto.

In ottemperanza allo Statuto, la scheda referendaria sarà inviata ai soli Soci in regola con le quote sociali almeno a tutto il 1990. Si decide che il termine ultimo di votazione sia il 30 aprile 1992.

3. Varie ed Eventuali

Si decide di esprimere la riconoscenza dell'AIOL al Rag. Fanti di Bologna che si è gratuitamente offerto di occuparsi delle formalità necessarie per l'attribuzione del Codice Fiscale dell'Associazione.

Esauriti gli argomenti all'ordine del giorno, la seduta è tolta alle ore 16.00.

Il Presidente — Il Segretario

(Norberto Della Croce) — **(Riccardo Cattaneo-Vietti)**

VERBALE DELLA RIUNIONE DEL CONSIGLIO DI PRESIDENZA

GENOVA, 14 APRILE 1992

Il giorno 14 aprile 1992, alle ore 10.00, si riunisce il Consiglio di Presidenza dell'Associazione presso l'Istituto di Scienze Ambientali Marine in Genova, per discutere il seguente Ordine del giorno:

1. Spoglio Schede Referendum
2. Decisioni riguardo al Programma di Collaborazione internazionale Italia-Albania
3. Risposta a proposta SITE-SIBM-AIOL
4. Varie ed eventuali

Sono presenti il Presidente N. Della Croce, i Consiglieri G. Albertelli, G. Catalano, P. Giordani, M. Piccazzo ed il Segretario-Tesoriere R. Cattaneo-Vietti. Assenti giustificati: W. Ambrosetti e G.P. Fanzutti.

1. Spoglio Schede Referendum

Il Segretario informa il Consiglio di Presidenza che, a seguito delle decisioni prese dall'Assemblea Generale a Lecce (23 ottobre 1991) ha provveduto ad inviare ai 267 Soci aventi diritto una scheda refendaria relativa agli Art. 3 e 4 dello Statuto.

Il Consiglio di Presidenza constatato che a tutto il 31 marzo 1991 sono pervenute alla Presidenza 121 lettere, annullandone una pervenuta con una settimana di ritardo; inoltre, dopo avere effettuato lo spoglio, si decide di annullare altre due schede che presentano segni riconoscibili (firme e frecce).

Lo spoglio da i seguenti risultati:

Schede annullate: 2+1
Schede valide: 119

Voti favorevoli al cambiamento dell'Art. 3 dello Statuto: 113
Voti contrari al cambiamento dell'Art. 3 dello Statuto: 5
Astenuti: 1

Voti favorevoli al cambiamento dell'Art. 4 dello Statuto: 110
Voti contrari al cambiamento dell'Art. 3 dello Statuto: 6
Astenuti: 3

In seguito all'esito del referendum gli Art. 3 e 4 dello Statuto saranno così modificati:

Articolo 3

L'Associazione ha sede legale in Santa Margherita Ligure presso l'Istituto di Scienze Ambientali Marine dell'Università di Genova e sede amministrativa presso il Presidente pro-tempore.

Articolo 4

L'Associazione comprende membri attivi, membri associati, membri onorari e membri juniores.

Possono essere membri attivi tutti coloro che svolgono o hanno svolto ricerca attiva portando un contributo scientifico nella Oceanologia e nella Limnologia. Possono essere membri associati tutti coloro che sono interessati direttamente o indirettamente alle scienze oceanologiche e limnologiche senza svolgere ricerca attiva.

Sono Soci onorari persone illustri che abbiano contribuito in misura rilevante allo sviluppo delle scienze oceanologiche e limnologiche.

Studenti interessati alle discipline oceanologiche e limnologiche possono essere membri juniores dell'Associazione, per un periodo non superiore a tre anni, dopo il quale il Socio diviene, su domanda, Socio attivo o associato.

Tutti i membri dell'Associazione hanno diritto di voto.

Soltanto i membri attivi possono coprire cariche sociali.

Anche Enti, regolarmente costituiti, possono far parte dell'Associazione, senza diritto di voto.

2. Decisioni riguardo al Programma di Collaborazione internazionale Italia-Albania

In seguito alle decisioni prese nell'Assemblea di Lecce, il Presidente dell'AIOL aveva scritto al Presidente dell'Accademia delle Scienze di Tirana segnalando la disponibilità dei ricercatori italiani afferenti all'AIOL a collaborare nel quadro di un programma oceanografico comune Italia-Albania.

Viene letta la lettera di risposta del Prof. Javer Cobani, Direttore Dell'Istituto di Idrometeorologia dell'Accademia delle Scienze di Tirana, che si dichiara interessato e richiede un programma scientifico di massima in tal senso. Si decide che i vari Consiglieri, a nome dei propri Istituti di appartenenza, facciano pervenire in tempi brevi al Prof. N. Della Croce, un progetto di massima nell'ambito delle proprie competenze. Il Prof. N. Della Croce invierà poi al Prof. J. Cobani la proposta programmatica, indicando la sede (Trieste, Bologna, Genova) e la data per un incontro in Italia, al fine di definire il programma di ricerca.

3. Risposta alla proposta FISE (S1TE-SIBM-AIOL)

Il Prof. A. Moroni, Presidente della Società Italiana di Ecologia (SITE), propose, motivandola a suo tempo, la costituzione della FISE, ovvero la Federazione Italiana delle Società Ecologiche, per raggruppare la Site, l'AIOL e la SIBM (Società Italiana di Biologia Marina). Dopo una lunga ed articolata discussione si è deciso di considerare favorevolmente la proposta, ma che essa debba essere maggiormente sviluppata in quanto, allo stato attuale, non sembra siano tutelati, o comunque adeguatamente presi in considerazione, gli interessi di ampie fascie di ricercatori (fisici, chimici, geologi) afferenti all'AIOL, che nell' "etichetta" ecologia non si sentono adeguatamente rappresentati. Tale preoccupazione verrà espressa nella lettera di risposta da inviare al Prof. A. Moroni. A tal senso si ribadisce che, nel Comitato direttivo della FISE, debbono essere rappresentate tutte le forze disciplinari che, a qualsiasi titolo, si occupano di ambiente. Viene quindi proposto un incontro tra tutti i tre consigli direttivi delle Società, incontro che potrebbe tenersi ad ottobre a Trieste durante il Congresso della CIESM. Inoltre, sempre allo scopo di meglio definire il programma federativo, già da ora si decide di invitare al Congresso AIOL di Alassio i Presidenti della SITE e della SIBM. In considerazione di quanto esposto, sembra prematura la nomina di un presidente della Federazione ed anche la definizione di un contributo finanziario.

Per quanto riguarda inoltre la costituzione di un Gruppo di Ecologia delle Acque, per i motivi interdisciplinari già espressi, si preferisce definirlo Gruppo Nazionale delle Acque, aprendolo a tutte le discipline che, a vario titolo, si occupano dello studio, gestione, valorizzazione delle acque in Italia. Tale gruppo comunque rientrerebbe sempre nell'ambito della FISE, come sua espressione autonoma, e dovrebbe essere proposto dalla FISE stessa.

4. Varie ed eventuali

In considerazione dell'approvazione della nuova legge sull'Antartide e della formazione di una nuova Commissione ministeriale, il Consiglio di Presidenza decide, unanime, di invitare al prossimo Congresso di Alassio, il dr. Guerrini (CNR), il dr. Azzolini (CNR), il prof. Battaglia (MURST), il dr. Clemente (ENEA), e l'ing. Zucchelli (ENEA), responsabili del Programma Nazionale Ricerche in Antartide.

Esauriti gli argomenti all'ordine del giorno, la seduta è tolta alle ore 16.00.

Il Presidente — Il Segretario

(Norberto Della Croce) — **(Riccardo Cattaneo-Vietti)**

VERBALE DELLA RIUNIONE DEL CONSIGLIO DI PRESIDENZA

GENOVA, 29 SETTEMBRE 1992

Il giorno 29 settembre 92, alle ore 10.30, si riunisce il Consiglio di Presidenza dell'Associazione presso l'Istituto di Scienze Ambientali Marine in Genova, per discutere il seguente Ordine del Giorno:

1. Premio "Maria Rosa Cattaneo": Analisi e valutazione delle tesi presentate
2. Organizzazione 10° Congresso
3. Stampa Atti 10° Congresso e proposte per il futuro
4. Proposta FISE
5. Sviluppi nell'ambito del Programma di Collaborazione internazionale Italia-Albania
6. Varie ed eventuali.

Sono presenti il Presidente, N. Della Croce, i Consiglieri G. Albertelli, G. Catalano, G.P. Fanzutti, P. Giordani, M. Piccazzo ed il Segretario-Tesoriere R. Cattaneo-Vietti.

Assente giustificato: W. Ambrosetti.

1. Premio "Maria Rosa Cattaneo": Analisi e valutazione delle tesi presentate

Vengono aperti i pacchi delle tesi inviate per la partecipazione al Concorso "Premio Maria Rosa Cattaneo".

Al 31 luglio 1992 sono pervenute, presso la Sede dell'Istituto di Scienze Ambientali Marine, le tesi dei seguenti candidati:

1) Patrizia Castello (Scienze Biologiche, Univ. di Lecce): Forme di resistenza di organismi zooplanctonici nel Mar Piccolo di Tarante.
2) Stefano Covelli (Scienze Geologiche, Univ. di Trieste): Caratteristiche sedimentologiche e geochimiche di alcune carote del delta emerso e sommerso del fiume Isonzo.
3) Anna Maria De Biasi (Scienze Biologiche, Univ. di Pisa): Zonazione del benthos nell'estuario del fiume Magra: variazioni compositive e strutturali a diversi livelli tassonomici.
4) Domenico Sergi (Scienze Biologiche, Univ. di Messina): Analisi della distribuzione del picofitoplancton nella Rada di Augusta.
5) Federica Pannacciulli (Scienze Biologiche, Univ. di Genova): Dinamica di popolazioni di Chthamalidae (Crustacea, Cirripedia) della costa ligure.
6) Antonio Terlizzi (Scienze Biologiche, Univ. di Napoli): Evoluzione spazio-temporale in alcuni descrittori dell'ecosistema a *Posidonia oceanica* dell'Isola d'Ischia (Golfo di Napoli).

Dopo una lunga ed articolata discussione ed aver preso in considerazione una serie di parametri di valutazione, quali la tematica, il curriculum accademico, il voto di laurea, l'Istituto di Ricerca prescelto dal Candidato, la Commissione, formata dal Consiglio di Presidenza dell'AIOL (assente giustificato il rappresentante del Circolo Nautico al Mare di Alassio), ha assegnato all'unanimità al Dr. Domenico Sergi il Premio M.R. Cattaneo.

2. Organizzazione 10° Congresso di Alassio

Il Comitato Organizzatore informa il Consiglio che a seguito dell'inagibilità dei locali comunali (Sala Hanbury) a suo tempo proposti dal Comune di Alassio, il Congresso si svolgerà presso la sala Congressi dell'Hotel Diana di Alassio. Questo non avrà alcuna ripercussione economica sull'organizzazione del Congresso in quanto il Comune stesso provvederà in merito.

3. Stampa Atti 10° Congresso e proposte per il futuro

Viene deciso il Comitato di Redazione degli Atti del 10° Congresso dell'Associazione. Esso è costituito da G. Albertelli, R. Cattaneo-Vietti e M. Piccazzo. Si decide che i partecipanti al 10° Congresso, sollecitati per tempo (fine marzo), dovranno far pervenire i lavori al Prof. M. Piccazzo non oltre il 30 maggio 1993. Dopo tale data i lavori arrivati in redazione saranno pubblicati insieme ai riassunti dei lavori non pervenuti.

Il Segretario informa che due Comitati del CNR hanno contribuito alle spese stampa degli Atti del Congresso di Alassio con un finanziamento di Lit. 15.000.000 (di cui Lit. 10.000.000 da parte del Comitato Scienze Tecnologiche dell'Ambiente e Habitat e Lit. 5.000.000 da parte del Comitato Scienze Biologiche e Mediche). Inoltre sono stati stanziati dall'Università degli Studi di Genova Lit. 2.000.000, in occasione del 500° Anniversario della scoperta dell'America.

4. Proposta FISE

Facendo seguito alla lettera del 15 maggio 1992 inviata ai Presidenti della SITE e della SIBM si conferma la disponibilità del Consiglio ad incontrare i Consigli Direttivi della SITE e dell'AIOL a Trieste, in occasione del 33° Congresso CIESM per discutere ed approfondire la proposta di costituzione della FISE. L'incontro avverrà presso l'Istituto Talassografico di Trieste il 14 ottobre alle ore 15.00.
Si discute anche la possibilità di fondare una rivista scientifica in collaborazione con altre Società, rivista che potrebbe curare la pubblicazione di articoli su temi specifici, sviluppati nell'ambito di congressi comuni e, via via, decisi da un Comitato ad hoc. Si decide di discutere il problema anche in Assemblea.

5. Sviluppi nell'ambito del Programma di Collaborazione internazionale Italia-Albania

Il Presidente informa che il programma scientifico, a suo tempo preparato dal Consiglio di Presidenza, è stato regolarmente inoltrato alla Direzione Generale Cooperazione allo Sviluppo del Ministero degli Affari Esteri, al Ministro della Ricerca Scientifica, al Segretario Scientifico dell'Accademia delle Scienze di Tirana ed al Direttore dell'Istituto di Idrometeorologia della stessa Accademia, sempre a Tirana. Copia di tale programma è stata inviata anche al Socio Prof. F. Faranda.

La parte albanese ha dimostrato un grande interesse per il progetto chiedendo di formularlo anche frazionatamente nell'ambito di un programma CEE. A tale scopo il materiale inviato dal Prof. N. Pano è stato inoltrato in copia ai componenti del Consiglio di Presidenza presenti e che ne hanno fatto espressa richiesta. La possibilità di attivare direttamente collaborazioni di ricerca verrà segnalata nel corso dell'Assemblea dei Soci.

6. Varie ed eventuali

Si decide di fissare la prossima riunione del Consiglio di Presidenza il 3 novembre 1992 ad Alassio alle ore 18.00 presso l'Hotel Diana (sede del Congresso).

Il Consiglio di Presidenza, unanime, propone di sottoporre all'Assemblea dei Soci la nomina a Soci Onorari della Associazione i Professori: Ignazio Bagnino, Arturo De Maio, Ferruccio Mosetti, i primi tre cattedratici di Oceanografia nell'Università Italiana.

Si decide di inviare un telegramma al Ministro dell'Ambiente, Dr. Carlo Ripa di Meana, per sollecitare l'ingresso dell'Italia nell'International Whaling Commission (IWC).

Esauriti gli argomenti all'Ordine del Giorno, la seduta è tolta alle ore 16.00.

Il Presidente — Il Segretario

(Norberto Della Croce) — **(Riccardo Cattaneo-Vietti)**

VERBALE DELLA RIUNIONE DEL CONSIGLIO DI PRESIDENZA

ALASSIO, 3 NOVEMBRE 1992

Il giorno 3 novembre 1992 alle ore 21.30, presso l'Hotel Diana di Alassio si riunisce il Consiglio di Presidenza dell'Associazione per definire l'Ordine del Giorno dell'Assemblea Generale dei Soci che si terrà il 5 novembre 1992 e per discutere il seguente Ordine del giorno:

1. Commemorazioni
2. Soci onorari
3. Premio Maria Rosa Cattaneo
4. Pubblicazione Atti 9° Congresso
5. FISE
6. Rinnovo cariche sociali

Sono presenti il Presidente N. Della Croce, i Consiglieri G. Albertelli, G. Catalano, G. P. Fanzutti, P. Giordani, M. Piccazzo e il Segretario-Tesoriere R. Cattaneo-Vietti.

Assente giustificato: W. Ambrosetti.

1. Commemorazioni

Il Presidente informa il Consiglio che la commemorazione del Prof. Mesetti sarà tenuta dal Socio A. Michelato, quella del Prof. Schreiber dal Socio I. Ferrari e quella del Prof. Flocchini da lui stesso.

2. Soci onorari

Le motivazioni per il conferimento della qualifica di Socio onorario ai Prof. I. Dagnino (Genova) e A. De Maio (Napoli) saranno lette dal Presidente.

3. Premio Maria Rosa Cattaneo

Il Premio, conferito al Dr. D. Sergi di Messina, consiste in una borsa di studio di Lit. 3.000.000, gentilmente messa a disposizione dal Circolo Nautico di Alassio. Si decide che al vincitore verrà consegnata la somma di Lit. 2.000.000 durante il Congresso, mentre la differenza (1.000.000) gli sarà consegnata solo dopo la presentazione di una relazione scritta sull'attività svolta, controfirmata dal Direttore del Laboratorio dell'Università di Vienna presso cui si recherà.

La cifra di Lit. 1.000.000 viene versata sul c/c dell'Associazione.

4. Pubblicazione Atti 9° Congresso

Il Consigliere M. Piccazzo informa il Consiglio che i volumi degli Atti del 9° Congresso sono pronti e saranno distribuiti ai Soci in regola con le quote sociali durante il Congresso stesso. Lo stesso M. Piccazzo informa ancora che, in seguito ai numerosi ordini ricevuti dalla Tipografia Lang, è possibile ridurre del 50% il costo degli estratti stessi. Il Consiglio ringrazia sentitamente il Consigliere M. Piccazzo per la cura con cui ha seguito la stampa del volume che appare particolarmente ben curato nella sua veste

tipografica. Viene dato incarico al Segretario di spedire un volume al CNR accompagnato da fatture che coprono il finanziamento ricevuto (Lit. 5.000.000) per la stampa degli Atti.

Si decide inoltre che l'articolo "Il Mare: Ricerca e Politica Ambientale", a suo tempo redatto dal Consiglio di Presidenza, venga pubblicato negli Atti del 10° Congresso.

5. FISE

Nell'ambito del progetto FISE, il Consiglio di Presidenza ritiene opportuno incaricare il Socio M. Fabiano affinchè contatti il Presidente della SIBM, Prof. A. Cau, per verificare la possibilità oggettiva di giungere ad una pubblicazione in comune del Bollettino Informativo delle Società.

6. Rinnovo cariche sociali

Il Presidente informa che sarebbe disponibile ad essere riconfermato, se non saranno presentate altre candidature. Il Presidente informa altresì che l'interesse in una sua riconferma sta nel trasformare di fatto l'AIOL in un Ente Morale e che utilizzerebbe, con l'eventuale consenso dell'Assemblea, gli Atti del Congresso per uno scambio di pubblicazioni da mettere a disposizione dei Soci, con forme da definire, considerando anche che la sede dell'Associazione è stata trasferita presso l'Istituto di Scienze Ambientali Marine di S. Margherita Ligure.

Il Consiglio prende atto che i seguenti Consiglieri non sono più rieleggibili: G. Albertelli, G.P. Fanzutti, P. Giordani e M. Piccazzo. Il Consigliere W. Ambrosetti, inoltre, pur rieleggibile, fa sapere che, per motivi personali, preferisce non ricandidarsi.

Il Consiglio stila una prima lista di candidati da presentare all'Assemblea: F. Boero, G. Catalano, R. Cattaneo-Vietti, M. Firpo, L. Mazzella, R. Meloni, N. Sechi, G.C. Spezie.

Esauriti gli argomenti all'Ordine dei Giorno, la seduta è tolta alle ore 23.00.

Il Presidente	Il Segretario
(Norberto Della Croce)	**(Riccardo Cattaneo-Vietti)**

VERBALE DELL'ASSEMBLEA GENERALE DEI SOCI

ALASSIO, 5 NOVEMBRE 1992

Il giorno 5 novembre 1992 alle ore 17.00, presso l'Hotel Diana di Alassio si riunisce l'Assemblea Generale dei Soci dell'Associazione per discutere il seguente ordine del giorno:

1. Saluto del Presidente
2. Commemorazioni
3. Premio "Maria Rosa Cattaneo"
4. Relazione del Presidente
5. Stampa Atti Congressi
6. Interventi dei Soci
7. Relazione del Segretario
8. Elezione dei Revisori dei Conti e degli Scrutatori
9. Proposta nuovi Soci
10. Rinnovo delle cariche sociali
11. Varie ed eventuali

1. Saluto del Presidente

Il Presidente, N. Della Croce, dopo un breve saluto ai Soci convenuti, ringrazia vivamente tutti coloro che hanno contribuito al buon esito del 10° Congresso dell'Associazione ed in particolare il Comitato Organizzatore, la Segreteria Scientifica, il Dr. G.P. Mela, Sindaco di Alassio, il Dr. S. Gaibisso, Presidente del Circolo Nautico al Mare di Alassio, il Dr. G.C. Garassino, Presidente dell'Azienda di Promozione Turistica, il Dr. G.C. Quadrelli, Presidente dell'Associazione Alberghiera, il Dr. M. Scajola, Direttore dell'Unioncamere Liguri, il Rag. Parma del Banco di Chiavari e della Riviera Ligure.

2. Commemorazioni

Il Presidente ricorda che nell'ultimo anno sono scomparsi alcuni Soci. N. Della Croce commemora il Prof. Flocchini, A. Michelato il Prof. Mesetti e I. Ferrari ricorda la figura e l'opera del Prof. Schreiber. In loro ricordo, l'Assemblea osserva un minuto di raccoglimento.

3. Premio "Maria Rosa Cattaneo"

Il Segretario riferisce in merito al Premio "Maria Rosa Cattaneo", di Lit. 3.000.000, bandito dal Circolo Nautico al Mare di Alassio in occasione del 10° Congresso dell'AIOL e sui risultati dei lavori della Commissione (verbale del Consiglio di Presidenza del 29 settembre 1992).

Il Segretario informa altresì che il Consiglio di Presidenza ha deciso che al vincitore, Dr. Domenico Sergi, invitato dall'AIOL al Congresso ed ospitato dalla Famiglia Cattaneo, venga consegnata subito la somma di Lit. 2.000.000, mentre la differenza, attualmente versata sul conto dell'Associazione, gli sia consegnata dopo la presentazione di una relazione sull'attività, svolta nel Laboratorio dell'Università di Vienna, presso cui si recherà, e controfirmata dal Direttore.

4. Relazione del Presidente

4.1. Proposta FISE (Federazione Italiana di Società Ecologiche)

Il Presidente informa che i Consigli Direttivi della SITE, della SIBM e dell'AIOL si sono incontrati alcune volte per discutere ed approfondire la proposta di costituzione della FISE e si augura che la proposta prenda concretezza nel prossimo futuro. In occasione di tali incontri il Presidente della SIBM, a titolo personale, si è espresso favorevolmente alla proposta AIOL di pubblicare un Bollettino comune tra le due Società. In tale ambito si è anche discussa la possibilità di fondare una rivista scientifica dedicata ai vari aspetti della ricerca sulle acque marine ed interne che supplisca la constatata mancanza di continuità nel presentare le problematiche studiate dalla comunità scientifica italiana nell'ambito della letteratura internazionale.

4.2. Programma di Collaborazione internazionale Italia-Albania

Il Presidente informa che, a seguito delle decisioni prese dall'Assemblea di Lecce (23 ottobre 1991), il programma scientifico preparato dal Consiglio Direttivo venne regolarmente inoltrato a Roma alla Direzione Generale Cooperazione allo Sviluppo del Ministero degli Affari Esteri e al Ministro dell'Università e della Ricerca Scientifica e Tecnologica e, a Tirana, al Segretario Scientifico dell'Accademia delle Scienze ed al Direttore dell'Istituto d' Idrometeorologia della stessa Accademia. Copia di tale programma venne inoltre inviata al Socio F. Faranda. Il programma, che ha suscitato vivo interesse in diverse sedi, non ha finora ricevuto riscontro ministeriale alcuno. Il Presidente ricorda inoltre che il Direttore dell'Istituto di Idrobiologia del CNR di Pallanza era stato invitato a preparare un programma limnologico. Il Prof. N. Pano (Accademia delle Scienze di Tirana) ha inviato a suo tempo i moduli di "Cooperation in Science and Technology with Central and Eastern European Countries" della CEE che vennero distribuiti in copia al Consiglio di Presidenza, per una loro distribuzione ad eventuali interessati.

4.3. Tavola Rotonda "La Ricerca Oceanografica in Antartide: risultati e prospettive"

Il Presidente informa l'Assemblea che la medesima non potrà aver luogo in quanto il solo relatore R. Azzolini potrà essere presente. Gli altri relatori invitati (B. Battaglia, G. Clemente, M. Zucchelli) per impegni imprevedibili hanno comunicato che non sarà loro possibile partecipare, come convenuto.

4.4. Soci onorari

Il Presidente legge le motivazioni per il conferimento della qualifica di Socio onorario, su proposta del Consiglio, ai Soci Prof. I. Dagnino (Università degli Studi di Genova) e Prof. A. De Maio (Istituto Universitario Navale di Napoli). L'Assemblea approva unanime.

4.5. Varie

Il Presidente si rammarica del fatto che nella pubblicazione di specifiche attività di ricerca marine da parte di Soci dell'AIOL in riviste nazionali, esulando dal tema specifico, non si dia pari spazio a tutte le componenti che caratterizzano in modo interdisciplinare l'Oceanografia. Il Presidente inoltre rende noto di aver chiesto alla Union des Océanographes de France informazioni in merito ad una riunione indetta da tale associazione (24-25 settembre 1992) ed alla quale hanno partecipato rappresentanti di Società oceanografiche francesi, tedesche, italiane e britanniche.

Il Presidente riferisce in merito ad eventi minori succedutisi nel corso del biennio. Tra gli altri ricorda che l'Associazione ha inviato un telegramma al Signor Ministro

dell'Ambiente, Carlo Ripa di Meana, per sollecitare l'ingresso dell'Italia nell'International Whaling Commission (IWC).

Inoltre l'Associazione ha dato il suo patrocinio ai seguenti Convegni: Mediterranean Seas 2000 (S. Margherita Ligure), Ecosistema Stretto di Messina (Messina), Ecologia Microbica del Mar Mediterraneo (Taormina), International Symposium on Coastal Ocean Space Utilisation (S. Margherita Ligure), 5th International Conference on the Conservation and Management of Lakes (Stresa), Speleomar '91 e '92 (Palinuro).

5. Stampa Atti 9° e 10° Congresso e proposte per il futuro

Il Presidente da la parola al Consigliere M. Piccazzo il quale informa che i volumi degli Atti del 9° Congresso sono in distribuzione ai Soci in regola con le quote sociali e rende noto che, in seguito ai numerosi ordini di estratti ricevuti dalla Tipografia Lang, è possibile ridurre del 50 % il loro costo.

M. Piccazzo inoltre informa l'Assemblea che il Comitato di Redazione degli Atti del 10° Congresso dell'Associazione è costituito da G.C. Albertelli, R. Cattaneo-Vietti e M. Piccazzo. Il Comitato solleciterà per fine marzo 1993 i Soci che hanno presentato comunicazioni a far pervenire i lavori a M. Piccazzo non oltre il 30 maggio 1993, secondo le indicazioni contenute nelle istruzioni distribuite durante le varie sessioni del Congresso. I lavori che arriveranno in redazione dopo tale termine saranno pubblicati come riassunti e come tali non sottoposti all'esame dei referees.

6. Interventi dei Soci

Il Presidente apre la discussione.

Sul problema FISE interviene I. Ferrari che, in qualità di Vice-Presidente della SITE, assicura il suo interessamento per un rilancio del Progetto all'interno della SITE stessa, la quale, per altro, avendo recentemente cambiato Direttivo, è in una fase di rinnovamento. F. Faranda ritiene che la FISE sia uri fatto molto importante e che vada sostenuto; inoltre sottolinea che sarebbe oltremodo positivo e d'interesse generale se, all'interno della FISE, si costituisse una sezione per la formazione ed i problemi della didattica universitaria.

Per quanto concerne il Progetto di Collaborazione Internazionale Italia-Albania, F. Faranda informa l'Assemblea che al Ministero degli Affari Esteri sono giunti due progetti di ricerca in Albania, uno presentato dall'AIOL e l'altro presentalo da una Società privata; suggerisce la possibilità di sviluppare un progetto di formazione, sempre che il Governo Albanese ne sia interessato, come afferma il Prof. N. Pano, presente all'Assemblea.

Più Soci segnalano il grave problema dell'uso delle Navi oceanografiche. Su questo punto intervengono D. Bregant, N. Della Croce, F. Faranda, G. Fierro, M. Innamorati, R. Meloni, M. Ravaioli. Tutti gli intervenuti sollecitano un chiarimento sulla disponibilità di usare navi oceanografiche da parte di Enti non CNR (Università, ENEA, ecc.), ricordando che il CNR, oltre a svolgere ricerca in proprio, è, per statuto, Ente di coordinamento di tutta la ricerca scientifica italiana. Gli altissimi costi di noleggio delle navi di fatto impediscono ai gruppi di ricerca universitari la loro utilizzazione. Da più parti si auspica la formazione di pools integrati di ricercatori per l'utilizzazione al meglio delle navi che gli Istituti CNR hanno in dotazione o che per bilancio proprio possono affittare; si auspica altresì un intervento finanziario diretto del MURST al quale verrà inviato un promemoria.

F. Faranda infine informa l'Assemblea che a Genova il 26-27 novembre si terrà il Seminario conclusivo sull'attività oceanografica svolta nel quinquennio precedente; inoltre stigmatizza il fatto che il Progetto Magellano, che poteva contare su un finanziamento già stanziato e disponibile, non sia potuto decollare. Informa infine l'Assemblea che è stato approvato un progetto "Museo Antartico" che prevede la realizzazione, entro due anni, di Centri di documentazione, raccolta e studio in 3 diverse città (Genova per la parte biologica, Siena per quella geologica e Trieste per la Storia delle Esplorazioni).

7. Relazione del Segretario

Il Presidente invita R. Cattaneo-Vietti, Segretario-Tesoriere del biennio 1991-92, a presentare il rendiconto amministrativo e finanziario.

7.1. Partita IVA

Il Segretario informa l'Assemblea che il Consiglio di Presidenza ha provveduto le formalità necessarie per l'attribuzione del Codice Fiscale dell'Associazione (C.F.: 92027530374) grazie all'interessamento del consigliere P. Giordani.

7.2. Esito del Referendum

In seguito alle decisioni prese dall'Assemblea Generale dei Soci a Lecce (23 ottobre 1991) si è svolto il Referendum indetto per modificare l'Art. 3 e l'Art. 4 dello Statuto (vedi Verbale del 14 aprile 1992).

In seguito all'esito del referendum gli Art. 3 e 4 dello Statuto sono così modificati:

Articolo 3

L'Associazione ha sede legale in Santa Margherita Ligure, presso l'Istituto di Scienze Ambientali Marine dell'Università degli Studi di Genova e sede amministrativa presso il Presidente pro- tempore.

Articolo 4

L'Associazione comprende membri attivi, membri associati, membri onorari e membri juniores.

Possono essere membri attivi tutti coloro che svolgono o hanno svolto ricerca attiva portando un contributo scientifico nell'Oceanologia e nella Limnologia. Possono essere membri associati tutti coloro che sono interessati direttamente o indirettamente alle scienze oceanologiche e limnologiche senza svolgere ricerca attiva.

Sono Soci onorari persone illustri che abbiano contribuito in misura rilevante allo sviluppo delle scienze oceanologiche e limnologiche.

Studenti interessati alle discipline oceanologiche e limnologiche possono essere membri juniores dell'Associazione, per un periodo non superiore a tre anni, dopo il quale il Socio diviene, su domanda, Socio attivo o associato.

Tutti i membri dell'Associazione hanno diritto di voto.

Soltanto i membri attivi possono coprire cariche sociali.

Anche Enti, regolarmente costituiti, possono far parte dell'Associazione, senza diritto di voto.

7.3. Recupero quote Soci morosi

Il Segretario fa notare che, in seguito ad una serie di lettere di sollecito inviate a tutti i Soci, in due anni sono stati recuperati circa 5 milioni di arretrati, ma al tempo stesso

sono decaduti da Soci, sia per loro volontà che in quanto morosi da più di quattro anni al 1991 (decisione dell'Assemblea di Lecce del 23 ottobre 1991), i seguenti Soci:

A. Angelucci, R. Antonietti, A. Aragone, N. Arcamone, M. Astorri, C. Barghigiani, L. Bertotti, F. Bozzoli, L. Cavaleri, D. Chiapperini, A. Comaschi, R. Costa, U. Crescenti, V. Cuomo, G. Cutugno, V. Damiani, T. De Pippo, P. Franco, P. Frigeri, G. Gandolfi, G. Giazzi, V. Hull, G. Imperiale, G. Izzo, G.B. La Monica, A. Longinelli, M. Marzocchi, L.S. Monticelli, M. Morbidoni, P. Mulas, P. Orrù, A. Ozer, C. Palau, C. Papucci, V. Parisi, E. Paschini, E. Piccini, G. Premazzi, R. Purini, B. Rossaro, Sergio Rossi, C. Sacchi, R. Santangelo, V. Sciarrone, M. Scintu, A. Solazzi, F. Stravisi, A. Tomasin, F. Vanzanella, F. Veniale, G. Villetti, M. Vultaggio, G. Zurlini.

7.4. Bilanci Definitivi 1991 e 1992

Il Segretario presenta il bilancio definitivo riguardante il periodo 1991 (presentato in parte a Lecce) e quello relativo all'anno in corso.

BILANCIO 1991

A) SALDO 31.07.91 su c/c di Pallanza e Trieste Lit. 31.661.916

ENTRATE (al 31.12.91)

Residuo c/c 9 Congresso (25.11.91)	Lit.	299.144
Contributo CNR-1990	Lit.	5.000.000
Interessi maturati nel 1991	Lit.	136.507
Quote sociali	Lit.	5.944.200
B) Totale entrate	Lit.	11.379.851

C) DISPONIBILITÀ TOTALE (A+B) Lit. 43.041.767

USCITE (al 31.12.91)

Spese postali	Lit	730.100
Spese tipografiche	Lit.	737.800
Spese di segreteria	Lit.	76.000
Spese bancarie	Lit.	48.800
Spese stampa volume 9 Congresso	Lit.	5.000.000
D) Totale uscite	Lit.	6.592.700

E) SALDO AL 31.12.91 (C-D) Lit. 36.449.067

BILANCIO 1992 (dal 1.1.92 al 30.10.92)

F) SALDO AL 1.01.91 (E)	Lit.	36.449.067

ENTRATE 1992 (al 30.10.92)

Quote soci ali al 30.10.92	Lit.	4.665.000
G) Totale entrate 1992	Lit.	4.665.000

USCITE 1992 (al 30.10.92)

Spese postali	Lit.	942.750
Spese tipografiche	Lit.	887.000
Spese di segreteria	Lit.	555.400
Spese bancarie	Lit.	264.474
Libro Notaio Fanti	Lit.	117.000
H) Totale uscite 1992	Lit.	2.766.624

I) SALDO AL 30.10.92 (F+G-H)	Lit.	38.347.443

Inoltre viene ricordato che l'Associazione ha i seguenti fondi depositati fuori sede:

Disponibilità su c/c a Trieste al 6.7.91	Lit.	135.012
Disponibilità su c/c a Pallanza al 30.9.92	Lit.	852.614
TOTALE DISPONIBILITÀ FUORI SEDE	Lit.	987.626

7.5. Finanziamenti riguardanti il 10° Congresso

Il Segretario rende noto che, per quanto riguarda il Congresso di Alassio, due Comitati del CNR hanno contribuito alle spese stampa degli Atti con un finanziamento di Lit. 15.000.000 (di cui Lit. 10.000.000 da parte del Comitato Scienze Tecnologiche dell'Ambiente e dell'Habitat e Lit. 5.000.000 da parte del Comitato Scienze Biologiche e Mediche). Inoltre Lit. 2.000.000 sono stati stanziati dall'Università degli Studi di Genova, in occasione del 500° Anniversario della scoperta dell'America.

7.5. Indirizzario Soci

Nel volume degli Atti del 9° Congresso è stato pubblicato l'Indirizzario completo dei Soci che sono pregati di segnalare alla Segreteria eventuali errori ed omissioni.

7.6. Sede dell'Associazione

Presso l'Istituto di Scienze Ambientali Marine dell'Università di Genova, Sede legale dell'Associazione, prende consistenza la raccolta dei volumi degli Atti. Sono a oggi depositate copie degli Atti del 6° Congresso (95 volumi); del 7° (64); dell'8° (63), già presso l'Istituto Talassografico di Trieste. Saranno inoltre in questa sede raccolte le copie degli Atti giacenti presso l'Istituto Italiano di Idrobiologia di Pallanza: Atti del 1°

Congresso (11 volumi); del 2° (358); del 3° (207); del 4° (21); del 5° (19); del 6° (10); del 7°(ll);deH'8°(6).

8. Elezione dei Revisori dei Conti e degli Scrutatori

Vengono proposti e nominati quali Revisori dei Conti i Soci: M. Pansini e G. Lo Paro.

Vengono proposti e nominati quali Scrutatori i Soci: A.M. Borsetti e L. Langone.

I Revisori dei Conti (M. Pansini e G. Lo Paro) vengono invitati dal Presidente ad esaminare i documenti relativi e si allontanano dalla sala insieme al Segretario; al loro rientro in sala sollecitano l'approvazione del Bilancio 1991 e propongono di approvare, come definitivo, il bilancio 1992, chiuso al 30 ottobre 1992.

L'Assemblea, unanime, approva.

9. Proposta nuovi Soci

Hanno fatto domanda d'iscrizione all'AIOL:

Stefano ALIANI	presentato da Bianchi e Morri
Romano AMBROGI	presentato da Della Croce e Cattaneo-Vietti
Andrea BARBANTI	presentato da Pugnetti e Langone
Pierluigi BRANDOLINI	presentato da Piccazzo e Firpo
Giorgio BUDILLON	presentato da Piccazzo e Spezie
Fabio CONVERSANO	presentato da Piccazzo e Spezie
Anna Maria DE BIASI	presentato da Bianchi e Morri
Giuseppe DELLA VALLE	presentato da Innamorati e Pansini
Giovanni DIVIACCO	presentato da Morri e Balduzzi
Ennio GHIARA	presentato da Ferretti e Brandi
Michele GIANI	presentato da Tunesi e Giordani
Francesco MARABINI	presentato da Giordani e Piccazzo
Alessandra MORESCALCHI	presentato da Della Croce e Cattaneo-Vietti
David PELLEGRINI	presentato da Tunesi e Cattaneo-Vietti
Raffaella PIANI	presentato da Brambati e Fanzutti
Cataldo POLIZZANO	presentato da Bavestrello e Cattaneo-Vietti
Ernesto RABBI	presentato da Colantoni e Giordani
Silvano RIGGIO	presentato da Boero e Cattaneo
Roberto SANDULLI	presentato da Bianchi e Morri
Maria Pia SPARLA	presentato da Albertelli e Zagami
Mauro SPOTORNO	presentato da Piccazzo e Firpo
Remo TERRANOVA	presentato da Firpo e Piccazzo
Renzo VALLONI	presentato da Giordani e Piccazzo
Chiara WELKER	presentato da Cattaneo e Innamorati

UNITA[1] ENEA AMB/GES - CRE S. TERESA

L'Assemblea unanime accetta tutte le domande di iscrizione.

10. Rinnovo delle cariche sociali

Sono presenti 56 Soci con diritto di voto (+ 29 deleghe), per un totale di 85 Soci.

Il Presidente, dopo aver chiesto all'Assemblea se vi fossero candidature, dichiara la sua disponibilità a rimanere in carica per un secondo biennio. Constatata l'assenza di altre candidature, su proposta del Socio C.N. Bianchi, l'Assemblea elegge per acclamazione il Prof. N. Della Croce Presidente dell'Associazione.

Il Presidente informa l'Assemblea che diversi Consiglieri (G. Albertelli, G.P. Fanzutti, P. Giordani e M. Piccazzo) non sono più rieleggibili e che il Consigliere W. Ambrosetti, pur rieleggibile, ha fatto sapere che, per motivi personali, preferisce non ricandidarsi.

Il Segretario segnala all'Assemblea una serie di nomi proposti sia dal Consiglio Uscente che dall'Assemblea stessa e distribuisce le schede agli aventi diritto (in regola con le quote sociali).

Dopo le votazione, i Soci scrutatori, A.M. Borsetti e L. Langone, presentano i seguenti risultati:

G. Catalano, 73 voti
R. Cattaneo-Vietti, 70 voti
N. Sechi, 57 voti
M. Firpo, 52 voti
G.C. Spezie, 48 voti
F. Boero, 42 voti
R. Meloni, 39 voti
A. Michelato, 35 voti
O. Ferretti, 27 voti
L. Langone, 8 voti
D. Bregant, M. Fabiano, L. Mazzella e P. Guilizzoni, 1 voto

Risultano quindi eletti: G. Catalano, R. Cananeo-Vietti, N. Sechi, M. Firpo, G.C. Spezie e N. Boero.

11. Varie ed eventuali

Il Presidente ringrazia tutti gli intervenuti al Congresso e dichiara chiusa l'Assemblea.

Esauriti gli argomenti all'Ordine del Giorno, la seduta è tolta alle ore 20.00.

Il Presidente — **(Norberto Della Croce)**

Il Segretario — **(Riccardo Cattaneo-Vietti)**

ASSOCIAZIONE ITALIANA DI OCEANOLOGIA E LIMNOLOGIA

fondata il 27 giugno 1972

SOCI FONDATORI

Giuseppe Macchi, Carlo Morelli, Raimondo Selli, Norberto Della Croce, Luciano Tomadin, Livia Tonolli e Aldo Macchiavelli.

SOCI ONORARI

Giuseppina Aliverti, Mario Bossolasco, Mario Picotti, Bruno Schreiber, Albert Disteche, Jacques Nihoul, Rupert Riedl, Livia Tonolli, Elvezio Ghirardelli, Paolo Moretti, Ignazio Dagnino e Arturo De Maio.

PRESIDENTI

Raimondo Selli (1972-74)
Norberto Della Croce (1975-76)
Livia Tonolli (1977-78)
Giuliano Fierro (1979-80)
Riccardo De Bernardi (1981-82)
Roberto Frache (1983-84)
Davide Bregant (1985-86)
Davide Bregant (1987-88)
Riccardo De Bernardi (1989-90)
Norberto Della Croce (1991-92)
Norberto Della Croce (1993-94)

STATUTO

Articolo 1

È' costituita la "Associazione Italiana di Oceanologia e Limnologia".

Articolo 2

L'Associazione ha lo scopo di favorire, per mezzo di contatti scientifici, la collaborazione tra studiosi delle diverse discipline afferenti all'Oceanologia ed alla Limnologia onde contribuire al progresso di queste scienze.

Articolo 3

L'Associazione ha sede legale in Santa Margherita Ligure presso l'Istituto di Scienze Ambientali Marine dell'Università di Genova e sede amministrativa presso il Presidente prò-tempore.

Articolo 4

L'Associazione comprende membri attivi, membri associati, membri onorari e membri juniores.

Possono essere membri attivi tutti coloro che svolgono o hanno svolto ricerca attiva portando un contributo scientifico nella Oceanologia e nella Limnologia. Possono essere membri associati tutti coloro che sono interessati direttamente o indirettamente alle scienze oceanologiche e limnologiche senza svolgere ricerca attiva.

Sono Soci onorari persone illustri che abbiano contribuito in misura rilevante allo sviluppo delle scienze oceanologiche e limnologiche.

Studenti interessati alle discipline oceanologiche e limnologiche possono essere membri juniores dell'Associazione, per un periodo non superiore a tre anni, dopo il quale il Socio diviene, su domanda, Socio attivo o associato.

Tutti i membri dell'Associazione hanno diritto di voto.

Soltanto i membri attivi possono coprire cariche sociali.

Anche Enti, regolarmente costituiti, possono far parte dell'Associazione, senza diritto di voto.

Articolo 5

Chiunque desideri diventare membro deve farne domanda al Presidente per mezzo di due membri attivi proponenti. Per gli Enti di cui all'ultimo capoverso dell'ari. 4 basta la semplice domanda.

L'ammissione dei nuovi membri, previo parere favorevole del Consiglio di Presidenza, è deliberata dall'Assemblea.

Ciascun membro sarà tenuto a versare una quota sociale annuale la cui misura sarà fissata anno per anno dall'Assemblea.

Articolo 6

Sono organi dell'Associazione Italiana di Oceanologia e Limnologia il Consiglio di Presidenza e l'Assemblea Generale dei Soci.

Articolo 7

Il Consiglio è costituito dal Presidente e da sei Consiglieri. I componenti del Consiglio sarannno scelti fra i cultori delle diverse discipline. Il Consiglio nomina inoltre, al di fuori del suo seno, un Segretario-Tesoriere.

Articolo 8

Tutte le cariche sociali hanno durata di due anni. Il Presidente ed i Consiglieri potranno essere rieletti una sola volta consecutivamente nella stessa carica.

Articolo 9

Il Presidente ed i Consiglieri sono nominati dalla Assemblea Generale. Il Segretario-Tesoriere è scelto dal Consiglio tra i Soci.

Articolo 10

Al Consiglio sono devoluti tutti i poteri di amministrazione ordinaria e straordinaria, per l'attuazione degli scopi sociali che non siano per legge tassativamente riservati all'Assemblea.

Articolo 11

La rappresentanza legale e la firma della Associazione sono devolute al Presidente o, in caso di sua assenza o impedimento, ad un membro del Consiglio delegato dallo stesso Presidente.

Articolo 12

Per la validità delle deliberazioni del Consiglio è necessaria la presenza di almeno 5 membri, tra cui il Presidente. Le deliberazioni si prendono a maggioranza assoluta di voti.

Articolo 13

L'Assemblea Generale dei Soci si riunisce almeno una volta all'anno presso la Sede sociale o in altro luogo indicato nell'avviso di convocazione. Essa è convocata dal Presidente o dal Segretario-Tesoriere mediante avviso contenente l'ordine del giorno da

rimettersi a ciascuno dei Soci, almeno quindici giorni prima di quello fissato per l'adunanza.

Eventuali Assemblee Straordinarie possono essere convocate su richiesta di almeno un decimo dei membri attivi.

Articolo 14

L'Assemblea è validamente costituita in prima convocazione con la presenza di almeno metà dei Soci ed in seconda convocazione con la presenza di un numero qualsiasi di Soci. Le deliberazioni si prendono a maggioranza di voti dei Soci presenti e votanti. Ciascun socio non può presentare più di una delega.

Articolo 15

Gli atti ufficiali e le comunicazioni presentate nei Convegni della Associazione vengono pubblicati come Atti dell'Associazione.

Articolo 16

Il patrimonio necessario alla Associazione per il raggiungimento dei propri scopi sarà costituito dalle quote sociali e da eventuali contributi e donazioni.

Articolo 17

Le modalità di applicazione dello Statuto saranno precisate da apposito Regolamento che verrà approvato dall'Assemblea.

Articolo 18

Le modifiche dello statuto e del regolamento, previa approvazione della loro proponibilità da parte della Assemblea generale, devono essere sottoposte al voto per lettera di tutti i Soci.

Per l'approvazione è richiesto il voto favorevole di almeno 2/3 dei votanti.

REGOLAMENTO

Titolo I - Membri

Art. 1 - Possono essere membri dell'Associazione cittadini italiani e stranieri.

Art. 2 - Per l'ammissione all'Associazione è necessaria, oltre alla domanda controfirmata da due Soci proponenti, la compilazione di un apposito modulo informativo.

Art. 3 - La domanda di ammissione all'Associazione presuppone da parte del richiedente l'accettazione dello Statuto e del Regolamento dell'Associazione.

Art. 4 - Ogni membro è tenuto a comunicare al Segretario il proprio indirizzo esatto ed ogni eventuale sua variazione.

Art. 5 - Ciascun membro è tenuto a versare, al momento dell'accettazione della domanda, la quota di iscrizione e la quota annuale d'Associazione relativa all'anno in cui la domanda è presentata.

Art. 6 - Cessa di appartenere all'Associazione il membro che non sia in regola con il pagamento della quota sociale da quattro anni.

Titolo II - Consiglio di Presidenza

Art. 1 - Al Consiglio di Presidenza spetta l'organizzazione delle attività che rientrano nelle finalità dell'Associazione di cui all'Art. 2 dello Statuto. Esso risponde del proprio operato all'Assemblea.

Art. 2 - Le elezioni del Presidente e dei sei Consiglieri, fatta su liste di candidatura precedentemente proposte dai Soci, avvengono in una medesima seduta dell'Assemblea Generale dei Soci con votazione segreta mediante schede, delle quali una per l'elezione del Presidente e l'altra per l'elezione dei Consiglieri. Lo spoglio e lo scrutinio delle schede verrà fatto seduta stante da tre scrutatori precedentemente nominati dell'Assemblea. Risulterà eletto Presidente il Socio che avrà ottenuto il maggiore numero di voti. E' previsto il ballottaggio in caso di parità di voti. Risulteranno eletti Consiglieri i sei Soci che in graduatoria avranno ottenuto il maggior numero di voti. In caso di parità di voti per il posto del sesto Consigliere, prevarrà quello con maggiore anzianità di Associazione.

Alt. 3 - La convocazione del Consiglio di Presidenza è fatta dal Presidente mediante invito diramato dal Segretario almeno 15 giorni prima di quello fissato per la riunione. Il Presidente è tenuto a convocare il Consiglio entro un mese dalla richiesta scritta di almeno tre Consiglieri.

Art. 4 - La rappresentanza legale e la firma dell'Associazione sono devolute al Presidente, come da Art. 11 dello Statuto, il quale in caso di assenza o impedimento potrà delegare, a seconda dei casi e di volta in volta, un membro del Consiglio.

Art. 5-11 Segretario-Tesoriere, nominato dal Consiglio, è tenuto a presentare all'Assemblea annuale il bilancio consuntivo per l'anno trascorso ed il bilancio preventivo per l'anno seguente. L'Assemblea nomina due Revisori dei conti.

Art. 6-11 Consiglio propone congressi e simposi, ne fissa la data, la sede ed ogni altra modalità.

Art. 7 - Ai Congressi annuali verranno tenute relazioni e comunicazioni su argomenti generali. Gli argomenti ed i relatori ufficiali saranno scelti dal Consiglio di Presidenza. Tutti i membri avranno la possibilità di presentare comunicazioni che saranno tuttavia scelte e limitate nel numero da un Comitato di Redazione interdisciplinare nominato dal Consiglio di Presidenza. Negli Atti dei Congressi verranno pubblicati i riassunti

delle relazioni e delle comunicazioni e/o, compatibilmente con le disponibilità finanziarie, i relativi testi integrali.

Titolo III - Assemblea Generale dei Soci

Art. 1 - Nelle deliberazioni dell'Assemblea hanno diritto al voto solo i membri in regola con il pagamento della quota sociale.

Art. 2 - All'Assemblea sono demandate le modifiche allo Statuto e al Regolamento.

Art. 3 - L'Assemblea può nominare, ove ne ravvisi la necessità, delle Commissioni per lo studio di particolari problemi.

Titolo IV - Pubblicazioni ufficiali

Art. 1 - Le pubblicazioni ufficiali dell'Associazione sono gli Atti dei Congressi e dei Simposi da essa organizzati. Un apposito Comitato, nominato dal Consiglio di Presidenza, ne cura la stampa.

Art. 2 - Gli Atti dei Congressi, i rendiconti dell'Associazione e l'elenco dei Soci, verranno distribuiti a tutti gli iscritti in regola con il pagamento delle quote sociali.

Art. 3 - L'Associazione scambia le proprie pubblicazioni con quelle di altre Associazioni, Società o Istituti scientifici. Le copie disponibili possono anche essere vendute.

Art. 4-11 deposito delle pubblicazioni dell'Associazione, dei libri ricevuti in scambio o omaggio e dei beni sociali a presso la sede legale dell'Associazione.

SOCI AIOL

(al 30 giugno 1994)

Dr. Ezio ACCERBONI
OSSERVATORIO GEOFISICO SPERIMENTALE
Borgo Grotta Gigante - CP 2011
34016 TRIESTE (Italia)
Tel: 040-21401 Fax: 327307
Socio attivo dal 1974

Dr. Silvia AIRÓ
DIPARTIMENTO GENETICA E MICROBIOLOGIA - SEZ. ECOLOGIA
UNIVERSITÀ DI PAVIA
Piazza Botta, 10
27100 PAVIA (Italia)
Tel: 0382-22319 Fax: 528496
Socio junior dal 1991

Prof. Vincenzo ALBERGONI DIPARTIMENTO DI BIOLOGIA UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI PADOVA
Via Trieste, 75
35131 PADOVA (Italia)
Tel: 049-8286334 Fax: 8286300
Socio attivo dal 1982

Dr. Carlo ALBERINI
UNIVERSITÀ DI URBINO
Via Saffi, 42
61029 URBINO (Italia)
Tel: Fax:
Socio junior dal 1991

Dr. Luigi ALBEROTANZA
ISTITUTO DINAMICA GRANDI MASSE C.N.R.
San Polo, 1364 30125 VENEZIA (Italia)
Tel: Fax:
Socio attivo dal 1986

Prof. Giancarlo ALBERTELLI
ISTITUTO DI SCIENZE AMBIENTALI MARINE
UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI GENOVA
Corso Rainusso, 14 - CP 79
16038 S. MARGHERITA LIGURE (GE) (Italia)
Tel: 0185-286195 / 283415 Fax: 281089
Socio attivo dal 1975

Dr. Stefano ALIANI
ENEA - CENTRO RICERCHE AMBIENTE MARINO SANTA TERESA
C.P. 316
19100 LA SPEZIA (Italia)
Tel: 0187-536260 Fax: 536273
Socio attivo dal 1993

Dr. Antonina ALLEGRA
ISTITUTO SPERIMENTALE TALASSOGRAFICO C.N.R.
Spianata San Raineri, 86
98123 MESSINA (Italia)
Tel: 090-669004 Fax: 714909
Socio junior dal 1991

Dr. Romano AMBROGI
ENEL - CRTN
Via Rubattino, 54
20134 MILANO (Italia)
Tel : 02-72243061 Fax : 72243915
Socio attivo dal 1993

Dr. Emo AMBROSANO
Via Letizia ai Camaldoli, 21
80131 NAPOLI (Italia)
Tel: 081-5463565 Fax:
Socio attivo-ex junior dal 1979

Dr. Walter AMBROSETTI
ISTITUTO ITALIANO DI IDROBIOLOGIA
C.N.R.
Largo Tonolli, 50/52
28048 PALLANZA (NO) (Italia)
Tel: 0323-556571 Fax: 556513
Socio attivo dal 1986

Prof. Concetto AMORE
ISTITUTO POLICATTEDRA DI
OCEANOLOGIA E PALEOECOLOGIA
UNIVERSITÀ DI CATANIA
Corso Italia, 55
95129 CATANIA (Italia)
Tel: 095-381346 /376308 Fax: 381346
Socio attivo dal 1976

Dr. Luca ANDRIOLA
ENEA AMB/MON/GEOLOG Sacco Postale 056
SANTA MARIA DI GALERA
Via Anguillarese, 301
00060 ROMA (Italia)
Tel: 06-30483286 Fax: 30486487
Socio Junior dal 1994

Dr. Stefano ANGELINI
ACQUARIO DI GENOVA
Piazza Raibetta, 2/27
16123 CENO VA (Italia)
Tel : 010-2471140 Fax : 2471262
Socio attivo dal 1992

Prof. Attilio ARILLO
ISTITUTO DI ZOOLOGIA
UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI GENOVA
Via Balbi, 5
16126 GENOVA (Italia)
Tel: 010-2099457 Fax: 2099323
Socio attivo dal 1979

Dr. Antonio ARTEGIANI
ISTITUTO DI RICERCHE SULLA PESCA
MARITTIMA C.N.R.
Molo Mandracchio 60125 ANCONA (Italia)
Tel: 071-55314/5 Fax: 55313
Socio attivo dal 1982

Dr. Roberto AZZOLINI
C.N.R. - PROGRAMMA ANTARTIDE
SEGRETERIA TECNICO - SCIENTIFICA
Via Tiburtina, 770
00159 ROMA (Italia)
Tel: 06-4075815 Fax: 4075819
Socio attivo dal 1982

Prof. Franca BAFFI
ISTITUTO DI CHIMICA GENERALE ED
INORGANICA
UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI GENOVA
Viale Benedetto XV, 3
16132 GENOVA (Italia)
Tel: 010-3538112/3538119 Fax: 358379
Socio associato dal 1975

Dr. Andrea BALDUZZI
ISTITUTO DI ZOOLOGIA
UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI GENOVA
Via Balbi, 5
16126 GENOVA (Italia)
Tel: 010-2099469 Fax: 2099323
Socio attivo dal 1985

Dr. Andrea BARBANTI
ISMES Spa
Via Giulio Cesare 29
24100 BERGAMO (Italia)
Tel: 035-307504 Fax: 307710
Socio attivo dal 1993

Prof. Luigi BARBANTI
ISTITUTO ITALIANO DI IDROBIOLOGIA
C.N.R.
Largo Tonolli, 50/52
28048 PALLANZA (NO) (Italia)
Tel: 0323-556571 Fax: 556513
Socio attivo dal 1974

Dr. Gaetano BARBATO
FACOLTÀ DI MEDICINA
Via Valsabbina
25100 BRESCIA (Italia)
Tel: Fax:
Socio attivo dal 1982

Dr. Marco BARBIERI
UNITED NATIONS ENVIRONMENTAL PROGRAMME
15, Rue Ali Ibn Abi Taleb
Cité Jardin
1002 TUNIS (Tunisia)
Tel: 261-1-795760 Fax: 797349
Socio attivo dal 1992

Dr. Rossella BARONE
DIPARTIMENTO DI SCIENZE BOTANICHE
LABORATORIO DI ECOLOGIA ACQUATICA
UNIVERSITÀ DI PALERMO
Via Archirafi, 38
90123 PALERMO (Italia)
Tel : 091 -6161493 /6S994 Fax : 6176089
Socio associato dal 1983

Dr. Daniela BASSO
DIPARTIMENTO SCIENZE DELLA TERRA
UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI MILANO
Via Mangiagalli, 34
20133 MILANO (Italia)
Tel: 02-23698226 Fax: 70638261
Socio junior dal 1991

Prof. Piero BATTAGLINI
ISTITUTO DI ZOOLOGIA
UNIVERSITÀ DI NAPOLI
Via Mezzocannone, 8
80134 NAPOLI (Italia)
Tel: 081-5527069 /5527089 75526462 Fax:
Socio associato dal 1975

Dr. Renato BAUDO
ISTITUTO ITALIANO DI IDROBIOLOGIA C.N.R.
Largo Tonolli, 50/52
28048 PALLANZA (NO) (Italia)
Tel: 0323-556571 Fax: 556513
Socio attivo dal 1982

Dr. Giorgio BAVESTRELLO
ISTITUTO DI ZOOLOGIA
UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI GENOVA
Via Balbi,5
16126 GENOVA (Italia)
Tel: 010-2099379 Fax: 2099323
Socio attivo dal 1992

Dr. Piero BELLOTTI
DIPARTIMENTO DI SCIENZE DELLA TERRA
UNIVERSITÀ "LA SAPIENZA"
Piazzale Aldo Moro, 5
00185 ROMA (Italia)
Tel: 06-4453766 Fax: 4454729
Socio attivo dal 1988

Dr. Roberto BERTONI
ISTITUTO ITALIANO DI IDROBIOLOGIA C.N.R.
Largo Tonolli, 50/52
28048 PALLANZA (NO) (Italia)
Tel: 0323-556571 Fax: 556513
Socio attivo dal 1974

Dr. Carlo Nike BIANCHI
ENEA - CENTRO RICERCHE AMBIENTE MARINO SANTA TERESA
C.P. 316
19100 LA SPEZIA (Italia)
Tel: 0187-536255 /536111 Fax: 536273
Socio attivo dal 1985

Dr. Marco BIANCHINI
P.F. "RAISA" - C.N.R.
Via Tiburtina, 770
00159 ROMA (Italia)
Tel: 06-4393836 Fax: 4392963
Socio attivo dal 1980

Prof. Ferdinando BOERO
DIPARTIMENTO DI BIOLOGIA
UNIVERSITÀ DI LECCE
Via Provinciale Lecce-Monteroni
73100 LECCE (Italia)
Tel: 0832-620619 Fax: 351504
Socio attivo dal 1991

Dr. Alfredo BOLDRIN
ISTITUTO DI BIOLOGIA DEL MARE C.N.R.
Riva dei Sette Martiri, 1364/a
30122 VENEZIA (Italia)
Tel: 041-5207622 Fax: 5204126
Socio attivo dal 1984

Dr. Carla BONACINA
ISTITUTO ITALIANO DI IDROBIOLOGIA
C.N.R,
Largo Tonolli, 50/52
28048 PALLANZA (NO) (Italia)
Tel: 0323-556571 Fax: 556513
Socio attivo dal 1974

Dr. Laurita BONI
DIPARTIMENTO DI BIOLOGIA
EVOLUZIONISTICA
UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI BOLOGNA
Via Irnerio, 42
40126 BOLOGNA (Italia)
Tel: 051-351302 Fax: 242576
Socio attivo dal 1991

Prof. Giuliano BONOMI
DIPARTIMENTO DI BIOLOGIA
EVOLUZIONISTICA
UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI BOLOGNA
Via S. Giacomo, 9
40126 BOLOGNA (Italia)
Tel: 051-232586 Fax:
Socio attivo dal 1974

Dr. Anna Maria BORSETTI
ISTITUTO DI GEOLOGIA MARINA
AREA DI RICERCA DEL C.N.R.
Via Gobetti, 101
40129 BOLOGNA (Italia)
Tel: 051-6398111 Fax: 6398940
Socio attivo dal 1990

Dr. Silvia BOVOLENTA
EURATOM - CENTRO COMUNE DELLE
RICERCHE
Via Enrico Fermi
21027 ISPRA (VA) (Italia)
Tel: 0332-789111 Fax: 789001
Socio junior dal 1991

Prof. Antonio BRAMBATI
ISTITUTO DI GEOLOGIA E
PALEONTOLOGIA
UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI TRIESTE
Piazzale Europa, 1
34127 TRIESTE (Italia)
Tel : 040-6763217 / 6763213 Fax: 6763176
Socio attivo dal 1974

Dr. Pierluigi BRANDOLINI
ISTITUTO DI GEOGRAFIA
UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI GENOVA
Via Bensa, 1
16124 GENOVA (Italia)
Tel: 010-2099604 Fax: 208926
Socio attivo dal 1993

Dr. Davide BREGANT
ISTITUTO SPERIMENTALE
TALASSOGRAFICO C.N.R.
Viale R. Gessi, 2
34123 TRIESTE (Italia)
Tel: 040-305403 Fax: 308941
Socio attivo dal 1974

Dr. Maria Luisa BRESSAN
Via dell'Agro, 1
34138 TRIESTE (Italia)
Tel: 040-730396 Fax:
Socio associato dal 1986

Dr. Aldo BRONDI
ENEA - SACCO 044 SANTA MARIA DI
GALERA
Via Anguillarese, 301
00060 ROMA (Italia)
Tel: 06-30483171 Fax: 30484927
Socio associato dal 1974

Prof. Vivia BRUNI
DIPARTIMENTO BIOLOGIA ANIMALE ED
ECOLOGIA MARINA
UNIVERSITÀ DI MESSINA
Salita Sperone, 31 - S. Agata
98166 MESSINA (Italia)
Tel: 090-391301 Fax: 393409
Socio attivo dal 1984

Dr. Giorgio BUDILLON
ISTITUTO DI METEOROLOGIA ED
OCEANOGRAFIA
ISTITUTO UNIVERSITARIO NAVALE
Via Amm. F. Acton, 38
80133 NAPOLI (Italia)
Tel: 081-5513979 Fax: 5521485
Socio attivo dal 1993

Dr. Paola BUSCARINU
ENTE AUTONOMO DEL FLUMENDOSA
Via Mameli, 88
09100 CAGLIARI (Italia)
Tel: Fax:
Socio attivo dal 1991

Dr. Marina CABRINI
LABORATORIO DI BIOLOGIA MARINA
Strada Costiera, 336 - S. Croce
34010 TRIESTE (Italia)
Tel: 040-224400 Fax: 224437
Socio attivo dal 1989

Dr. Alcide CALDERONI
ISTITUTO ITALIANO DI IDROBIOLOGIA
C.N.R.
Largo Tonolli, 50/52
28048 PALLANZA (NO) (Italia)
Tel: 0323-556571 Fax: 556513
Socio attivo dal 1988

Dr. Cristiana CALLIERI
ISTITUTO ITALIANO DI IDROBIOLOGIA
C.N.R.
Largo Tonolli, 50/52
28048 PALLANZA (NO) (Italia)
Tel: 0323-556571 Fax: 556513
Socio attivo dal 1982

Prof. Sebastiano CALVO
DIPARTIMENTO DI SCIENZE BOTANICHE
LABORATORIO DI ECOLOGIA
ACQUATICA UNIVERSITÀ DI PALERMO
Via Archirafi, 38
90123 PALERMO (Italia)
Tel: 091-6161493 /68994 Fax: 6176089
Socio attivo dal 1984

Prof. Renzo CAPELLI
ISTITUTO DI ANALISI E TECNOLOGIA
FARMACEUTICA E ALIMENTARE
UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI GENOVA
Via Brigata Salerno
16147 GENOVA (Italia)
Tel: 010-3532604 Fax:
Socio associato dal 1975

Dr. Nicola CARDELICCHIO
ISTITUTO SPERIMENTALE
TALASSOGRAFICO C.N.R.
Via Roma, 3
74100 TARANTO (Italia)
Tel: Fax:
Socio attivo dal 1986

Prof. Annamaria CARLI
ISTITUTO DI SCIENZE AMBIENTALI
MARINE
UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI GENOVA
Viale Benedetto XV, 5
16132 GENOVA (Italia)
Tel: 010-3538071 Fax: 3538072
Socio attivo dal 1981

Dr. Alfredo CAROLLO
ISTITUTO ITALIANO DI IDROBIOLOGIA
C.N.R.
Largo Tonolli, 50/52
28048 PALLANZA (NO) (Italia)
Tel: 0323-556571 Fax: 556513
Socio attivo dal 1974

Prof. Giancarlo CARRADA
DIPARTIMENTO DI ZOOLOGIA
UNIVERSITÀ DI NAPOLI
Via Mezzocannone, 8
80134 NAPOLI (Italia)
Tel: 081-5527069 Fax: 5526452
Socio attivo dal 1992

Dr. Bruno CASARINO
ISTITUTO DI SCIENZE AMBIENTALI
MARINE
UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI GENOVA
Corso Rainusso, 14 - CP 79
16038 S. MARGHERITA LIGURE (GE) (Italia)
Tel: 0185-286195 / 283415 Fax: 281089
Socio attivo dal 1992

Dr. Giuseppe CASTELLUCCIO
ENEA
CRE - TRISAIA
75025 POLICORO (MT) (Italia)
Tel: Fax:
Socio associato dal 1991

Dr. Giulio CATALANO
ISTITUTO SPERIMENTALE
TALASSOGRAFICO C.N.R.
Viale R. Gessi, 2
34123 TRIESTE (Italia)
Tel: 040-305506 Fax: 308941
Socio attivo dal 1976

Prof. Giampiero CATANI
ISTITUTO DI GEOLOGIA E
PALEONTOLOGIA
UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI TRIESTE
Piazzale Europa, 1
34127 TRIESTE (Italia)
Tel: 040-6763211-13 Fax: 67632
Socio attivo dal 1986

Dr, Riccardo CATTANEO-VIETTI
ISTITUTO DI ZOOLOGIA
UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI GENOVA
Via Balbi, 5
16126 GENOVA (Italia)
Tel: 010-2099324 Fax: 2099323
Socio attivo dal 1984

Dr. Elena CATTINI
Via Rodi, 9/4 16145 GENOVA (Italia)
Tel: 010-316442 Fax:
Socio attivo dal 1991

Prof. Rodolfo CECCHI
OSSERVATORIO GEOFISICO
DELL'UNIVERSITÀ
Via Campi, 213/a
41100 MODENA (Italia)
Tel: 059-370703 Fax:
Socio attivo dal 1984

Prof. Massimo CELIO
LABORATORIO DI BIOLOGIA MARINA
(SORGENTI DI AURISINA)
Strada Costiera, 336 - S. Croce
34010 TRIESTE (Italia)
Tel: 040-224400 Fax: 569743
Socio attivo dal 1992

Prof. Carlo CERRANO
ISTITUTO DI ZOOLOGIA E ANATOMIA
COMPARATA
UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI BARI
Via Orabona, 4
70125 BARI (Italia)
Tel: 080-243352 Fax: 243358
Socio junior dal 1992

Dr. Maria Chiara CHIANTORE
ISTITUTO DI SCIENZE AMBIENTALI
MARINE
UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI GENOVA
Corso Rainusso, 14 - CP 79
16038 S. MARGHERITA LIGURE (GE) (Italia)
Tel: 0185-286195/283415 .Fax: 281089
Socio junior dal 1992

Dr. Giovanni CICERI
C.I.S.E. SpA
Via Reggio Emilia, 39
20134 SEGRATE (MI) (Italia)
Tel : 02-21672503 Fax: 21672620
Socio attivo dal 1984

Prof. Francesco CINELLI
DIPARTIMENTO SCIENZE
DELL'AMBIENTE E DEL TERRITORIO
UNIVERSITÀ DI PISA
Via A. Volta, 6
56121 PISA (Italia)
Tel : 050-500943 / 500018 Fax : 49694
Socio attivo dal 1974

Dr. Giuseppe CIVITARESE
ISTITUTO SPERIMENTALE
TALASSOGRAFICO C.N.R.
Viale R. Gessi, 2
34123 TRIESTE (Italia)
Tel: 040-305506 Fax: 308941
Socio attivo dal 1989

Prof. Ennio COCCO
DIPARTIMENTO DI SCIENZE DELLA
TERRA
UNIVERSITÀ DI NAPOLI FEDERIGO II
Largo San Marcellino, 10
80138 NAPOLI (Italia)
Tel: 081-5516014 Fax: 5525611
Socio attivo dal 1974

Dr. Silvia COCITO
ENEA - CENTRO RICERCHE AMBIENTE MARINO SANTA TERESA
C.P. 316
19100 LA SPEZIA (Italia)
Tel: 0187-536285 Fax: 536213
Socio attivo dal 1991

Prof. Paolo COLANTONI
ISTITUTO GEODINAMICA E SEDIMENTOLOGIA
UNIVERSITÀ DI URBINO
Via Saffi, 42
61029 URBINO (Italia)
Tel: Fax:
Socio attivo dal 1974

Dr. Ester COLIZZA
ISTITUTO DI GEOLOGIA *E* PALEONTOLOGIA
UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI TRIESTE
Piazzale Europa, 1
34127 TRIESTE (Italia)
Tel : 040-5603214 Fax: 5603176
Socio attivo dal 1988

Dr. Bruno COLOMBO
Via Vittorio Veneto, 8
20063 CERNUSCO SUL NAVIGLIO (MI) (Italia)
Tel: 02-9231426 Fax: 9232703
Socio associato dal 1982

Dr. Lidia CONIGLIO
ISTITUTO ITALIANO DI IDROBIOLOGIA C.N.R.
Largo Tonolli, 50/52
28048 PALLANZA (NO) (Italia)
Tel : 0323-556571 Fax : 556513
Socio attivo dal 1988

Prof. Vittorio CONTARDI
ISTITUTO DI CHIMICA GENERALE ED INORGANICA
UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI GENOVA
Viale Benedetto XV, 3
16132 GENOVA (Italia)
Tel: 010-3538118 / 3538108 Fax: 358379
Socio attivo dal 1978

Prof. Antonio CONTU
ISTITUTO DI IGIENE E MEDICINA PREVENTIVA
UNIVERSITÀ DI CAGLIARI
Via Porcell, 4
09100 CAGLIARI (Italia)
Tel: 070-670828/9 Fax: 668861
Socio associato dal 1982

Dr. Fabio CONVERSANO
ISTITUTO DI METEOROLOGIA ED OCEANOGRAFIA
ISTITUTO UNIVERSITARIO NAVALE
Via Amm. F. Acton, 38
80133 NAPOLI (Italia)
Tel: 081-5513979 Fax: 5521485
Socio attivo dal 1993

Prof. Paolo CORDELLA
DIPARTIMENTO DI BIOLOGIA
UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI PADOVA
Via Trieste, 75
35121 PADOVA (Italia)
Tel: 049-8286252 Fax:
Socio attivo dal 1982

Prof. Gilberto CORMEGNA
ViaFavale31
16038 S. MARGHERITA LIGURE (GE) (Italia)
Tel: - Fax:
Socio Associato dal 1994

Dr. Nicola CORRADI
DIPARTIMENTO DI SCIENZE DELLA TERRA
UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI GENOVA
Corso Europa, 26
16132 CENO VA (Italia)
Tel: 010-3538261 Fax: 352169
Socio attivo dal 1982

Dr. Giuseppe CORRIERO
ISTITUTO DI ZOOLOGIA
UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI GENOVA
Via Balbi, 5
16126 GENOVA (Italia)
Tel: 010-2099379 Fax: 2099323
Socio attivo dal 1992

Dr. Cesare CORSELLI
DIPARTIMENTO DI SCIENZE DELLA TERRA
UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI MILANO
Via Mangiagalli, 34
20133 MILANO (Italia)
Tel: 02-23698206 Fax: 70638261
Socio attivo dal 1991

Prof. Gian Camillo CORTEMIGLIA
DIPARTIMENTO DI SCIENZE DELLA TERRA
UNIVERSITÀ DSEGLI STUDI DI GENOVA
Corso Europa, 26
16132 GENOVA (Italia)
Tel: 010-3538274 Fax: 0131-820883
Socio associato dal 1976

Dr. Giuseppa CORTESE
DIPARTIMENTO BIOLOGIA ANIMALE ED ECOLOGIA MARINA
Salita Sperone, 31 - S. Agata
98166 MESSINA (Italia)
Tel: 090-391301 Fax: 393409
Socio attivo dal 1984

Prof. Bianca COSMA MAGRO
ISTITUTO CHIMICA GENERALE ED INORGANICA
UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI GENOVA
Viale Benedetto XV, 3
16132 GENOVA (Italia)
Tel: 010-3538112 / 3538102 Fax: 358379
Socio associato dal 1975

Dr. Andrea COSSU
DIPARTIMENTO DI BOTANICA ED ECOLOGIA
UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI SASSARI
Via Muroni, 25 07100 SASSARI (Italia)
Tel: 079-228646 Fax: 233600
Socio attivo dal 1988

Dr. Giuseppe COSTANZO
DIPARTIMENTO BIOLOGIA ANIMALE ED ECOLOGIA MARINA
Salita Sperone, 31 - S. Agata
98166 MESSINA (Italia)
Tel: 090-391301 Fax: 393409
Socio attivo dal 1979

Prof. Mario COTTA RAMUSINO
DIPARTIMENTO DI BIOLOGIA
SEZIONE DI ECOLOGIA
UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI MILANO
Via Celoria, 26
20133 MILANO (Italia)
Tel: 02-26604375 Fax:02-26604361
Socio attivo dal 1982

Dr. Anabella COVAZZI HARRIAGUE
ISTITUTO DI SCIENZE AMBIENTALI MARINE
UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI GENOVA
Corso Rainusso, 14 - CP 79
16038 S. MARGHERITA LIGURE (GE) (Italia)
Tel: 0185-286195/283415 Fax:0185-281089
Socio Junior dal 1994

Dr. Stefano COVRE
Via Giacomo Leopardi, 54
19100 LA SPEZIA (Italia)
Tel: 0187-504521 Fax:
Socio junior dal 1991

Dr. Ermanno CRISAFI
ISTITUTO SPERIMENTALE TALASSOGRAFICO C.N.R.
Spianata San Raineri, 86
98123 MESSINA (Italia)
Tel: 090-669004 Fax: 090-669007
Socio attivo dal 1979

Dr. Fulvio CRISCIANI
ISTITUTO SPERIMENTALE TALASSOGRAFICO C.N.R.
Viale R. Gessi, 2
34123 TRIESTE (Italia)
Tel : 040-305506 Fax: 040-308941
Socio attivo dal 1989

Dr. Giuseppe CROSA
DIPARTIMENTO DI BIOLOGIA
SEZIONE DI ECOLOGIA
UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI MILANO
Via Celoria, 26
20133 MILANO (Italia)
Tel: 02-26604375 Fax: 02-26604361
Socio attivo dal 1986

Prof. Ignazio DAGNINO
ISTITUTO SCIENZE AMBIENTALI MARINE
UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI GENOVA
Viale Benedetto XV, 5
16132 GENOVA (Italia)
Tel: 010-3538064 Fax:
Socio onorario dal 1976

Dr. Roberto DANOVARO
ISTITUTO DI SCIENZE AMBIENTALI MARINE
UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI GENOVA
Corso Rainusso, 14 - CP 79
16038 S. MARGHERITA LIGURE (GE) (Italia)
Tel: 0185-286195/283415 Fax:0185-281089
Socio attivo dal 1989

Dr. Riccardo DE BERNARDI
ISTITUTO ITALIANO DI IDROBIOLOGIA C.N.R.
Largo Tonolli, 50/52
28048 PALLANZA (NO) (Italia)
Tel: 0323-556571 Fax: 556513
Socio attivo dal 1974

Dr. Anna Maria DE BIASI
ENEA - CENTRO RICERCHE AMBIENTE MARINO SANTA TERESA
C.P. 316
19100 LA SPEZIA (Italia)
Tel: 0187-536260 Fax: 536273
Socio attivo dal 1993

Dr. Maria DE DOMENICO
DIPARTIMENTO BIOLOGIA ANIMALE ED ECOLOGIA MARINA
UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI MESSINA
Salita Sperone, 31 - S. Agata
98166 MESSINA (Italia)
Tel: 090-391301 Fax: 393409
Socio attivo dal 1974

Dr. Maria Antonietta DE MAGISTRIS
DIPARTIMENTO DI SCIENZE DELLA TERRA
UNIVERSITÀ DI NAPOLI FEDERIGO II
Largo San Marcellino, 10
80138 NAPOLI (Italia)
Tel: 081-5516014 Fax: 5525611
Socio attivo dal 1982

Prof. Arturo DE MAIO
ISTITUTO METEOROLOGIA E OCEANOGRAFIA
IST. UNIV. NAVALE NAPOLI
Via Amm. F. Acton, 38
80133 NAPOLI (Italia)
Tel: 081-5513979 Fax: 5521485
Socio onorario dal 1974

Dr. Sandro DE MURO
ISTITUTO DI GEOLOGIA E PALEONTOLOGIA
UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI TRIESTE
Piazzale Europa, 1
34127 TRIESTE (Italia)
Tel: 040-6763218 Fax: 6763176
Socio attivo dal 1989

Ing. Federico DE STROBEL
SACLANT UNDERSEA RESEARCH CENTRE NATO
Viale San Bartolomeo, 400
19026 SAN BARTOLOMEO (SP) (Italia)
Tel: 0187-540111 / 540232 Fax:
Socio attivo dal 1976

Dr. Donatella DEL PIERO
DIPARTIMENTO DI BIOLOGIA
UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI TRIESTE
Via A. Valerio, 32/34
34127 TRIESTE (Italia)
Tel: 040-6763785 Fax: 569743
Socio attivo dal 1984

Prof. Norberto DELLA CROCE
ISTITUTO DI SCIENZE AMBIENTALI MARINE
UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI GENOVA
Corso Rainusso, 14 - CP 79
16038 S. MARGHERITA LIGURE (GE) (Italia)
Tel: 0185-286195 / 283415 Fax: 281089
Socio attivo dal 1974

Dr. Giuseppe DELLAVALLE
LABORATORIO DI BIOLOGIA MARINA (SORGENTI DI AURISINA)
Strada Costiera, 336 - S. Croce
34010 TRIESTE (Italia)
Tel: 040-224400 Fax: 569743
Socio attivo dal 1993

Prof. Giulio DI COLA
DIPARTIMENTO DI MATEMATICA
UNIVERSITÀ DI PARMA
Viale delle Scienze
43100 PARMA (Italia)
Tel: 0521-284005 Fax:
Socio attivo dal 1979

Prof. Italo Sebastiano DI GERONIMO
ISTITUTO POLICATTEDRA DI
OCEANOLOGIA E PALEOECOLOGIA
UNIVERSITÀ DI CATANIA
Corso Italia, 55
95129 CATANIA (Italia)
Tel: 095-7221385 Fax: 7195790
Socio attivo dal 1976

DIPARTIMENTO DI SCIENZE AMBIENTALI
UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI VENEZIA
Calle Larga Santa Marta, 2137
30123 VENEZIA (Italia)
Tel: 041-5298511 Fax: 5298584
Socio ente dal 1986

Prof. Albert DISTECHE
UNITE' D'OCEANOLOGIE
INSTITUT DE CHIMIE
UNIVERSITE' DE LIEGE
Sart-Tilman
B6 4000 LIEGE (Belgio)
Tel: Fax:
Socio onorario dal 1980

Dr. Giovanni DIVIACCO
ICRAM
Via L. Respighi, 5
00197 ROMA (Italia)
Tel: 06-8088966 Fax: 8088326
Socio attivo dal 1993

Dr. Lucilia DOLZANI
ISTITUTO DI MICROBIOLOGIA
UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI TRIESTE
Via Fleming, 22
34127 TRIESTE (Italia)
Tel: Fax:
Socio associato dal 1986

Sig. Nicolino DRAGO
ISTITUTO DI SCIENZE AMBIENTALI
MARINE
UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI GENOVA
Corso Rainusso, 14 - CP 79 16038 S.
MARGHERITA LIGURE (GE) (Italia)
Tel: 0185-286195/283415 Fax: 281089
Socio attivo dal 1974

ENEA AMB/GES - C.R.E.
SANTA TERESA
Casella Postale 316
19100 LA SPEZIA (Italia)
Tel: 0187-536111 Fax: 536273
Socio ente dal 1993

Prof. Mauro FABIANO
ISTITUTO DI ZOOLOGIA ED ANATOMIA
COMPARATA
UNIVERSITÀ DI CAGLIARI
Viale Poetto, 1
09100 CAGLIARI (Italia)
Tel: 070-372840 Fax:
Socio attivo dal 1975

Prof. Francesco FANUCCI
DIPARTIMENTO DI SCIENZE DELLA
TERRA
UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI GENOVA
Corso Europa, 26
16132 GENOVA (Italia)
Tel: 010-3538311 Fax: 352169
Socio attivo dal 1974

Dr. Francesco FANZUTTI
OSSERVATORIO GEOFISICO
SPERIMENTALE
Borgo Grotta Gigante - CP 2011
34016 TRIESTE (Italia)
Tel: 040-21401 Fax: 327307
Socio attivo dal 1988

Prof. Giovanni Paolo FANZUTTI
ISTITUTO DI GEOLOGIA E
PALEONTOLOGIA
UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI TRIESTE
Piazzale Europa, 1
34127 TRIESTE (Italia)
Tel : 040-6763218 Fax : 6763176
Socio attivo dal 1984

Prof. Francesco Maria FARANDA
ISTITUTO DI SCIENZE AMBIENTALI MARINE
UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI GENOVA
Corso Rainusso, 14 - CP 79
16038 S. MARGHERITA LIGURE (GE) (Italia)
Tel: 0185-286195 / 283415 Fax: 281089
Socio attivo dal 1984

Dr. Romano FERRARA
ISTITUTO DI BIOFISICA C.N.R.
Via S. Lorenzo, 26
56127 PISA (Italia)
Tel: 050-501501 Fax: 553501
Socio attivo dal 1982

Dr. Carla Rita FERRARI
REGIONE EMILIA ROMAGNA
U.O. "DAPHNE"
Viale Vespucci, 2
47042 CESENATICO (FO) (Italia)
Tel: Fax:
Socio attivo dal 1991

Prof. Ireneo FERRARI
ISTITUTO DI ECOLOGIA
UNIVERSITÀ DI PARMA
Viale delle Scienze
43100 PARMA (Italia)
Tel: 0521-580609 Fax: 580665
Socio attivo dal 1974

Dr. Salvatore FERRARO
ISTITUTO SPERIMENTALE TALASSOGRAFICO C.N.R.
Viale R. Gessi, 2
34123 TRIESTE (Italia)
Tel: 040-305506 Fax: 308941
Socio attivo dal 1989

Dr. Omelia FERRETTI
ENEA - CENTRO RICERCHE AMBIENTE MARINO SANTA TERESA
C.P. 316
19100 LA SPEZIA (Italia)
Tel: 0187-536272 Fax: 536213 / 536273
Socio associato dal 1974

Prof. Riccardo FERRO
ISTITUTO CHIMICA GENERALE ED INORGANICA
UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI GENOVA
Viale Benedetto XV, 3
16132 GENOVA (Italia)
Tel: 010-3538108 / 3538114 Fax: 358379
Socio associato dal 1974

Prof. Giuliano FIERRO
DIPARTIMENTO DI SCIENZE DELLA TERRA
UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI GENOVA
Corso Europa, 26
16132 GENOVA (Italia)
Tel: 010-3538270 Fax: 352169
Socio attivo dal 1974

Dr. Furio FINOCCHIARO
ISTITUTO DI GEOLOGIA E PALEONTOLOGIA
UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI TRIESTE
Piazzale Europa, I
34127 TRIESTE (Italia)
Tel : 040-6763218 Fax : 6763176
Socio attivo dal 1985

Prof. Marco FIRPO
DIPARTIMENTO DI SCIENZE DELLA TERRA
UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI GENOVA
Corso Europa, 26
16132 CENO VA (Italia)
Tel: 010-3538272 Fax: 352169
Socio associato dal 1979

Prof. Silvano FOCARDI
DIPARTIMENTO DI BIOLOGIA AMBIENTALE UNIVERSITÀ DI SIENA
Via delle Cerchia. 3
53100 SIENA (Italia)
Tel: 0577-298835 Fax: 298860
Socio attivo dal 1992

Prof. Serena FONDA UMANI
DIPARTIMENTO DI BIOLOGIA
UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI TRIESTE
Via A. Valerio, 32/34
34127 TRIESTE (Italia)
Tel: 040-54434/5 Fax: 569743
Socio attivo dal 1982

Dr. Silvia FORTI
Via Mandola 54 D
39100 BOLZANO (Italia)
Tel: 0471-274316 Fax:
Socio attivo dal 1988

Dr. Valentino U. FOSSATO
ISTITUTO DI BIOLOGIA DEL MARE C.N.R.
Riva dei Sette Martiri, 1364/a
30122 VENEZIA (Italia)
Tel: 041-5207622 Fax: 5204126
Socio attivo dal 1974

Prof. Roberto FRACHE
ISTITUTO CHIMICA GENERALE ED INORGANICA
UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI GENOVA
Viale Benedetto XV, 3
16132 GENOVA (Italia)
Tel: 010-3538119 Fax: 358379
Socio attivo dal 1975

Dr. Franca FRASCARI
ISTITUTO DI GEOLOGIA MARINA
AREA DI RICERCA DEL C.N.R.
Via Gobetti, 101
40129 BOLOGNA (Italia)
Tel: 051-63981 11 Fax: 6398940
Socio attivo dal 1986

Dr. Si monella FRASCHETTI
ISTITUTO DI SCIENZE AMBIENTALI MARINE
UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI GENOVA
Corso Rainusso, 14 - CP 79
16038 S. MARGHERITA LIGURE (GE) (Italia)
Tel: 0185-286195/283415 Fax: 281089
Socio attivo dal 1991

Dr. Mauro FRIGNANI
ISTITUTO DI GEOLOGIA MARINA
AREA DI RICERCA DEL C.N.R.
Via Gobetti, 101
40129 BOLOGNA (Italia)
Tel: 051-6398111 Fax: 6398940
Socio attivo dal 1974

Dr. Giovanni GABBIANELLI
DIPARTIMENTO DI SCIENZE GEOLOGICHE
UNIVERSITÀ DI BOLOGNA
Via Zamboni, 67
40127 BOLOGNA (Italia)
Tel: 051-354520 Fax: 354522
Socio attivo dal 1979

Dr. Maria Cristina GAMBI
STAZIONE ZOOLOGICA "A. DOHRN"
LABORATORIO ECOLOGIA DEL BENTHOS
Punta S. Pietro, 11
80077 ISCHIA PORTO (NA) (Italia)
Tel: 081-5833305 Fax: 984201
Socio attivo dal 1986

Dr. Gioacchino GENCHI
ASSESSORATO REGIONALE TERRITORIO E AMBI ENTE
Viale Regione Siciliana, 2226
90135 PALERMO (Italia)
Tel: 091-407900 Fax:
Socio attivo dal 1984

Dr. Sebastiano GERACI
ISTITUTO SPERIMENTALE TALASSOGRAFICO C.N.R.
Via Roma, 3
74100 TARANTO (Italia)
Tel: 099-94957 Fax: 94811
Socio attivo dal 1986

Prof. Pier Francesco GHETTI
DIPARTIMENTO SCIENZE AMBIENTALI
UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI VENEZIA
Calle Larga Santa Marta, 2137
30123 VENEZIA (Italia)
Tel: 041-5298337 Fax: 5281494
Socio attivo dal 1974

Dr. Ennio GHIARA
ENEA AMB/MON/GEOLOG Sacco Postale 056 SANTA MARIA DI GALERA
Via Anguillarese. 301
00060 ROMA (Italia)
Tel: Fax:
Socio attivo dal 1993

Prof. Elvezio GHIRARDELLI
DIPARTIMENTO DI BIOLOGIA
UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI TRIESTE
Via A. Valerio, 32/34
34127 TRIESTE (Italia)
Tel: 040-54434/5 Fax: 569743
Socio onorario dal 1986

Dr. Salvatore GIACOBBE
DIPARTIMENTO BIOLOGIA ANIMALE ED ECOLOGIA MARINA
Salita Sperone, 31 - S. Agata
98166 MESSINA (Italia)
Tel: 090-391301 Fax: 393409
Socio attivo dal 1979

Dr. Adriana GIANGRANDE
DIPARTIMENTO DI BIOLOGIA
UNIVERSITÀ DI LECCE
Via Provinciale Lecce-Monteroni
73100 LECCE (Italia)
Tel: 0832-620619 Fax: 351504
Socio attivo dal 1992

Dr. Michele GIANI
ICRAM
Via L. Respighi, 5
00197 ROM A (Italia)
Tel: 06-8077592 Fax:
Socio attivo dal 1993

Dr. Paola GIORDANI
ISTITUTO DI GEOLOGIA MARINA
AREA DI RICERCA DEL C.N.R.
Via Gobctti, 101
40129 BOLOGNA (Italia)
Tel: 051-6398861 Fax: 6398940
Socio attivo dal 1986

Dr. Eugenio GIUFFRIDA
STITUTO POLICATTEDRA DI OCEANOLOGIA E PALEOECOLOGIA
UNIVERSITÀ DI CATANIA
Corso Italia, 55
95129 CATANIA (Italia)
Tel: 095-381346 /376308 Fax: 381346
Socio associato dal 1981

Dr. Gianluigi GIUSSANI
ISTITUTO ITALIANO DI IDROBIOLOGIA C.N.R.
Largo Tonolli, 50/52
28048 PALLANZA (NO) (Italia)
Tel: 0323-556571 Fax: 0323-556513
Socio attivo dal 1974

Dr. Anne GOFFART
UNITE' D'ECOHYDRODYNAMIQUE
INSTTTUT DE PHYSIQUE
UNIVERSITE' DE LIEGE
Sart-Tilman
B5 4000 LIEGE (Belgio)
Tel : 32 (41)563646 Fax : (41)562355
Socio attivo dal 1991

Prof. Sofia GRASSO
DIPARTIMENTO BIOLOGIA ANIMALE ED ECOLOGIA MARINA
Salita Sperone, 31 - S. Agata
98166 MESSINA (Italia)
Tel: 090-391301 Fax: 393409
Socio attivo dal 1979

Dr. Stefano GUERZONI
ISTITUTO DI GEOLOGIA MARINA
AREA DI RICERCA DEL C.N.R.
ViaGobctti, 101
40129 BOLOGNA (Italia)
Tel: 051-6398111 Fax: 6398940
Socio attivo dal 1991

Prof. Letterio GUGLIELMO
DIPARTIMENTO BIOLOGIA ANIMALE ED ECOLOGIA MARINA
UNIVERSITÀ MESSINA
Salita Sperone, 31 - S. Agata
98166 MESSINA (Italia)
Tel: 090-6765239 Fax: 393409
Socio attivo dal 1979

Dr. Piero GUILIZZONI
ISTITUTO ITALIANO DI IDROBIOLOGIA C.N.R.
Largo Tonolli, 50/52
28048 PALLANZA (NO) (Italia)
Tel: 0323-556571 Fax: 556513
Socio attivo dal 1974

Dr. Luigi Angelo GUZZI
E.N.E.L. CENTRO RICERCA TERMICA E NUCLEARE
Via Rabattino, 54
20134 MILANO (Italia)
Tel: 02-72243062 Fax: 72243915
Socio attivo dal 1978

Dr. Jean-Henri HECQ
UNITE' D'ECOHYDRODYNAMIQUE
INSTITUT DE PHYSIQUE
UNIVERSITE' DE LIEGE
Sart-Tilman
B5 4000 LIEGE (Belgio)
Tel: 0032 (41) 563646 Fax: (41)562355
Socio attivo dal 1991

Dr. Giorgio HONSELL
DIPARTIMENTO DI BIOLOGIA
UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI TRIESTE
Via A. Valerio, 32/34
34127 TRIESTE (Italia)
Tel: 040-54434/5 Fax: 569743
Socio attivo dal 1989

IDROSER
(ATTENZIONE DR. BRUNELLI)
Via Nazario Sauro, 22
40121 BOLOGNA (Italia)
Tel: Fax:051-225417
Socio ente dal 1991

Dr. Francesco IMMORDINO
ENEA - CENTRO RICERCHE AMBIENTE MARINO SANTA TERESA
C.P. 316
19100 LA SPEZIA (Italia)
Tel: Fax:
Socio junior dal 1991

Prof. Mario INNAMORATI
DIPARTIMENTO DI BIOLOGIA
LABORATORIO DI ECOLOGIA VEGETALE
Via P.A. Micheli, 1
50121 FIRENZE (Italia)
Tel: 055-2757383 Fax: 282358
Socio attivo dal 1991

I.R.S.A. - C.N.R.
ISTITUTO DI RICERCA SULLE ACQUE C.N.R.
Via Reno, 1
00198 ROMA (Italia)
Tel: 06-8841451 Fax: 8417861
Socio ente dal 1981

Dr. Rosabruna LA FERLA
ISTITUTO SPERIMENTALE TALASSOGRAFICO C.N.R.
Spianata San Raineri, 86
98123 MESSINA (Italia)
Tel: 090-669004 Fax: 669007
Socio attivo dal 1984

Dr. Leonardo LANGONE
ISTITUTO DI GEOLOGIA MARINA
AREA DI RICERCA DEL C.N.R.
Via Gobetti, 101
40129 BOLOGNA (Italia)
Tel: 051-6398111 Fax: 6398940
Socio attivo dal 1991

Prof. Duilio LAUSI
DIPARTIMENTO DI BIOLOGIA
UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI TRIESTE
Via A. Valerio, 32/34
34127 TRIESTE (Italia)
Tel: O4O-574182 Fax:
Socio attivo dal 1975

Dr. Luigi LAZZARA
DIPARTIMENTO DI BIOLOGIA
LABORATORIO DI ECOLOGIA VEGETALE
Via P.A. Micheli, 1
50121 FIRENZE (Italia)
Tel: 055-2757381 Fax: 282358
Socio attivo dal 1984

Prof. Giovanni LENARDON
ISTITUTO DI GEOLOGIA E PALEONTOLOGIA
UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI TRIESTE
Piazzale Europa, 1
34127 TRIESTE (Italia)
Tel: 040-5603220 Fax: 5603176
Socio attivo dal 1992

Dr. Marcella LEONARDI
ISTITUTO SPERIMENTALE
TALASSOGRAFICO C.N.R.
Spianata San Raineri, 86
98123 MESSINA (Italia)
Tel: 090-669004 Fax: 669007
Socio attivo dal 1979

Dr. Alberto LEVI
ISTITUTO DI SCIENZE AMBIENTALI
MARINE
UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI GENOVA
Corso Rainusso, 14 - CP 79
16038 S. MARGHERITA LIGURE (GE) (Italia)
Tel: 0185-286195 / 283415 Fax: 281089
Socio junior dal 1992

Dr. Priscilla LICANDRO
ISTITUTO DI SCIENZE AMBIENTALI
MARINE
UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI GENOVA
Corso Rainusso, 14 - CP 79
16038 S. MARGHERITA LIGURE (GE) (Italia)
Tel: 0185-286195 / 283415 Fax: 281089
Socio junior dal 1992

Dr. Giuseppe LO PARO
DIPARTIMENTO BIOLOGIA ANIMALE ED
ECOLOGIA MARINA
Salita Sperone, 31 - S. Agata
98166 MESSINA (Italia)
Tel: 090-391301 Fax: 393409
Socio attivo dal 1979

Dr. Anna LUCHETTA
ISTITUTO SPERIMENTALE
TALASSOGRAFICO C.N.R.
Viale R. Gessi, 2
34123 TRIESTE (Italia)
Tel: 040-305506 Fax: 308941
Socio attivo dal 1989

Dr. Antonella Gesuina LUGLIÉ
DIPARTIMENTO DI BOTANICA ED
ECOLOGIA
UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI SASSARI
Via Muroni, 25
07100 SASSARI (Italia)
Tel: 079-228644 Fax: 233600
Socio attivo-ex junior dal 1986

Dr. Carlo LUSETTI
ISTITUTO IDROGRAFICO DELLA MARINA
Passo Osservatorio,'4
16134 GENOVA (Italia)
Tel: 010-265451 Fax:
Socio attivo dal 1981

Prof. Giuseppe MAGAZZÚ
DIPARTIMENTO DI BIOLOGIA
UNIVERSITÀ DI LECCE
Via Provinciale Lecce-Monteroni
73100 LECCE (Italia)
Tel: 0832-620606 Fax: 351504
Socio attivo dal 1974

Ing. Giuseppe MALLANDRINO
ISTITUTO DI IDRAULICA
Via Piana del Gallo, 34
90123 PALERMO (Italia)
Tel: Fax:
Socio attivo dal 1979

Dr. Marina MANCA
ISTITUTO ITALIANO DI IDROBIOLOGIA
C.N.R.
Largo Tonolli, 50/52
28048 PALLANZA (NO) (Italia)
Tel : 0323-556571 Fax : 556513
Socio attivo dal 1982

Com. Amilcare MANCUSO
Via R. Rigola, 27/32
16149 GENOVA (Italia)
Tel: 010-261198 Fax:
Socio associato dal 1976

Sig. Fabrizio MANTELLI
ISTITUTO DI SCIENZE AMBIENTALI
MARINE
UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI GENOVA
Corso Rainusso, 14 - CP 79
16038 S. MARGHERITA LIGURE (GE) (Italia)
Tel: 0185-286195 / 283415 Fax: 281089
Socio junior dal 1992

Dr. Luciana MANTILACCI
ISTITUTO DI IDROBIOLOGIA E PESCICOLTURA
UNIVERSITÀ DI PERUGIA
Via Elce di Sotto
06123 PERUGIA (Italia)
Tel: 075-5855712 Fax:
Socio attivo dal 1991

Dr. Cinzia MANZONI
ISTITUTO DI ECOLOGIA
UNIVERSITÀ DI PARMA
Viale delle Scienze
43100 PARMA (Italia)
Tel: 0521-580611 Fax:
Socio junior dal 1991

Dr. Francesco MARABINI
ISTITUTO DI GEOLOGIA MARINA
AREA DI RICERCA DEL C.N.R.
Via Gobetti, 101
40129 BOLOGNA (Italia)
Tel : 051 -6398111 Fax : 6398940
Soci o attivo dal 1993

Prof. Fiorenza MARGARITORA
DIPARTIMENTO DI BIOLOGIA ANIMALE E DELL'UOMO
UNIVERSITÀ "LA SAPIENZA"
Viale dell'Università, 32
00185 ROMA (Italia)
Tel: 06-49914764 Fax: 4958259
Socio attivo dal 1988

Dr. Luca MARINI
Via Pio Foà, 23
00100 ROMA (Italia)
Tel: 06-58201680 Fax:
Socio attivo-ex junior dal 1984

Dr. Donato MARINO
STAZIONE ZOOLOGICA "A. DOHRN"
Villa Comunale, 111
80121 NAPOLI (Italia)
Tel: 081-5833271 Fax: 7641355/984201
Socio attivo dal 1986

Dr. Walter MARTINOTTI
E.N.E.L. CENTRO RICERCA TERMICA E NUCLEARE
Via Rubattino, 54
20134 MILANO (Italia)
Tel: 02-72243978 Fax: 72243915
Socio attivo dal 1992

Dr. Biancaelena MASERTI
ISTITUTO DI BIOFISICA C.N.R.
Via San Lorenzo, 26
56127 PISA (Italia)
Tel: 050-513252/513111 Fax: 553501
Socio attivo dal 1991

Dr. Lucia MAZZELLA
STAZIONE ZOOLOGICA "A. DOHRN"
LABORATORIO ECOLOGIA DEL BENTHOS
Punta S. Pietro, 11
80077 ISCHIA PORTO (NA) (Italia)
Tel: 081-5833305 /991410 Fax: 984201
Socio attivo dal 1986

Dr. Maria Grazia MAZZOCCHI
STAZIONE ZOOLOGICA "A. DOHRN"
Villa Comunale, 111
80121 NAPOLI (Italia)
Tel: Fax:
Socio attivo dal 1991

Dr. Ulderico MELCHIORRI-SANTOLINI
ISTITUTO ITALIANO DI IDROBIOLOGIA C.N.R.
Largo Tonolli, 50/52
28048 PALLANZA (NO) (Italia)
Tel: 0323-556571 Fax: 556513
Socio attivo dal 1974

Dr. Romana MELIS
ISTITUTO DI GEOLOGIA E PALEONTOLOGIA
UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI TRIESTE
Piazzale Europa, 1
34127 TRIESTE (Italia)
Tel: 040-6763218 Fax: 6763176
Socio attivo dal 1988

Dr. Roberto MELONI
ISTITUTO DINAMICA GRANDI MASSE
C.N.R.
STAZIONE OCEANOGRAFICA
Forte Santa Teresa
19036 POZZUOLO DI LERICI (SP) (Italia)
Tel: 0187-536314 Fax: 970585
Socio attivo dal 1981

Dr. Luisella MILANI
LABORATORIO DI BIOLOGIA MARINA
UNIVERSITÀ DI TRIESTE
Strada Costiera, 336 - S. Croce
34010 TRIESTE (Italia)
Tel: 040-224400 / 224464 Fax: 224437
Socio attivo-ex junior dal 1986

Dr. Cristina MISIC
ISTITUTO DI SCIENZE AMBIENTALI
MARINE
UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI GENOVA
Corso Rainusso, 14 - CP 79
16038 S. MARGHERITA LIGURE (GE) (Italia)
Tel: 0185-286195/283415 Fax: 281089
Socio junior dal 1992

Dr. Giuseppe MONTANARI
CONSORZIO STUDI RICERCHE RISORSE
MARINE
Viale Vespucci, 2
47042 CESENATICO (FO) (Italia)
Tel: Fax:
Socio attivo dal 1991

Dr. Marina MONTI
LABORATORIO DI BIOLOGIA MARINA
Strada Costiera, 336 - S. Croce
34010 TRIESTE (Italia)
Tel: 040-224400 Fax: 224437
Socio attivo dal 1991

Dr. Giuseppe MORABITO
ISTITUTO ITALIANO DI IDROBIOLOGIA
C.N.R.
Largo Tonolli, 50/52
28048 PALLANZA (NO) (Italia)
Tel: 0323-556571 Fax: 556513
Socio attivo dal 1991

Dr. Alessandra MORESCALCHI
ISTITUTO DI ANATOMIA COMPARATA
UNIVERTSITÀ DEGLI STUDI DI GENOVA
Via Benedetto XV, 5
16132 GENOVA (Italia)
Tel: 010-3538048 Fax: 3538047
Socio attivo dal 1993

Prof. Mauro MORETTI
ISTITUTO DI METEOROLOGIA ED
OCEANOGRAFIA
ISTITUTO UNIVERSITARIO NAVALE
Via Amm. F. Aclon, 38
80133 NAPOLI (Italia)
Tel: 081-5513979 Fax: 5521485
Socio attivo dal 1974

Prof. Giampaolo MORETTI
ISTITUTO DI ZOOLOGIA UNIVERSITÀ DI
PERUGIA
Via Elce di Sotto
06123 PERUGIA (Italia)
Tel: 075-5855724 Fax: 5852067
Socio onorario dal 1991

Dr. Giovanna MORI
DIPARTIMENTO DI BIOLOGIA
LABORATORIO DI ECOLOGIA VEGETALE
Via P.A. Micheli, I
50121 FIRENZE (Italia)
Tel: 055-2757388 Fax: 282358
Socio attivo dal 1991

Dr. Carla MORRI
ISTITUTO DI ZOOLOGIA
UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI GENOVA
Via Balbi, 5
16126 GENOVA (Italia)
Tel: 010-2099469 Fax: 2099323
Socio attivo dal 1981

Dr. Rosario MOSELLO
ISTITUTO ITALIANO DI IDROBIOLOGIA
C.N.R.
Largo Tonolli, 50/52
28048 PALLANZA (NO) (Italia)
Tel: 0323-556571 Fax: 556513
Socio attivo dal 1978

Dr. Herbert MUNTAU
EURATOM - CENTRO COMUNE DELLE RICERCHE DIVISIONE CHIMICA
Via Enrico Fermi
21027 ISPRA (VA) (Italia)
Tel: 0332-789111 Fax: 789001
Socio attivo dal 1982

Sig. Claudio NAPOLITANO
Via di Chiadino, 6
34141 TRIESTE (Italia)
Tel: Fax:
Socio attivo dal 1988

Dr. Ilaria NICCOLAI
ENEA - CENTRO RICERCHE AMBIENTE MARINO SANTA TERESA
C.P. 316
19100 LA SPEZIA (Italia)
Tel: 0187-536283 Fax: 536273 /5362I3
Socio attivo dal 1986

Prof. Jacques NIHOUL
UNITE' D'OCEANOLOGIE
INSTITUT DE CHIMIE
UNIVERSITE' DE LIEGE
Sart-Tilman
B6 4000 LIEGE (Belgio)
Tel: Fax:
Socio onorario dal 1980

Dr. Anna Maria NOCENTINI
ISTITUTO ITALIANO DI IDROBIOLOGIA C.N.R.
Largo Tonolli, 50/52
28048 PALLANZA (NO) (Italia)
Tel: 0323-556571 Fax: 556513
Socio attivo dal 1974

Prof. Anna OCCHIPINTI AMBROGI
DIPARTIMENTO GENETICA E MICROBIOLOGIA - SEZ. DI ECOLOGIA
UNIVERSITÀ DI PAVIA
Piazza Botta, 10
27100 PAVIA (Italia)
Tel: 0382-22319 Fax: 528496
Socio attivo dal 1985

Dr. Enrico OLIVARI
ISTITUTO DI SCIENZE AMBIENTALI MARINE
UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI GENOVA
Corso Rainusso, 14 - CP 79
16038 S. MARGHERITA LIGURE (GE) (Italia)
Tel: 0185-286195/283415 Fax: 281089
Socio junior dal 1992

Dr. Carla ORESTANO
DIPARTIMENTO DI SCIENZE BOTANICHE
LABORATORIO DI ECOLOGIA ACQUATICA
Via Archirafi, 38
90123 PALERMO (Italia)
Tel : 091 -6161493 768994 Fax : 6176089
Socio attivo dal 1986

Prof. Mauro ORUNESU
ISTITUTO DI FISIOLOGIA GENERALE
UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI GENOVA
Corso Europa, 26
16132 GENOVA (Italia)
Tel: 010-3538246 Fax:
Socio associato dal 1974

Dr. Carlo OSSOLA
ISTITUTO DI SCIENZE AMBIENTALI MARINE
UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI GENOVA
Corso Rainusso, 14 - CP 79
16038 S. MARGHERITA LIGURE (GE) (Italia)
Tel: 0185-286195/283415 Fax: 281089
Socio junior dal 1992

Dr. Romano PAGNOTTA
ISTITUTO DI RICERCA SULLE ACQUE – C.N.R.
Via Reno, 1
00198 ROMA (Italia)
Tel: 06-8841581 Fax: 8417861
Socio attivo dal 1979

Dr. Luigi PANE
ISTITUTO DI SCIENZE AMBIENTALI MARINE
UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI GENOVA
Viale Benedetto XV, 5
16132 GENOVA (Italia)
Tel: 010-3538071 Fax: 3538072
Socio attivo dal 1988

Dr. Maurizio PANSINI
ISTITUTO DI ZOOLOGIA
UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI GENOVA
Via Balbi, 5
16126 GENOVA (Italia)
Tel: 010-2099470 Fax: 2099323
Socio attivo dal 1991

Prof. Lorenzo PAPA
ISTITUTO IDROGRAFICO DELLA MARINA
Passo Osservatorio, 4
16126 GENOVA (Italia)
Tel: 010-24431 Fax: 265973
Socio attivo dal 1975

Dr. Andrea PEIRANO
ENEA - CENTRO RICERCHE AMBIENTE MARINO SANTA TERESA
C.P. 316
19100 LA SPEZIA (Italia)
Tel: 0187-536111 Fax: 536213
Socio associato dal 1991

Dr. Davide PELLEGRINI
ICRAM
Via L. Respighi, 5
00197 ROMA (Italia)
Tel: 06-8077551 Fax: 8088326
Socio attivo dal 1993

Dr. Renato PERDICARO
LABORATORIO CENTRALE DI IDROBIOLOGIA
MINISTERO AGRICOLTURA E FORESTE
Via del Caravaggio, 107
00147 ROMA (Italia)
Tel: 06-51600178 Fax: 5140296
Socio attivo dal 1986

Dr. Cristina PEREGO
ACQUARIO DI GENOVA
Piazza Raibetta, 2/27
16123 CENO VA (Italia)
Tel : 010-2471140 Fax : 2471262
Socio associato dal 1991

Dr. Corrado PERONI
ENEA - CENTRO RICERCHE AMBIENTE MARINO SANTA TERESA
C.P. 316
19100 LA SPEZIA (Italia)
Tel: 0187-536266 Fax: 536213
Socio attivo dal 1984

Sig. Pier Domenico PETRELLI
C.N.R. - PROGRAMMA ANTARTIDE SEGRETERIA TECNICO - SCIENTIFICA
Via Tiburtina, 770
00159 ROMA (Italia)
Tel: 06-49933371 Fax:
Socio associato dal 1979

Dr. Raffaella PIANI
ISTITUTO DI GEOLOGIA E PALEONTOLOGIA
UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI TRIESTE
Piazzale Europa, 1
34127 TRIESTE (Italia)
Tel: 040-6763213 Fax: 6763176
Socio attivo dal 1993

Prof. Mauro PICCAZZO
DIPARTIMENTO DI SCIENZE DELLA TERRA
UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI GENOVA
Corso Europa, 26
16132 GENOVA (Italia)
Tel: 010-3538039 Fax: 352169
Socio attivo dal 1975

Prof. Corrado PICCINETTI
LABORATORIO DI BIOLOGIA MARINA E PESCA
UNIVERSITÀ DI BOLOGNA IN FANO
Viale Adriatico, 1/N
6l032EANO(PS)(Italia)
Tel: 0721-802689 / 802736 Fax: 80165
Socio attivo dal 1974

Dr. Giuliano PIOVAN
ARMAMENTO NAVI OCEANOGRAFICHE C.N.R.
ISTITUTO DI BIOLOGIA DEL MARE
Via Castello 1364/A 30122 VENEZIA (Italia)
Tel: 041-5238900 Fax:
Socio associato dal 1989

Dr. Cataldo POLIZZANO
ENEA SANTA MARIA DI GALERA
Via Anguillarese, 301
00060 ROMA (Italia)
Tel: Fax:
Socio attivo dal 1993

Dr. Paolo POVERO
ISTITUTO DI SCIENZE AMBIENTALI MARINE
UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI GENOVA
Corso Rainusso, 14 - CP 79
16038 S. MARGHERITA LIGURE (GE) (Italia)
Tel: 0185-286195 / 283415 Fax: 281089
Socio attivo dal 1992

Prof. Nevio PUGLIESE
ISTITUTO DI GEOLOGIA E PALEONTOLOGIA
UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI TRIESTE
Piazzale Europa, 1
34127 TRIESTE (Italia)
Tel: 040-5603215 Fax:
Socio attivo dal 1986

Dr. Alessandra PUGNETTI
ISTITUTO ITALIANO DI IDROBIOLOGIA C.N.R.
Largo Tonolli, 50/52
28048 PALLANZA (NO) (Italia)
Tel: 0323-556571 Fax: 556513
Socio attivo dal 1989

Dr. Giuseppa PULICANO
DIPARTIMENTO BIOLOGIA ANIMALE ED ECOLOGIA MARINA
Salita Sperone, 31 - S. Agata
98166 MESSINA (Italia)
Tel: 090-391301 Fax: 393409
Socio attivo dal 1979

Dr. Antonio PUSCEDDU
ISTITUTO DI SCIENZE AMBIENTALI MARINE
UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI GENOVA
Corso Rainusso, 14 - CP 79
16038 S. MARGHERITA LIGURE (GE) (Italia)
Tel: 0185-286195 / 283415 Fax: 281089
Socio Junior dal 1994

Prof. Ernesto RABBI
DIPARTIMENTO DI GEOGRAFIA
UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI BOLOGNA
Piazza Scaravilli, 2
40127 BOLOGNA (Italia)
Tel: 051-354520 Fax: 354522
Socio attivo dal 1993

Dr. Sandro RABITTI
ISTITUTO DI BIOLOGIA DEL MARE C.N.R.
Via Castello, 1364/A
30122 VENEZIA (Italia)
Tel : 041 -5207622 Fax : 5204126
Socio attivo dal 1982

Dr. Agostino RAMELLA
Via Giordano Bruno, 38/14
16146 GENOVA (Italia)
Tel: Fax:
Socio attivo dal 1988

Dr. Giovanni RANDAZZO
ISTITUTO POLICATTEDRA DI OCEANOLOGIA E PALEOECOLOGIA
UNIVERSITÀ DI CATANIA
Corso Italia, 55
95129 CATANIA (Italia)
Tel: 095-7195770 Fax: 7195790
Socio Attivo dal 1994

Prof. Leo RAUNICH
Viale 12 Giugno, 15
40124 BOLOGNA (Italia)
Tel: 051-6484411 Fax:
Socio attivo dal 1974

Dr. Mariangela RAVAIOLI
ISTITUTO DI GEOLOGIA MARINA
AREA DI RICERCA DEL C.N.R.
Via Gobetti, 101
40129 BOLOGNA (Italia)
Tel: 051-6398905 Fax: 6398940
Socio attivo dal 1986

Prof. Oscar RAVERA
DIPARTIMENTO SCIENZE AMBIENTALI
UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI VENEZIA
Calle Larga Santa Marta, 2137
30123 VENEZIA (Italia)
Tel: 041-5298511 Fax: 5298584
Socio attivo dal 1978

Dr. Maurizio RIBERA D'ALCALÀ
STAZIONE ZOOLOGICA "A. DOHRN"
Villa Comunale, 111
80121 NAPOLI (Italia)
Tel: 081-5833245 Fax: 7641355
Socio attivo dal 1991

Dr. Francesca RICCI
ISTITUTO DI SCIENZE AMBIENTALI MARINE
UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI GENOVA
Corso Rainusso, 14 - CP 79
16038 S. MARGHERITA LIGURE (GE) (Italia)
Tel: 0185-2X6195/283415 Fax: 281089
Socio junior dal 1992

Prof. Rupert RIEDL
INSTITUT PUR ZOOLOGIE
UNIVERSITATWIEN
Althanstrasse, 14
A 0000 VIENNA (Austria)
Tel: Fax:
Socio onorario dal 1980

Prof. Silvano RIGGIO
ISTITUTO DI ZOOLOGIA
UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI PALERMO
Via Archirafi, 18
90123 PALERMO (Italia)
Tel: Fax:
Socio attivo dal 1993

Dr. Attilio RINALDI
REGIONE EMILIA ROMAGNA
U.O. "DAPHNE"
Viale Vespucci, 2
47042 CESENATICO (FO) (Italia)
Tel: Fax:
Socio attivo dal 1991

Dr. Teresa RIVA RUFFONI
ISTITUTO ITALIANO DI IDROBIOLOGIA C.N.R.
Largo Tonolli, 50/52
28048 PALLANZA (NO) (Italia)
Tel: 0323-556571 Fax: 556513
Socio attivo dal 1992

Dr. Giovanna ROMEO
C.E.M.
Via Roma, 16
16033 LAVAGNA (GE) (Italia)
Tel: 0185-309102 Fax:
Socio junior dal 1991

Dr. Valerla ROSSI
ISTITUTO DI ECOLOGIA
UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI PARMA
Viale delle Scienze
43100 PARMA (Italia)
Tel: 0521-580612 Fax: 580665
Socio junior dal 1991

Dr. Daria ROSSI
EURATOM - CENTRO COMUNE DELLE RICERCHE
Via Enrico Fermi
21027 ISPRA (VA) (Italia)
Tel: 0332-789111 Fax: 789001
Socio junior dal 1991

Prof. Lorelo ROSSI
DIPARTIMENTO DI BIOLOGIA
UNIVERSITÀ DI LECCE
Via Provinciale Lecce-Monteroni
73100 LECCE (Italia)
Tel: 0832-6201 Fax: 351504
Socio attivo dal 1992

Dr. Delio RUGGIU
ISTITUTO ITALIANO DI IDROBIOLOGIA C.N.R.
Largo Tonolli, 50/52
28048 PALLANZA (NO) (Italia)
Tel: 0323-556571 Fax: 556513
Socio attivo dal 1974

Dr. Giovanni Fulvio RUSSO
STAZIONE ZOOLOGICA "A. DOHRN"
Villa Comunale
80121 NAPOLI (Italia)
Tel: 081-5833111 Fax: 7641355
Socio attivo dal 1991

Dr. Vincenzo SAGGIOMO
STAZIONE ZOOLOGICA "A. DOHRN"
Villa Comunale, 111
80121 NAPOLI (Italia)
Tel: 081-5833240 Fax: 7641355
Socio attivo dal 1991

Dr. Paola SALEMI PICONE
Piazza Virgilio, 4
20123 MILANO (Italia)
Tel: 02-4696345 Fax:
Socio attivo dal 1982

Dr. Giampaolo SALMOIRAGHI
DIPARTIMENTO DI BIOLOGIA
UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI BOLOGNA
Via S. Giacomo, 9
40126 BOLOGNA (Italia)
Tel: 051-243093 Fax:
Socio attivo dal 1979

Dr. Roberto SANDULLI
CASTAL1A - Centro Ricerche
Via Borzoli, 79/A r
16161 GENOVA (Italia)
Tel: 010-6512705 Fax: 6520036
Socio attivo dal 1993

Ing. Vincenzo SANSONE
ASSESSORATO REGIONALE TERRITORIO E AMBIENTE
Viale Regione Siciliana, 2226
90135 PALERMO (Italia)
Tel: Fax:
ocio attivo dal 1988

Prof. Emilio SANSONE
ISTITUTO DI METEOROLOGIA ED OCEANOGRAFIA
ISTITUTO UNIVERSITARIO NAVALE
Via Amm. F. Acton, 38
80133 NAPOLI (Italia) Tel: 081-5513979 Fax: 5521485
Socio attivo dal 1974

Dr. Renato SCONFIETTI
DIPARTIMENTO GENETICA E MICROBIOLOGIA - SEZ. ECOLOGIA
UNIVERSITÀ DI PAVIA
Piazza Botta, 10
27100 PAVIA (Italia)
Tel: 0382-22319 Fax: 528496
Socio attivo dal 1985

Cap. Salvatore SCOTTO DI SANTILLO
C.N.R. - COMANDO NAVI
Piazzale Aldo Moro, 7
00185 ROMA (Italia)
Tel: 06-49933317 Fax:
Socio associato dal 1974

Dr. Patrizia SECHI
ISTITUTO DI IGIENE E MEDICINA PREVENTIVA
UNIVERSITÀ DI CAGLIARI
ViaPorcell, 4
09100 CAGLIARI (Italia)
Tel: 070-670828 Fax: 668661
Socio associato dal 1991

Prof. Nicola SECHI
DIPARTIMENTO DI BOTANICA ED ECOLOGIA
UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI SASSARI
Via Muroni, 25
07100 SASSARI (Italia)
Tel: 079-228644 Fax: 233600
Socio attivo dal 1979

Dr. Lorenzo SENES
ACQUARIO DI GENOVA
Piazza Raibetta, 2/27
16123 GENOVA (Italia)
Tel : 010-2471140 Fax : 2471262
Socio attivo dal 1992

Cap. Fabio SENIGAGLIESI
ARMAMENTO NAVI OCEANOGRAFICHE C.N.R.
ISTITUTO DI BIOLOGIA DEL MARE
Via Castello 1364/A
30122 VENEZIA (Italia)
Tel: 041-5238900 Fax:
Socio associato dal 1989

Dr. Alfredo SERITTI
C.N.R. - ISTITUTO DI BIOFISICA
Via San Lorenzo, 26
56127 PISA (Italia)
Tel: 050-513254 / 513111 Fax: 553501
Socio attivo dal 1982

Dr. Massimo SETTI
DIPARTIMENTO DI SCIENZE DELLA TERRA
UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI PAVIA
Via Abbiategrasso, 209
27100 PAVIA (Italia)
Tel: 0382-392251 / 260 Fax: 505890
Socio attivo dal 1991

Dr. Umberto SIMEONI
ISTITUTO DI GEOLOGIA
UNIVERSITÀ DI FERRARA
Corso Ercole I d'Este, 32
44100 FERRARA (Italia)
Tel: 0532-428241 Fax: 428244
Socio attivo dal 1988

Dr. Giorgio SOCAL
ISTITUTO DI BIOLOGIA DEL MARE C.N.R.
Riva dei Sette Martiri, 1364/a
30122 VENEZIA (Italia)
Tel: 041-5207622 Fax: 5204126
Socio attivo dal 1978

Dr. Maria Pia SPARLA
DIPARTIMENTO BIOLOGIA ANIMALE ED ECOLOGIA MARINA
Salita Sperone, 31 - S. Agata
98166 MESSINA (Italia)
Tel: 090-391301 Fax: 393409
Socio attivo dal 1993

Prof. Mario SPECCHI
DIPARTIMENTO DI BIOLOGIA
UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI TRIESTE
Via A. Valerio, 32/34
34127 TRIESTE (Italia)
Tel: 040-54434 Fax:
Socio attivo dal 1982

Prof. Giancarlo SPEZIE
ISTITUTO DI METEOROLOGIA ED OCEANOGRAFIA
ISTITUTO UNIVERSITARIO NAVALE
Via Amrn. F. Acton, 38
80133 NAPOLI (Italia)
Tel: 081 -5475725 5475718 Fax: 207106
Socio attivo dal 1979

Dr. Mauro SPOTORNO
ISTITUTO DI GEOGRAFIA
UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI GENOVA
Via Bensa, 1
16124 GENOVA (Italia)
Tel : 010-2099604 Fax: 208926
Socio attivo dal 1993

Prof. Emilia STELLA
DIP. BIOLOGIA ANIMALE E DELL'UOMO
UNIVERSITÀ "LA SAPIENZA"
Viale dell'Università, 32
00185 ROMA (Italia)
Tel: 06-4958259 / 4958254 Fax:
Socio attivo dal 1988

Dr. Marisa TAMARO
ISTITUTO DI MICROBIOLOGIA UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI TRIESTE
Via Fleming, 22
34127 TRIESTE (Italia)
Tel: 040-571081 Fax:
Socio attivo dal 1986

Dr. Gianni TARTARI
I.R.S.A. - C.N.R.
Via Occhiate
20047 BRUGHERIO (MI) (Italia)
Tel: 039-2004303 Fax: 2004692
Socio attivo dal 1982

Prof. Maria Illuminata TATICCHI
ISTITUTO DI IDROBIOLOGIA E PESCICOLTURA
UNIVERSITÀ DI PERUGIA
Via Elce di Sotto
06123 PERUGIA (Italia)
Tel: 075-5855705 Fax: 5855709
Socio attivo dal 1988

Prof. Remo TERRANOVA
DIPARTIMENTO DI SCIENZE DELLA TERRA
UNIVESITA DEGLI STUDI DI GENOVA
Corso Europa, 26 16132 GENOVA (Italia) Tel: 010/3538276 /2099606 Fax: 208926 Socio attivo dal 1993

Ing. Mario TOMASINO
ENEL D.S.R. CENTRO RICERCA IDRAULICA E STRUTTURALE - SERVIZIO IDROLOGICO Corso del Popolo, 245 30172 MESTRE (VE) (Italia) Tel: 041-5332915/5332111 Fax: 5332951 Socio attivo dal 1981

Prof. Renata TREVISAN
DIPARTIMENTO DI BIOLOGIA
UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI PADOVA
Via Trieste, 75
35121 PADOVA (Italia)
Tel: 049-8286291 Fax: 8286140
Socio attivo dal 1982

Prof. Cesare TRIULZI
DIPARTIMENTO DI BIOLOGIA/RADIORCOLOGIA
UNIVERSITÀ DI PARMA
Viale delle Scienze 43100 PARMA (Italia)
Tel: 0521-905655 Fax: 905657
Socio attivo dal 1991

Dr. Ottavio TUBERTINI
CENTRO RADIOCHIMICA AMBIENTALE
UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI BOLOGNA
Via Selmi, 2
40126 BOLOGNA (Italia)
Tel: Fax:
Socio attivo dal 1991

Dr. Sergio TUCCI
DIPARTIMENTO DI SCIENZE DELLA TERRA
UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI GENOVA
Corso Europa, 26
16132 CENO VA (Italia)
Tel: 010-3538135 Fax: 352169
Socio attivo dal 1991

Dr. Michele TUFANO
ACQUARIO DI GENOVA
Piazza Raibetta, 2/27
16123 GENOVA (Italia)
Tel : 010-2471140 Fax : 2471262
Socio attivo dal 1991

Dr. Leonardo TUNES1
ICRAM
Via L. Rcspighi, 5
00197 ROMA (Italia)
Tel: 06-8072276 / 8077551 Fax: 8088326
Socio attivo dal 1991

Prof. Antonio ULZEGA
DIPARTIMENTO SCIENZE DELLA TERRA
UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI CAGLIARI
Via Trentino, 51
09127 CAGLIARI (Italia)
Tel: 070-303030 Fax: 282236
Socio associato dal 1975

Dr. Sergio VACCA
ENTE AUTONOMO DEL FLUMENDOSA
Via Mameli, 88
09123 CAGLIARI (Italia)
Tel: Fax:
Socio attivo dal 1991

Dr. Claudia VACCAREZZA
ISTITUTO DI SCIENZE AMBIENTALI MARINE
UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI GENOVA
Corso Rainusso. 14 - CP 79 16038 S. MARGHERITA LIGURE (GE) (Italia) Tel: 0185-286195 / 283415 Fax: 281089 Socio associato dal 1992

Dr. Marino VACCHI
ICRAM
Via L. Respighi, 5
00197 ROM A (Italia)
Tel: 06-8088966 Fax: 8088326
Socio attivo dal 1991

Sig. Lorenzo VALLARINO
ISTITUTO DI SCIENZE AMBIENTALI MARINE
UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI GENOVA
Corso Rainusso, 14 - CP 79
16038 S. MARGHERITA LIGURE (GE) (Italia)
Tel: 0185-286195/283415 Fax: 281089
Socio junior dal 1992

Prof. Renzo VALLONI
ISTITUTO DI PETROGRAFIA
UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI PARMA
Viale delle Scienze
43100 PARMA (Italia)
Tel: 0521-580328 Fax: 580305
Socio attivo dal 1993

Prof. Aldo VIARENGO
ISTITUTO DI FISIOLOGIA GENERALE
UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI GENOVA
Corso Europa, 26
16132 GENOVA (Italia)
Tel: 010-509101 Fax: 509101
Socio attivo dal 1980

Dr. Pierluigi VIAROLI
ISTITUTO DI ECOLOGIA
UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI PARMA
Viale delle Scienze
43100 PARMA (Italia)
Tel: 0521-580683 Fax: 580665
Socio associato dal 1991

Dr. Monique VIEL
EPTA S.r.l.
Via Foscolo, 20
19100 LA SPEZIA (Italia)
Tel: Fax:
Socio attivo dal 1991

Dr. Tomasa VIRDIS
ENTE AUTONOMO DEL FLUMENDOSA
Via Mameli, 202
09123 CAGLIARI (Italia)
Tel: 070-275372 Fax:
Socio junior dal 1991

Dr. Domenico VOLTOLINA
CENTRO DE INVESTIGACION CIENTIFICA Y EDUCACION SUPERIOR (C.I.C.E.S.E.)
Km 107 Cairretera Tijuana CP 2732
MX-2732 ENSENADA, BAJA CAL1FORNIA (Messico)
Tel: (667) 44501 /6422S Fax: 45154
Socio attivo dal 1974

Dr. Chiara WELKER
LABORATORIO DI BIOLOGIA MARINA (SORGENTI DI AURISIANA)
Strada Costiera, 336 - S. Croce
34010 TRIESTE (Italia)
Tel: 040-224400 Fax: 569743
Socio attivo dal 1993

Dr. Renata ZACCONE
ISTITUTO SPERIMENTALE TALASSOGRAFICO C.N.R.
Spianata San Raineri, 86
98123 MESSINA (Italia)
Tel: 090-773724 Fax: 714909
Socio associalo dal 1984

Dr. Giacomo ZAGAMI
DIPARTIMENTO BIOLOGIA ANIMALE ED ECOLOGIA MARINA
Salita Sperone, 31 - S. Agata
98166 MESSINA (Italia)
Tel: 090-6765235 Fax: 393409
Socio attivo dal 1992

Prof. Gilda ZANICCHI
ISTITUTO CHIMICA GENERALE ED INORGANICA
UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI GENOVA
Viale Benedetto XV, 3
16132 GENOVA (Italia)
Tel: 010-3538127/3538108 Fax: 358379
Socio attivo dal 1975

Dr. Marco ZAVATARELLI
IMGA - CNR
Via Emilia Est, 770
41100MODENA (Italia)
Tel: 059-362388 Fax: 374506
Socio attivo dal 1985

Dr. Adriana ZINGONE
STAZIONE ZOOLOGICA "A. DOHRN"
Villa Comunale, 111
80121 NAPOLI (Italia)
Tel: 081-5833295 Fax: 7641355
Socio attivo dal 1991

Prof. Teda ZUNINI SERTORIO
ISTITUTO DI SCIENZE AMBIENTALI
MARINE
UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI GENOVA
Corso Rainusso, 14 - CP 79
16038 S. MARGHERITA LIGURE (GE) (Italia)
Tel: 0185-286195 7283415 Fax: 281089
Socio attivo dal 1974