EVOLUZIONE STAGIONALE ESTIVA DEL BILANCIO DI MASSA DELLA ZONA MARINA ANTISTANTE IL DELTA DEL PO, NEL QUADRO DELLA CIRCOLAZIONE DELL'ALTO ADRIATICO

*R. DAZZI, **G. GALEATI, **F. TOFFOLO, **M. TOMASINO

*C.N.R. - S. Polo 1364 - Venezia.
**ENEL - CRIS - Servizio Idrologico - Corso del Popolo 245 Mestre

SUMMARY

In June 1978, August 1979 and September 1980 current meter rigs with sensors at 5, 10, 20 m depth have been operating at 10' time steps from 10 to 30 km offshore in front of the Po river Delta. These records were analyzed by least squares method to define the tidal currents of the zone. Comparison of previous results with virtual displacement diagrams defines different vertical patterns for tidal and gradient currents. Finally the mass budget for each of the 3 periods was separately made; the budgets well define a summer evolution of the current field giving origin at the end of the summer to a cyclonic eddy, which confirms the previous results of Franco (1970).

INTRODUZIONE

La zona di mare che si estende nell'Adriatico fino a 20 km al largo delle foci del Po e che se ne spinge per 15 km a Nord e per 15 km a Sud (fig. 1) è stata oggetto di tre campagne di rilievo di correnti susseguitesi nel giugno 1978, agosto 1979, settembre 1980. I rilievi, eseguiti mediante catene correntometriche fisse collocate ripetitivamente nel medesimo sito in ognuna delle campagne, hanno avuto durate di tre settimane all'incirca ciascuno con una scansione di un rilievo ogni 10 minuti per ogni correntometro alle profondità di 5, 10 e 20 m dalla superficie.

Sulla base dei risultati della prima esperienza del 1978 (Dazzi, Mioni, Tomasino, 1979) e per ovvie motivazioni di economicità, il numero dei correntometri usati nei due rilievi del 1979 e 1980 è stato ridotto, sopprimendo quelli la cui informazione appariva ridondante. L'ubicazione delle catene correntometriche, contrassegnate ciascuna dalle lettere B, C, D, E, F, è riportata in fig. l.

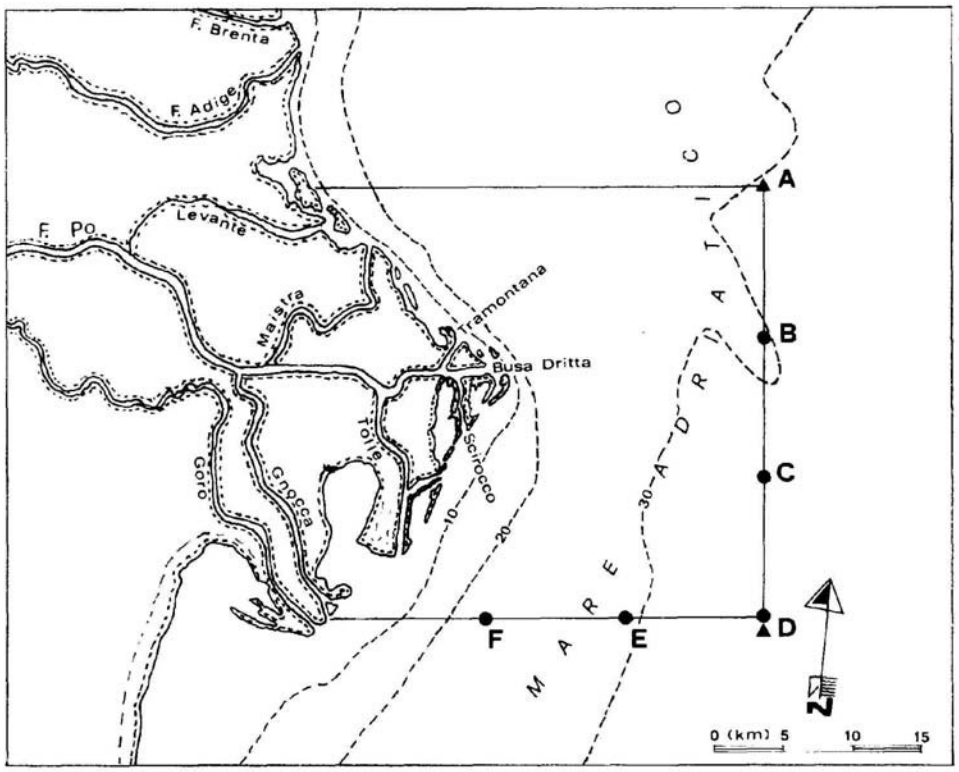


Fig. 1 - Il Delta del Po. La linea continua rappresenta i bordi della zona di cui si è calcolato il bilancio di massa; i circoli la posizione delle catene correntometriche contrassegnate dalle lettere adiacenti.

CORRENTI DI MAREA E LORO DISCUSSIONE

La ripetitività delle misure ha fornito la possibilità di verifica della loro attendibilità sulla base dell'individuazione delle componenti astronomiche delle correnti di marea, la cui stabilità risulta garantita anche in presenza di marcate variazioni della stratificazione.

Dalla fig. 2, che riporta le ellissi di corrente della componente astronomica fondamentale M_2 ricostruite mediante il metodo dei minimi quadrati a partire dalle singole registrazioni, si deduce quali correntometri siano stati operanti nei vari periodi: nel 1978 15, nel 1979 e nel 1980 11. Le registrazioni coprono: nel 1978 dal 2 al 19 giugno, nel 1979 dal 22 agosto al 7 settembre, nel 1980 dall'8 al 31 settembre. Considerato il margine di imprecisione da cui sono affette, le ellissi M_2 sono state calcolate riportando, sotto forma di traccia più sfumata, anche gli estremi di loro probabile variazione (Godin, 1972). In questo modo il confronto tra ellissi diviene più significativo, nel senso che ci si deve attendere, da ellissi riferite a correntometri operanti alla stessa profondità nella stessa ubicazione, la sovrapponibilità del loro contorno "sfumato".

I dati del 1979 risultano i più disturbati (si vedano i contorni delle ellissi, più sfumati che negli altri due anni) e per il punto E a 5 metri di profondità ed il punto F a 10 metri le ellissi risultano addirittura contrastanti con quelle del 1978 e 1980, mentre l'accordo delle altre è ottimo. L'incongruenza del punto E è però solo apparente, in quanto la collocazione dello strumento risulta, per errore, a 2m di profondità: si giustifica così l'arrotondamento dell'ellissi e la sua giacitura rotata verso Nord-Est. A questo proposito si deve rilevare come anche le 2 ellissi C_5 ed E_5 (con gli indici si indicano le profondità dei correntometri) del 1978 chiaramente individuassero con la loro scarsa eccentricità un comportamento spiccatamente superficiale. Negli anni successivi questo non si riscontra; se però si tien conto della difficoltà di mantenimento del posizionamento verticale dei correntometri a profondità d'ancoraggio di oltre 30 m ed alla dipendenza della fissità degli strumenti più prossimi alla superficie dal moto ondoso (nel 1978 le condizioni meteorologiche furono di completa calma, al contrario di quelle del 1979, il che spiega la maggior "sfumatura" di queste ultime ellissi), il fatto si giustifica. Se d'altronde si osservano C_5 del 1979 e del 1980 in confronto a C_5 del 1978 ed E_5 del 1980 in confronto ad E_5 del 1978, si vede come le loro posizioni siano intermedie rispetto a quelle delle corrispondenti registrazioni fatte a 10 m di profondità. Questo suggerisce che la variazione di comporta-

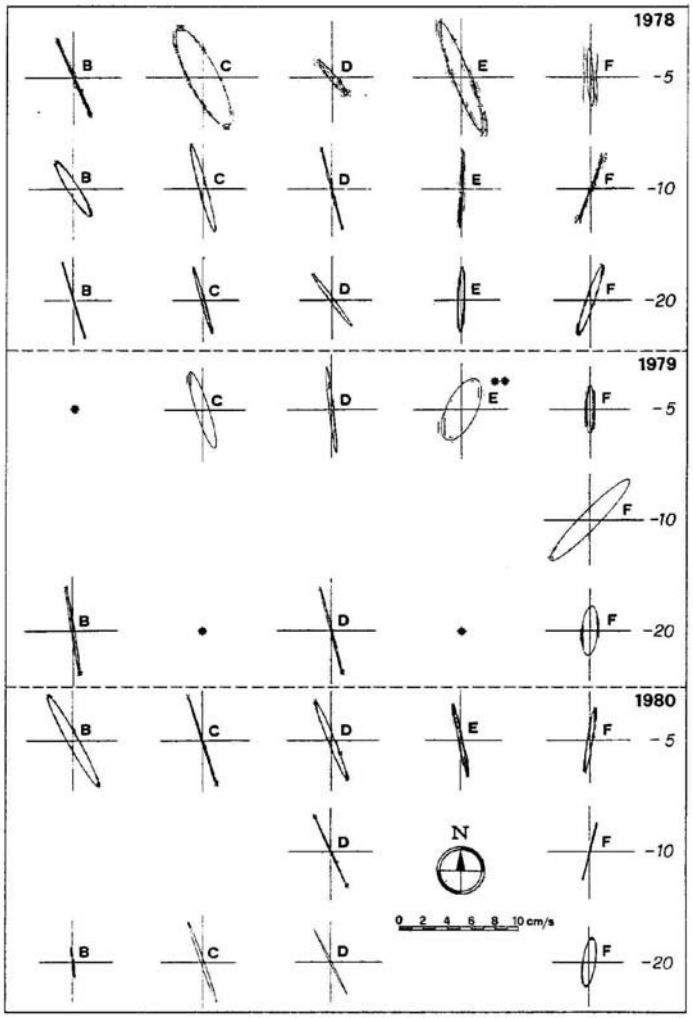


Fig. 2 - Ellissi di corrente della componente astronomica M_2 alle profondità di 5, 10 e 20 m in corrispondenza dei punti B, C, D, E ed F di fig. 1 ricavate dalle misure del 1978, 1979 e 1980. Le tracce sfumate descrivono il margine di imprecisione nella determinazione delle ellissi causato dalla non corretta stima di ampiezza e fase della componente.

* In fase di elaborazione.

**Il correntometro E del 1979 ha operato per errore di ancoraggio a 2 m di profondità invece che a 5 m.

mento marcale avvenga abbastanza bruscamente, intorno ai 5 metri di profondità, per cui anche piccoli cambiamenti di quota influiscono sulla qualità del moto; questo convalida la tesi già enunciata (Dazzi, Mioni, Tomasino, 1979) di una certa autonomia dello strato superficiale (almeno i primi 5 metri) dallo strato sottostante per quanto concerne la marea ed indipendentemente dalla presenza di picnoclini.

CORRENTI DI GRADIENTE E LORO DISCUSSIONE

Al contrario, il comportamento della massa liquida rientrante nella circolazione generale delle correnti di gradiente in Adriatico risulta, come già riscontrato (Dazzi, Mioni, Tomasino, 1979), omogeneo per uno strato di maggior spessore, sicuramente spingentesi oltre i 10 metri di profondità, relegando i moti della parte sottostante ad un ruolo di minore importanza, probabilmente a causa dell'attrito di fondo, la cui azione di abbattimento delle velocità è ben riscontrabile anche nelle registrazioni a 20 metri di profondità (a distanza cioè di 10 metri dal fondo) dei punti B e C. Ad illustrazione del comportamento di queste masse si sono riportati i diagrammi progressivi di corrente relativi alle registrazioni a 5 metri di profondità del 1978 e del 1979 (fig. 3). Il primo dato che ne emerge con assoluta nitidezza è quello della maggior omogeneità e regolarità del campo di corrente nel 1979 rispetto al 1978; le correnti nel 1979 sono indirizzate con precisione a Sud-Est (tranne F diretto a Nord-Est) e, al di fuori della perturbazione dovuta alla marea, sono assenti i movimenti altalenanti di ritorno ben visibili invece nel 1978. La giustificazione, oltre che nella violenza delle correnti del 1979 (le masse d'acqua in moto in quest'anno sono quasi il doppio di quelle del 1978) è nella probabile presenza nel 1978 di un vortice ciclonico di circa 10 km di diametro in moto con una velocità intorno ai 5 cm/sec in direzione Sud che investe progressivamente i correntometri B, C ed E, tra il 6 ed il 10 giugno (fig. 3).

Analogamente a quanto riscontrato nel 1978 il filone di corrente indirizzato a Sud non tocca il punto F (di cui malauguratamente a causa dell'asporto clandestino dello strumento si sono persi i primi giorni di registrazione), che;al contrario risulta interessato nei primi giorni di settembre da una controcorrente che bilancia la flessione verso Est da cui i diagrammi progressivi C, D ed E sono affetti (fig - 3). Questa rotazione del campo di corrente ben si allaccia (come si vedrà poi a distanza di un anno, nella registrazione che inizia l'8 settembre 1980) alle caratteristiche generali estive della cir-

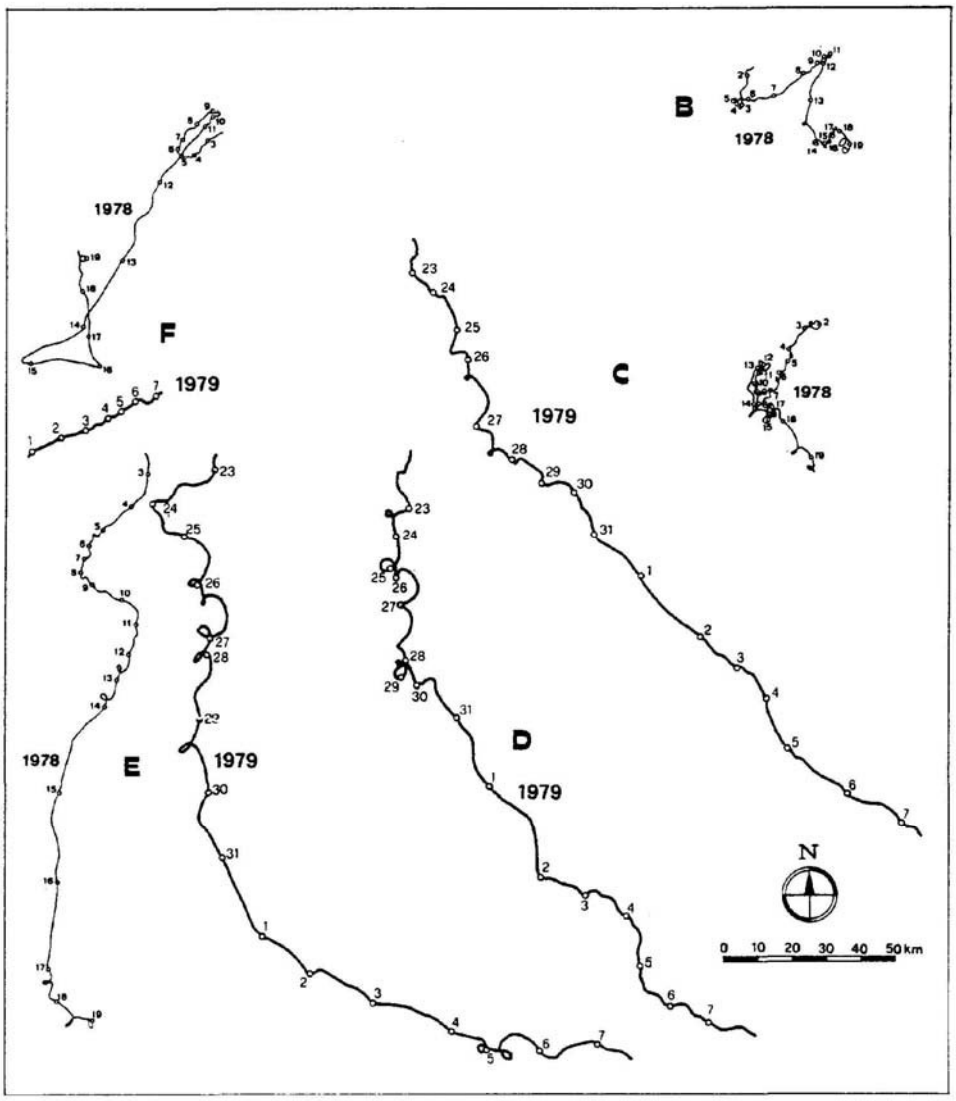


Fig. 3 - Diagrammi progressivi di corrente a 5 m di profondità dall'1 al 19 giugno 1978 e dal 22 agosto al 7 settembre 1979. Il diagramma relativo al punto F del 1979 è di durata inferiore per difetti di funzionamento. Le lettere identificano la posizione dei correntometri.

colazione adriatica.

BILANCI DI MASSA E LORO DISCUSSIONE

Per ricavare una visione d'insieme, sottratta alle situazioni contingenti delle singole stazioni di misura e calata nella dinamica della zona considerata come parte integrante della più vasta circolazione dell'Adriatico settentrionale, si sono valutati gli spostamenti globali delle masse d'acqua che hanno interessato nelle tre campagne l'area di rilievo. L'operazione è stata eseguita secondo la normale procedura di considerare ciascun correntometro come rappresentativo di una certa sezione liquida, assegnando poi a questa sezione la velocità media registrata dal correntometro nel corso delle misure. In questo modo si sono identificate le portate medie transitate nel corso delle campagne attraverso i bordi Est e Sud dell'involucro delimitato dalle catene correntometriche (fig. 4); per differenza delle precedenti portate, tenuto conto di quelle in arrivo dal Po, si sono poi valutate le portate in ingresso dal bordo Nord. Il calcolo è stato condotto separatamente per lo strato di fondo e quello soprastante, in accordo con la struttura del moto sopra descritto. Evidentemente la procedura è approssimativa e non tiene conto di discontinuità verticali del campo di moto; queste discontinuità risultano però, in un bilancio relativo ad un esteso intervallo di tempo qual'è il nostro, attenuate nei loro effetti a causa dell'attrito interfacciale che operando continuamente nei confronti dello strato di spessore inferiore tende ad uniformare il comportamento idrodinamico lungo la verticale.

Questi bilanci di fig. 4, pur riferendosi a 3 anni distinti, evidenziano peculiarità del campo di corrente che, a nostro avviso, trascendono la circostanza della campagna di misura e descrivono l'atteggiamento evolutivo della circolazione della zona. Per trame le debite conclusioni si tenga presente che i rilievi del 1979 si svolsero in condizioni di moto ondoso, quindi i valori delle velocità (perciò delle portate) furono sicuramente sopravvalutati a causa del funzionamento dei rotori Savonius impiegati dai correntometri.

Svincolandosi da questo con una valutazione percentuale delle portate in grado di rendere omogenee alle altre le misure del 1979, i bilanci di massa di fig. 4, rapportati al mese di esecuzione, evidenziano un aspetto di grande interesse: come bilanci globali (estesi cioè a tutta la colonna d'acqua) in giugno le portate entranti da Nord escono integralmente (o quasi) da Sud, in agosto solo un terzo esce da Sud ed in settembre l'uscita è concentrata sul lato Est, da cui defluiscono anche

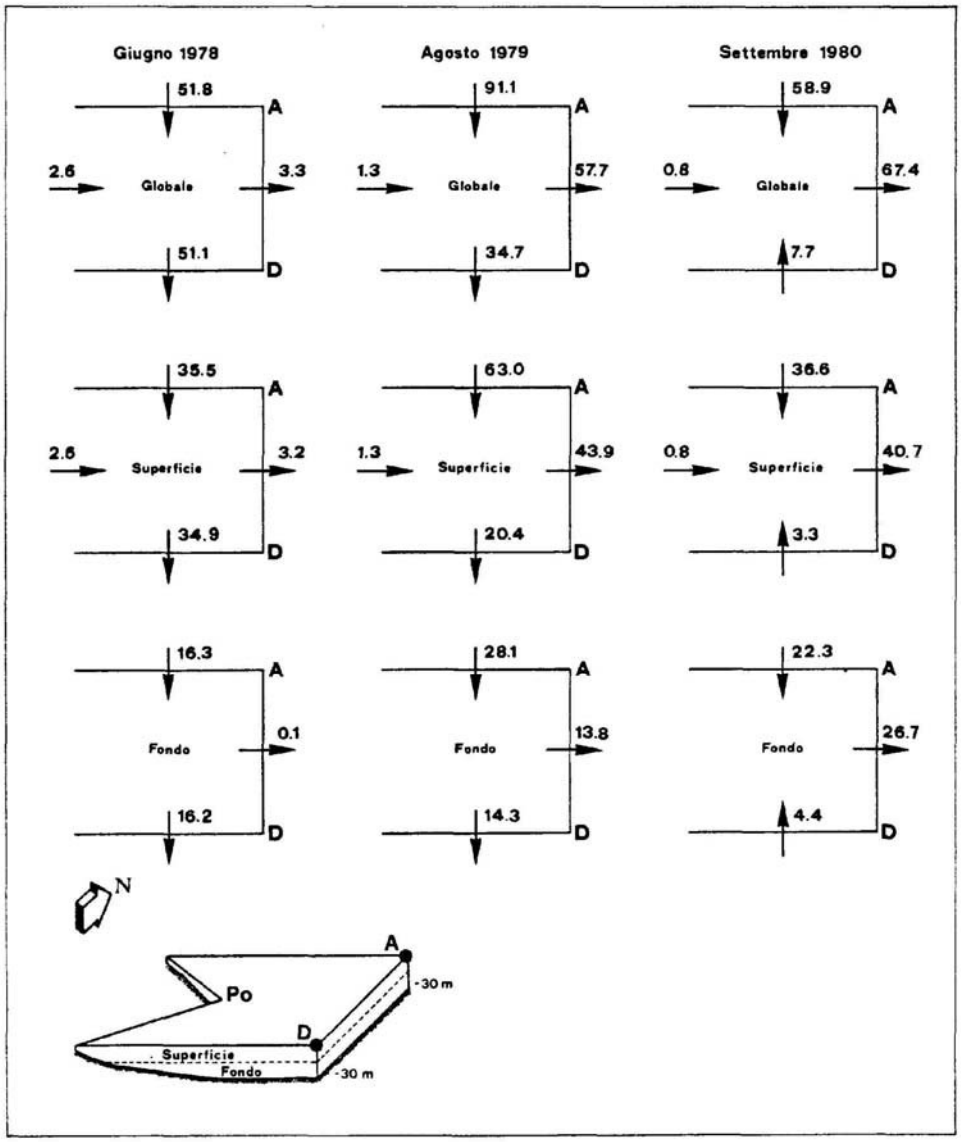


Fig. 4 - Evoluzione stagionale estiva del bilancio di massa (portate in m^3/s 10^3) della zona marina antistante il Delta del Po ricavata dalle campagne del 1978, 1979 e 1980.

le acque che, invertendo la tradizionale orientazione, penetrano l'area da Sud, pur se in piccola quantità. Lo schema che se ne ricava è quello di una progressiva diminuzione nell'arco estivo della spinta verso Sud delle acque che, a giugno (vedi fig. 3) muovono ancora indecise e meandreggianti verso Sud, in agosto acquistano maggior energia, ma parzialmente perdono l'indirizzamento verso Sud ed in settembre decisamente si proiettano verso la costa jugoslava inducendo per compensazione un richiamo di acque meridionali.

CONCLUSIONE

Queste considerazioni trovano conforto nella transizione estate - inverno della circolazione adriatica e sembrano suggerire, alla luce dell'altrui esperienza (Franco, 1970), un innesco di meccanismo rotatorio ciclonico chiuso in se stesso all'altezza del Delta del Po a partire da settembre per la circolazione dell'alto Adriatico. Tanto più convincente ci sembra quest'ipotesi considerando sia la fig. 5, che riporta la distribuzione delle anomalie di densità estive ed autunnali dell'alto Adriatico sia la fig. 6 che riporta la distribuzione dell'anomalia di altezza dinamica relativa all'isobara 50 m nel lontano settembre 1911 e che, a riscontro della nitidezza del flusso meridionale lungo la costa italiana, presenta all'altezza dell'Istria la compressione delle isolinee a ridosso della costa Jugoslava: tutto ciò collima con le risultanze dei bilanci delle masse d'acqua.

Quindi il carattere evolutivo stagionale del campo di corrente dell'alto Adriatico, pur con tutte le cautele dovute alla nota variabilità del delicato meccanismo marino, sembra ben individuato ed il comportamento del bacino settentrionale si inserisce così nel contesto del meccanismo circolatorio generale dell'Adriatico, registrando nella fase di trapasso dalla stagione calda alla fredda, le modificazioni indotte dal raggiungimento della massima profondità di stratificazione.

BIBLIOGRAFIA

R. Dazzi, F.Mioni, M. Tomasino. 5 ÷ 7 marzo 1979. Indagine idrodinamica sull'immissione del Po in Adriatico. Convegno Scientifico Nazionale P. F. "Oceanografia e Fondi Marini", Roma.

G. Godin. 1972. The Analysis of Tides. Liverpool University Press.

P. Franco. 1970. Oceanography of northern Adriatic sea – I Hydrologic features: cruises July-August and October-Novem-

ber 1965 in Arch. Oceanogr. Limnol. 16 suppl.
M. Zorè. 1956. On gradient currents in Adriatic Sea. Acta Adriatica 8 (6): 38.

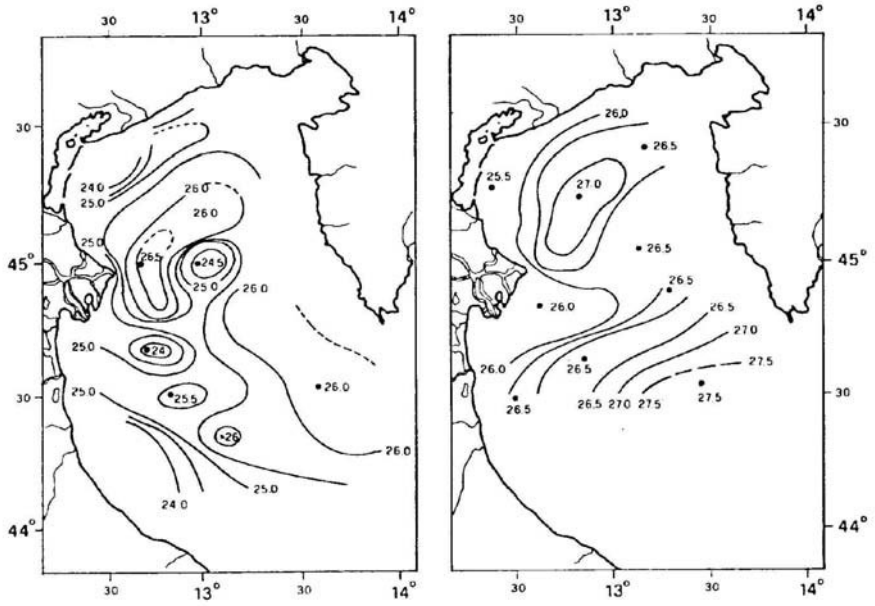


Fig. 5 - Distribuzione delle anomalie di densità estive ed autunnali nell'alto Adriatico (da Franco, 1970).

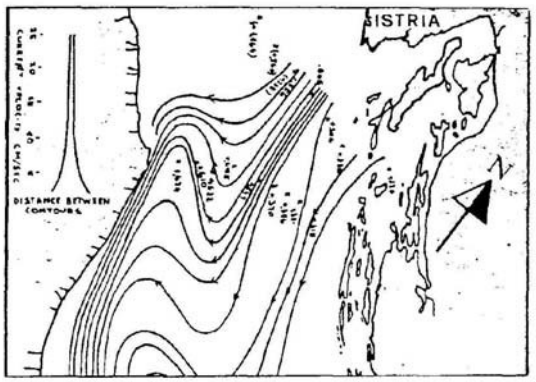


Fig. 6 - Distribuzione di anomalia di altezza dinamica relativa all'isobara 50 m nel periodo 16 agosto ÷ 6 settembre 1911 a Sud del Delta del Po (ricavata da"On gradient currents in the Adriatic sea" di M. Zorè in "Acta Adriatica" vol. VIII n. 6, 1956).

DINAMICA DI POPOLAZIONE E PRODUZIONE DI ARCTODIAPTOMUS ALPINUS IN DUE LAGHI ALPINI D'ALTA QUOTA: LAGHI BODEN, ALTA VAL FORMAZZA, m 2340 s.l.m.

R. DE BERNARDI, M. BROGI, I. ORIGGI

C.N.R. - Istituto Italiano di Idrobiologia, Pallanza

SUMMARY

Population dynamics and production of Arctodiaptomus alpinus were studied in two alpine lakes in Italy (Boden lakes Alta Val Formazza, m 2340 a.s.l.).

The results of these research show that in the examined lakes A.alpinus present an unimodal cycle starting in July with the development of resting stages. The development of the cohort was followed until ice cover started once in october. The use of Allen's curve let us possible to evaluate the production of the whole population. Furthermore our research confirmed the importance of size and species specific predation on zooplankton structure and the evolutive significance of the presence or the absence of carotenoid pigments in copepods as a consequence of fish predation.

INTRODUZIONE

Nell'ambito delle ricerche che da ormai alcuni anni vengono condotte presso il nostro gruppo nella dinamica di popolazione di organismi zooplanctonici lacustri e sui meccanismi interattivi (biotici ed abiotici) che determinano la loro evoluzione temporale, si è ritenuto opportuno iniziare una ricerca su ambienti estremi quali possono essere i laghi alpini d'alta quota. Questi, infatti, contrariamente a quanto comunemente riscontrabile in ambienti lacustri pedemontani presentano configurazioni comunitarie estremamente semplificate, in quanto composte da poche entità tassonomiche, catene alimentari a complessità modesta nonché attività biologiche ristrette ad un periodo di tempo (estate alpina). Inoltre, gli ambienti alpini sono sottoposti ad un impatto antropico di modesta (quando non esistente) entità, il che comporta meccanismi interattivi non disturbati da rumori di fondo che, nel caso di laghi pedemontani, possono arrivare a mascherarli completamente diventando le forze di primaria importanza strutturanti le comunità biologiche.

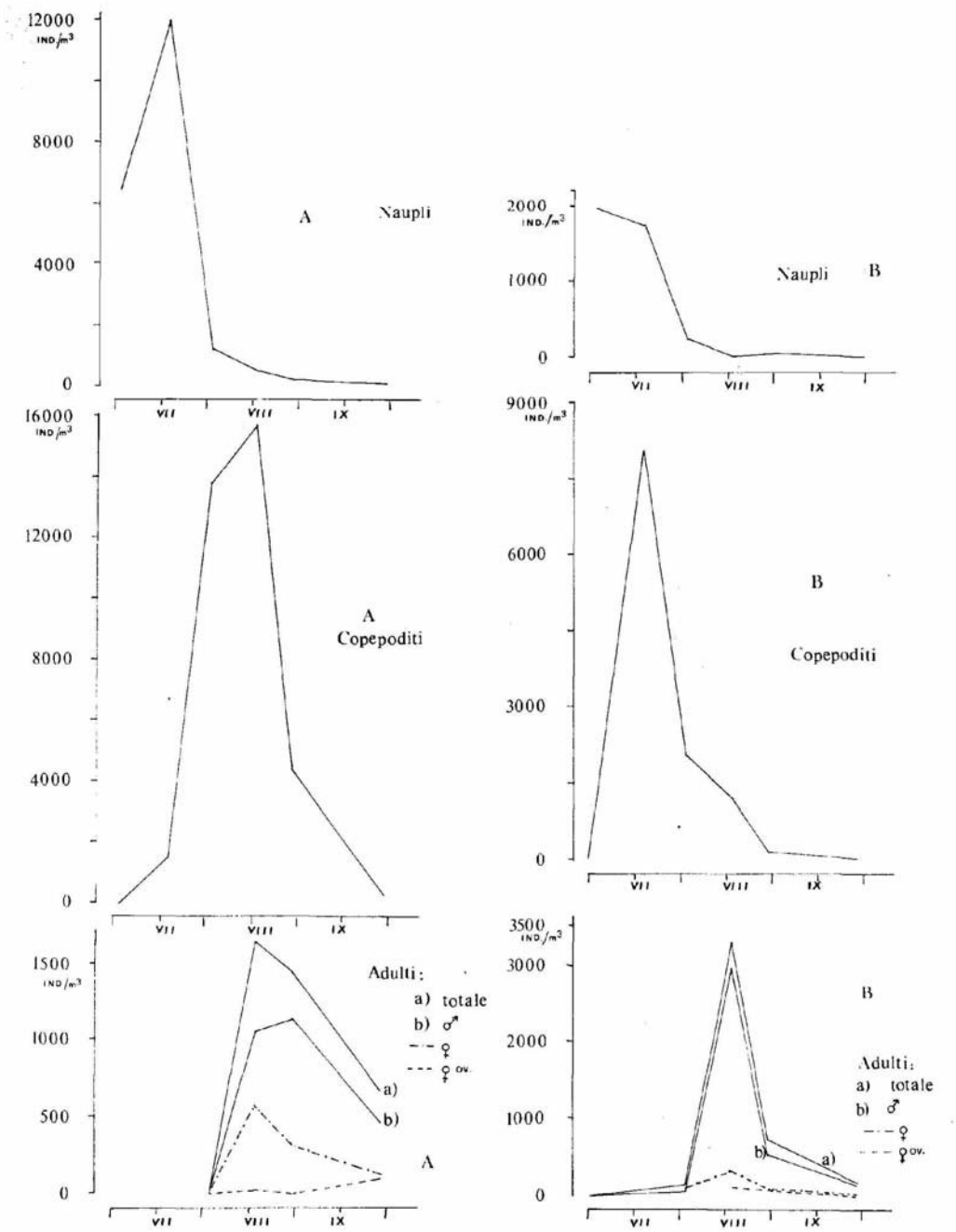


Fig. 1 - Ciclo stagionale delle popolazioni di Arctodiaptomus alpinus nel L. Boden Superiore (**A**) ed Inferiore (**B**).

MATERIALI E METODI

Le vicende stagionali dei laghi d'alta quota sono condizionate dalle peculiari caratteristiche climatiche e meteorologiche del lo ambiente alpino. Infatti, la copertura nevosa, che persiste per un lungo periodo di tempo, riduce la vita attiva di questi ba cini lacustri ai soli mesi estivi.

Pertanto i campionamenti sono stati effettuati durante il pe riodo del disgelo (Luglio-Ottobre) con frequenza circa quindici nale. Per una più completa valutazione dei processi che si veri ficano a livello zooplanctonico, accanto all'analisi delle diver se componenti biotiche dell'ecosistema, sono state prese in con siderazione le principali caratteristiche chimiche e fisiche dei due ambienti considerati.

In particolare, lo studio del popolamento zooplanctonico è stato effettuato su campioni prelevati contemporaneamente secondo modalità diverse.

Una prima serie di campioni qualitativi raccolti con una rete con maglie di 76 µm di luce lungo traiettorie sinusoidali della lunghezza di circa 100 m, aveva lo scopo di fornire una quantità di individui delle singole entità tassonomiche sufficiente per una caratterizzazione biometrica delle loro strutture di popo lazione.

La seconda serie, invece, è stata raccolga su basi quantita tive così da ottenere una stima rappresentativa, per i due laghi, della densità di popolazione delle diverse specie. I campioni, in questo secondo caso, sono stati ottenuti attraverso il mescola mento di sottocampioni, raccolti con pescate verticali dal fondo alla superficie, con la stessa rete usata per i campioni qualita tivi, in almeno 10 stazioni caratterizzate da diversa profondi tà così da risultare nel loro complesso mediamente significativi dell'intera massa lacustre.

La specie Arctodiaptomus alpinus, risultata la più importante in tutti e due i laghi, è stata sottoposta ad un'analisi di mag gior dettaglio. In particolare, per ogni data di campionamento, si è proceduto alla valutazione della densità di ogni stadio di sviluppo preriproduttivo (6 stadi naupliari e 5 stadi di copepodi te) nonché alla suddivisione degli adulti in maschi, femmine tota li e femmine ovigere. Inoltre, per ogni campione, si è proceduto alla misura della lunghezza corporea di almeno 100 individui per ciascuna delle 14 classi così identificate. Dai valori di lunghe za si sono poi calcolati i valori unitari di peso secco secondo la seguente formula (Bottrell, Duncan, Gliwicz, Grygierek, Herzig, Hillbricht-Ilkowska, Kurasawa, Larsson and Weglenska, 1976):

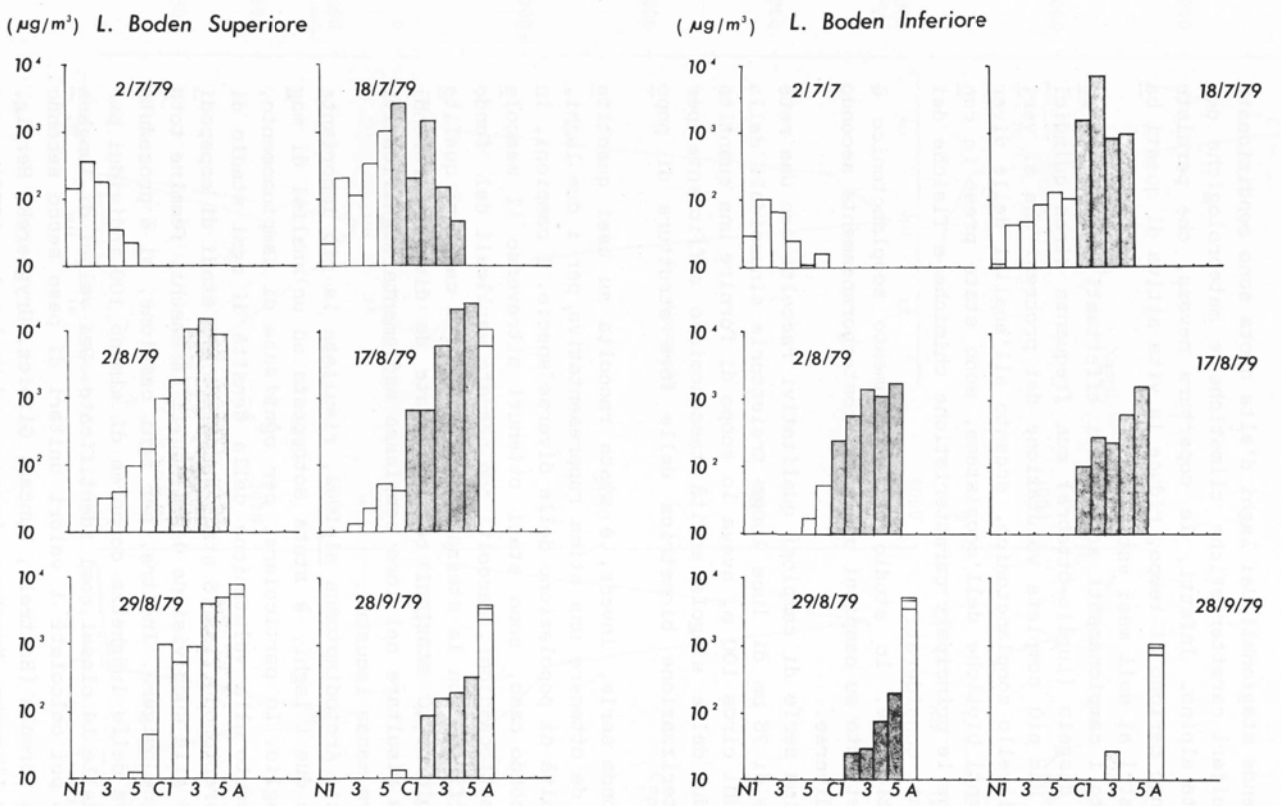


Fig. 2 - Biomasse (µg/m^3) dei vari stadi di sviluppo di Arcto diaptomus alpinus nei due Laghi Boden.

$$\ln \mathbf{W} = 1{,}2431 + 2{,}2634 \ln L$$

dove **W** = peso secco in µg **L** = lunghezza in µm

Relativamente al Lago Boden Inferiore, i risultati ottenuti, hanno permesso una valutazione della produzione ponderale di questa specie. Tra i vari metodi riportati in bibliografia per la stima della produzione secondaria (Allen, 1951; Winberg, Pechene e Shuskina, 1965; de Bernardi e Di Cola, 1976) si è ritenuto opportuno utilizzare il metodo grafico delle coorti proposto da Allen (1951) che è risultato il più efficace a descrivere la dinamica univoltina presentata dalla popolazione di questa specie nei due laghi.

RISULTATI

Vengono qui riportati esclusivamente i risultati relativi alla dinamica, alla produzione ed all'ecologia delle popolazioni di Arctodiaptomus alpinus nei due laghi considerati. Un'esposizione completa dei risultati ottenuti in questa ricerca è riportata in un lavoro più ampio al quale si rimanda (de Bernardi e Brogi, in preparazione).

La dinamica delle popolazioni di A.alpinus nei due Laghi Boden è caratterizzata da un ciclo univoltino che vede la presenza dei soli stadi naupliari all'inizio di Luglio e la comparsa degli adulti solo alla fine dell'estate alpina (Fig. 1). Sostanzialmente nei due ambienti questo schema si presenta simile nel suo insieme anche se si possono rilevare alcune differenze di un certo interesse. In particolare, nel Lago Boden Superiore, la densità dei naupli passa da 6.460 ind./m^3 al primo campionamento a 12.000 ind./m^3 dopo quindici giorni per poi andare incontro ad una progressiva diminuzione nei mesi successivi. Al declino di questo stadio di sviluppo corrisponde il graduale aumento dei copepoditi che compaiono al secondo campionamento raggiungendo il massimo di densità nel mese di Agosto (con circa 16.000 ind./m^3). Gli adulti fanno la loro comparsa nella seconda metà di Agosto.

Nel Lago Boden Inferiore l'andamento stagionale dei naupli è caratterizzato da una progressiva diminuzione in densità a passare dalla prima data di campionamento. Non si rileva cioè quel picco alla fine di Luglio presente nell'altro bacino. E' da notare, inoltre, che nonostante nel Boden Inferiore la densità dei naupli e dei copepoditi sia nettamente più bassa di quella rinvenuta nel Boden Superiore, questi danno luogo ad una popolazione di adulti molto consistente, evidenziando in tal modo una loro minore mortalità. E' inoltre evidente, dai dati a nostra, disposizione, come nel L. Boden Inferiore A.alpinus presenti uno

sviluppo più precoce rispetto a quello verificato nel L. Boden Superiore. Le differenze nello sviluppo delle popolazioni nelle due conche lacustri appaiono già verso la fine del mese di Luglio (Fig. 1) quando si ha, nel bacino inferiore, una presenza più importante di stadi di copepodite avanzati. Inoltre, la comparsa degli adulti in questo lago è anteriore di almeno quindici giorni rispetto al bacino superiore.
In entrambi i laghi le popolazioni di adulti presentano un rapporto sessi fortemente sbilanciato a favore dei maschi (circa 2:1 nel bacino superiore e 8:1 in quello inferiore). Il ritrovamento di questo rapporto sessi sbilanciato riveste un notevole interesse per 1'interpretazione della dinamica evolutiva delle popolazioni di A.alpinus in questi due laghi. Infatti, come osservato da Baldi (1938) per popolazioni della stessa specie insediate in alcuni bacini montani distribuiti sul versante meridionale del gruppo Monte Rosa-Breithorn-Cervino, questo fenomeno starebbe ad indicare un meccanismo genetico che in alcuni casi può portare alla estinzione delle popolazioni interessate (Baldi, 1938).

Così come per le densità degli stadi di sviluppo preriproduttivo, la biomassa totale di A.alpinus raggiunge valori più elevati anche nel bacino superiore (Fig. 2). In particolare l'evoluzione stagionale dei valori di biomassa relativi ai singoli stadi di sviluppo in questo bacino evidenzia come il popolamento, formato esclusivamente da naupli sino al quinto stadio di sviluppo, presenta un valore di biomassa pari a 741 $\mu g/m^3$. Al successivo campionamento tutti gli stadi naupliari sono rappresentati e costituiscono una biomassa di 4.301 $\mu g/m^3$, cui si aggiunge quella di 1.825 $\mu g/m^3$ determinata dai vari stadi di copepoditi. Questi ultimi prendono il sopravvento nei campionamenti effettuati in Agosto, raggiungendo valori di biomassa di 37.606, 52.786, 11.623 $\mu g/m^3$, che poi si riducono notevolmente alla fine di Settembre (755 $\mu g/m^3$). In questo periodo gli adulti, che erano già presenti nelle precedenti date in quantità modesta rispetto a quella dei copepoditi (intorno a 5.700 $\mu g/m^3$), assumono un ruolo predominante nel popolamento di A.alpinus (biomassa di 2.300 µg/m Fig. 2).

Anche nel Boden Inferiore (Fig. 3), agli inizi di Luglio, vi è un popolamento puro di naupli che, tuttavia, raggiungono il massimo valore di biomassa (419 $\mu g/m^3$), solo nel campionamento successivo, pur essendo la popolazione caratterizzata da copepoditi (biomassa di 10.200 $\mu g/m^3$). Nella seconda metà di Agosto la quantità di naupli diventa, in termini di biomassa, talmente irrilevante che nel campionamento effettuato il giorno 17 ci si trova di fronte ad una popolazione costituita quasi esclusiva

mente da copepoditi. Gli adulti compaiono alla fine di Agosto e di Settembre con una biomassa che varia da 3.500 a 735 $\mu g/m^3$. Da una osservazione della Fig. 2 si ha una conferma dell'inversione del rapporto sessi già trovata analizzando i valori di densità di Arctodiaptomus alpinus. Per tale diaptomide, e limitatamente ai soli dati ottenuti per il L. Boden Inferiore, si è compiuta anche una stima della produzione attraverso il metodo grafico di Allen. Da una analisi della curva riportata in Fig. 3 si nota che l'area ACDF rappresentante la produzione che avrebbe potuto realizzarsi in assenza di mortalità è pari a 160 $\mu g/m^3$ giorno. La produzione che non si è mai realizzata, espressa dall'area AEF, è pari a 71,9 $\mu g/m^3$ giorno, mentre il valore relativo alla superficie ACDE, pari a 81,4 $\mu g/m^3$ giorno, rappresenta la produzione della biomassa totale della popolazione a partire dai naupli fino alla comparsa degli adulti. Restano da considerare la produzione dovuta agli stadi giovanili rappresentata dall'area ABE, pari a 24,4 $\mu g/m^3$ giorno, e quella relativa agli adulti. Questa ultima equivale alla superficie BCDE e raggiunge un valore di 57,0 $\mu g/m^3$ giorno, che rappresenta la produzione finale della popolazione considerata.

Questi risultati sono in buon accordo con i valori trovati in altri ambienti lacustri alpini (Lair, 1977), ma risultano di molto inferiori a quelli rinvenuti in laghi di pianura, anche se caratterizzati da un modesto livello di produttività (Pederson, Welch e Litt, 1976).

Nel corso di queste ricerche si è inoltre evidenziato come il già esiguo numero di specie che caratterizza i popolamenti planctonici dei laghi alpini d'alta quota (Baldi, 1938; Tonolli e Tonolli, 1951), possa essere ulteriormente ridotto quando in essi si verifichi la presenza di efficienti predatori. In realtà questi ultimi, come posto in luce da numerosi autori (Hrbacek, 1977; Macan, 1977; Brooks e Dodson, 1955; de Bernardi, 1981), possono rappresentare l'elemento chiave nella strutturazione comunitaria dello zooplancton lacustre, attraverso una predazione selettiva diretta sull'una o sull'altra specie.

Nel caso dei Laghi Boden sembra potersi affermare che Salmo trutta (fario), che viene in essi introdotta ad anni alterni nella quantità di 600-1000 unità, della lunghezza di 9-12 cm, per incrementare la pesca sportiva, possa essere ritenuta la causa principale dell'estrema povertà di specie rinvenute. In particolare i risultati ottenuti su questi due ambienti sono in buona concordanza ed offrono un ulteriore supporto alla "size selective hypothesis" di Brooks e Dodson (1965).

Nonostante che la dieta delle trote sia normalmente basata sul lo zooplancton soltanto nei primi stadi giovanili, per passare poi ad organismi bentonici, pesci, piccoli anfibi e insetti, l'estrema povertà o addirittura l'assenza di questi gruppi di organismi nei Laghi Boden fa ritenere che questa specie ittica mantenga una dieta essenzialmente basata sullo zooplancton. Questo fatto renderebbe ragionevolmente conto della quasi assoluta mancanza di zooplanctonti di grosse dimensioni nei due laghi esaminati. Si ricorda, per esempio, che il cladocero Daphnia longispina, è stato in essi ritrovato soltanto sporadicamente (Lago Boden Superiore alla fine di Settembre) e con una densità estremamente bassa (12 ind./m^3) e che in essi non è mai stata rinvenuta Heterocope saliens, specie di grosse dimensioni peraltro presente in altri ambienti circostanti. A questo proposito è da sottolineare che in una pozza situata a non più di 50 m dal Lago Boden Superiore e che presenta con questo ultimo strette analogie per quanto riguarda giacitura, vicende termiche e chimismo delle acque, ma caratterizzata dalla completa assenza di pesci, il popolamento zooplanctonico risulta dominato dalle popolazioni di Daphnia longispina e, tra i Copepodi, accanto a Cyclops abyssorum ed Arctodiaptomus alpinus, vede un'importante presenza di Heterocope saliens (de Bernardi, dati non pubblicati). Dalle presenti ricerche e dal confronto dei risultati ottenuti con quelli relativi ad analoghi ambienti situati vicino ai Laghi Boden, emergono ulteriori indicazioni sul valore di forza selettiva, in senso evoluzionistico, che la predazione può assumere per gli organismi planctonici lacustri. In particolare va segnalato che l'intensa colorazione rossa, dovuta ai pigmenti carotenoidi, è caratteristica molto comune negli zooplanctonti dei laghi alpini in quanto riveste per essi un importante aspetto funzionale di protezione dalle radiazioni solari (Hiarston, 1978a). Tale colorazione è stata riscontrata solo nelle due specie (A.alpinus e C.abyssorum) maggiormente rappresentate e non sottoposte a predazione, mentre è risultata completamente assente nei pochi individui rinvenuti delle specie più intensamente predate (D.longispina). La mancanza di pigmenti rossi fotoprotettori in questi ultimi andrebbe interpretata come un elemento evolutivo atto a ridurre la visibilità e poter così, mimetizzandosi nell'ambiente, meglio sfuggire agli attacchi dei predatori (Hairston, 1978b;1980;1981).

RINGRAZIAMENTI

Si esprime il più vivo ringraziamento ai Signori A. Ferrari ed Alfredo Pranzo per la collaborazione prestata nella raccolta dei campioni.

BIBLIOGRAFIA

Allen, K.R. 1951. The Horokiwi stream. A study of a trout population. Fish.Bull.N.Z.Marine Dept., 10:231pp.

Baldi, E. 1938. Distribuzione dei fenotipi in un areale alpino di Arctodiap.tomus bacillifer Koelb. Atti III Riun.Soc.Ital.Genetica ed Eugenetica, Bologna:219-221.

Bottrell, H.H., A. Duncan, Z.M. Gliwicz, E. Grygierek, A. Herzig, A. Hillbricht-Ilkowska, H. Kurasawa, P. Larsson and T. Weglenska. 1976. A review of some problems in zooplankton production studies. Norw.J.Zool., 24:419-456.

Brooks, J.L. and S.I. Dodson. 1965. Predation, body size, and composition of plankton. Science, 150 : 28-35.

de Bernardi, R. 1981. Biotic interactions in freshwater and their effects on community structure. Boll.Zool., 48,4:353-371.

de Bernardi, R. and G. Di Cola. 1976. Instantaneous growth rates and production estimation in natural zooplanktonic population. Mem.Ist.Ital.Idrobiol., 33:105-123.

Hairston, N.G.jr. 1978a. Carotenoid photoprotection in Daphnia kenai. Verh.Internat.Verein.Limnol., 20:2541-2545.

Hairston, N.G.jr. 1978b. The adaptive significance of carotenoid pigmentation in two species of Diaptomus (Copepoda). Limnol. Oceanogr., 24:15-37.

Hairston, N.G.jr. 1980. The vertical distribution of diaptomid copepods in relation to body pigmentation. Amer.Soc.Limnol. Oceanogr.Spec.Symp.,3:98-110.

Hairston, N.G.jr. 1981. The interaction of salinity, predators, light and copepod color. In: "Salt lakes-Proceedings of an international symposium on athalassic (inland) salt lakes". W. D. Williams ed., Junk, publisher (in press).

Harbacek, J. 1977. Competition and predation, relation to species composition in freshwater zooplankton, mainly Cladocera. In: "Aquatic Microbiol Communities". J.jr. Cairns ed., Garland. Publ.Inc.,New York, 305-353.

Lair, N. 1977. Biomasse et production dans deux lacs du Massif Central français. Arch.Hydrobiol., 79:247-273.

Macan, T.T. 1977. The influence of predation on the composition of freshwater animals communities. Biol.Rev., 52:45-70.

Pederson, G.L., E.B. Welch and A.H. Litt. 1976. Plankton secondary productivity and biomass: their relation to lake trophic state. Hydrobiologia, 50:129-144.

Tonolli, V. e L. Tonolli. 1951. Osservazioni sulla biologia e sull'ecologia di 170 popolamenti zooplanctonici di laghi italiani d'alta quota. Mem.Ist.Ital.Idrobiol., 6:53-136.

Winberg, G.G., G.A. Pechen and E.A. Shushkina. 1965. Produktisya planktonnykh rakoobrazykhhv trekh ozerach razlichnogo tipa. (Production of planktonic crustaceans in three lakes of diffe rent types). Zool.Zhur., 5:676-687.

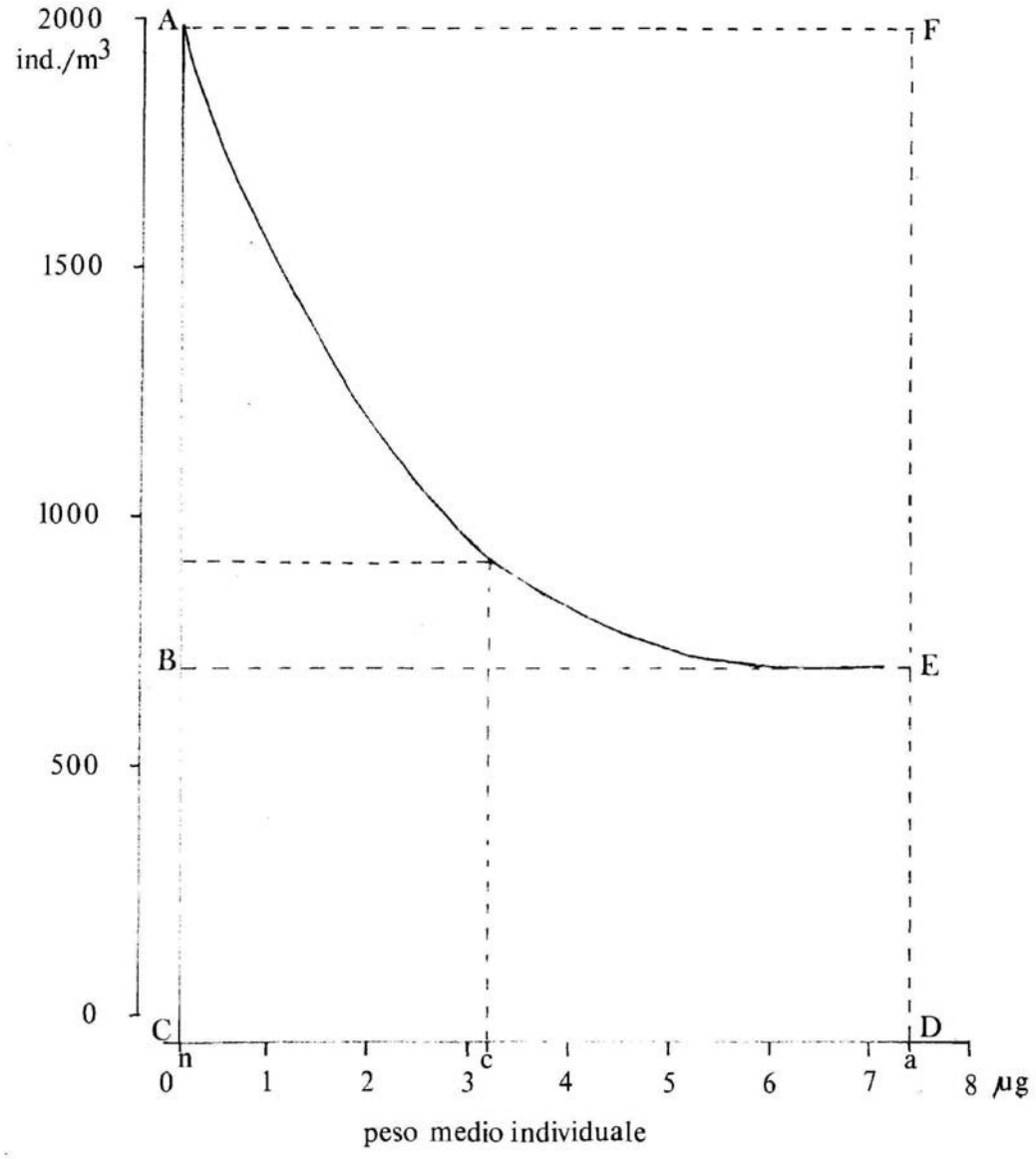


Fig. 3 - Produzione di Arctodiaptomus alpinus nel L. Boden In feriore calcolata con il metodo grafico di Allen.

RELAZIONI ALIMENTARI FITOPLANCTON-ZOOPLANCTON IN ESPERIMENTI DI BIOMANIPOLAZIONE. RISULTATI PRELIMINARI

R. DE BERNARDI, G. GIUSSANI, E. LASSO PEDRETTI

C.N.R. - Istituto Italiano di Idrobiologia, Pallanza

SUMMARY

Some preliminary results obtained from enclosure experiments manipulating the structure of natural food chains are presented and discussed in terms of their functioning Furthermore, evidences of size selective and species specific feeding of zooplankton filter-feeders are utilized to interpret the importance of grazing in structuring phythoplankton communities. Finally, data obtained seem to confirm a direct utilization of blue-green algae as Oscillatoria rubescens and Lyngbya limnetica by zooplankton.

E' noto che la qualità di un ambiente lacustre è legata da una parte agli apporti di sostanze alloctone, dall'altra ai prodotti del metabolismo delle comunità biologiche insediate attraverso meccanismi interattivi a feed-back e che comunità biologiche diversamente strutturate hanno un diverso impatto sull'ambiente nel quale sono insediate.

Da ciò deriva l'importanza di conoscere con sempre maggiore accuratezza non solo le relazioni tra comunità biologiche e componenti abiotiche ma anche le relazioni intercorrenti tra i vari elementi costitutivi le comunità stesse al fine di meglio comprendere la funzionalità dell'intero ecosistema. E' tuttavia da segnalare che, a tutt'oggi, esistono ampie lacune conoscitive al riguardo. Infatti, se da una parte si possono considerare chiariti con sufficiente profondità alcuni tra i principali legami che uniscono il livello trofico degli erbivori a quelli dei predatori (Brooks e Dodson, 1965; Hall, Threlkeld, Burns e Krowley, 1976), nonché il grosso peso che questi ultimi hanno nella strutturazione delle comunità dei fitofagi, dall'altra ben poco si conosce sul ruolo svolto dagli erbivori nella strutturazione delle comunità fitoplanctoniche. In particolare molto scarse sono le conoscenze relative alla selezione alimentare, sia specie-specifica che dimensionale, operata da fitofagi su comunità naturali fitoplanctoniche. Pertanto, dopo aver condotto un'ampia serie di esperimenti sulla possibilità di utilizzazione di diverse specie

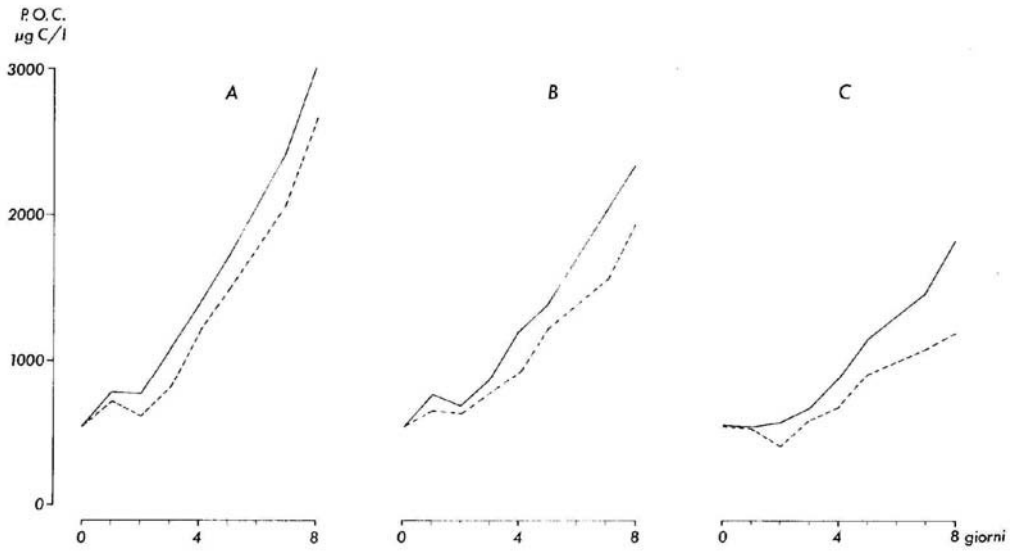


Fig. 1 - Andamento temporale della concentrazione di carbonio organico particellato (P.O.C.) in tre diverse frazioni (1 -100 µm = **A**; 1-50 µm = **B**; 1 -25 µm = **C**) in "enclosures" con (----) o senza (————) Daphnia obtusa ad una densità di 10 ind/1 circa.

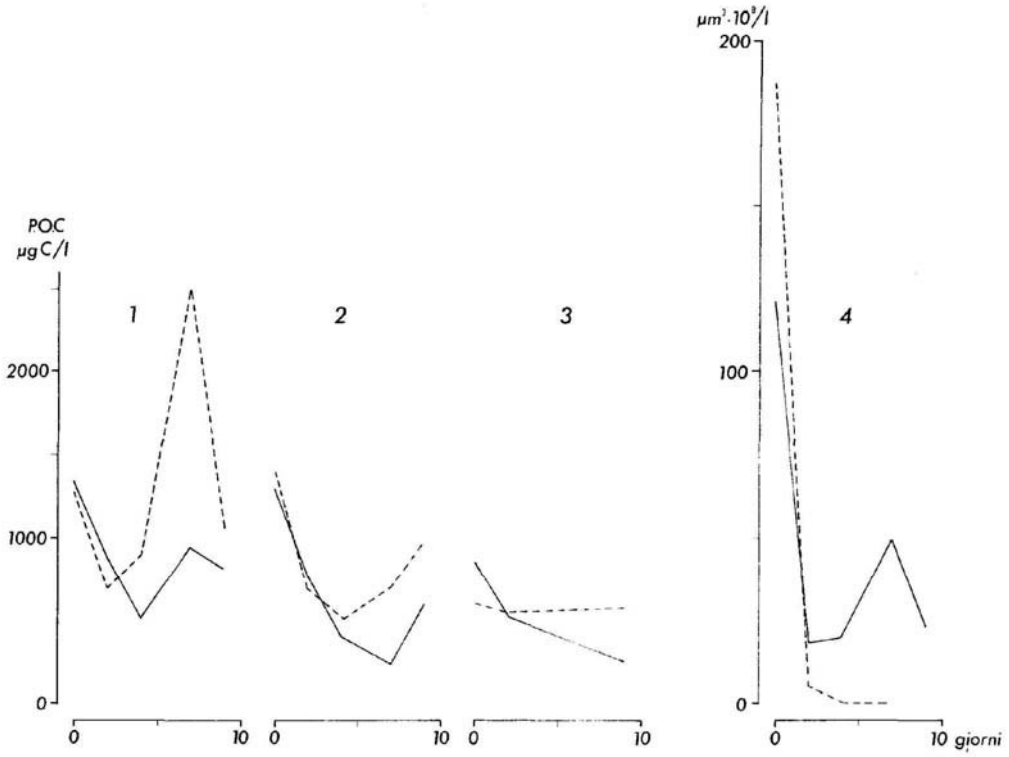


Fig. 2 - Evoluzione temporale della concentrazione di carbonio organico particellato (P.O.C.) in tre frazioni granulo metriche (1 -100 µm = **1**; 1 -50 µm = 2; 1 -25 µm = **3**) e del la biomassa dello zooplancton erbivoro (**4**) in "enclosu res" con (----) e senza (———) pesci planctofagi.

Tab. 1 - Confronto della ripartizione del carbonio organico particellato (P.O.C) espresso come µg C/l in tre frazioni granulometriche in "enclosures" con o senza Daphnia obtusa.

Giorni	Frazione 1-25 µm		Frazione 25-50 µm		Frazione 50-100 µm	
	senza Daphnia	con Daphnia	senza Daphnia	con Daphnia	senza Daphnia	con Daphnia
0	537	537	0	0	0	0
1	531	536	241	109	4	83
2	555	403	139	241	80	0
3	655	591	214	199	218	17
4	871	668	331	250	182	284
5	1146	902	242	325	322	248
7	1461	1077	565	544	408	534
8	1815	1189	520	754	682	727

Tab. 1 - Confronto della ripartizione del carbonio organico particellato (P.O.C.) espresso come µg C/l in tre frazioni granulometriche in "enclosures" con o senza Daphnia obtusa.

algali da parte dello zooplancton fitofago in esperimenti di laboratorio con colture monospecifiche (de Bernardi, Lacqua e Soldavini, 1978; de Bernardi, Giussani e Lasso Pedretti, 1979, 1981), ci è sembrato opportuno estendere le ricerche a comunità naturali. Tuttavia, poiché l'analisi di questi meccanismi di interazione in ambienti naturali risulta particolarmente complessa, si è dato luogo ad una serie di esperimenti manipolando comunità fito e zooplanctoniche naturali, così da realizzare situazioni sperimentali differenziate, in ambienti seminaturali (enclosures) .

Tre serie di esperimenti sono state realizzate con "enclosures" in polietilene dello spessore di 0,1 mm del volume di 500 litri riempiti con acqua superficiale del Lago Maggiore. In ciascun esperimento, attraverso opportuni trattamenti si sono realizzate condizioni sperimentali differenziate così da poter evidenziare differenti processi. In particolare, nel primo esperimento, si è valutata l'influenza di un efficiente fitofago (Daphnia obtusa) sulle variazioni della sostanza organica particellata (P.O.C.) in tre frazioni (1-25; 1 -50; 1-100 µm) e sulla struttura ed evoluzione dei popolamenti algali fitoplanctonici. Con il secondo si è inteso valutare l'impatto che la fauna ittica ha non solamente sugli organismi zooplanctonici direttamente predati ma, tramite questi, anche sulle comunità fitoplanctoniche e sulla sostanza organica particellata. Con la terza serie di esperimenti, infine, si è cercato di dare una prima valutazione del ruolo che il "grazing", selettivamente operato dallo zooplancton fitofago sulle comunità fitoplanctoniche, può svolgere nella strutturazione comunitaria e nell'evoluzione temporale di questa ultima.

Nel corso dei tre esperimenti, oltre a tener conto dei parametri biologici oggetto di studio sono stati anche misurati i principali parametri chimici e fisici così da ottenere un quadro il più possibile completo per ogni singolo trattamento. In questo contesto faremo riferimento solo ad alcuni tra i più significativi risultati. Maggiori dettagli sulle metodologie sperimentali usate nonché sui risultati emersi da queste ricerche sono riportati in un articolo più esteso al momento in preparazione.

In figura 1 viene riportata l'evoluzione temporale della concentrazione del carbonio organico particellato (P.O.C.) in ambienti con o senza la presenza del fitofago D.obtusa con una densità di circa 10 ind./litro. L'analisi della figura mette in evidenza come l'attività di filtrazione di Daphnia determini una riduzione del carbonio organico particellato.

E' tuttavia da segnalare che le differenze osservate sulle frazioni 1 -100 e 1 -50 in realtà sono attribuibili ad una effetti

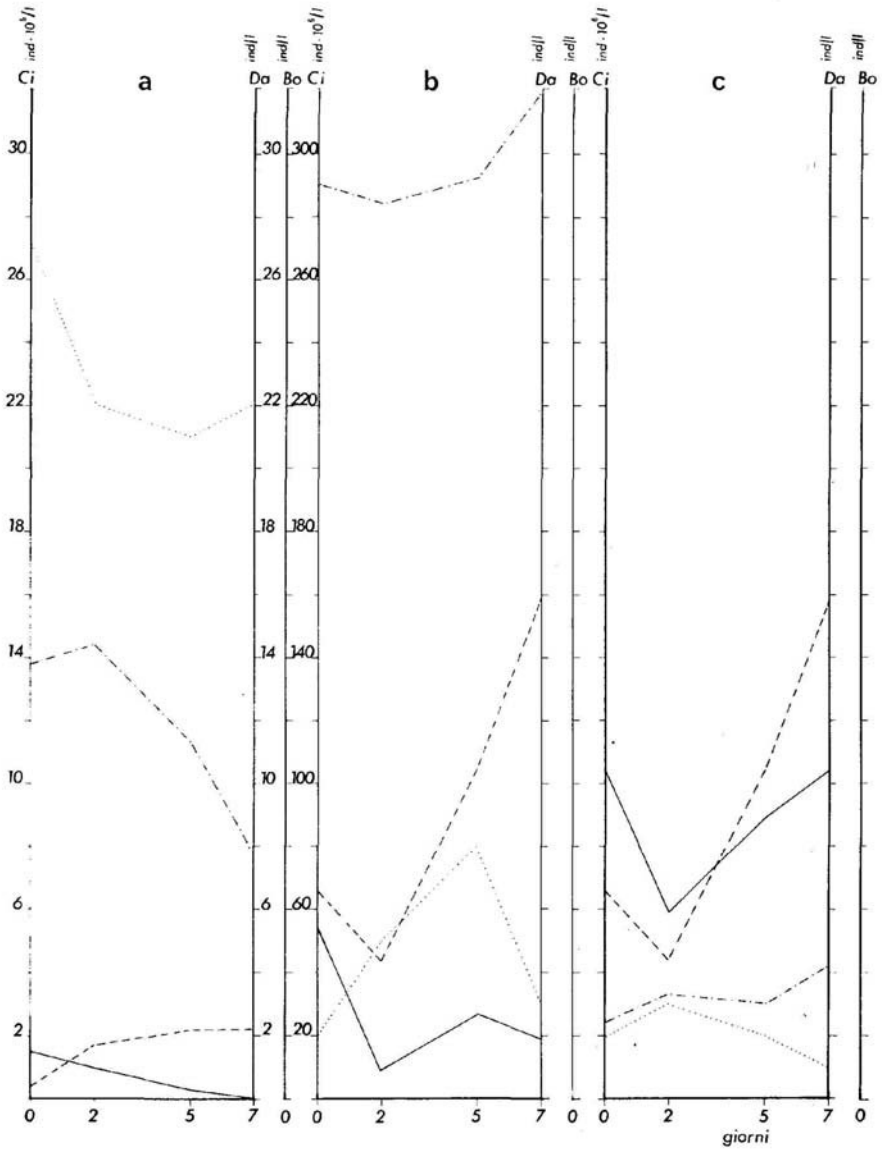


Fig. 3 - Evoluzione temporale della densità delle Cianoflcee (——) in presenza di zooplancton e (----) in assenza di zooplancton; nonché delle densità di popolazioni di Daphnia (....) e Bosmina (-•-•-) in diversi "enclosures" sperimentali.

va diminuzione solo della parte più minuta della sostanza organica, cioè quella inferiore a 25 um. Questo fatto appare molto chiaramente dai valori riportati in tabella 1. E1 anzi da sottolineare come l'analisi di questa tabella metta in luce, in alcuni casi, una maggior concentrazione della P.O.C, relativa alle frazioni 25-50 e 50-100 nei sacchi con zooplancton. Sembrerebbe in questo caso che gli organismi algali contenuti in queste frazioni vengano competitivamente avvantaggiati dalla riduzione a seguito del "grazing" su essi operata della componente algale con dimensioni inferiori a 25 µm.

L'introduzione di un ulteriore anello della catena alimentare, cioè di pesci planctofagi, attraverso il controllo per predazione della densità degli zooplanctonti fitofagi, opera una riduzione dell'intensità di "grazing" favorendo così lo sviluppo del popolamento algale (Fig. 2). E' interessante osservare come, in questo caso, la frazione granulometrica maggiormente avvantaggiata sembra quella di maggiori dimensioni a seguito dello sviluppo, nei sacchi con pesci, di alghe coloniali.

Questi risultati sembrerebbero cioè indicare una effettiva possibilità da parte dello zooplancton fitofago di controllare anche le popolazioni delle alghe coloniali. Questo fatto è ulteriormente evidenziato in figura 3 dove l'evoluzione temporale delle cianoficee rappresentate dalle specie coloniali Oscillatoria rubescens, Lyngbya limnetica e Gomphosphaeria lacustris sono confrontate in trattamenti diversi per la presenza o l'assenza di zooplancton fitofago. In particolare questa figura evidenzia chiaramente un andamento di tipo speculare tra la densità di popolazione delle tre specie algali considerate e quelle dei principali zooplanctonti presenti. Appare inoltre evidente come la densita di queste cianoficee, nelle "enclosures" prive di zooplancton, è sempre superiore a quella rinvenuta nelle "enclosures" con zooplancton.

Nella figura 4 sono state messe in relazione le densità di Cianoficee e di Daphnia. L'analisi della figura porta una ulteriore conferma al rapporto esistente tra il più efficiente filtratore (D. hyalina) e quella delle cianoficee avvalorando così i risultati ottenuti da Lynch e Shapiro (1981).

I dati ottenuti, in buon accordo con quanto osservato da Andersson, Berggren, Cronberg e Gelin (1978), hanno permesso di evidenziare come l'attività di "grazing" dello zooplancton fitofago non solo costituisca un importante fattore di regolazione della densità numerica e della biomassa dei popolamenti fitoplanctonici, ma attraverso una pressione selettiva diversamente esercitata sulle varie entità tassonomiche possa costituire una importante forza strutturante le comunità algali naturali.

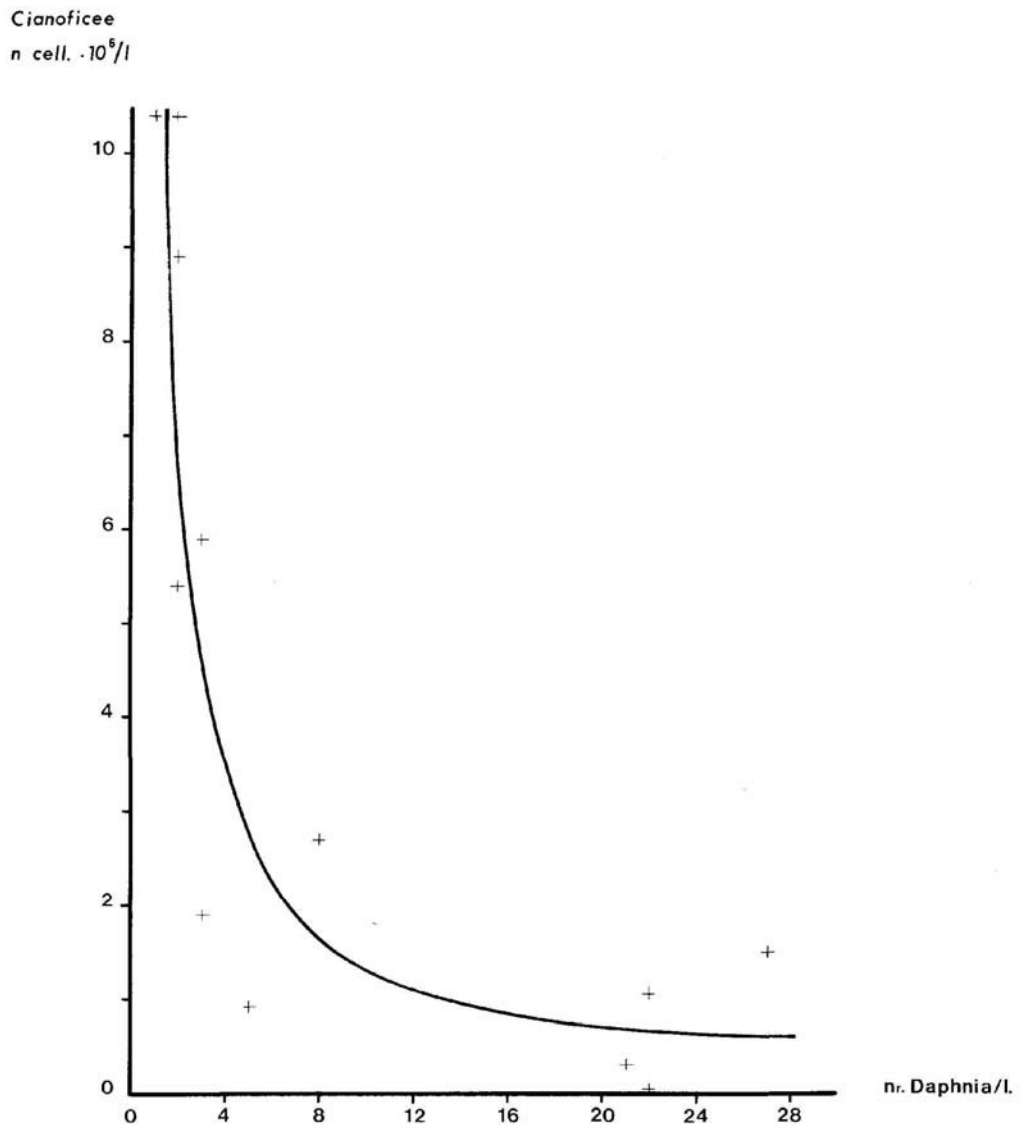


Fig. 4 - Relazione tra densità del fitofago Daphnia hyalina e del popolamento a Cianoficee nel corso degli esperimenti.

RINGRAZIAMENTI

Desideriamo esprimere i nostri più sentiti ringraziamenti alla Signora Teresa Ruffoni ed al Signor Igor Cerutti per il loro prezioso contributo nella realizzazione della ricerca sia nella fase sperimentale che nell'analisi dei campioni.

BIBLIOGRAFIA

Andersson, G., H. Berggren, G. Cronberg and C. Gelin. 1978. Effect of planktivorous and benthivorous fish on organisms and water chemistry in eutrophic lakes. Hydrobiologia, 59:9-15.

Brooks, J.L. and S.I. Dodson. 1965. Predation, body size, and composition of plankton. Science, 150:28-35.

de Bernardi, R., P. Lacqua and E. Soldavini. 1978. Effects of temperature and food upon developmental times and growth in Daphnia obtusa Kurz and Simocephalus vetulus (O.F. Müller) (Crustacea, Cladocera). Mem.Ist.Ital.Idrobiol., 36:171-191.

de Bernardi, R., G. Giussani and E. Lasso Pedretti. 1979. Food suitability and availability, demographic parameters and population growth in Daphnia obtusa Kurz under laboratory conditions. In: Proc.Symp. "Biological and mathematical aspects in population dynamics". R. de Bernardi ed., Mem.Ist.Ital.Idrobiol., Suppl.37:233-242.

de Bernardi, R., G. Giussani and E. Lasso Pedretti. 1981. The significance of blue-green algae as food for filterfeeding zooplankton: experimental studies on Daphnia spp. fed Microcystis aeruginosa. Verh.Internat.Verein.Limnol., 21:477-483.

Hall, D.J., S.T. Threlkeld, C.W. Burns and P.H. Krowley. 1976. The size-efficiency hypothesis and the size structure of zooplankton communities. Ann.Rev.Ecol.Syst., 7:177-208.

Lynch, M. and J. Shapiro. 1981. Predation, enrichment and phytoplankton community structure. Limnol.Oceanogr., 26:86-102.

ALCALINITA' TOTALE E SPECIFICA NELLO STRETTO DI MESSINA (+)

E. DE DOMENICO, G. PULICANO', G. CORTESE

Dipartimento Biologia Animale ed Ecologia Marina
Università di Messina

SUMMARY

The authors refer data on total and specific alkalinity of waters in the Straits of Messina. The collected values are discussed also related with salinity and reference is made to results from several coastal areas of Tyrrhenian and Jonian seas.

The alkalinity determinations usefulness to identify water masses in the Straits of Messina is emphasized.

INTRODUZIONE

Tra i parametri di routine nelle ricerche oceanografiche non molto frequentemente viene presa in considerazione l'alcalinità totale ed il suo rapporto con la clorinità (alcalinità specifica), pur se notevole è l'interesse sia generale sia applicativo legato a tali parametri (Koczy, 1956; Park, 1966 e 1968). Una più ampia letteratura si riscontra invece per la componente squisitamente concettuale ed analitica essendo l'alcalinità un dato di base nel sistema CO_2 in acqua di mare (Edmond, 1970; Alimgren et al.,1977; Johnson et al., 1977; Dickson, 1981). Per quanto concerne l'impiego dell'alcalinità quale parametro oceanografico una notevole quantità di dati è stata fornita da Franco (1970 e 1972) per le acque del Mare Adriatico Settentrionale. Determinazioni di alcalinità sono state effettuate da vari Autori in altre zone del Mar Mediterraneo ma come base analitica per lo studio dell'equilibrio dei carbonati (Millero, 1979) o per la misura di CO_2 in ricerche sulla produzione primaria in particolare nella nostra area di studio (Magazzù e Cavallaro, 1969 e 1972).

Nell'intento quindi di fornire dati sulla distribuzione di alcalinità totale e specifica in acque joniche e tirreniche,per l'uso di tali parametri nella identificazione di masse d'acqua, è stato condotto uno studio nelle aree esaminate dall'Istituto di Idrobiologia, saltuariamente fino al 1977 ed in maniera sistematica negli anni successivi. L'insieme dei risultati conseguiti sarà oggetto d'una ulteriore nota mentre nella presente vengono riferiti sinteticamente i dati raccolti nello Stretto di Messina.

Senza entrare in una discussione dettagliata,che esula dalla presente nota, sembra opportuno richiamare brevemente le caratteristiche della zona di studio per una migliore interpretazione dei dati riferiti.

(+) Ricerca eseguita nell'ambito del P.F. "Promozione della Qualità dell'Ambiente". Contratti CNR n° 79.01494.90; 80,01741.90 e 81.01233.90.-

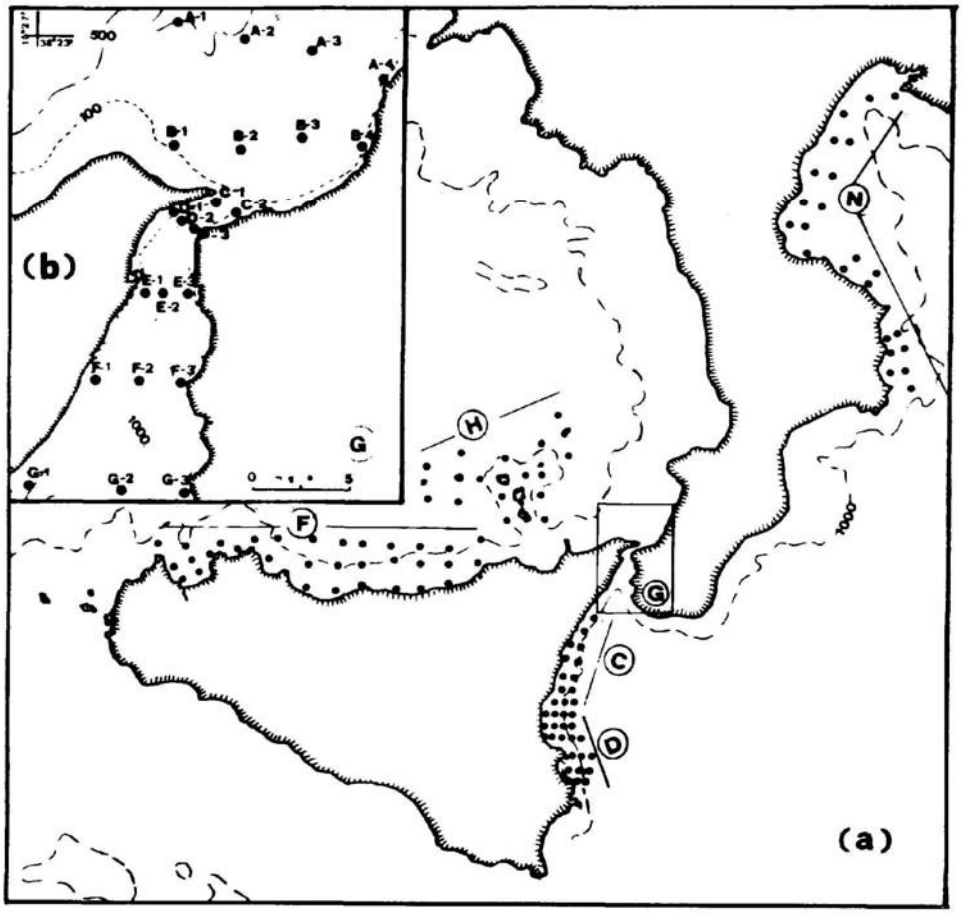


Figura 1: Distribuzione delle stazioni di prelievo nello Stretto di Messina (b) e nelle aree costiere joniche e tirreniche (a) esaminate.

Nell'area idrologica dello Stretto di Messina, ben più ampia dei suoi confini geografici, sono presenti distinte masse d'acqua proprie dei contigui bacini jonico e tirrenico ed altre originate dal mescolamento che ha luogo in tale area ed il cui destino è comunque funzione dei fenomeni idrodinamici dello Stretto di Messina. Come è noto, nella parte settentrionale (C° Milazzo-I.Eolie-C° Vaticano) sono riscontrabili acque tirreniche superficiali separate, da uno strato intermedio di acque joniche fluite attraverso la soglia, dalle acque tirreniche profonde. A Sud dello Stretto, oltre il suo confine geografico (C° Alì-C° d'Armi), lo strato più superficiale è occupato da acque propriamente joniche ed acque provenienti dallo Stretto a caratteristiche variabili che si distribuiscono in tale area in modo non costante nel tempo e nello spazio. Per il resto, la distribuzione verticale delle acque segue lo schema "classico" con le acque superficiali separate da quelle profonde dallo strato di LIW (Levantine Intermediate Water) di estensione variabile, sia verticale sia orizzontale. Nello Stretto propriamente detto, oltre ai suddetti tipi d'acqua, si riscontrano le risultanti del loro incontro, cioè acque miste a caratteristiche variabili che, per la loro ubiquità possono considerarsi le acque tipiche dello Stretto. Dai dati delle complete ed ancora attuali ricerche di Vercelli (1925) e Vercelli e Picotti (1926) e da quelli resi noti dai numerosi Autori (per brevità non citati nella presente nota) che più recentemente hanno studiato l'area dello Stretto, è possibile indicare per linee generali l'idrologia della zona di studio: acque joniche profonde interessano in genere tutta l'area costiera messinese a sud del Porto; acque "miste" si ritrovano a nord del Porto di Messina; acque tirreniche superficiali interessano l'intera area costiera calabrese con estensione variabile; l'asse centrale del bacino è occupato principalmente da acque joniche di varia profondità in fase di rimonta. La LIW si riscontra in questa parte centrale dello Stretto ma la costanza e l'estensione di tale fondamentale massa d'acqua non sembrano ancora essere conosciute quanto richiederebbe il ruolo dell'acqua levantina per l'intero bacino Mediterraneo.

Nell'area dello Stretto di Messina nasce quindi il problema della identificazione dei tipi fondamentali d'acqua e delle acque "miste" da essi originate. Tale identificazione non presenta particolari difficoltà in fase di eterotermia ma diventa più complessa in periodo omotermico o di evoluzione termica. Pertanto si e pensato di valutare le possibilità offerte dall'alcalinità totale e dal suo rapporto con la clorinità per uno schema semplificato di identificazione.

MATERIALI E METODI

I prelievi sono stati effettuati mediante bottiglie Niskin nelle stazioni indicate in figura 1 fino alla profondità massima di l000m nello Stretto di Messina (Fig.lb). I campioni,raccolti in bottiglie di polietilene, sono stati analizzati direttamente a bordo, dopo condizionamento a 25°C, secondo il classico metodo di Anderson e Robinson. Per l'acidificazione dei campioni è stato impiegato HC1 0,01N (Titrisol Merck), il cui titolo è stato controllato volumetricamente

		salinità			alc. totale			alc. specifica		
		n	$\bar{X}$	±	n	$\bar{X}$	±	n	$\bar{X}$	±
TIRRENO W	(F)	131	37.814	0.031	132	2.631	0.003	131	0.1257	0.0001
EOLIE	(H)	156	37.819	0.032	157	2.609	0.004	156	0.1246	0.0002
STRETTO N	(G)	77	37.880	0.088	78	2.607	0.010	77	0.1242	0.0003
STRETTO	(G)	105	38.280	0.057	107	2.661	0.013	105	0.1255	0.0005
JONIO S	(C/D)	133	38.513	0.022	146	2.737	0.006	133	0.1280	0.0002
JONIO E	(N)	128	38.648	0.022	129	2.762	0.002	128	0.1291	0.0002

Tabella 1 : Valori medi delle determinazioni analitiche per le differenti zone esaminate.

con viraggio al rosso metile, e le misure di pH sono state eseguite con ORION Jonalyzer 901. La clorinità dei campioni esaminati è stata calcolata dalla salinità (Cox, 1966) misurata con salinometro Beckman RS7-C. Per l'elaborazione dei dati è stato utilizzato un CBM 3032 munito di plotter.

I dati di confronto per le aree costiere jonica e tirrenica si riferiscono a campioni prelevati nelle stazioni indicate in figura 1a fino alla profondità massima di l00m. Questi campioni, come quelli dello Stretto di Messina, sono stati prelevati nel corso delle campagne di studio svolte dall'istituto di Idrobiologia dell'Università di Messina sulla qualità delle acque costiere dell'Italia meridionale, nell'ambito del P.F. CNR "Ambiente". Le operazioni in mare sono state effettuate a bordo della N/R Algesiro M.. In particolare il 23/5/79 è stato esaminato lo Stretto di Messina, il 1/6/79 l'area tirrenica limitrofa, nella seconda decade di settembre 1979 le Isole Eolie e la costa tirrenica siciliana, dal 21 al 30 settembre 1980 la costa jonica siciliana e dal 9 al 12 agosto 1981 l'area costiera dell'alto Jonio. E' da segnalare a tal fine che determinazioni giornaliere di alcalinità effettuate per un anno nel Porto di Messina (DeDomenico et al.,1979),direttamente influenzato dalle acque che fluiscono attraverso lo Stretto, indicherebbero la mancanza di significative variazioni legate al periodo stagionale.

RISULTATI E CONSIDERAZIONI

L'esame statistico dei risultati conseguiti nelle differenti zone esaminate (Tabella 1) indica l'estrema variabilità dei valori in prossimità dello Stretto di Messina. Tale variabilità mostra un netto gradiente in relazione con la distanza dallo Stretto delle zone esaminate. I valori di alcalinità totale e specifica sono maggiori in acque joniche dove raggiungono valori medi rispettivamente di 2,762 e 0,1291. Le differenze tra le zone costiere esaminate, già sensibili all'esame statistico, sono meglio evidenziate negli istogrammi di figura 2. Le acque joniche, che presentano per circa il 35% dei campioni un'alcalinità specifica di 0,128, hanno mostrato valori compresi nel ristretto ambito 0,126 - 0,131. Tale intervallo è ben distinto da quello più ampio (0,120 - 0,127) in cui sono compresi i valori relativi all'area tirrenica dove oltre il 50% dei campioni ha presentato un valore di alcalinità specifica di 0,125. Avvicinandosi allo Stretto di Messina l'escursione dei valori nella area tirrenica si estende verso valori maggiori per la presenza delle acque fluite dal bacino jonico attraverso la soglia. La zona centrale dello Stretto, infine, presenta la massima escursione nei valori di alcalinità specifica (0,121 - 0,132) in funzione della presenza delle due acque, le joniche e le tirreniche, che in tale area s'incontrano con le loro differenti peculiarità d'origine. Il 60% circa dei valori ottenuti in quest'area ricade nell'ambito 0,121-0,125 che, come indicato, sarebbe proprio delle acque tirreniche mentre nello intervallo 0,128-0,130 potrebbero collocarsi le acque joniche presenti nello Stretto all'atto dei prelievi.

La cospicua dispersione dei valori ed il grado di mescolamento delle acque nell'area dello Stretto sono mostrati anche in figura 3

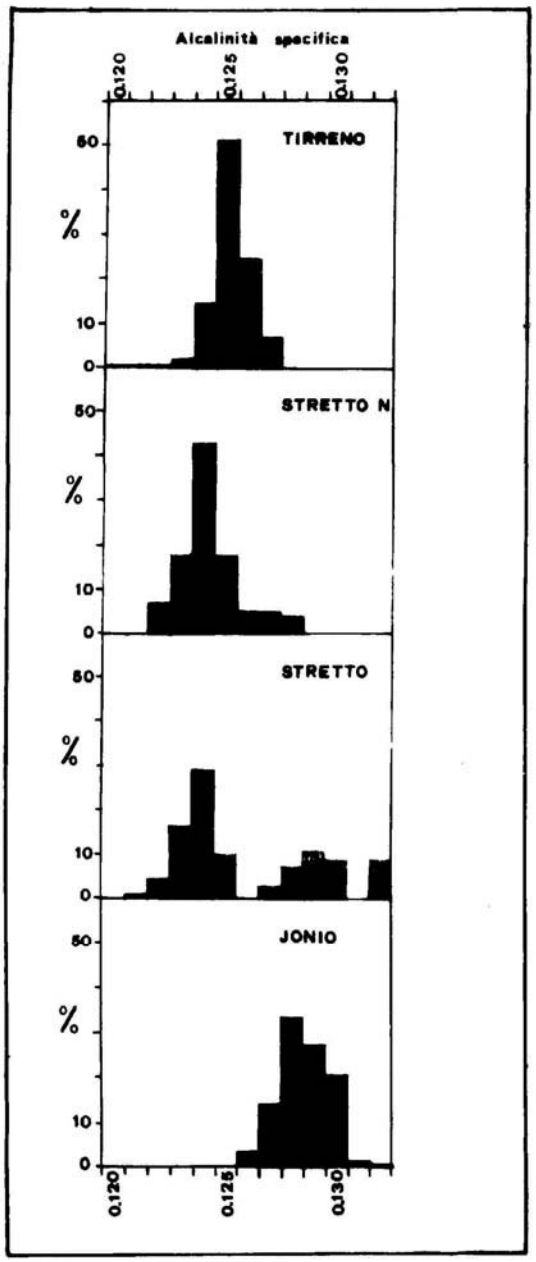


Figura 2: Distribuzione per classi di frequenza dei valori di alcalinità specifica nello Stretto di Messina e lungo le coste joniche e tirreniche.

e sono ancora più evidenti in paragone con la relativa compattezza dei dati di acque joniche e tirreniche in zone esenti da processi di mescolamento.

I risultati conseguiti ci porterebbero ad enfatizzare l'uso del l'alcalinità per l'identificazione delle masse d'acqua presenti nello Stretto di Messina, tuttavia i dati finora ottenuti non ci sembrano ancora sufficienti.

Contiamo di verificare le ipotesi formulate in un'ulteriore e più estesa nota che raccoglierà, oltre ad una serie di dati relativi al Canale di Sicilia, attualmente in corso di elaborazione, anche valori di acque profonde joniche e tirreniche di prossima acquisizione.

RINGRAZIAMENTI

Gli autori ringraziano il Dr.Paolo Franco del CNR - Istituto di Biologia del Mare di Venezia per i preziosi consigli sul presente tema di ricerca.

BIBLIOGRAFIA

Almgren, T.,Dyrseen, D.,Strandberg, M..1975. Computerized high-precision titration of some major constituents of sea water on board the R.V. Dmtry Mendeleev. Deep Sea Res.,24:345-364.

Cox,R.A.(Ed.). 1966. International oceanographic tables.NIO-UNESCO: 128 pp.

De Domenico,E.,E.Crisafi, G.LoParo, G.Pulicanò, G.Cortese . 1979. Ciclo annuale di determinazioni fisiche e chimiche nel Porto di Messina (marzo 1976-marzo 1977). Mem.Biol.mar.Oceanogr.,9:57-83.

Dickson, A.G. 1981. An exact definition of total alkalinity and a procedure for the estimation of alkalinity and total inorganic carbon from titration data. Deep-Sea Res.,28: 609-623.

Edmond, J.M. .1970. High precision determination of titration alkalinity and total carbon dioxide content of sea water by potentiometric titration. Deep Sea Res.,17: 737-750. ~

Franco,P. 1970 . Oceanography of northern Adriatic Sea.1.Hydrological features: cruises July-August and October-November 1965. Archo Oceanogr.Limnol., 16 suppl.: 1-93.

Franco,P. 1972 . Oceanography of northern Adriatic Sea.2.Hydrological features: cruises January-February and April-May 1966. Archo Oceanogr.Limnol., 17 suppl.: 1-97.

Johnson,K.S.,R.Voll, C.A. Curtis, R.M. Pytcowicz 1977. A critical examination of the NBS pH scale and the determination of titration alkalinity. Deep Sea Res.,24: 915-926.

Koczy, F.F. 1956. The specific alkalinity .Deep Sea Res.,3: 279-288.

Magazzù ,G., G.Cavallaro .1969. Rapporto sulle crociere di studio lungo le coste meridionali calabresi e della Sicilia orientale. Comm. Ital.Oceanogr.CNR, B n°45: 6-70.

Magazzù ,G., G.Cavallaro .1972. Contributo alla conoscenza delle condizioni idrologiche e della produzione primaria delle acque costiere dell'alto Jonio. Mem.Biol.Mar.Ocean.,2 : 99-118.

Millero,F.J., J.Morse ,C.T. Chen. 1979. The carbonate System in the western Mediterranean Sea. Deep Sea Res.,26 : 1395-1404.

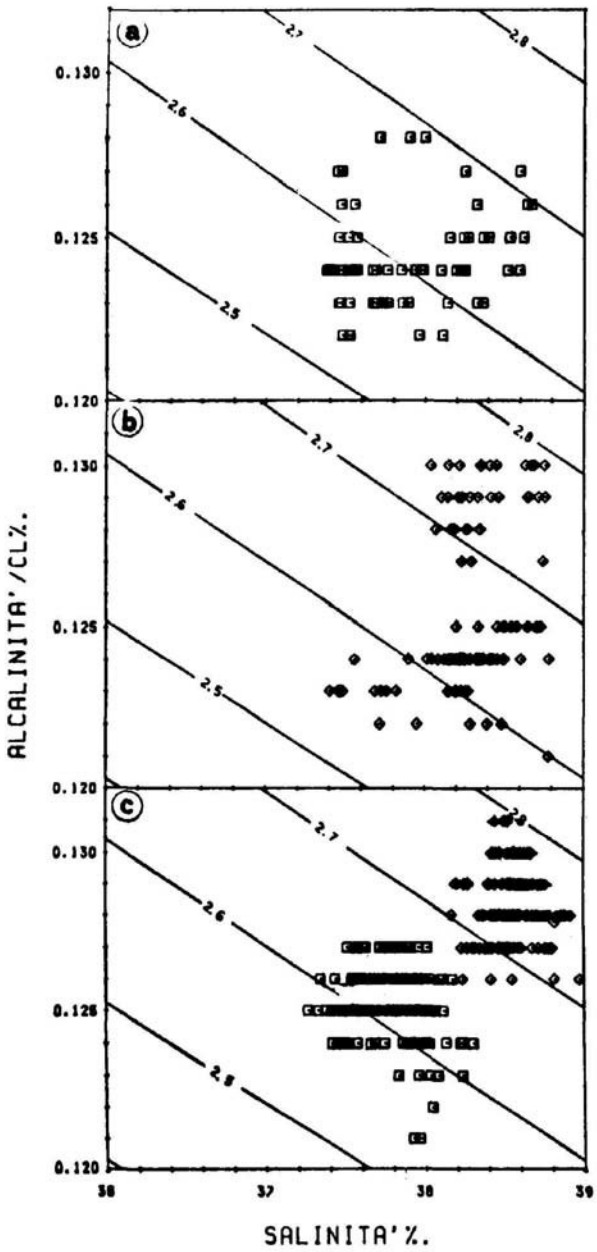


Figura 3: Relazioni alcalinità specifica-salinità nello Stretto di Messina (b) e nell'area contigua settentrionale (a) in confronto con aree costiere (c) tirreniche (□)) ed joniche (◊).

Park ,K. 1966. Columbia River plume identification by specific alkalinity. Limnol.Oceanogr.,11 :118-120.

Park ,K. 1968. Alkalinity and pH off the coast of Oregon. Deep Sea Res.,15 :171-183.

Vercelli ,F. 1925. Crociere per lo studio dei fenomeni dello Stretto di Messina (parte I): Il regime delle correnti e delle maree nello Stretto di Messina. Comm.Intern.Mediterraneo,Venezia.

Vercelli ,F. ,M.Picotti .1926. Crociere per lo studio dei fenomeni dello Stretto di Messina (parte II): Il regime fisico-chimico delle acque dello Stretto di Messina. Comm.Intern.Mediterraneo, Venezia.

STUDIO DEI SEDIMENTI DEL GOLFO DI POZZUOLI: 2) LIVELLI DI CONTAMINAZIONE DA METALLI PESANTI (+)

S. DE ROSA°, V. DAMIANI°, F. SERENA°°

° Istituto "G. Donegani" Centro Ricerche Napoli
°° Université de Genève Laboratoire de Géologie.

SUMMARY

Purpose of this study is the evaluation of the heavy metal contamination in the sediments of the Pozzuoli Gulf. The work has been carried out on 56 surface sediment samples and 3 sediment cores collected in the area between Miseno Cape and Posillipo. The analytical results show that a significant contamination exists, in term of heavy metal concentration, all over the area; particularly high values are found in the proximity of Bagnoli industrial area, where Zn, Pb, and Fe average concentration levels range up to 10 times the natural backgrounds. The areas far from the polluting sources and those characterized by a reduced sedimentation due to the intense hydrodynamic activity exhibit lower heavy metal accumulations.

INTRODUZIONE

La presente indagine è stata svolta nell'ambito d'un programma di ricerca intrapreso nel 1979 per dare un ulteriore contributo alla conoscenza dello stato ambientale del Golfo di Napoli - De Maio et al (1973); Mendia et al (1973); Vallette et al (1974); Griggs et al (1978); De Rosa et al (1981).- con una accurata valutazione degli attuali livelli di contaminazione dei sedimenti.

Lo studio è stato condotto sui sedimenti ritenendo questi un mezzo altamente rappresentativo dello stato di contaminazione dell'ambiente sia perché conservativi in relazione ai fenomeni pregressi, sia perché poco influenza ti da episodi occasionali di inquinamento.

(+) Lavoro eseguito nell'ambito del Progetto Finalizzato "Oceanografia e Fondi Marini" del C.N.R.

Sono state esaminate tutte quelle grandezze la cui caratterizzazione è da considerarsi di fondamentale importanza per una corretta interpretazione dei risultati di una indagine geochimica il "background naturale" di concentrazione, necessario per poter valutare il livello di contaminazione dei sedimenti di una certa area; la loro distribuzione granulometrica che così frequentemente è correlata ai valori di concentrazione in metalli pesanti presenti; e la variabilità areale di tali concentrazioni che, esaminata anche con l'ausilio di metodologie statistiche, consente l'individuazione delle cause principali che ne determinano le distribuzioni.

MATERIALI E METODI

I risultati qui esposti si riferiscono alle analisi condotte su 56 campioni di sedimenti superficiali e su 3 carote, prelevati nell'agosto del 1979 nel tratto del Golfo di Napoli tra Capo Miseno e Posillipo, con la M/B "Rinaldo Dohrn" della stazione Zoologica di Napoli.

Il prelievo dei sedimenti superficiali è stato effettuato entro l'isobata dei 100 m, riferendosi ad un reticolo geografico a maglie quadrate di 1 Km di lato(Fig. l), utilizzando una benna tipo "Shipek"; quello dei sedimenti profondi è stato condotto sulla linea batimetrica dei 50 m, ricorrendo ad un carotiere a gravita tipo "Benthos".

Sui 2 centimetri più superficiali di ogni campione raccolto è stato misurato 1'Eh, con un voltmetro analogico portatile dotato di elettrodi specifici,e si è proceduto al prelievo del subcampione necessario per le analisi chimiche che è stato poi conservato in freezer a -20 °C fino al momento del1'analisi.

Le analisi chimiche sono state effettuate sulla sola frazione pelitica del campione (D<0.0625 mm) che si ritiene concentri circa il 90

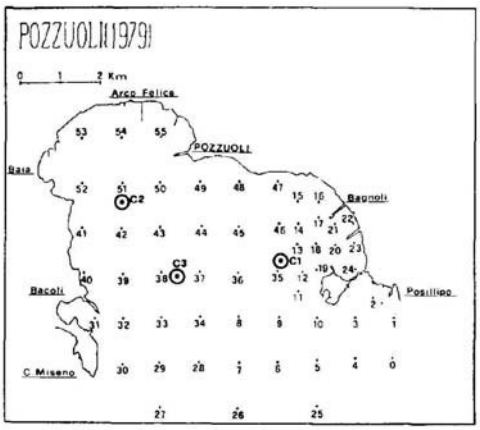


Fig. 1 Stazioni di Campionamento.

per cento degli inquinanti sia organici che inorganici - Casati et al (1977); Frenet et al (1979) -.

Un'aliquota rappresentativa di ogni campione, previa sospensione in acqua distillata e disgregazione mediante ultrasuoni, è stata setacciata su vagli di nylon a 230 mesh. La frazione passante (D < 0,062 mm) è stata essiccata in stufa a 60°C e poi sottoposta alle seguenti analisi chimica:

- Carbonio organico, per ossidazione per via umida con dicromato di potassio;
- Metalli pesanti (Cr, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb, Zn), per via spettrofotometrica ad assorbimento atomico, previo attacco del campione con HCl al 37% - Galloway (1979), Luoma (1981) -
- Mercurio per via spettrofotometrica a vapori freddi, previo attacco del campione con HNO_3 conc., a ricadere per 8 ore.

I dati resisi disponibili a seguito dell'indagine, compresi quelli granulometrici - Damiani et al (1982)-, sono stati sottoposti con l'ausilio del programma AMBIO di De Rosa, Iorio, Damiani, ad un'elaborazione statistica detta "Analisi Fattoriale di Covarianza". Tale metodologia consente, sulla base dello studio delle correlazioni esistenti tra le variabili, una loro rappresentazione in un modello lineare che le esprime in funzione di entità astratte dette "Fattori comuni" cui è imputabile l'aliquota della varianza del sistema non attribuibile a caratteristiche individuali di ciascuna variabile (varianza comune). Inoltre per consentire una più approfondita conoscenza della 'struttura dei dati, si è proceduto all'individuazione della localizzazione dei punti-osservazione nello spazio fattoriale ed alla visualizzazione delle loro proiezioni sui piani fattoriali più significativi.

RISULTATI

In Tab. 1 sono riportati delle variabili esaminate, i valori medi, minimi e massimi e le deviazioni standard, relative all'insieme di tutti i campioni di sedimenti superficiali prelevati. Le concentrazioni in metalli pesanti ivi definite come "Background naturale" sono quelle caratteristiche degli strati più profondi dei campioni di carote ovvero di quegli strati di sedimenti presumibilmente depositatisi in epoca preindustriale.

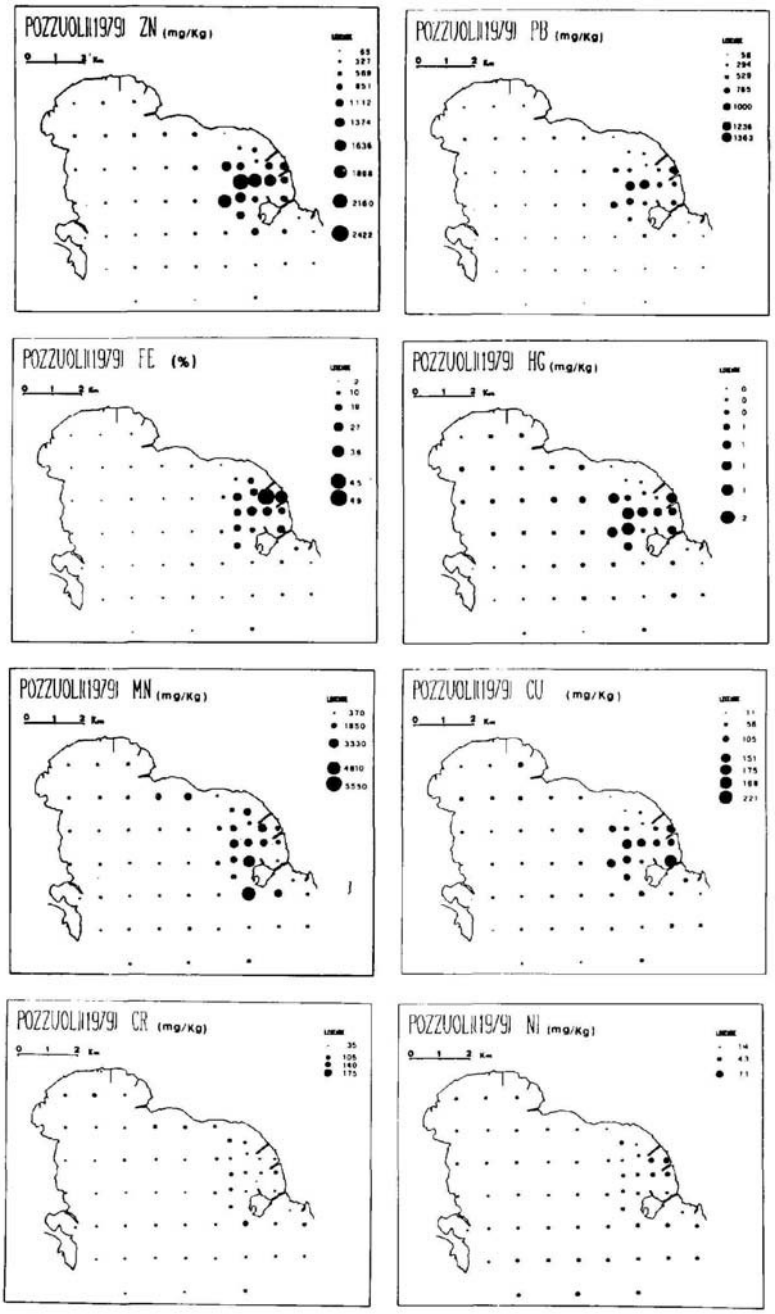


Fig. 2: Distribuzione dei metalli pesanti

TABELLA 1

VARIABILE		VALOR MEDIO	DEVIAZ. STAND.	MIN. - MAX	BACKGROUND NATURALE
Profondità	(m)	50.	38.	5.0 - 145.	
Eh	(mV)	-82.61	150.	-410. - 400.	
Ghiaia	(%)	6.6	12.4	0.0 - 49.9	
Sabbia	(%)	47.5	29.6	4.3 - 97.0	
Silt	(%)	41.9	3.5	1.5 - 83.5	
Argilla	(%)	4.0	1.9	.10 - 13.1	
Diam.Med.	(Ø)	3.7	.8	-.51 - 6.6	
C org.	(%)	2.1	513.2	.8 - 4.1	
Zn	(mg/Kg)	592.4	271.7	73.1 - 2300.	≈80.
Pb	(mg/kg	326.8	9.4	58.8 - 1260.	≈60.
Fe	(%)	9.5	.44	2.1 - 48.7	≈2.5
Hg	(mg/Kg)	.69	775.	.07 - 1.95	≈.250
Mn	(mg/Kg)	1376.	24.7	370. - 3850.	≈700.
Cr	(mg/kg)	63.9	36.9	35.2 - 143.2	≈30.
Cu	(mg/Kg)	63.5	7.6	11.7 - 200.6	≈20.
Ni	(mg/kg)	31.7		14.4 - 56.9	≈20.

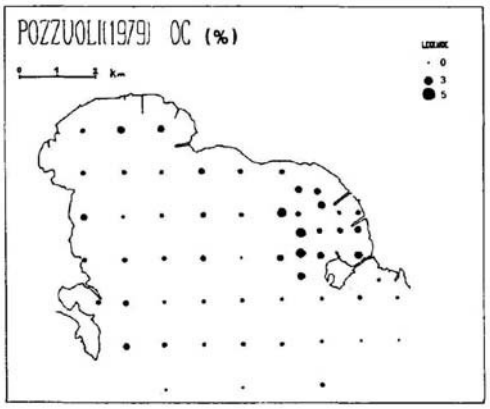


Fig. 3: Distribuzione del Carbonio organico

I valori medi superano le concentrazioni naturali rispettivamente di 7, 5 e 4 volte per Zn, Pb e Fe, di circa 2 - 3 volte per Hg , Mn, Cr e Cu, e di poco più di una volta per il Ni, rivelando nell'area esaminata una contaminazione da metalli pesanti.

Le distribuzioni areali riportate in Fig. 2 evidenziano accumuli di metalli pesanti particolarmente significativi nella zona del Golfo di Pozzuoli antistante l'area industriale di Bagnoli dove ricorrono anche le maggiori concentrazioni di carbonio organico (Fig. 3).

L'applicazione dell'analisi fattoriale all'insieme dei dati disponibili ha consentito una immediata visualizzazione della struttura del sistema caratterizzato da una varianza comune pari a circa l'82% della totale. Due risultano i fattori cui possono attribuirsi le maggiori variazioni riscontrate; essi coprono circa l'80% della varianza comune del sistema il primo contribuisce per circa il 41% ed il secondo per un'aliquota pari al 39%.

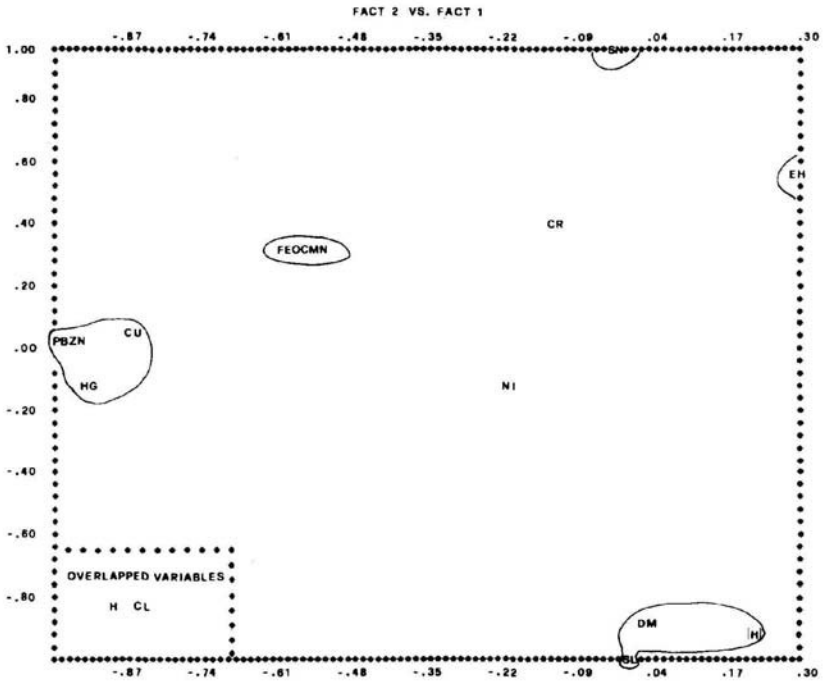


Fig. 4: Proiezione dei punti variabile sul piano bifattoriale Fact 1/Fact 2

In Fig. 4 sono rappresentate le proiezioni sul piano di questi due fattori, dei punti dello spazio fattoriale rappresentativi delle variabili esaminate. Si può osservare come lungo la porzione negativa dell'asse delle ascisse (Fact 1) siano presenti 2 clusters: il primo più distante dall'origine degli assi che raggruppa 4 metalli (Pb, Zn, Hg e Cu), ed il secondo costituito da Fe, Mn e C org.; più vicino all'origine ritroviamo le variabili Cr e Ni mentre nella porzione positiva del medesimo fattore è presente la variabile Eh. L'altro asse, rappresentativo del secondo fattore C Fact 2) , polarizza nella sua porzione negativa un cluster che raggruppa con la profondità e il diametro medio, le frazioni granulometriche più sottili (silt e argilla), a cui si oppone, nella porzione positiva, la variabile "Sn" rappresentativa delle frazioni granulometriche più grossolane (sabbia + ghiaia) a cui si accompagna più vicina all'origine l'Eh.

In base a quanto detto, si delinea una ipotesi interpretativa di questi due fattori che vede il primo rappresentativo della dominanza degli apporti contaminanti provenienti dalle attività antropiche presenti nella zona, ed il secondo associato agli apporti sedimentar! ed al diverso regime idrodinamico presente nei vari tratti dell'areale marino del Golfo di Pozzuoli.

Lo studio della distribuzione, nello spazio fattoriale, dei punti-osservazione (rappresentativi dei campioni esaminati), oltre ad avvalorare 1'interpretazione data, consente una classificazione obiettiva dei campioni prelevati, in base sia al loro stato di contaminazione, sia al diverso ambiente di sedimentazione cui appartengono. In figura 5 sono riportate le proiezioni dei punti osservazione sul piano fattoriale rappresentativo dei due fattori più significativi.

In base al1'interpretazione su esposta sono da associarsi a valori di ascissa minore stati di contaminazione maggiore, ed a valori di ordinata maggiori, ambienti di sedimentazione a più intenso regime idrodinamico. Tali punti osservazione risultano distribuiti in 5 clusters distinti che individuano campioni di caratteristiche comuni:

- Cluster A: sedimenti contaminati dominati dai maggiori apporti inquinanti;
- Cluster B: sedimenti contaminati soggetti ad un mag-

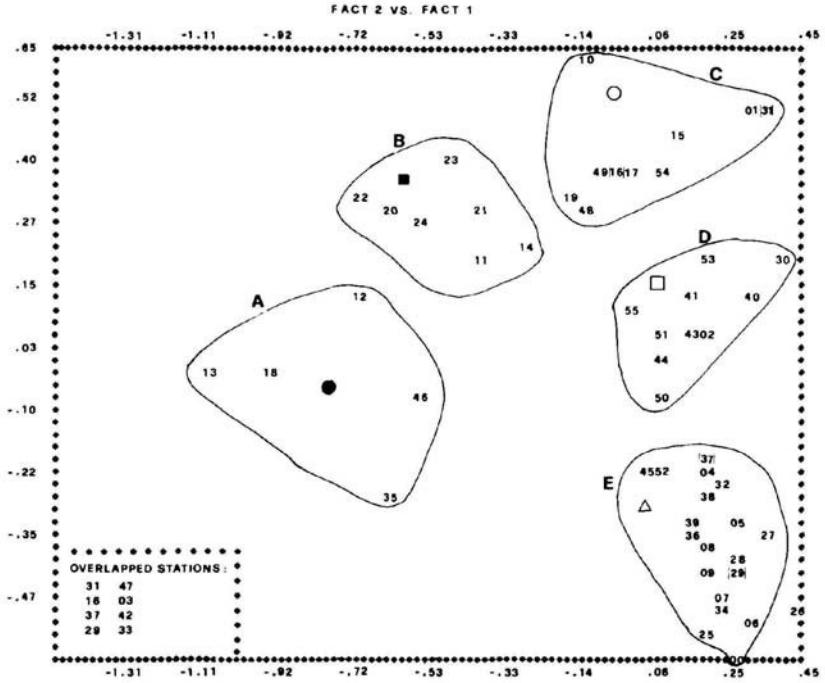


Fig. 5: Proiezione dei punti-osservazione sul piano bifattoriale Fact 1/Fact 2

giore regime idrodinamico;

- Cluster C sedimenti meno contaminati dominati da un più intenso regime idrodinamico;
- Cluster D: sedimenti meno contaminati soggetti ad un regime idrodinamico meno intenso;
- Cluster E: sedimenti meno contaminati appartenenti ad un ambiente di sedimentazione più tranquillo.

La loro distribuzione areale nel Golfo di Pozzuoli, riportata in fig. 6, mostra la perfetta zonazione dei raggruppamenti cosi definiti. I campioni dei clusters A e B appaiono localizzati nella zona antistante l'area industriale di Bagnoli mentre quelli dei clusters C e D si distribuiscono lungo la fascia più costiera del litorale di tutto il Golfo, e quelli dell'E nelle aree più distali, caratterizzate dalle maggiori profondità.

Il sostanziale diverso stato di contaminazione dei 12 campioni che costituiscono i clusters A e B rispetto a quel

TABELLA 2

VARIABILE	BACKGROUND NATURALE	CAMPIONI DEI CLUSTERS A - B			CAMPIONI DEI CLUSTERS C - D - E		
		VALOR MEDIO	MIN. - MAX	LIVELLO CONTAMIN.	VALOR MEDIO	MIN. - MAX	LIVELLO CONTAMIN.
Profondità (m)		34.	5. - 81.		55.	7. - 145.	
Eh (mV)		-160.	-260. - 60.		-60.	-410. - 400.	
Ghiaia (%)		9.8	0.0 - 49.9		5.7	0.0 - 49.9	
Sabbia (%)		54.2	13.9 - 97.0		45.7	4.3 - 96.6	
Silt (%)		33.1	9.9 - 78.6		44.2	1.5 - 83.5	
Argilla (%)		2.4	0.4 - 6.2		4.4	0.1 - 13.1	
Diam. Med. (Ø)		3.34	1.36 - 5.58		3.80	-.51 - 6.6	
C org. (%)		2.7	1.4 - 4.0		1.9	0.8 - 3.2	
Zn (mg/Kg)	≈ 80.	1240.	91.4 -2040.	≈ 15	362.	73. -1020.	≈ 5
Pb (mg/Kg)	≈ 60.	762.	398. -1260.	≈ 11	208.	59. - 488.	≈ 3
Fe (%)	≈ 2.5	23.2	8.1 - 48.7	≈ 10	5.7	2.1 - 22.0	≈ 2
Hg (mg/Kg)	≈ .250	1.370	.425 -1.950	≈ 5	.500	.070 - .990	≈ 2
Mn (mg/Kg)	≈ 700.	2050.	797. -2980.	≈ 3	1190.	370. -3850.	≈ 2
Cr (mg/Kg)	≈ 30.	69.6	46.8 - 97.2	≈ 2.5	62.4	35.2 -143.2	≈ 2
Cu (mg/Kg)	≈ 20.	120.	67.8 -200.6	≈ 6	47.8	11.7 - 93.6	≈ 2
Ni (mg/Kg)	≈ 20.	37.2	21.5 - 56.9	≈ 2	30.2	14.4 - 45.1	≈ 1.5

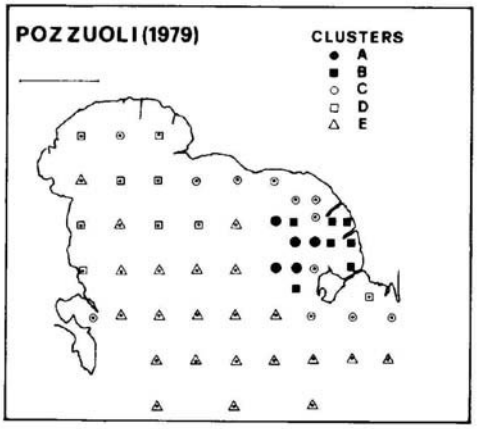


Fig. 6: Distribuzione areale dei "Clusters"

li degli altri è evidenziato nella Tab. 2 dove sono riportati i parametri caratteristici dei dati relativi a questi 2 raggruppamenti (campioni dei clusters A e B e dei C, D ed E).

L'area del Golfo antistante la zona industriale di Bagnoli risulta caratterizzata da livelli di contaminazione pari a circa 15-11 e 10 volte il valore naturale, rispettivamente per Zn, Fe e Pb, 5 e 6 volte per Hg e Cu e sono compresi tra le 2-3 unità per Mn, Ni e Cr. Tali livelli sono significativamente superiori a quelli caratteristici della restante area del Golfo ove essi raggiungono le 5 unità solo per lo Zn e si mantengono tra le 2-3 unità per tutti gli altri metalli.

DISCUSSIONE

I risultati della presente indagine hanno rivelatela presenza di un notevole accumulo di metalli pesanti in tutti i sedimenti superficiali del Golfo di Pozzuoli.

Tale accumulo è risultato evidente in particolare nel tratto di mare antistante l'area industriale di Bagnoli dove sono stati riscontrati livelli medi di contaminazione pari a, rispettivamente, 15-11 e 10 unità per Zn, Pb e Fe, a 6-5 unità per Cu e Hg, e compresi tra le 2-3 unità per Mn, Ni e Cr.

Nelle aree circostanti, soggette ad un regime idrodinamico, particolarmente attivo e quindi sfavorevole all'accumulo degli inquinamenti nei sedimenti, ed in quel le più lontane e quindi meno soggette agli apporti inquinanti, la situazione ambientale è risultata molto meno compromessa riscontrandosi livelli medi di con contaminazione nettamente inferiori, caratterizzati, da concentrazioni che solo per lo zinco hanno superato di 4 volte il tenore naturale.

RINGRAZIAMENTI

Gli autori ringraziano i sigg. Aldo Basile e Gianni Ballarin per il loro competente lavoro analitico presta to nel corso di questo studio.

BIBLIOGRAFIA

Casati, S., V. Damiani, A. Farini, P. Viganò. 1977. Il fiume Lambro (Lombardia). I metalli pesanti nei sedimenti quali indici di alterazione ambientale. Acqua e Aria, 7: 509-520.

Damiani, V., F. Serena, E. Ambrosano, S. De Rosa, P. Ciavolella. 1983. Distribuzione, Composizione e Caratteristiche dei sedimenti superficiali del Golfo di Pozzuoli. Atti del 5° Convegno AIOL. Maggio 1982.

De Maio, A., M. Moretti. 1973. Contributo a un progetto di studio delle Correnti del Golfo di Napoli. Quad. Fond. Polit. per il Mezz. d'Italia, 71, 29 pp.

De Rosa, S., V. Damiani, E. Ambrosano. 1982. Indagine sullo stato di contaminazione dei sedimenti superficiali del tratto del Golfo di Napoli tra Capo Posillipo e Torre del Greco. Atti Conv.Scient.Naz. UU.OO Risorse Biologiche e Inquinamento Marino, Roma 11-10 Novembre 1981, 625-642.

Frenet, M. 1979. Difficultés d'échantillonnage et précautions a prendre pour l'étude des pollutions par le mercure, dans l'eau et les sédiments en milueu estuarien. Jou. Research Oceanoge., Vol. IV, 3.

Galloway, J.N..1979. Alteration of trace metal geochemical cycles due to marine discharge of waste water. Geoch. et Cosmoch. Acta, 43: 207-218.

Griggs, G.B., S. Johnson. 1978. Bottom sediment contamination in the Bay of Naples, Italy. Mar.Pollut.Bull., 9: 208-214.

Luoma, S.N. 1981.A statistical assessment of the form of trace metals in oxidized estuarine sediments employing chemical extractants. The Science of the total Environment, 17: 165 - 196.

Mendia, L., E. d'Elia, G. d'Antonio. 1973. Sul problema dell'inquinamento del Golfo di Napoli. Quad. Fond. Polit. per il Mezz. d'Italia, 75, 53 pp.

Sheppard, C.R.C., D. J. Bellamy. 1974. Pollution of the Mediterranean around Naples. Mar.Pollut.Bull., 15: 42-44.

Vallette, V.J., 1974. Etude geochimique de la Baie de Pozzuoli (Italie). Premiers résultats. Annuali Ist. Univ. Navale di Napoli, vol. XLIII-XLIV, 321-346.

TECNICHE DI ANCORAGGIO PER BOE OCEANOGRAFICHE E SISTEMI DI RECUPERO DI EMERGENZA

F. de STROBEL

SACLANT ASW Research Centre, La Spezia

SUMMARY

A broad picture of the oceanographic mooring techniques used at SACLANT Research Centre is given, considering typical applications for current and temperature measurements. Taut moorings for surface buoys, U moorings, subsurface moorings for deep and shallow water applications are described including their sea deploring and recovery techniques. Information is given on specially designed components such as two different types of emergency relocation and recovery systems for submerged buoys. The first, called "pop up", at command, allows the surfacing of a marker buoy bringing a recovery line; the second "a double releasing mechanism" designed for the fast current allows a low drag parallel configuration of two acoustic releasers, increasing the load capability and the safety in recovering.

INTRODUZIONE

Da oltre dieci anni il SACLANT ASW Research Centre di La Spezia conduce campagne oceanografiche per la raccolta di dati ambientali marini. Tali campagne, prevalentemente nell'ambito Mediterraneo, e impieganti boe oceanografiche per misure termiche e correntometriche, hanno richiesto la messa a punto di sistemi di ancoraggio che, pur rientrando nelle ormai classiche categorie di quelli con boe di superficie, quelli con boa sommersa, e così via, se ne differenziano per criteri generali di progetto, costi e particolari costruttivi, in quanto tali sistemi sono ottimizzati per determinate condizioni medie ambientali.

In particolare i sistemi di seguito illustrati, salvo menzione diversa, sono stati concepiti per operazioni a medio termine, in condizioni ambientali quali generalmente riscontrabili nel Mediterraneo, (salvo casi particolari) e per essere operati entro i seguenti limiti generali:

- intensità max di corrente: 1 nodo (profilo da definire)
- profondità massima : 3500 m.
- stato del mare : 4-5 operatività, 7-8 sopravvivenza
- durata dell'operazione : circa 3 mesi.

Scopo di questa nota non è quello di fornire i criteri generali di progetto, che tengano conto della risposta sia in condizioni statiche che dinamiche del sistema boa-ancoraggio sottoposto alla azione, delle forze ambientali (onde, vento, corrente, etc.), studi essenziali sì, ma peraltro rintracciabili nella numerosa letteratura al riguardo - H.O. Berteaux (1976) - ma piuttosto

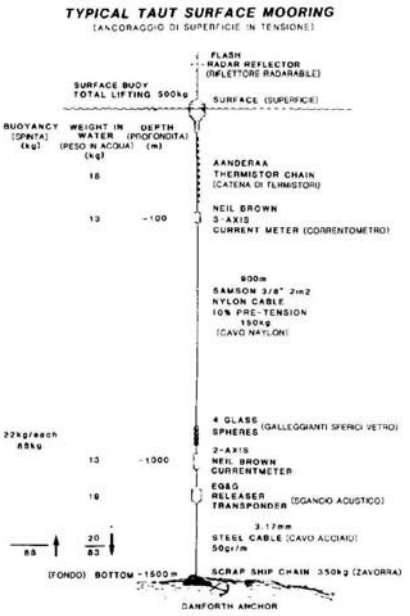


FIG. 1

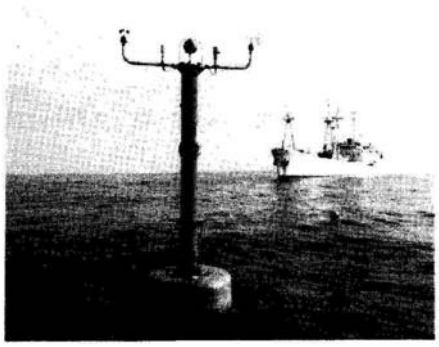


FIG. 2

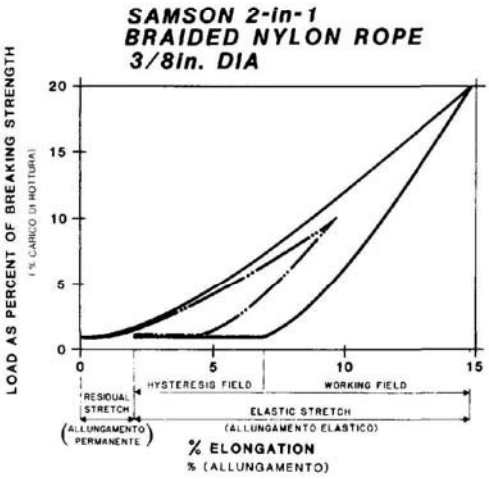


FIG. 3

quella di fornire schemi generali lungamente sperimentati, informazioni pratiche circa materiali, equipaggiamenti, dimensionamenti, dimostratisi ottimali per costo e risultato in molti anni di operazioni.

ANCORAGGIO CON BOA SUPERFICIALE IN TENSIONE

Tale tecnica nota come (taut mooring) è basata sulla conoscenza delle caratteristiche elastiche della linea di ancoraggio opportunamente accorciata rispetto alla profondità di operazione al fine di generare una pretensione tale da mantenere la boa superficiale quanto più verticale rispetto al previsto punto di ancoraggio. Essa è stata introdotta al Centro per misure termiche e correntometriche fin dal 1969, in occasione delle crociere ocea-nografiche COBLAMED nel Golfo del Leone - D.H. Shonting, F. de Strobel, A.De Haen, L. Toma and R. Della Maggiora (1972) - poi costantemente impiegata in successive campagne ovviamente con tecniche aggiornate e adattate alle diverse esigenze ambientali ed operative. Nella (Fig. 1) è schematizzata una recente configurazione per misure di temperatura negli strati superficiali (catene di termistori del tipo AANDERAA) e corrente di superficie e fondo utilizzante correntometri acustici triassiali e biassiali Neil Brown.

La boa di superficie (tipo sigaro Resinex 80/04), dotata di lampada e riflettore radar è realizzata in acciaio, come struttura, e in poliuretano rigido rivestito in polietilene ad alta densità, come galleggiante; essa risulta di peso e dimensioni contenute con spinta di circa 600 Kg (Fig. 2). Essa mantiene la sua naturale posizione verticale con un contrappeso di 100 Kg. che aggiunto alla prevista pretensione sulla linea di 150 Kg permette una riserva di spinta di circa 350 kg, tale da consentire la galleggiabilità anche in condizione di sopravvivenza nel senso del mare e corrente, procurando l'eventuale sollevamento o dragaggio della zavorra (200 kg sul fondo, risultante tra spinte, pesi e pretensione).

La linea di ancoraggio è essenzialmente costituita da una appropriata proporzione di cavo di Nylon (SAMSON 3/8") ed acciaio (3.17 mm diametro), ed è opportunamente ridotta in lunghezza rispetto alla profondità (10% di meno) da generare una pretensione di circa 150 Kg, allorché sottoposta al previsto allungamento.

Tale pretensione e il rapporto nylon/acciaio (circa 2), sono il risultato finale, verificato sperimentalmente, del progetto del sistema che prevede i seguenti parametri iniziali: la corrente massima di 1 nodo, dalla superficie decrescente linearmente fino ad annullarsi sul fondo, ed un massimo accettabile di inclinazione della linea di circa 10°. Alla base del progetto quindi vi è la conoscenza approfondita delle caratteristiche elastiche del cavo di nylon impiegato. Esse sono spesso non fornite dal costruttore e devono essere ricavate e verificate in laboratorio. Nel caso del SAMSON 3/8" i test di elasticità effettuati presso il laboratorio del Centro sono visualizzati in fig. (3), dove sono anche eviden-

TYPICAL SUBMERGED DEEP-WATER MOORING

(ANCORAGGIO SOMMERSO ACQUE PROFONDE)

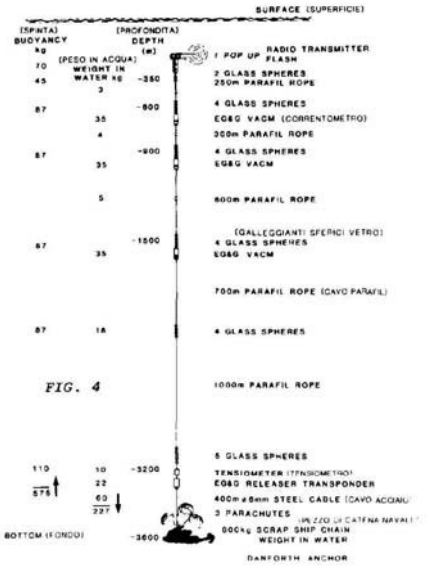


FIG. 4

EMERGENCY RECOVERY SYSTEM

(SISTEMA DI RECUPERO DI EMERGENZA)

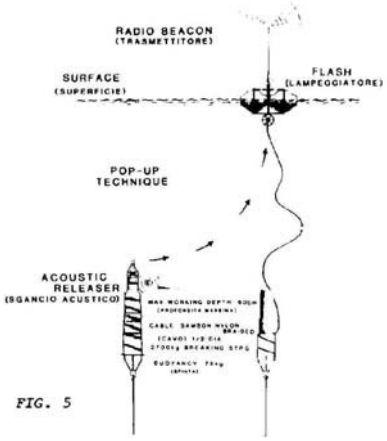


FIG. 5

FIG. 6

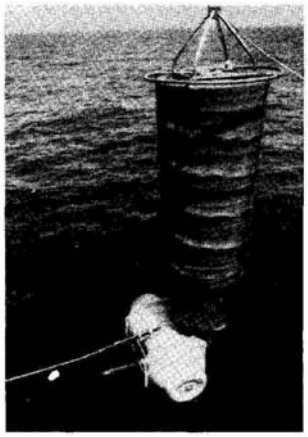


FIG. 7

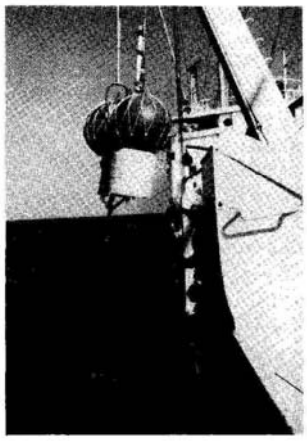
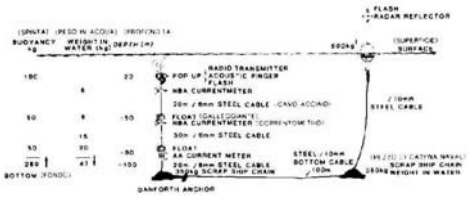


FIG. 9

FIG. 8

TYPICAL SHALLOW WATER MOORING

(ANCORAGGIO ACQUE BASSE)



ziati i fenomeni di isteresi ed allungamento permanente dei quali si deve tener conto per il calcolo della pretensione sul cavo.

La tecnica di lancio di tali boe è ovviamente la così detta "boa prima", con una velocità di movimento nave 1-2 nodi per mantenere una costante tensione sul cavo. Durante il lancio il massimo della tensione si raggiunge nella fase di pendolo, identificabile per un qualsiasi punto della linea nella somma del peso-zavorra più la differenza tra pesi e spinte dei componenti, dall'ancora al punto considerato - H.O. Berteaux (1976). La velocità di discesa sperimentata per il tipo di zavorra indicato (vecchie catene navali) è di circa 2-3 m/sec e la sperimentale posizione finale di ancoraggio è ricavabile considerando la lunghezza della linea e prevedendo che essa sia coperta per 1/3 dallo spostamento dell'ancora nel suo discendere e 2/3 dal cammino della boa di superficie (per profondità tra 1000 - 2000 metri).

La tecnica di recupero prevede lo sgancio della zavorra tramite un releaser acustico tipo EG & G e la manovra avviene quindi senza tensione.

ANCORAGGIO SOMMERSO PER ACQUE PROFONDE

Tale tipo di ancoraggio realizzato inizialmente per misure correntometriche profonde nella fossa del Tirreno - R. MOLCARD (1980) - è visualizzato in (Fig. 4). Sono anche indicate le caratteristiche dei singoli componenti impiegati.

I criteri ingegneristici generali che hanno guidato il progetto sono stati:

(a) La distribuzione delle spinte - fattore che permette, oltre al recupero dell'ancoraggio anche in caso di rottura lungo la linea, l'evidente vantaggio di mantenere una migliore verticalità dei sensori in prossimità dei galleggianti.

(b) La scelta di un cavo, pressoché neutro in acqua e non elastico - ciò garantisce un buon posizionamento dei sensori senza ricorrere all'acciaio, il cui peso avrebbe portato ad un sovradimensionamento in spinte e costi di tutta l'unità. Il cavo prescelto ed impiegato con successo è stato del tipo PARAFIL A della ICI England (11 mm dia.) con terminazioni acciaio INOX AISI 316 e carico di rottura dichiarato di 2000 Kg. Test di laboratorio hanno dimostrato una variazione del carico di rottura tra 1500 - 2000 Kg. dipendente dalla incertezza nell'assemblaggio della terminazione.

(e) L'appropriato dimensionamento delle spinte (realizzate con sfere divetro Benthos) e pesi - il dato è ricavato dal calcolo dei movimenti in condizioni statiche della linea d'ancoraggio sottoposta al previsto profilo di corrente (0.5 Nodi in superficie linearmente decrescente verso il fondo).

(d) La necessità di aumentare la sicurezza di localizzazione e recupero essendo la boa sommersa - essa ha spinto alla realizzazione di un sistema di emergenza denominato "pop-up".

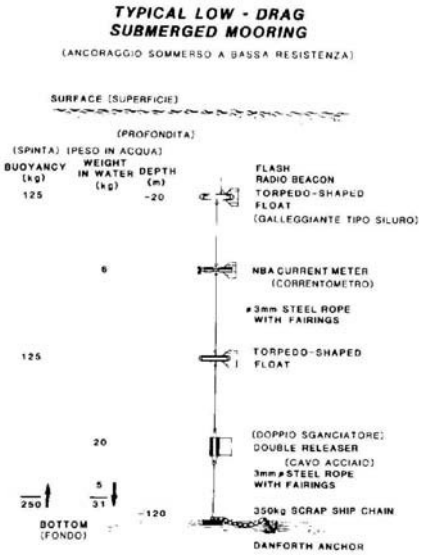


FIG. 10

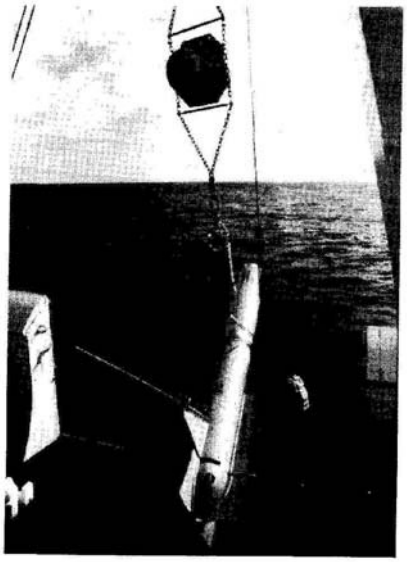


FIG. 11

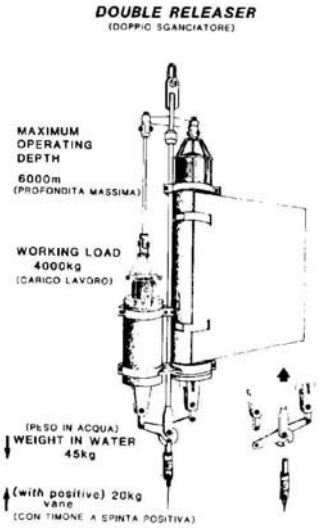


FIG. 12

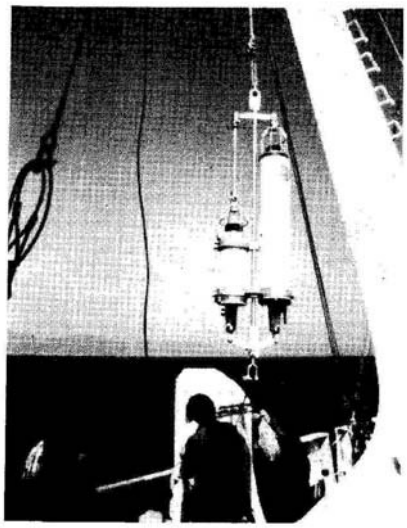


FIG. 13

SISTEMA DI RECUPERO D'EMERGENZA - POP UP

Il sistema è stato progettato essenzialmente per permettere il recupero di una boa sommersa in caso di mancato funzionamento del sistema di sgancio di fondo. Il principio di funzionamento e le caratteristiche tecniche sono evidenziate in (Fig. 5). Ad un appropriato comando acustico emesso dalla nave di superficie il releaser (tipo EG & G) installato sul pop-up rilascia un galleggiante, che raggiunge la superficie tirandosi dietro un cavo che, avvolto come un bozzolo (Fig. 6), si sfila dal guscio esterno del sistema, permettendo così una diretta connessione meccanica tra la superficie e la boa sommersa.

Il galleggiante superficiale essendo dotato di lampada e trasmettitore che si attivano automaticamente arrivando a galla, permette un'accurata localizzazione, anche da alcune miglia di distanza. (Radio beacon e flash utilizzati OAR ST 200/100, FS 500).

Il sistema (Fig. 7), avente una capacità operativa fino a 600 m di profondità, oltre a fornire l'innegabile vantaggio di garantire una raddoppiata sicurezza di recupero, senza per altro raddoppiare il rischio che una attivazione spuria non prevista possa sganciare l'ancoraggio, cosa che potrebbe avvenire parallelando il releaser di fondo, trova anche applicazione come sistema primario di recupero e localizzazione di oggetti o strumenti posti sul fondo.

ANCORAGGIO PER ACQUE BASSE

Il sistema evidenziato nella (Fig. 8) del tipo denominato ad "U" è stato particolarmente progettato per misure correntometriche in zone costiere di profondità non superiore ai 200-250 m, zone cioè particolarmente battute dall'attività peschereccia, principale causa di perdite in operazioni costiere.

Il sistema, impiegato per la prima volta nella primavera del 1977 - A. J. Elliott - F. de Strobel (1978) - lungo le coste occidentali dell'Italia, permette di marcare in superficie la zona di installazione della boa, avvisando del pericolo i pescherecci con reti a strascico, e nello stesso tempo mantiene il dovuto disaccoppiamento dai moti superficiali della boa sommersa che supporta la linea dei correntometri.

I tre sistemi di recupero (pop-up su boa sommersa, boa di superficie, cavo sul fondo in posizione rampinabile) e i due sistemi di localizzazione (radio, acustico) garantiscono una grande affidabilità anche in caso di perdite parziali (rotture sulla linea, perdita boa di superficie, etc.).

Il sistema pop-up (Fig. 9) impiegato in tale ancoraggio è una versione semplificata e più economica di quella precedentemente descritta. Una delle due sfere (in fibra di vetro tipo Holson) ad un appropriato comando acustico (Releaser tipo SACLANT) si separa dall'unità raggiungendo la superficie con il cavo di connessione all'unità sommersa (SAMSON 1/2"). Profondità operativa massima 100 m., spinta 180 Kg.

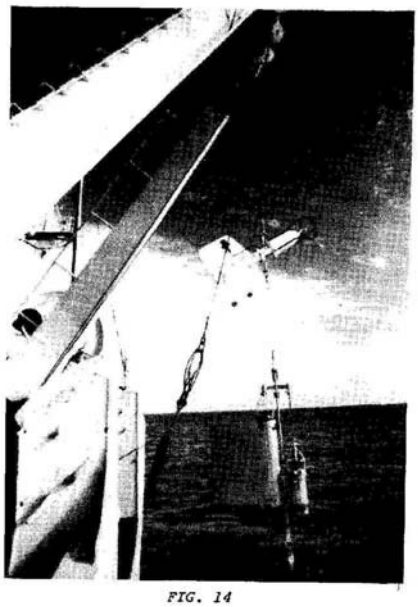


FIG. 14

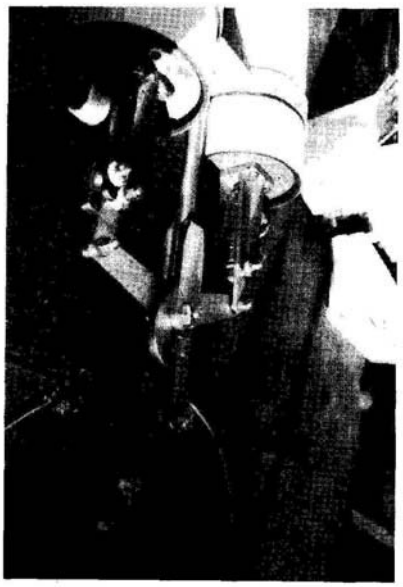


FIG. 15

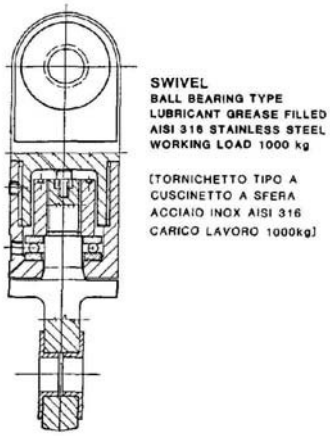


FIG. 16

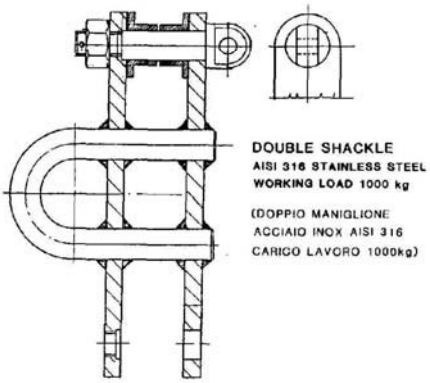


FIG. 17

ANCORAGGIO SOMMERSO A BASSA RESISTENZA

In tale sistema sommerso a punto singolo (Fig. 10), ideato per correnti tra 1 e 2 nodi, si è cercato di ottimizzare il rapporto spinta galleggianti/diametro del cavo, mantenendo il coefficiente di drag di ambedue il più basso possibile. Nel primo caso realizzando galleggianti a forma di siluro (Fig. 11), (materiale espanso a cellule chiuse, tipo Klegencell - Kleber - France -profondità massima operativa 250 m, spinta 125 Kg), nel secondo, utilizzando un cavo zincato antigirevole di elevate caratteristiche meccaniche al fine di ottenere il minimo diametro (Fornara -Torino, dia. 3.17 rara, carico di rottura 1200 Kg, 36 fili spiroidali) , pur mantenendo un sufficiente coefficiente di sicurezza - 4 -rispetto alla rottura. L'introduzione dei "fairings" riduce notevolmente il coefficiente di drag (circa 50%) limitando il fenomeno di "strumming" causa anche di pericolose rotture a fatica, svitamento di maniglioni, etc...

Al fine di permettere una sicura localizzazione e recupero della boa sommersa è stato ideato un doppio sistema di sgancio a comando acustico basato su releaser - transponder EG & G. La tecnica pop-up, anche se applicabile, in questo caso non è consigliabile, dato l'elevato coefficiente di drag dell'unità stessa.

DOPPIO SGANCIATORE

La (Fig. 12) ne evidenzia il principio di funzionamento e le caratteristiche tecniche sia nella versione normale che in quella a bassa resistenza al moto (Fig. 13) (Fig. 14). Il principio base è quello di una tenaglia (Fig. 15) che può essere aperta da uno o dall'altro dei releaser acustici, sagomata in modo tale da permettere lo sgancio anche con inclinazioni della linea superiori a 45°. Lo scopo raggiunto è non solo quello della raddoppiata sicurezza di sgancio, ma anche quello di aver quadruplicato il carico massimo di lavoro dell'unità rispetto a quello del singolo releaser.

ATTREZZATURA OCEANOGRAFICA GENERALE

Rientra in questa categoria tutta l'attrezzatura di corrente uso marinaresco per la connessione delle singole parti degli ancoraggi, la messa a mare e il recupero degli stessi.

Anche in questo caso la non facile reperibilità sul mercato di prodotti adatti al sofisticato uso e alla complessità delle manovre richieste dalle operazioni oceanografiche, ha spinto alla progettazione di una serie di componenti speciali. In particolare si possono menzionare un tornichetto per uso oceanografico a basso attrito alla rotazione basato su cuscinetti a sfera (Fig. 16), ed un doppio maniglione con aggancio laterale per i passaggi di carico durante le manovre di messa a mare e recupero (Fig. 17).

RINGRAZIAMENTI

L'autore è grato ai Signori A. Chiarabini, U. Cortis, R. Della Maggiora, per il loro contributo alla realizzazione dei sistemi descritti.

BIBLIOGRAFIA

Berteaux, H.O. 1976 - Buoy Engineering - John Wiley & Sons.

Elliott.A.J. and F. de Strobel. 1978 - Oceanographic Conditions in the Coastal Waters of N.W. Italy during the Spring of 1977 -Bollettino di Geofisica Teorica ed Applicata, Vol. XX No. 79.

Molcard R. 1980. - Stability and Structure in the Tyrrhenian Sea -Proc. Course of Physics of Flow in the Oceans, Atmosphere and Deserts - Trieste.

Shonting D.H., F: de Strobel, A. De Haen, L. Toma and R. Della Maggiora 1972 - Thermistor buoy observations in the Mediterranean. Trans. AM. Geophys. Union. 426-53.

CONCENTRAZIONI DI OSSIGENO IN ACQUE COSTIERE DEL MAR LIGURE (+)

M. FABIANO

Istituto di Scienze Ambientali Marine - Università di Genova

SUMMARY

The research deals with the variations of oxygen in surface and depth waters of Ligurian sea. The analysis of bimonthly T-0 diagrams points out the different seasonal features of vertical distribution of oxygen.
An interesting characteristic of oxygen distribution in the upper layers of the Ligurian sea is a well developed subsurface maximum of oxygen associated with summer thermocline. This paper investigates on formation, consistency and extinction of the maximum. This one depends both upon physical and biological factors; its intensity varies throughout the years whilst time and depth are Constant.

INTRODUZIONE

Le nostre conoscenze sul contenuto in ossigeno delle acque del Mediterraneo si basano sulle osservazioni di Jacobsen (1912) relative alla spedizione oceanografica danese degli inizi del secolo. Furnestin (I960), Minas e Coste (1964), Gostan (1967) e Minas (1970) hanno sviluppato tali conoscenze in relazione alle vicende dell'idrologia e della produzione primaria delle acque del Mediterraneo occidentale.

Un'interessante caratteristica della distribuzione dell'ossigeno è l'esistenza, nel periodo estivo, di un massimo subsuperficiale, la cui origine è tuttora oggetto di discussione.

Lo scopo del presente lavoro è di contribuire alla conoscenza, per le acque della platea continentale ligure, delle variazioni stagionali dell'ossigeno nella colonna d'acqua e di stabilire nei limiti del campionamento i tempi di formazione, la consistenza e i tempi di estinzione del massimo subsuperficiale.

METODICHE

L'area di studio, al largo di Chiavari (Riviera Ligure di Levante), è stata campionata in due stazioni, a intervalli quindi-

(+) Contributo del "Gruppo Ricerca Oceanologica - Genova" Progetto Finalizzato "Oceanografia e fondi marini". Contratti di ricerca C.N.R. 77.01032.88 - 78.01041.88/115.0907.

cinali, dal 27.10.1977 al 9.10.1979.

I campioni d'acqua sono stati prelevati lungo la colonna di acqua 0-200 m della stazione al largo (44° 15' 1 N- 09° 13' 6 E; prof. 250 m ca.) e 0-50 m della stazione di costa (44° 17' 6 N - 09° 17' 6 E; prof. 60 m ca.), alle quote standard di O, 10, 25, 50, 75, 100, 150 e 200 m.

In laboratorio le analisi per la determinazione dell'ossigeno disciolto sono state eseguite secondo il metodo Winkler con le modifiche riportate da Strickland e Parsons (1968).

La temperatura superficiale è stata misurata con apposito termometro a pozzetto (± 0.1°C) e la curva termica è stata registrata con un batitermografo messo a disposizione dal "Saclant ASW Research Centre".

I dati sono stati pubblicati in rapporti tecnici (Della Croce, Fabiano e Zunini Sertorio, 1979 e 1980).

VARIAZIONI STAGIONALI

Se consideriamo l'andamento delle concentrazioni medio delle colonne d'acqua, espresse come valore medio mensile comprensivo dei due anni di campionamento, appare evidente un aumento dei valori da ottobre in costa (5.2 ml/l) e da novembre al largo (5.1) sino a, rispettivamente, marzo (6.1) e aprile (5.9) (Fig. 1).

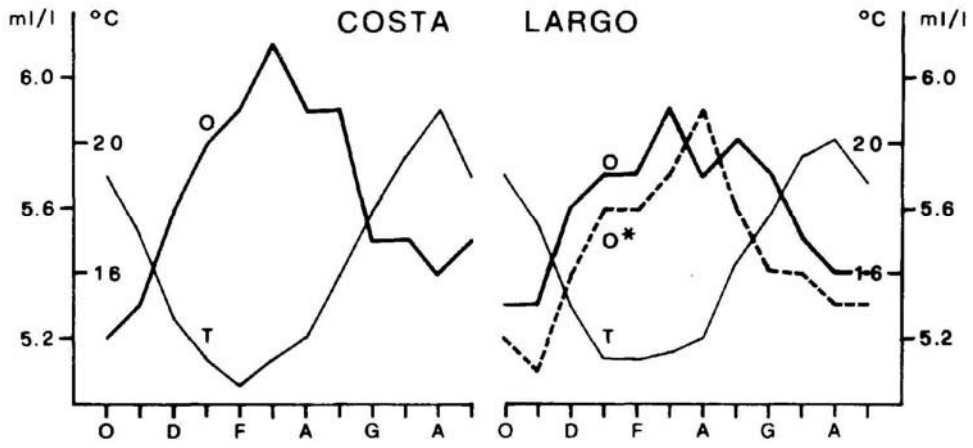


Figura 1: Variazione annuale (1977 - 1979) della temperatura espressa come media della colonna d'acqua (T) e della concentrazione di ossigeno espressa come valore medio dello strato 0-50 m (O) e 0-200 m (O*) sulle stazioni di costa e del largo.

Il massimo di ossigeno segue il minimo termico di un mese nella stazione di costa e nello strato 0-50 m della stazione del largo e di due mesi se si considera tutta la colonna 0-200 m. Inoltre, i massimi di ossigeno dello strato 0-50 m sia in costa che al largo, coincidono con i massimi di biomassa fitoplanctoni-ci osservati in contemporanei campionamenti sulle stesse stazioni (Della Croce et all., 1979 e 1980).

L'analisi del diagramma T-0 della stazione del largo e relativo al bimestre gennaio-febbraio (Fig. 2), del periodo in cui la colonna d'acqua è sottoposta ad intensa circolazione verticale, mette in evidenza che le concentrazioni di ossigeno (5.6-5.8 ml/l in superficie) diminuiscono con la profondità e risultano in prevalenza poste internamente all'area di sottosaturazione. Durante il periodo marzo-aprile, la massa d'acqua è sempre sottoposta ad un regime di omotermia dovuto alla persistente instabilità della colonna. La fioritura primaverile del fitoplancton determina le massime concentrazioni annuali di pigmenti clorofilliani e le concentrazioni di ossigeno disciolto raggiungono in superficie i valori massimi annuali mantenendosi altresì elevate alle sottostanti quote di 10 e 25 m, mentre con la profondità le concentrazioni diminuiscono sino a 5 ml/l ca. Lo strato fotico risulta caratterizzato da valori di ossigeno soprasaturati. Con il procedere del riscaldamento, nel periodo maggio-giugno, si cominciano a distinguere lungo la colonna due strati: il primo, da situarsi superiormente all'isoterma dei 15°C e corrispondente ai primi 50 m, presenta concentrazioni di ossigeno che si pongono nell'area di soprasaturazione ed aumentano al diminuire della temperatura, il secondo, delimitato dalle quote 50 e 200 m, mostra concentrazioni in evidente sottosaturazione, che diminuiscono con la profondità.

In luglio, agosto, settembre ed ottobre, durante il periodo di massima stratificazione, lo schema si accentua sia nella diminuzione dei valori superficiali (4.8-4.9 ml/l) che nella comparsa in profondità, a livello del termoclino, di uno strato di alte concentrazioni di ossigeno, il massimo subsuperficiale, con soprasaturazioni che raggiungono il valore massimo di 115%. Questa situazione tende a rientrare e svanire nel periodo novembre-dicembre, quando la maggior parte dei valori risulta sottosaturata.

Per quanto riguarda la stazione di costa, l'analisi dei grafici T-0 ha messo in evidenza un andamento simile al corrispondente strato 0-50 m dalla stazione del largo.

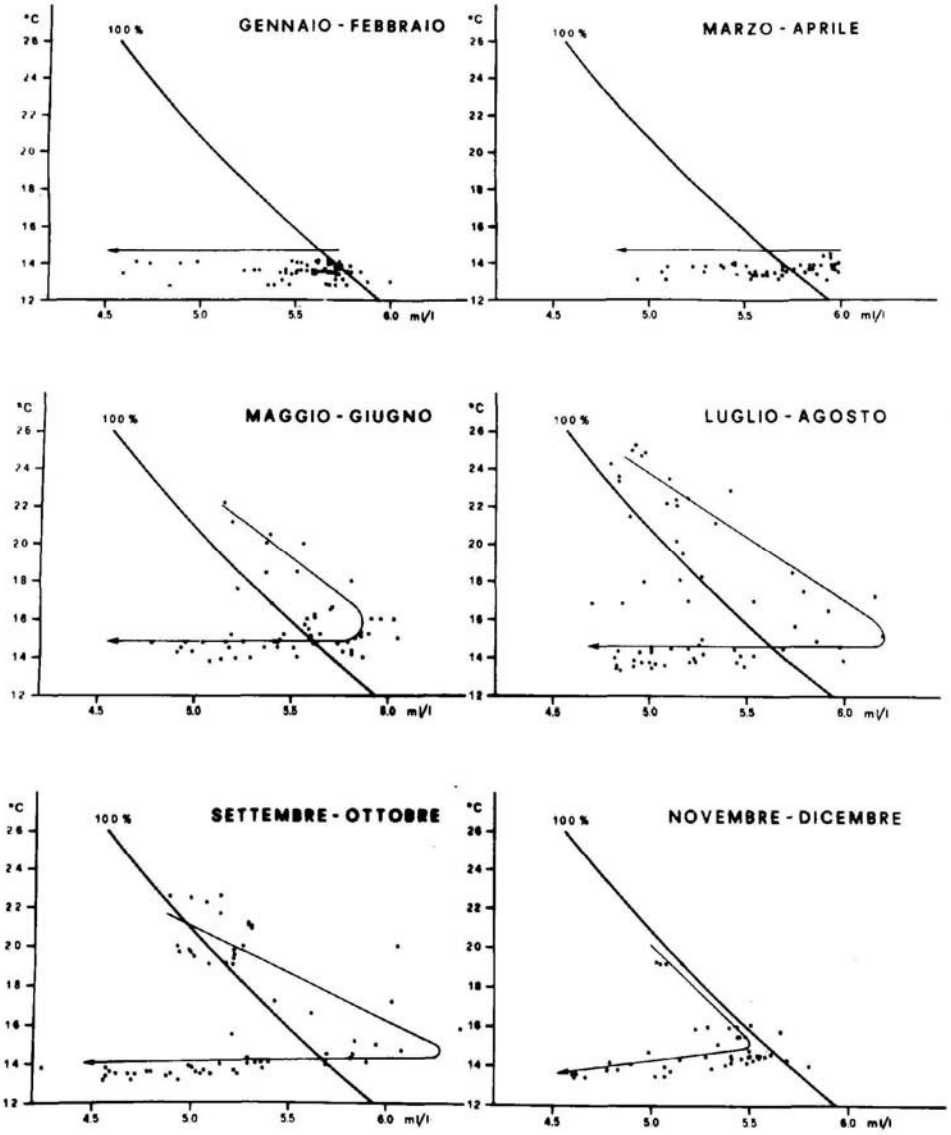


Figura 2: Diagrammi bimestrali (1977 - 1979) temperatura - ossigeno della stazione al largo. La curva di saturazione è stata tracciata secondo Weiss (1970) per una salinità del 38‰. La direziona della freccia indica l'aumento della profondità.

MASSIMO SUBSUPERFICIALE

L'aspetto più interessante della distribuzione dell'ossigeno disciolto anche nelle acque costiere liguri è la comparsa di un massimo subsuperficiale nel periodo estivo.

I dati relativi alle concentrazioni massime di ossigeno, con le corrispondenti temperature e profondità, per la fascia subsuperficiale estiva delle stazioni del largo e di costa, sono riportati in tabella:

		STAZIONE DI COSTA			STAZIONE DEL LARGO		
1978	VII	5.6 ml/l	16.1 °C	50 m	- ml/l	- °C	- m
	VII	5.7	17.5	50	5.8	-	50
	VIII	5.7	18.2	50	5.8	15.7	25
	VIII	-	-	-	5.8	14.7	50
	IX	5.7	15.8	50	5.8	14.5	50
	IX	5.8	15.7	25	5.9	14.1	50
	X	-	-	-	5.8	15.2	50
1979	VII	5.9	14.5	50	-	-	-
	VII	5.9	15.8	50	6.5	14.5	50
	VIII	6.3	15.6	50	6.2	15.2	50
	VIII	6.1	17.5	25	6.2	17.3	25
	IX	6.1	18.1	25	6.1	14.7	50
	IX	6.0	15.0	50	6.1	20.0	25
	X	6.2	15.5	50	6.4	15.8	50

Risulta evidente, in entrambe le stazioni, la marcata differenza tra i valori riscontrati nell'estate 1978 e 1979; Gostan (1967) aveva osservato un analogo fenomeno nelle acque francesi ritrovando quale massimo subsuperficiale dell'estate 1962 il valore di 5.9 ml/l, 6.1 nel 1963 e nell'analogo periodo estivo del 1964 6.3 ml/l.

Dall'esame dei nostri dati, nella colonna 0-200 m il massimo compare nella seconda metà di luglio e si estingue nella seconda metà di ottobre; i valori raggiungono mediamente 5.8 ml/l nel primo anno e 6.2 nel secondo, mentre la quota di campionamento a cui è stato rilevato il massimo valore è di 50 m. Nei pochi casi in cui i massimi di ossigeno si trovano alla quota di 25 m i corrispondenti valori di temperatura, più elevati, fanno ritenere che in questi casi l'effettivo massimo sia sfuggito al campionamento. Considerando le temperature corrispondenti ai massimi di O_2

lungo la colonna (per i soli casi in cui questi siano in corrispondenza della quota di 50 m) si ottiene un valore medio di 14,8 °C molto vicino al valore (15 °C) indicato da Coste e Minas (1964) per le acque della rada di Villefranche sur mer. Rispetto alle variazioni della temperatura il massimo subsuperficiale si situa appena al di sotto del termoclino (Fig. 3).

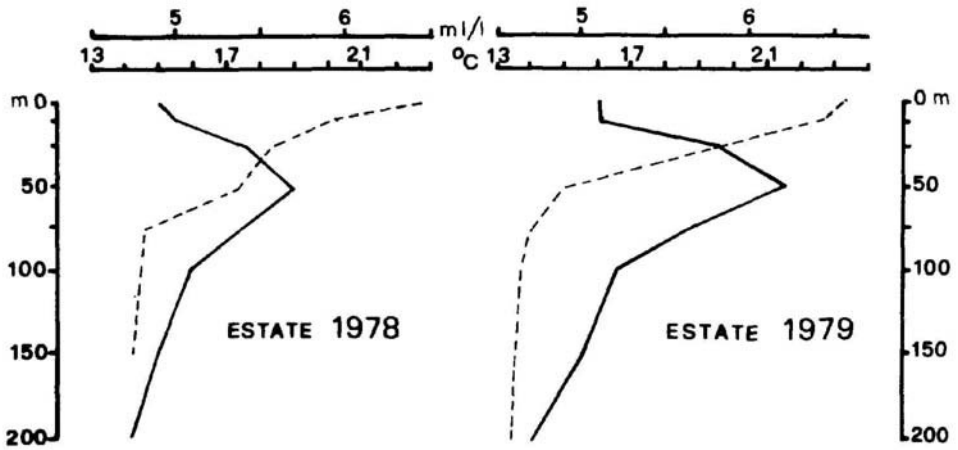


Figura 3: Profili verticali medi di ossigeno (linea continua) e temperatura (linea tratteggiata) della stazione del largo per i periodi estivi 18.7 - 6.10.1978 e 17.7 - 9.10.1979.

Sulla colonna d'acqua 0-50 m della stazione di costa i massimi di ossigeno, che sono in media inferiori a quelli della colonna del largo di 0.1 ml/l, compaiono e spariscono in anticipo con valori medi di 5.7 ml/l nel 1978 e 6.1 nel 1979, mentre la temperatura media corrispondente al massimo è di 16 °C. In questa stazione non è stato riscontrato il massimo subsuperficiale durante la seconda quindicina dell'agosto 1978.

Quindi, relativamente alle nostre osservazioni, il massimo subsuperficiale, con alcune differenze tra costa e largo, si instaura in piena estate a livello del termoclino e si mantiene a tale profondità sino al sopraggiungere del periodo autunnale.

Il problema dell'origine del massimo è stato affrontato da tempo ma, ancor oggi, si è lontani da una sua definizione.

Jacobsen (1912) attribuisce all'attività fotosintetica dei popolamenti fitoplanctonici la formazione dello strato soprasaturato subsuperficiale. Tale opinione è stata in seguito ripresa da Furnestin (1960) e Cahet, Fiala, Jacques e Panouse (1972) hanno messo

in evidenza, durante il periodo estivo, massimi di produttività primaria a livello della discontinuità termica confermando quindi, in tale stagione, la presenza di popolazioni fitoplanctoniche fisiologicamente attive a queste profondità.

Per contro Reid (1962) per altre aree geografiche, ritiene che la soprasaturazione subsuperficiale di ossigeno sia dovuta in massima parte a fenomeni di origine fisica. La concentrazione dell'ossigeno a livello del termoclino, in estate, dovrebbe essere vicina alla concentrazione dell'inverno precedente in superficie. Quindi i massimi di ossigeno anziché essere in relazione ad una produzione organica elevata in situ sarebbero legati ad una diminuita solubilità dell'ossigeno negli strati superiori. Reid conclude che la stima della differenza ΔO tra la variazione stagionale delle concentrazioni di ossigeno in superficie tra inverno ed estate e lo scarto di concentrazione "increment", in estate, tra superficie e massimo subsuperficiale permette di valutare quantitativamente la frazione di ossigeno da attribuirsi all'attività biologica.

Minas e Coste (1964) e Gostan (1967) utilizzando tale ipotesi di lavoro per le acque francesi giungono a risultati tra loro contrastanti.

Volendo applicare l'ipotesi di Reid ai nostri dati si osserva per il 1978 un $\Delta O = -0.1$ ml/l e per il 1979 $\Delta O = 0.5$ ml/l. Nel primo anno i risultati sembrerebbero confermare le osservazioni di Reid, mentre nel secondo anno lo scarto riscontrato farebbe ritenere che la sola spiegazione idrologica del fenomeno non sia sufficiente alla sua comprensione.

D'altra parte lo scarto calcolato è dello stesso ordine di grandezza della quantità di ossigeno prodotta per attività fotosintetica ad una profondità pari a quella cui si riscontra il massimo di ossigeno ed ottenuta per via indiretta dalle misure di produttività primaria riportate in letteratura. Dai dati di Brouardel e Rick (1963) ottenuti nelle acque di Villefranche sur mer e Monaco, si è risaliti attraverso l'equazione globale della fotosintesi ad un accumulo di ossigeno pari a 0.2 ml/l e dai dati di Cahet et all. (1972) relativi alle acque costiere antistanti Banyuls sur mer si è ottenuto 0.7 ml/l.

Considerato che tali risultati si sono ottenuti dall'analisi di una serie biennale di campionamenti, si può supporre che il massimo subsuperficiale estivo possa essere la risultante di processi sia fisici che biologici che tali eventi si possano ripetere negli anni con differente intensità determinando una minor o maggior rilevanza del fenomeno fermo restando la sua durata e la profondità a cui si situa.

RINGRAZIAMENTI

Si ringrazia il Sig. Arpicelli per l'esecuzione dei disegni.

BIBLIOGRAFIA

BROUARDEL J. , E. RICK. 1963. Mesure de la production organique en Méditerranée dans les parages de Monaco a l'aide du ^{14}C. Ann.Inst.Oceanogr., 40 (2): 109-164.

CAHET G., M. FIALA, G. JACQUES et M. PANOUSE. 1972. Production primaire au niveau de la thermocline en zone néritique de la Méditerranée Nord-occidentale. Mar.Biol., 14: 32-40.

DELLA CROCE N., M. FABIANO e T. ZUNINI SERTORIO. 1979. Biomassa planctonica, sali nutritivi, parametri idrologici (Chiavari): ottobre 1977 - ottobre 1978. Catt.Idrob.Pescic.Univ. Genova, Rapp. Tecn. 8: 1-14.

DELLA CROCE N., M. FABIANO e T. ZUNINI SERTORIO. 1980. Biomassa planctonica, sali nutritivi, parametri idrologici (Chiavari): ottobre 1979 - ottobre 1980. Catt.Idrob.Pescic.Univ. Genova, Rapp. Tecn. 11: 1-14.

FURNESTIN J. 1960. Teneur en oxygene des eaux de la Méditerranée occidentale. Rev.Trav.Inst.Peches marit., 24(4): 453-480.

GOSTAN J. 1967. Conditions hydrologiques observées pendant 1'été entre la Riviera et la Corse. Cah. Oceanogr., 20(1): 37-66.

MINAS J. et B. COSTE. 1964. Etude de la structure hydrologique et de quelques aspects de la productivité de la zone euphotique en fin d'été au niveau d'une station fixe (Bouée Laboratoire du COMEXO) en rade de Villefranche sur mer. Recl .Trav.Sn. Mer Endoume, 50: 133-155

MINAS J. 1970. La distribution de 1'oxygene en relation avec la production primaire en Méditerranée Nord-occidentale. Mar.-Biol., 7(3): 181-204.

JACQUES G. 1970. Aspects quantitatifs du phytoplancton de Banyuls-sur-mer (Golfe du Lion) IV - Biomasse et production. 1965-1969. Vie et Milieu, B XXI: 37-102.

JACOBSEN J.P. 1912. The amount of oxygen in the water of Mediterranean. Rep.Dan.oceanogr.Exped.Mediter., 1(5): 208-236.

REID J.L. 1962. Distribution of dissolved oxygen in the summer thermocline. J.mar.res., 20(2): 138-148.

STRICKLAND J.D.H. et T.R. PARSONS. 1968. A manual of seawater analysis. Bull.Fish.Res.Bd. Canada, 167: 1-311.

WEISS R.F. 1970. The solubility of nitrogen, oxygen and argon in water and seawater. Deep Sea Res. 17: 721-735.

CONCENTRAZIONI DI OSSIGENO IN ACQUE COSTIERE DEL MAR LIGURE (+)

M. FABIANO

Istituto di Scienze Ambientali Marine - Università di Genova

SUMMARY

The research deals with the variations of oxygen in surface and depth waters of Ligurian sea. The analysis of bimonthly T-0 diagrams points out the different seasonal features of vertical distribution of oxygen.
An interesting characteristic of oxygen distribution in the upper layers of the Ligurian sea is a well developed subsurface maximum of oxygen associated with summer thermocline. This paper investigates on formation, consistency and extinction of the maximum. This one depends both upon physical and biological factors; its intensity varies throughout the years whilst time and depth are Constant.

INTRODUZIONE

Le nostre conoscenze sul contenuto in ossigeno delle acque del Mediterraneo si basano sulle osservazioni di Jacobsen (1912) relative alla spedizione oceanografica danese degli inizi del secolo. Furnestin (I960), Minas e Coste (1964), Gostan (1967) e Minas (1970) hanno sviluppato tali conoscenze in relazione alle vicende dell'idrologia e della produzione primaria delle acque del Mediterraneo occidentale.

Un'interessante caratteristica della distribuzione dell'ossigeno è l'esistenza, nel periodo estivo, di un massimo subsuperficiale, la cui origine è tuttora oggetto di discussione.

Lo scopo del presente lavoro è di contribuire alla conoscenza, per le acque della platea continentale ligure, delle variazioni stagionali dell'ossigeno nella colonna d'acqua e di stabilire nei limiti del campionamento i tempi di formazione, la consistenza e i tempi di estinzione del massimo subsuperficiale.

METODICHE

L'area di studio, al largo di Chiavari (Riviera Ligure di Levante), è stata campionata in due stazioni, a intervalli quindi-

(+) Contributo del "Gruppo Ricerca Oceanologica - Genova" Progetto Finalizzato "Oceanografia e fondi marini". Contratti di ricerca C.N.R. 77.01032.88 - 78.01041.88/115.0907.

cinali, dal 27.10.1977 al 9.10.1979.

I campioni d'acqua sono stati prelevati lungo la colonna di acqua 0-200 m della stazione al largo (44° 15' 1 N- 09° 13' 6 E; prof. 250 m ca.) e 0-50 m della stazione di costa (44° 17' 6 N - 09° 17' 6 E; prof. 60 m ca.), alle quote standard di O, 10, 25, 50, 75, 100, 150 e 200 m.

In laboratorio le analisi per la determinazione dell'ossigeno disciolto sono state eseguite secondo il metodo Winkler con le modifiche riportate da Strickland e Parsons (1968).

La temperatura superficiale è stata misurata con apposito termometro a pozzetto (± 0.1°C) e la curva termica è stata registrata con un batitermografo messo a disposizione dal "Saclant ASW Research Centre".

I dati sono stati pubblicati in rapporti tecnici (Della Croce, Fabiano e Zunini Sertorio, 1979 e 1980).

VARIAZIONI STAGIONALI

Se consideriamo l'andamento delle concentrazioni medio delle colonne d'acqua, espresse come valore medio mensile comprensivo dei due anni di campionamento, appare evidente un aumento dei valori da ottobre in costa (5.2 ml/l) e da novembre al largo (5.1) sino a, rispettivamente, marzo (6.1) e aprile (5.9) (Fig. 1).

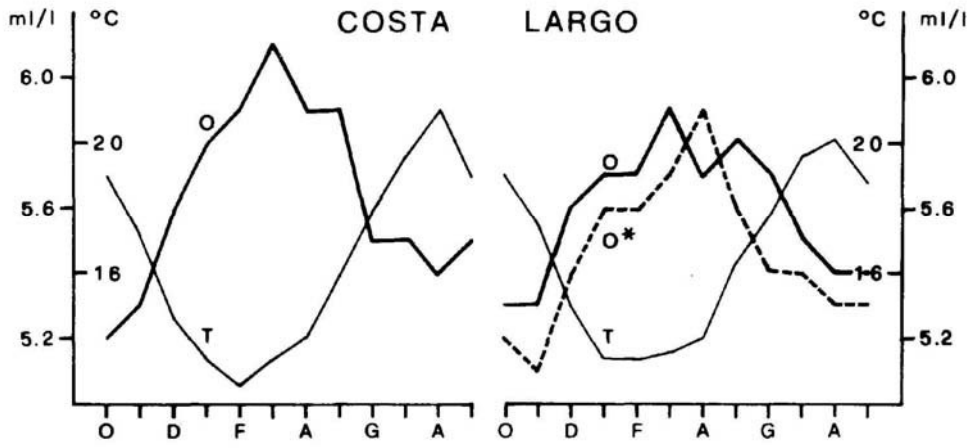


Figura 1: Variazione annuale (1977 - 1979) della temperatura espressa come media della colonna d'acqua (T) e della concentrazione di ossigeno espressa come valore medio dello strato 0-50 m (O) e 0-200 m (O*) sulle stazioni di costa e del largo.

Il massimo di ossigeno segue il minimo termico di un mese nella stazione di costa e nello strato 0-50 m della stazione del largo e di due mesi se si considera tutta la colonna 0-200 m. Inoltre, i massimi di ossigeno dello strato 0-50 m sia in costa che al largo, coincidono con i massimi di biomassa fitoplanctoni-ci osservati in contemporanei campionamenti sulle stesse stazioni (Della Croce et all., 1979 e 1980).

L'analisi del diagramma T-0 della stazione del largo e relativo al bimestre gennaio-febbraio (Fig. 2), del periodo in cui la colonna d'acqua è sottoposta ad intensa circolazione verticale, mette in evidenza che le concentrazioni di ossigeno (5.6-5.8 ml/l in superficie) diminuiscono con la profondità e risultano in prevalenza poste internamente all'area di sottosaturazione. Durante il periodo marzo-aprile, la massa d'acqua è sempre sottoposta ad un regime di omotermia dovuto alla persistente instabilità della colonna. La fioritura primaverile del fitoplancton determina le massime concentrazioni annuali di pigmenti clorofilliani e le concentrazioni di ossigeno disciolto raggiungono in superficie i valori massimi annuali mantenendosi altresì elevate alle sottostanti quote di 10 e 25 m, mentre con la profondità le concentrazioni diminuiscono sino a 5 ml/l ca. Lo strato fotico risulta caratterizzato da valori di ossigeno soprasaturati. Con il procedere del riscaldamento, nel periodo maggio-giugno, si cominciano a distinguere lungo la colonna due strati: il primo, da situarsi superiormente all'isoterma dei 15°C e corrispondente ai primi 50 m, presenta concentrazioni di ossigeno che si pongono nell'area di soprasaturazione ed aumentano al diminuire della temperatura, il secondo, delimitato dalle quote 50 e 200 m, mostra concentrazioni in evidente sottosaturazione, che diminuiscono con la profondità.

In luglio, agosto, settembre ed ottobre, durante il periodo di massima stratificazione, lo schema si accentua sia nella diminuzione dei valori superficiali (4.8-4.9 ml/l) che nella comparsa in profondità, a livello del termoclino, di uno strato di alte concentrazioni di ossigeno, il massimo subsuperficiale, con soprasaturazioni che raggiungono il valore massimo di 115%. Questa situazione tende a rientrare e svanire nel periodo novembre-dicembre, quando la maggior parte dei valori risulta sottosaturata.

Per quanto riguarda la stazione di costa, l'analisi dei grafici T-0 ha messo in evidenza un andamento simile al corrispondente strato 0-50 m dalla stazione del largo.

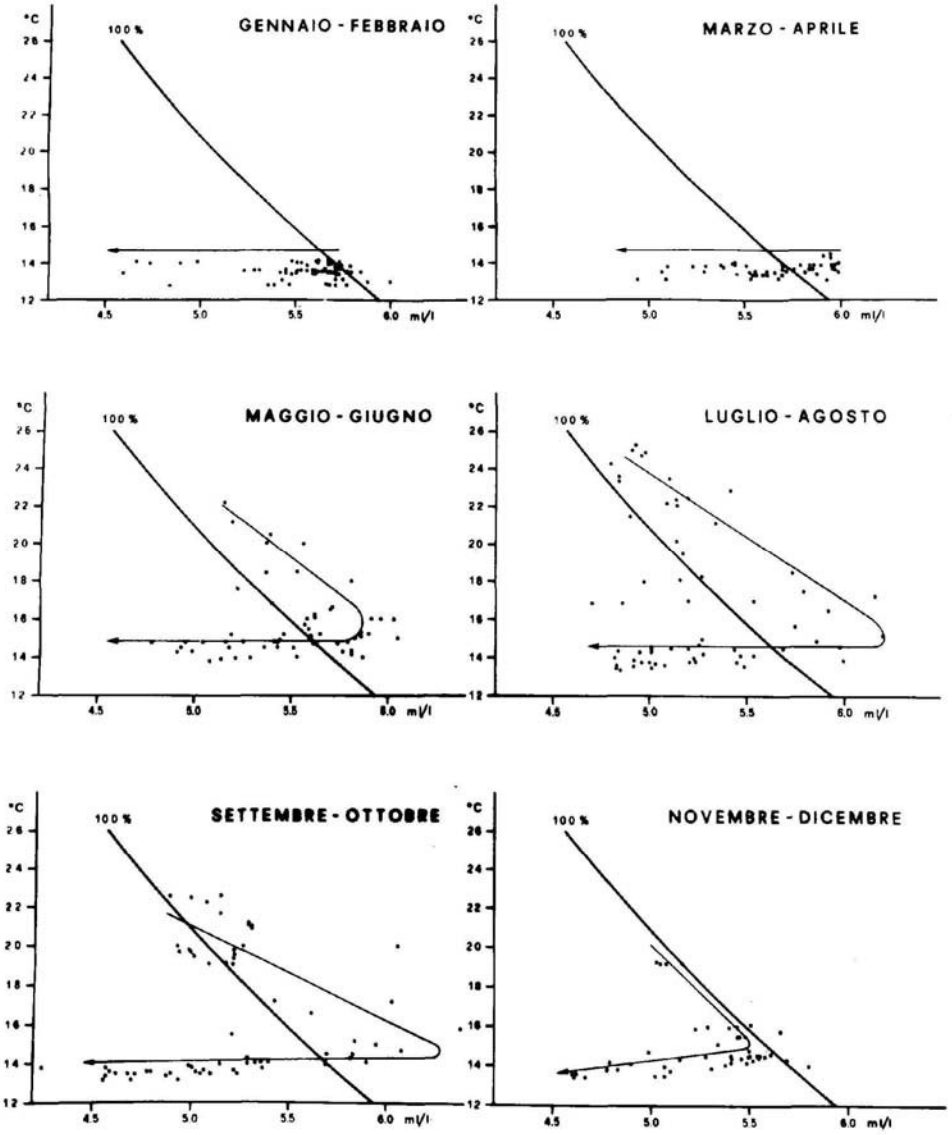


Figura 2: Diagrammi bimestrali (1977 - 1979) temperatura - ossigeno della stazione al largo. La curva di saturazione è stata tracciata secondo Weiss (1970) per una salinità del 38‰. La direziona della freccia indica l'aumento della profondità.

MASSIMO SUBSUPERFICIALE

L'aspetto più interessante della distribuzione dell'ossigeno disciolto anche nelle acque costiere liguri è la comparsa di un massimo subsuperficiale nel periodo estivo.

I dati relativi alle concentrazioni massime di ossigeno, con le corrispondenti temperature e profondità, per la fascia subsuperficiale estiva delle stazioni del largo e di costa, sono riportati in tabella:

		STAZIONE DI COSTA			STAZIONE DEL LARGO		
1978	VII	5.6 ml/l	16.1 °C	50 m	- ml/l	- °C	- m
	VII	5.7	17.5	50	5.8	-	50
	VIII	5.7	18.2	50	5.8	15.7	25
	VIII	-	-	-	5.8	14.7	50
	IX	5.7	15.8	50	5.8	14.5	50
	IX	5.8	15.7	25	5.9	14.1	50
	X	-	-	-	5.8	15.2	50
1979	VII	5.9	14.5	50	-	-	-
	VII	5.9	15.8	50	6.5	14.5	50
	VIII	6.3	15.6	50	6.2	15.2	50
	VIII	6.1	17.5	25	6.2	17.3	25
	IX	6.1	18.1	25	6.1	14.7	50
	IX	6.0	15.0	50	6.1	20.0	25
	X	6.2	15.5	50	6.4	15.8	50

Risulta evidente, in entrambe le stazioni, la marcata differenza tra i valori riscontrati nell'estate 1978 e 1979; Gostan (1967) aveva osservato un analogo fenomeno nelle acque francesi ritrovando quale massimo subsuperficiale dell'estate 1962 il valore di 5.9 ml/l, 6.1 nel 1963 e nell'analogo periodo estivo del 1964 6.3 ml/l.

Dall'esame dei nostri dati, nella colonna 0-200 m il massimo compare nella seconda metà di luglio e si estingue nella seconda metà di ottobre; i valori raggiungono mediamente 5.8 ml/l nel primo anno e 6.2 nel secondo, mentre la quota di campionamento a cui è stato rilevato il massimo valore è di 50 m. Nei pochi casi in cui i massimi di ossigeno si trovano alla quota di 25 m i corrispondenti valori di temperatura, più elevati, fanno ritenere che in questi casi l'effettivo massimo sia sfuggito al campionamento. Considerando le temperature corrispondenti ai massimi di O_2

lungo la colonna (per i soli casi in cui questi siano in corrispondenza della quota di 50 m) si ottiene un valore medio di 14,8 °C molto vicino al valore (15 °C) indicato da Coste e Minas (1964) per le acque della rada di Villefranche sur mer. Rispetto alle variazioni della temperatura il massimo subsuperficiale si situa appena al di sotto del termoclino (Fig. 3).

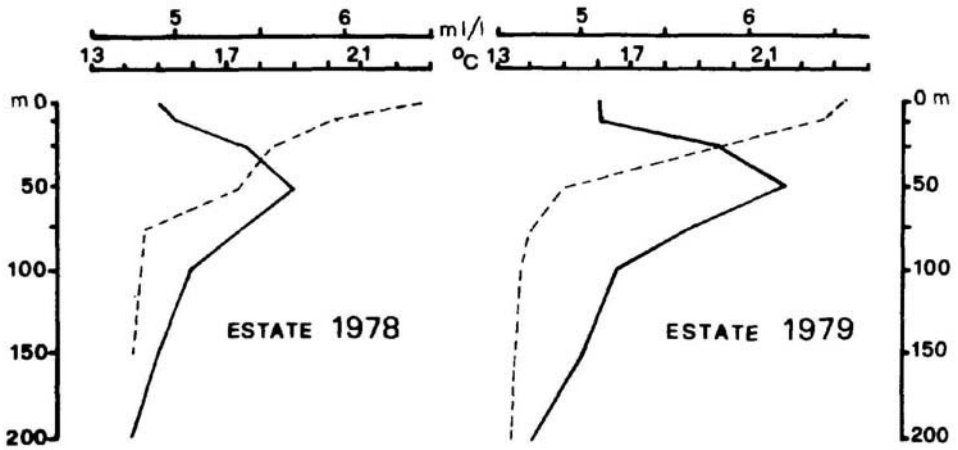


Figura 3: Profili verticali medi di ossigeno (linea continua) e temperatura (linea tratteggiata) della stazione del largo per i periodi estivi 18.7 - 6.10.1978 e 17.7 - 9.10.1979.

Sulla colonna d'acqua 0-50 m della stazione di costa i massimi di ossigeno, che sono in media inferiori a quelli della colonna del largo di 0.1 ml/l, compaiono e spariscono in anticipo con valori medi di 5.7 ml/l nel 1978 e 6.1 nel 1979, mentre la temperatura media corrispondente al massimo è di 16 °C. In questa stazione non è stato riscontrato il massimo subsuperficiale durante la seconda quindicina dell'agosto 1978.

Quindi, relativamente alle nostre osservazioni, il massimo subsuperficiale, con alcune differenze tra costa e largo, si instaura in piena estate a livello del termoclino e si mantiene a tale profondità sino al sopraggiungere del periodo autunnale.

Il problema dell'origine del massimo è stato affrontato da tempo ma, ancor oggi, si è lontani da una sua definizione.

Jacobsen (1912) attribuisce all'attività fotosintetica dei popolamenti fitoplanctonici la formazione dello strato soprasaturato subsuperficiale. Tale opinione è stata in seguito ripresa da Furnestin (1960) e Cahet, Fiala, Jacques e Panouse (1972) hanno messo

in evidenza, durante il periodo estivo, massimi di produttività primaria a livello della discontinuità termica confermando quindi, in tale stagione, la presenza di popolazioni fitoplanctoniche fisiologicamente attive a queste profondità.

Per contro Reid (1962) per altre aree geografiche, ritiene che la soprasaturazione subsuperficiale di ossigeno sia dovuta in massima parte a fenomeni di origine fisica. La concentrazione dell'ossigeno a livello del termoclino, in estate, dovrebbe essere vicina alla concentrazione dell'inverno precedente in superficie. Quindi i massimi di ossigeno anziché essere in relazione ad una produzione organica elevata in situ sarebbero legati ad una diminuita solubilità dell'ossigeno negli strati superiori. Reid conclude che la stima della differenza ΔO tra la variazione stagionale delle concentrazioni di ossigeno in superficie tra inverno ed estate e lo scarto di concentrazione "increment", in estate, tra superficie e massimo subsuperficiale permette di valutare quantitativamente la frazione di ossigeno da attribuirsi all'attività biologica.

Minas e Coste (1964) e Gostan (1967) utilizzando tale ipotesi di lavoro per le acque francesi giungono a risultati tra loro contrastanti.

Volendo applicare l'ipotesi di Reid ai nostri dati si osserva per il 1978 un $\Delta O = -0.1$ ml/l e per il 1979 $\Delta O = 0.5$ ml/l. Nel primo anno i risultati sembrerebbero confermare le osservazioni di Reid, mentre nel secondo anno lo scarto riscontrato farebbe ritenere che la sola spiegazione idrologica del fenomeno non sia sufficiente alla sua comprensione.

D'altra parte lo scarto calcolato è dello stesso ordine di grandezza della quantità di ossigeno prodotta per attività fotosintetica ad una profondità pari a quella cui si riscontra il massimo di ossigeno ed ottenuta per via indiretta dalle misure di produttività primaria riportate in letteratura. Dai dati di Brouardel e Rick (1963) ottenuti nelle acque di Villefranche sur mer e Monaco, si è risaliti attraverso l'equazione globale della fotosintesi ad un accumulo di ossigeno pari a 0.2 ml/l e dai dati di Cahet et all. (1972) relativi alle acque costiere antistanti Banyuls sur mer si è ottenuto 0.7 ml/l.

Considerato che tali risultati si sono ottenuti dall'analisi di una serie biennale di campionamenti, si può supporre che il massimo subsuperficiale estivo possa essere la risultante di processi sia fisici che biologici che tali eventi si possano ripetere negli anni con differente intensità determinando una minor o maggior rilevanza del fenomeno fermo restando la sua durata e la profondità a cui si situa.

RINGRAZIAMENTI

Si ringrazia il Sig. Arpicelli per l'esecuzione dei disegni.

BIBLIOGRAFIA

BROUARDEL J. , E. RICK. 1963. Mesure de la production organique en Méditerranée dans les parages de Monaco a l'aide du ^{14}C. Ann.Inst.Oceanogr., 40 (2): 109-164.

CAHET G., M. FIALA, G. JACQUES et M. PANOUSE. 1972. Production primaire au niveau de la thermocline en zone néritique de la Méditerranée Nord-occidentale. Mar.Biol., 14: 32-40.

DELLA CROCE N., M. FABIANO e T. ZUNINI SERTORIO. 1979. Biomassa planctonica, sali nutritivi, parametri idrologici (Chiavari): ottobre 1977 - ottobre 1978. Catt.Idrob.Pescic.Univ. Genova, Rapp. Tecn. 8: 1-14.

DELLA CROCE N., M. FABIANO e T. ZUNINI SERTORIO. 1980. Biomassa planctonica, sali nutritivi, parametri idrologici (Chiavari): ottobre 1979 - ottobre 1980. Catt.Idrob.Pescic.Univ. Genova, Rapp. Tecn. 11: 1-14.

FURNESTIN J. 1960. Teneur en oxygene des eaux de la Méditerranée occidentale. Rev.Trav.Inst.Peches marit., 24(4): 453-480.

GOSTAN J. 1967. Conditions hydrologiques observées pendant 1'été entre la Riviera et la Corse. Cah. Oceanogr., 20(1): 37-66.

MINAS J. et B. COSTE. 1964. Etude de la structure hydrologique et de quelques aspects de la productivité de la zone euphotique en fin d'été au niveau d'une station fixe (Bouée Laboratoire du COMEXO) en rade de Villefranche sur mer. Recl .Trav.Sn. Mer Endoume, 50: 133-155

MINAS J. 1970. La distribution de 1'oxygene en relation avec la production primaire en Méditerranée Nord-occidentale. Mar.-Biol., 7(3): 181-204.

JACQUES G. 1970. Aspects quantitatifs du phytoplancton de Banyuls-sur-mer (Golfe du Lion) IV - Biomasse et production. 1965-1969. Vie et Milieu, B XXI: 37-102.

JACOBSEN J.P. 1912. The amount of oxygen in the water of Mediterranean. Rep.Dan.oceanogr.Exped.Mediter., 1(5): 208-236.

REID J.L. 1962. Distribution of dissolved oxygen in the summer thermocline. J.mar.res., 20(2): 138-148.

STRICKLAND J.D.H. et T.R. PARSONS. 1968. A manual of seawater analysis. Bull.Fish.Res.Bd. Canada, 167: 1-311.

WEISS R.F. 1970. The solubility of nitrogen, oxygen and argon in water and seawater. Deep Sea Res. 17: 721-735.

EVOLUZIONE PLIO-QUATERNARIA DELLA PIATTAFORMA CONTINENTALE CIRCOSTANTE L'ISOLA D'ELBA

F. FANUCCI°, R. LENAZ*, S. ROSSI* & F. K. ZARUDZKI

° Istituto di Geologia dell'Università - Corso Europa 30 - Genova
* Istituto CNR per la Geologia Marina - Via Zamboni 65 - Bologna

SUMMARY

The present paper reports the results of a seismic reflexion survey (sparkers of different power) carried out in an area of the Tyrrhenian Continental margin including the Elba Island. The evolution of various types of Plio-Quaternary shelves, formed in relation to their morphology and tectonics-sedimentation interactions, is discussed. A detailed study of the different local setting brings to evaluate the importance of single phenomena and to define the evolutionary trends of the whole examined margin, mainly due to the most recent tectonic phases. This tectonics, of the disjunctive type, produces the subsidence of basins and of the large part of shelves. Only the structure called Dorsale dell'Elba is rising.

PREMESSA

Il margine continentale nord-tirrenico presenta, per gli studi sulla natura ed evoluzione delle piattaforme continentali mediterranee, un particolare interesse data l'estensione e i caratteri della piattaforma stessa. In particolare, il settore dell'Arcipelago Toscano mostra situazioni diversificate e complesse: la piattaforma si sviluppa entro ampi bacini sedimentari subsidenti,appoggiandosi, oltre che al continente e alle isole, anche ad alti morfologico-strutturali sommersi, di cui il più importante è la Dorsale dell'Elba.

I diversi settori dell'area sono caratterizzati da una differente tipologia morfologico-evolutiva della piattaforma; la zona circostante l'Isola d'Elba, in particolare, appare come un settore ad elevata complessità fenomenologica. I modelli di costituzione ed evoluzione della piattaforma presentati in questa sede, elaborati sulla base di indagini di sismica a riflessione, si inquadrano in una serie di studi tendenti ad approfondire le conoscenze sulle piattaforme mediterranee e a stabilire strette relazioni, ove possibile, tra i caratteri delle stesse e l'attività tettonico-sedimentaria delle aree di margine su cui sono impostate.

I dati su cui il presente studio si basa sono stati raccol-

ti nel corso delle campagne: P'76; P'77; BATOSC'77. Nelle prime due campagne è stato utilizzato lo sparker da 1 KJ dell'Istituto C.N.R. per la Geologia Marina di Bologna, mentre nella terza è stato impiegato lo sparker a cortina di sei elettrodi, da 6 KJ, dell'Istituto di Oceanologia dell'I.U.N. di Napoli. Il posizionamento è stato effettuato con il sistema Loran C.

MORFOLOGIA E STRUTTURA

Una carta batimetrica di dettaglio, da noi elaborata utilizzando tutti i dati disponibili (Fig. 1), mostra le seguenti unità morfologiche:

a) la Dorsale dell'Elba, a sviluppo N-S, che raggiunge la massima elevazione nell'Isola di Pianosa; essa presenta una morfologia piuttosto tormentata in tutta la sua estensione;

b) la depressione che separa la Dorsale dalla costa occidentale dell'Elba; è caratterizzata da un andamento curvilineo e la sua porzione più profonda costituisce un piccolo bacino chiuso (Bacino di Pianosa);

e) il Vallone dell'Elba (Bartolini C., F. Fanucci, G. Gabbani, S. Rossi, G. Valleri & R. Lenaz, 1980), ben definito, ma poco profondo,che versa, a N, in una depressione (Bacino di Capraia). Presenta fianchi disimmetrici di cui il più ripido è quello occidentale;

d) le zone a NE, E e S dell'Isola d'Elba, la cui morfologia pianeggiante e monotona contrasta con l'andamento frastagliato delle coste e con il tormentato rilievo dell'Isola stessa. Ciò può dare un'idea dell'importanza della coltre sedimentaria plio-quaternaria.

Lungo il margine dell'Arcipelago Toscano, la delimitazione morfologica della piattaforma è spesso problematica poiché, in più tratti, non è osservabile uno shelf-breack ben definito. Anche nelle zone in cui una delimitazione morfologica sembra agevole, le cose possono complicarsi qualora si considerino i problemi di evoluzione. Sono state pertanto considerate parte integrati, te della piattaforma tutte quelle aree che mostrano di essere state interessate, nel Plio-Quaternario, da fasi di sedimentazione e di erosione alternate che hanno dato origine a corpi sedimentari clinostratificati, a marcate discordanze e ad una morfologia nel complesso pianeggiante.

Dal punto di vista strutturale, la zona in esame è caratterizzata essenzialmente da:

a) la Dorsale dell'Elba, ruga in cui si assommano gli effetti di fasi compressive mioceniche e di fasi distensive post-tortoniane;

b) due ampie depressioni articolate (graben), quasi interamente

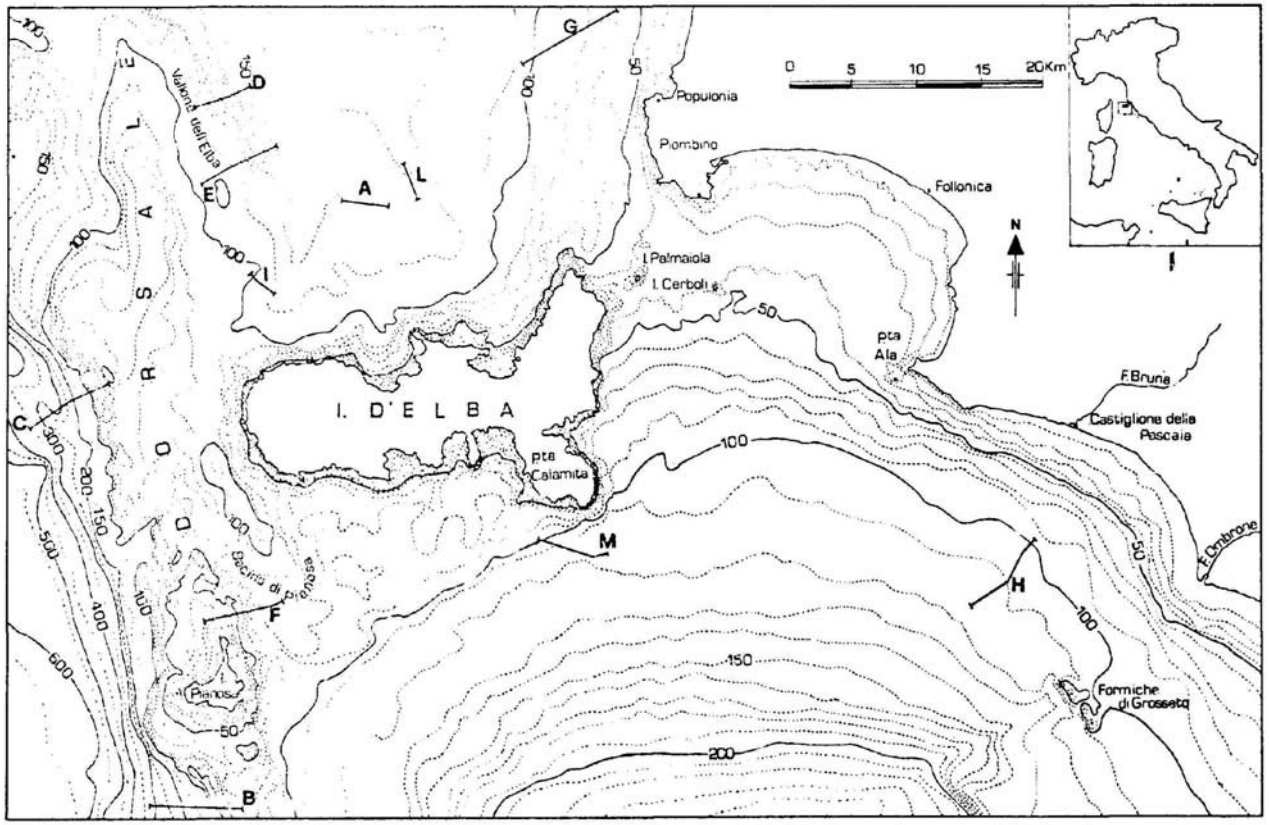


Fig. 1 - Carta batimetrica di dettaglio della zona in esame. In tratto grosso sono indicate le sezioni-tipo delle varie piattaforme, descritte nel testo e riportate nelle figure seguenti.

colmate da sedimenti: il Bacino N-Elba(Bartolini C. et alii,1980), che si presenta come un'unità strutturale ben definita, e la depressione a S dell'Isola, che sembra piuttosto un'appendice del Bacino del Giglio;
e) la piccola depressione che separa la Dorsale dall'Isola. Anche essa è un graben e potrebbe costituire il collegamento strutturale tra le due zone suddette.
Alle estremità occidentale e orientale dell'area considerata si aprono rispettivamente il Bacino della Corsica e il Bacino costiero di Grosseto; in quest'ultimo si è accumulata gran quantità di sedimento terrigeno per l'apporto dei Fiumi Bruna e Ombrone.

CARATTERI DEL SUBSTRATO PRE-PLIOCENICO

In prossimità delle coste dell'Isola d'Elba, il substrato su cui la piattaforma plio-quaternaria si è sviluppata è riferibile ai terreni dei cinque complessi tettonici riconosciuti a terra e alle magmatiti e termometamorfiti terziarie, di cui l'Isola è costituita. Analoghe considerazioni valgono per il tratto prossimale rispetto alla costa del continente.
In corrispondenza della Dorsale, tra l'Elba e Pianosa, il Pliocene giace su di una formazione argilloso-marnosa, ben stratificata, riferibile al Miocene inferiore, in accordo con la situazione che caratterizza Pianosa (Colantoni P. e A. M. Borsetti, 1973). A proposito del substrato, il tratto di Dorsale a N dell'Elba mostra analogia di caratteri acustici con questo settore; non è possibile stabilire, però, quali terreni della serie miocenica del Canale di Corsica risalgano sino al culmine della Dorsale stessa.

Le altre aree della zona in esame sono caratterizzate da un substrato più difficilmente identificabile. Sul fianco orientale della Dorsale, a S dell'Elba, alcuni A.A. (Viaris de Lesegno L.,1978; Rehault J.P., 1981) ammettono la presenza degli stessi terreni miocenici del fianco occidentale e di un plutone granodioritico continuo da Monte Capanne a Montecristo e oltre. Altri (Fabbri A. e P. Curzi, 1979) segnalano la presenza, a tratti, di livelli evapo-ritici in facies marginale, con potenze comunque inferiori a 100 ms. Considerazioni analoghe sembrano valere anche per l'area sud-orientale, al cui limite meridionale le evaporiti sono sicuramente presenti con potenze superiori a 100 ms.

La zona N Elba presenta, lungo il fianco E della Dorsale, problematiche simili a quelle dell'area precedente. Nelle restanti aree, dove è stato possibile raggiungere il substrato, non è stata evidenziata la presenza di evaporiti; in più tratti si osservano livelli sedimentari, con fitte stratificazioni acustiche, su cui. non è stato possibile fare ulteriori precisazioni.

Il top del substrato acustico risulta modellato da eventi vi riferibili ad un intervallo cronologico più o meno ampio a cavallo del limite Miocene-Pliocene; il Plio-Quaternario vi giace in discordanza.

Il substrato acustico è stato da noi denominato "orizzonte Z". Esso potrebbe coincidere (Fig. 2), in linea di massima, con la superficie erosiva descritta; tuttavia, dato che i livelli basali delle sequenze plioceniche presentano spesso facies ruditica, vi è da attendersi che l'orizzonte Z possa identificarsi, a tratti, con il tetto di tali livelli. La mappa delle isocrone di tale orizzonte, relativa agli immediati dintorni dell'Isola d'Elba (Fig. 3), mostra, oltre ad un andamento sottocosta coerente con la morfologia dell'Isola stessa, la presenza di una depressione, appendice strutturale dell'importante Bacino N-Elba già citato.

IL PLIO-QUATERNARIO

La trasgressione pliocenica è stata relativamente lenta e graduale nell'area in esame: man mano che ci si avvicina alla sommità degli alti strutturali si osservano i livelli più antichi ridursi di spessore sino a scomparire. La Dorsale è stata raggiunta solo nel Pliocene medio-superiore (Colantoni P. e A. M. Borsetti, 1973).

Per quanto riguarda i caratteri acustici della sequenza plio-quaternaria, si è già detto dei corpi (probabilmente di natura ruditica) osservabili alla base: dato il carattere della trasgres-sione, potrebbero avere età diverse. All'interno dei principali bacini si osservano, nella parte bassa della sequenza, degli orizzonti intensamente riflettenti intercalati a livelli semitrasparenti. Essi sono forse ricollegabili alle facies bioclastiche affioranti a Pianosa e riferibili al Pliocene medio (Rehault J.P.,1981). A sud dell'Elba, le zone più prossime al continente sono caratterizzate da sequenze indifferenziate, verosimilmente a causa della locale importanza degli apporti terrigeni. In tutte le altre aree la differenziazione tra livelli inferiori, mediamente più trasparenti, e livelli superiori, a stratificazioni acustiche nette e frequenti, è marcata e confrontabile con quanto si riscontra in altre parti del Mar Tirreno se si prescinde da riferimenti strati-grafici.

Nell'ambito della piattaforma si riscontra una situazione complessa, derivante dalla presenza di corpi sedimentari clinostratificati, in rapporti molto vari fra loro, generalmente delimitati, a tetto, da superfici di discordanza. Con una di queste superfici, riferibile ad un'importante fase di evoluzione della piattaforma, abbiamo fatto coincidere l'orizzonte "Y" (Fig. 2), la cui mappa (Fig. 4) da un'idea della paleomorfologia della zona circostante

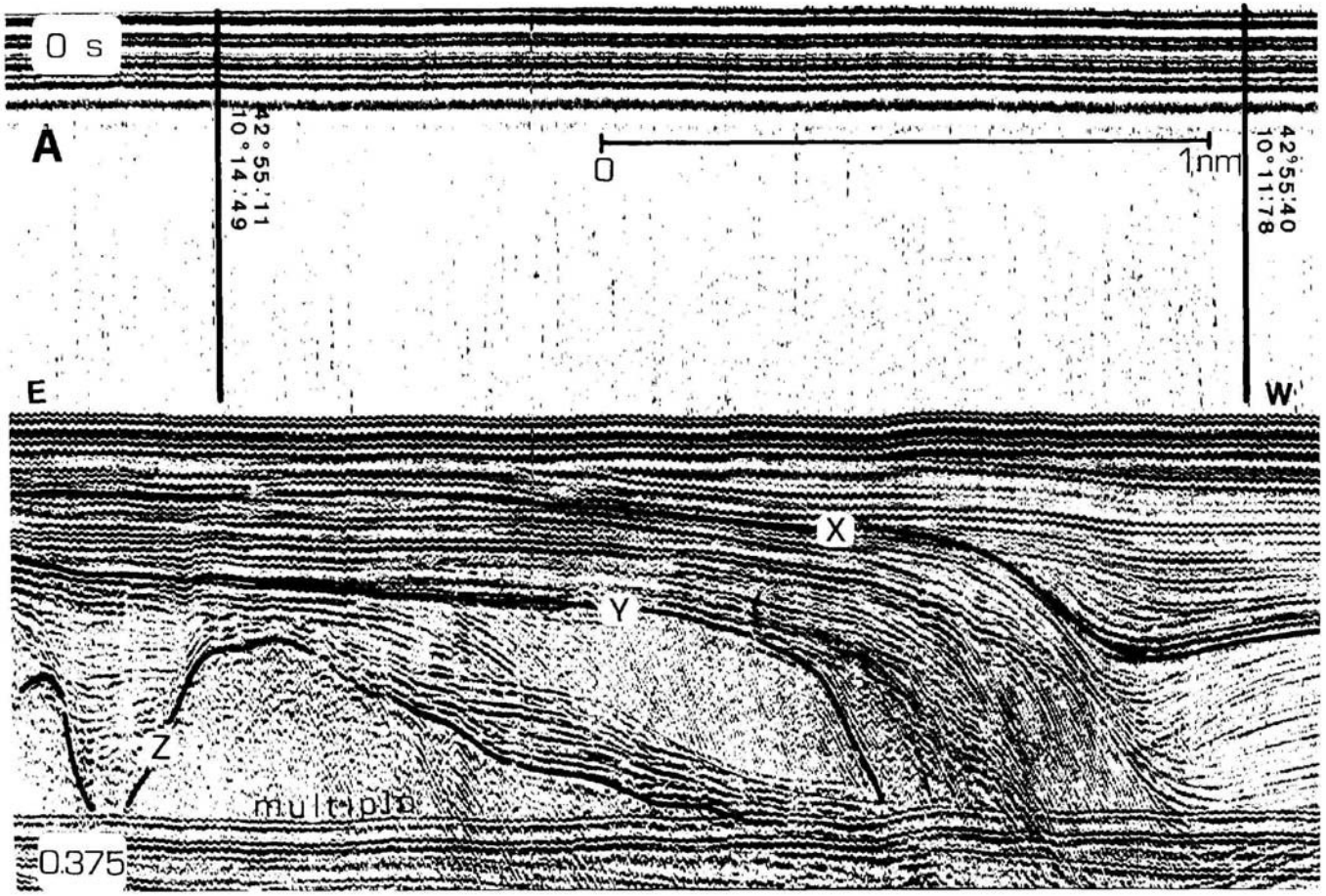


Fig. 2 - Profilo sparker 1KJ a N dell'Isola d'Elba (Sezione A in Fig. 1). Sono evidenziati gli orizzonti Z, Y e X .

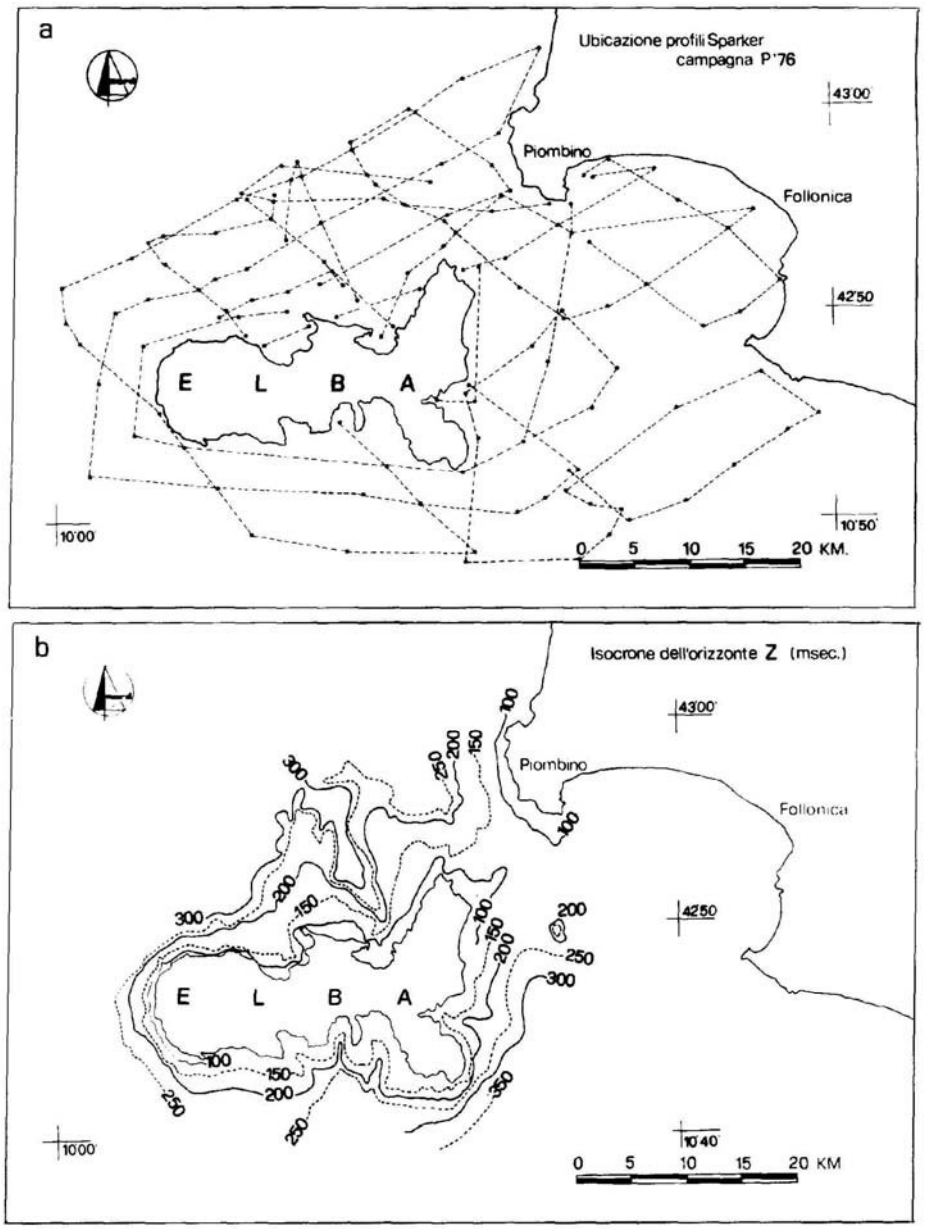


Fig. 3 - a) Ubicazione dei profili sparker 1 KJ della campagna P'76
b) Mappa delle isocrone dell'orizzonte Z (millesecondi, tempi doppi).

l'Isola d'Elba nel corso di detta fase. Essa risulta più articolata dell'attuale, con una piattaforma dai limiti meglio definiti. Un altro importante, successivo stadio di evoluzione è rappresentato dall'orizzonte "X", la cui mappa (Fig. 5), confrontata con la mappa precedente, mostra un ulteriore ampliamento della piattaforma.

La mappa delle isocronopache del sedimento compreso tra il fondo marino e l'orizzonte Z (Fig. 6) mostra infine come la sedimentazione abbia provveduto a colmare completamente, attorno all'Isola, le depressioni originarie o di neoformazione del substrato. Tenendo conto della quasi completa identità di andamenti complessivi tra detta mappa e quella di Fig. 3, appare evidente l'importanza del ruolo attivo assunto dalla sedimentazione stessa nel compensare gli effetti della subsidenza e nel modellare progressivamente, con il concorso dell'eustatismo, una nuova morfologia del margine.

TIPOLOGIA DELLE PIATTAFORME

A) Il versante occidentale della Dorsale dell'Elba

Questo è l'unico settore in cui si osserva una scarpata a pendenza accentuata; di conseguenza è agevole identificare lo shelf-breack (a circa -125 m; Fig. 7), che si situa in corrispondenza di una struttura di accumulo frontale recente. In più parti, la piattaforma è costituita prevalentemente da sedimenti del ciclo pre-evaporitico, essendo il Plio-Quaternario presente solo nella zona frontale. Laddove il Pliocene affiora su di un'area relativamente estesa, si tratta di livelli medio-superiori; i corpi ruditici basali si riducono di spessore lungo la scarpata sino a potenze trascurabili. I livelli quaternari costituiscono infine corpi clinostratificati, erosi parzialmente nel corso delle fasi di regressione glacioeustatica.

Per quanto concerne l'evoluzione plio-quaternaria, si realizza perciò il modello di "piattaforma di accrescimento" di Vanney (1977), impostata su di un settore di margine a subsidenza trascurabile o nulla e caratterizzata, in questo caso, da una progradazione ridotta. Quest'ultimo fatto si può spiegare sia osservando l'attuale limitatezza degli accumuli sedimentari nella zona, sia considerando che, durante le regressioni quaternarie, si realizzavano condizioni che favorivano il trasporto dei sedimenti a maggiori profondità.

B) II versante orientale della Dorsale

A N del parallelo di Piombino, dove il Vallone dell'Elba nasce e si definisce, il versante orientale della Dorsale è caratterizzato da una piattaforma a shelf-breack ben identificabile (a -130

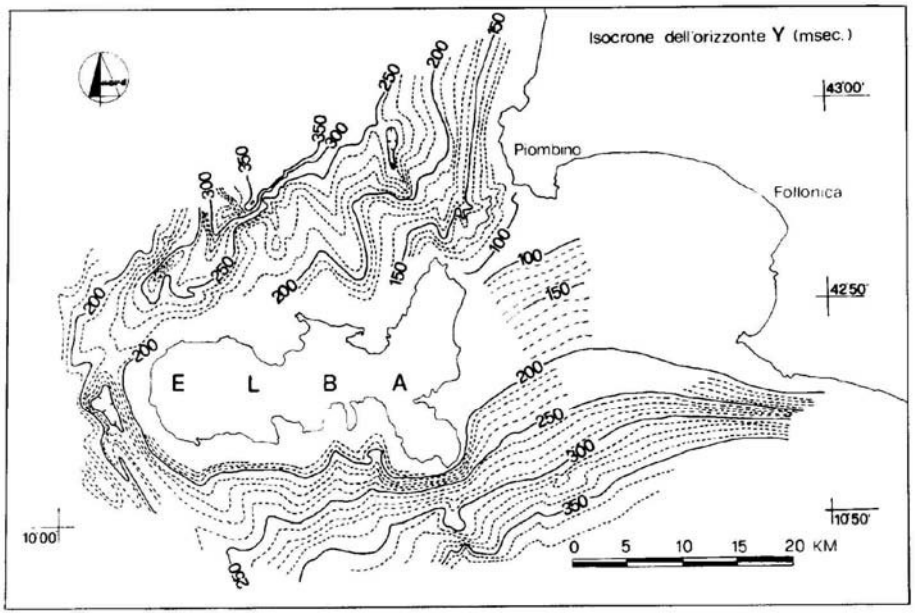


Fig. 4 - Mappa delle isocrone dell'orizzonte Y (millesecondi, tempi doppi)

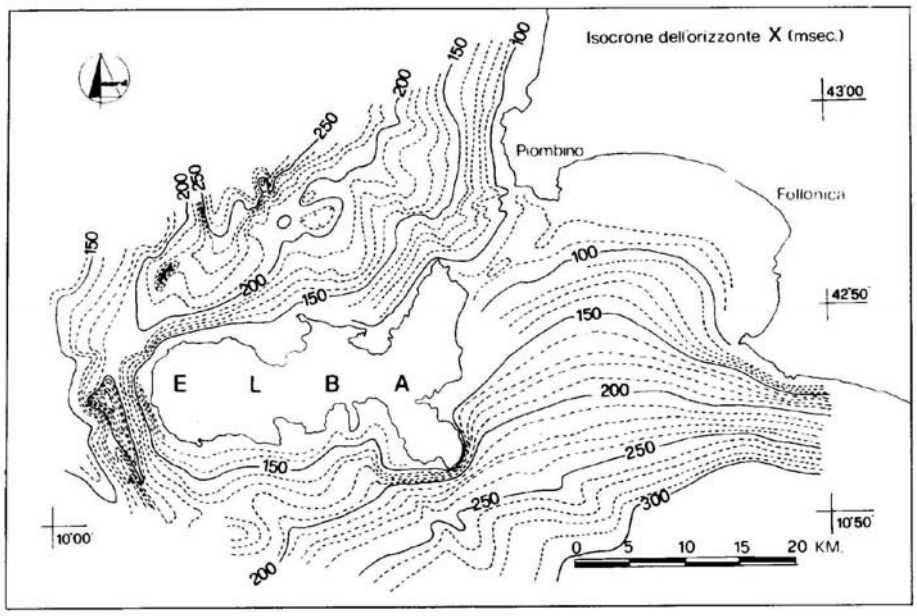


Fig. 5 - Mappa delle isocrone dell'orizzonte X (millesecondi, tempi doppi)

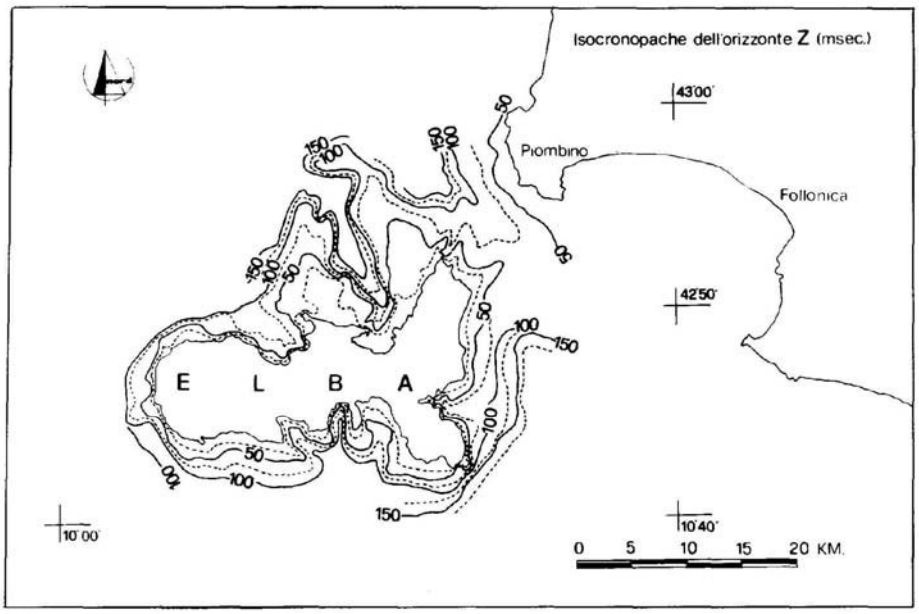


Fig. 6 - Mappa delle isocrone dell'orizzonte Z (millesecondi, tempi doppi). La si confronti con la mappa di Fig. 3b

m), che diventa gradualmente meno definito avvicinandosi all'Isola. L'evoluzione di tale piattaforma è evidenziata da un numero considerevole di stadi ben distinti. Al di sotto dell'orizzonte X si può osservare una serie nutrita di fasi di progradazione, che si chiude con un corpo sedimentario non clinostratificato (Figg. 8-9). I livelli sovrastanti costituiscono nuovi corpi clinostratificati alla cui sommità si situa lo shelf-breack attuale, che risulta arretrato rispetto agli shelf-breacks relativi alle più recenti tra le fasi di progradazione descritte. In sostanza, si ha a che fare con una piattaforma di costruzione sedimentaria alla cui evoluzione hanno contribuito sensibilmente anche fenomeni tettonici. Impostata su di un settore di margine subsidente, essa ha inizialmente risentito in misura maggiore degli effetti della sedimentazione, che ha compensato ampiamente gli effetti della tettonica. Si è avuta così, per un ampio lasso di tempo, una costante progradazione, cui ha fatto seguito una importante fase di regradazione. Successivamente la progradazione è ripresa, ma recentemente si è manifestata una nuova tendenza alla regradazione. Tale ripetuta tendenza può essere vista come una conseguenza di riprese dell'attività delle faglie su cui è impostato il Vallone dell'Elba (Bartolini C. et alii, 1980).

Attualmente il tratto di Dorsale che fronteggia la costa ad W dell'Elba è unito all'Isola dalla piattaforma; in precedenza, le depressioni tettoniche che separano Isola e Dorsale hanno ospitato piattaforme indipendenti. Solo nel Quaternario recente esse sono giunte a saldarsi completamente grazie al prevalere degli effetti di accumulo dei sedimenti sulla tetttonica. Analoga situazione si osserva più a S, sino all'altezza di Pianosa: un half-graben è stato colmato da corpi sedimentari alimentati anche dalla Dorsale, che è stata così saldata alla vasta piattaforma del Bacino S-Elba (Fig. 10). Quest'ultimo è interessato da un attivo processo di subsidenza: sono state individuate infatti, ad E di Pianosa, delle paleopiattaforme, modellate nel substrato, sepolte da un relativamente notevole spessore di sedimento quaternario. Gli elementi tettonici che separano Isola e Dorsale provvedono a disaccoppiare strutturalmente anche Dorsale e Bacino S-Elba.

C) I settori addossati al continente

A N di Populonia la piattaforma è caratterizzata da una morfologia regolare con uno shelf-breack molto poco definito. Per quanto vi siano indizi di una tendenza recente alla regradazione, l'evoluzione di questa zona sembra essere stata quella di una piattaforma costantemente progradante per la maggior parte del Plio-Quaternario. Il processo di costruzione tipico (progradazione+aggradazione), che ha caratterizzato le prime fasi, è stato poi sostituito

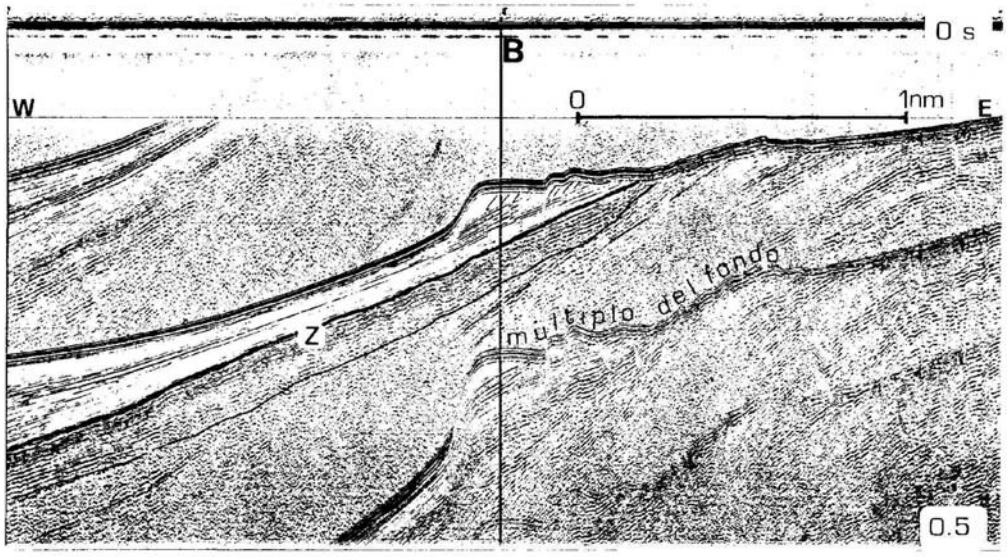


Fig. 7 - Profilo sparker 1 KJ del versante occidentale della Dorsale dell'Elba (Sezione B in Fig. 1)

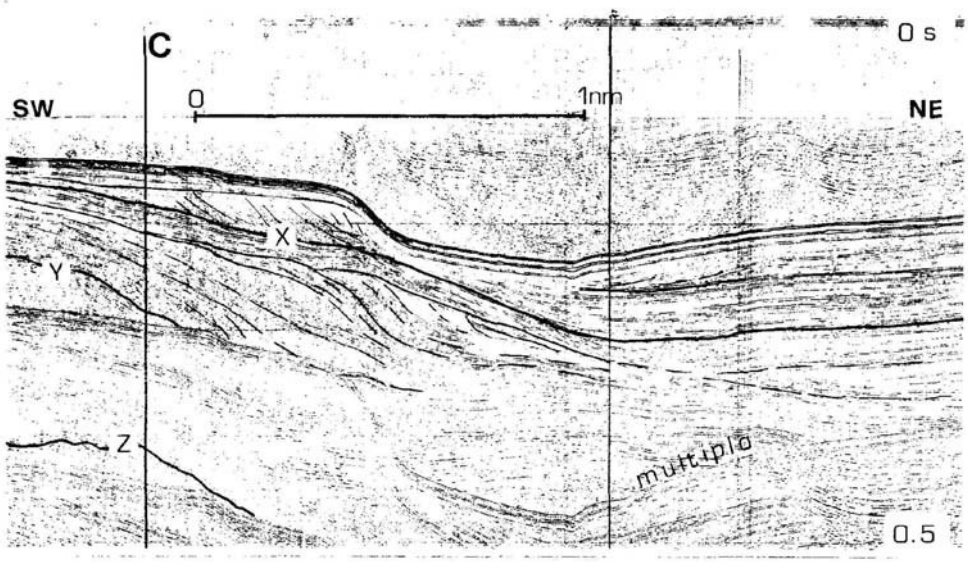


Fig. 8 - Profilo sparker 1 KJ del versante orientale della Dorsale dell'Elba a N dell'Isola (Sezione C in Fig. 1). Sono evidenziate numerose fasi di evoluzione della piattaforma

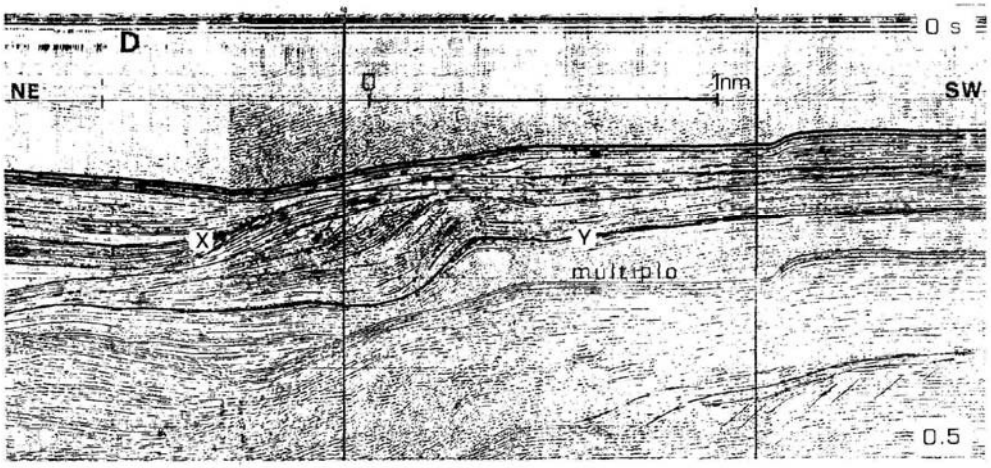


Fig. 9 - Profilo sparker 1 KJ del. versante orientale della Dorsale dell'Elba a N dell'Isola (Sezione D in Fig. 1)

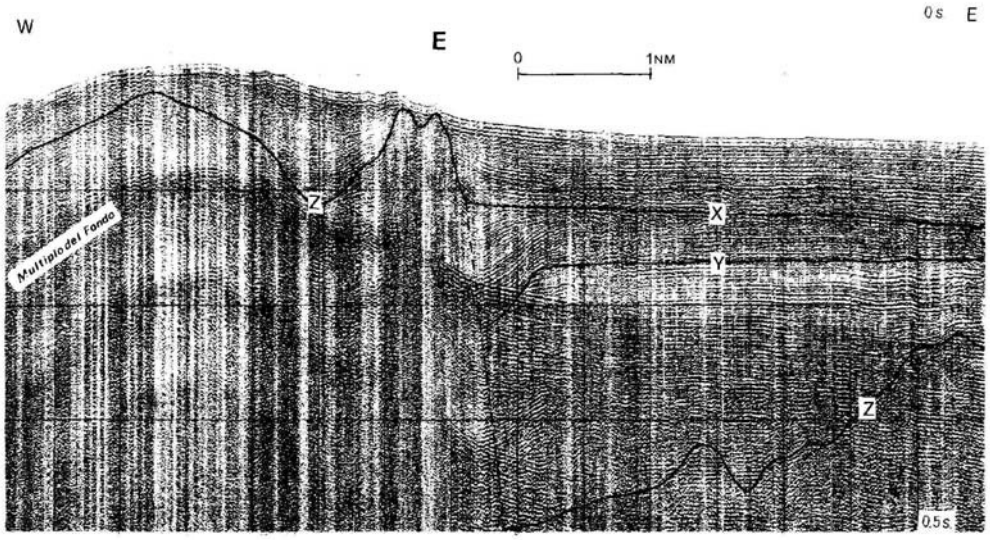


Fig. 10 - Profilo sparker 6 KJ sul versante orientale della Dorsale dell'Elba , in prossimità dell'Isola Pianosa (Sezione E in Fig. 1)

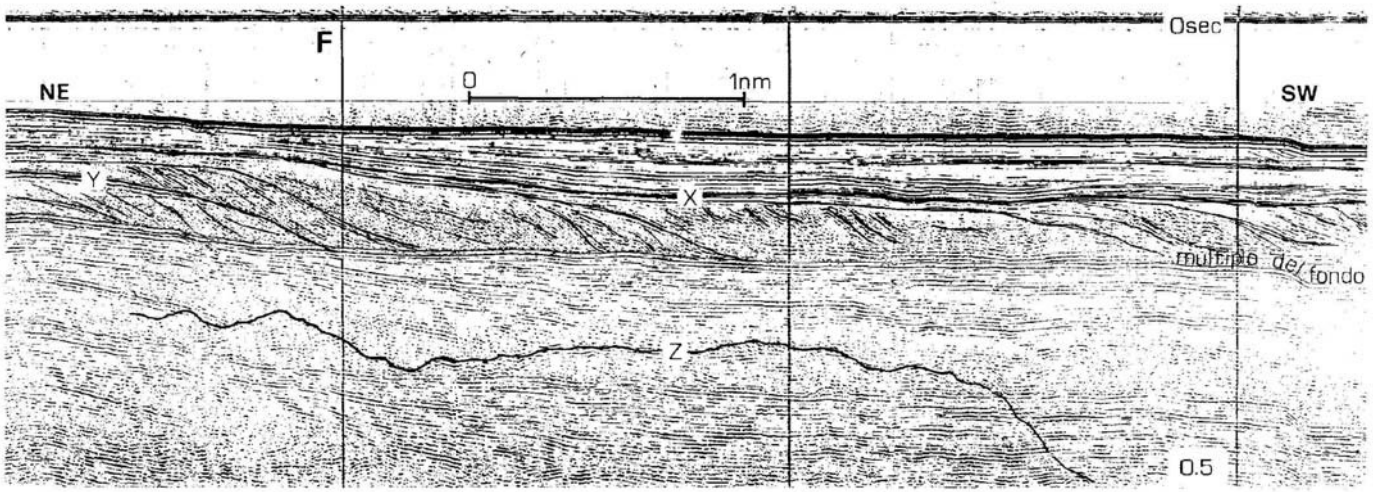


Fig. 11 - Profilo sparker 1 KJ a N di Populonia (Sezione F in Fig. 1)

da un processo di progradazione semplice, che ha successivamente lasciato il campo ad una nuova fase di costruzione (Fig. 11). Evidentemente la zona è stata interessata da due fasi di subsidenza separate da una fase di relativa stabilità tettonica.

A S di Punta Ala si osserva una situazione distinta da una subsidenza marcata e dalla presenza di potenti apparati sedimentari dipendenti direttamente da importanti corsi d'acqua. Gli stadi di evoluzione della piattaforma assumono i caratteri, più che di fasi di costruzione, di fasi di sviluppo di conoidi fluviali (Fig.12). In sostanza, si osservano gli effetti di un intenso processo di accumulo, che non ha subito interruzioni importanti neppure nel corso delle regressioni quaternarie.

D) Le aree circostanti l'Isola d'Elba

Le restanti piattaforme, a N e a S dell'Elba e nel Golfo di Follonica, hanno subito una evoluzione complessa che ha dato luogo ad una progressiva, rimarchevole, modificazione della morfologia. Ciò in quanto il processo di costruzione è dovuto ad apporti detritici provenienti da diverse fonti. In certe zone si osservano parti di piattaforma progradanti in senso opposto che giungono gradualmente a fondersi (Fig. 13). Nel Golfo di Follonica e a SE dell'Elba, la situazione è complicata dal fatto che alle alimentazioni locali si sono associati gli apporti dei Fiumi Bruna e Ombrone, generando corpi clinostratificati di diversa orientazione: tutto ciò può ricordare una stratificazione incrociata a grande scala (Fig. 14).

Nel complesso, avendo la sedimentazione ampiamente compensato l'effetto di subsidenza, si è venuta generando una piattaforma ampia, senza uno shelf-breack ben definito. Ciò vale sopratutto per la zona a S dell'Elba; il Golfo di Follonica costituisce ormai una parte interna di tale piattaforma, la cui storia, posteriormente all'episodio rappresentato dall'orizzonte X, è dipesa sempre più dagli apporti terrigeni provenienti da SE.

CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

La storia delle piattaforme dell'Arcipelago Toscano è sostanzialmente la storia di un margine ben alimentato in materiali terrigeni e generalmente subsidente. La loro genesi e la loro evoluzione sono state determinate principalmente dai rapporti tra tettonica e sedimentazione, mentre al glacioeustatismo quaternarii è stato riservato il compito di esporre ripetutamente all'erosione parte dei corpi sedimentari che si andavano via via depositando. Al termine di questa breve rassegna di tipologie morfologico-evolutive ci preme di sottolineare alcune delle principali cartteristiche di tali piattaforme:

- nel corso di più fasi del Quaternario, sino a fasi recenti, tra

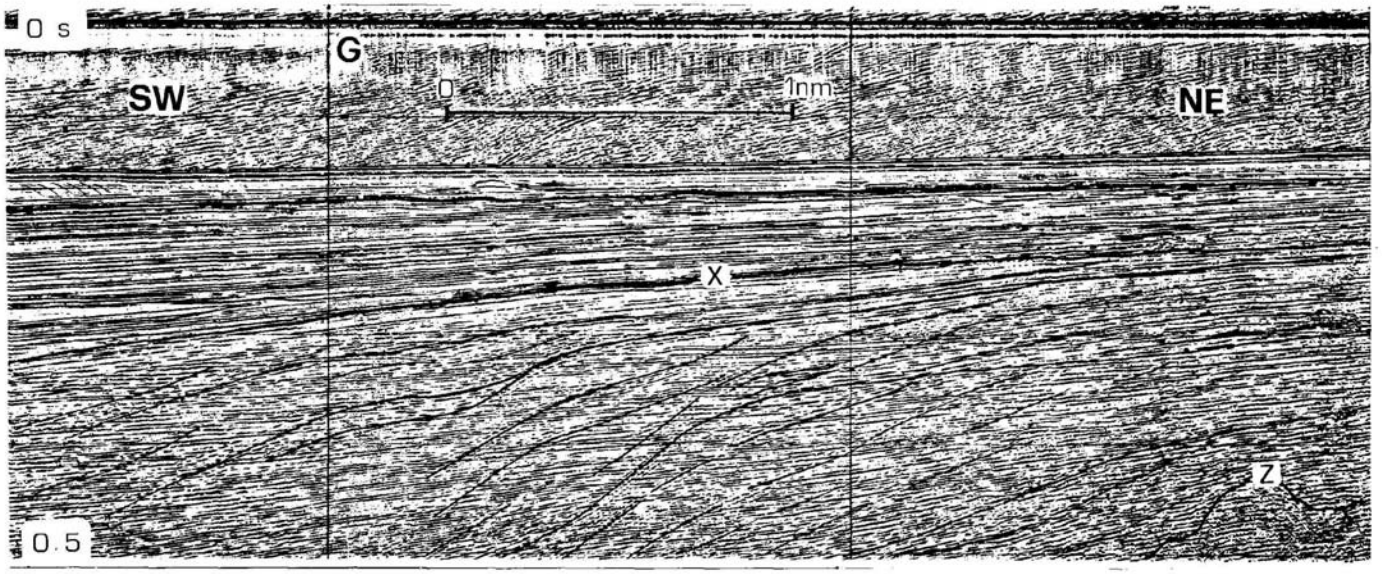


Fig. 12 - Profilo sparker 1 KJ di fronte a Castiglione della Pescaia (Sezione G in Fig. 1). Si noti l'ingente accumulo di sedimenti.

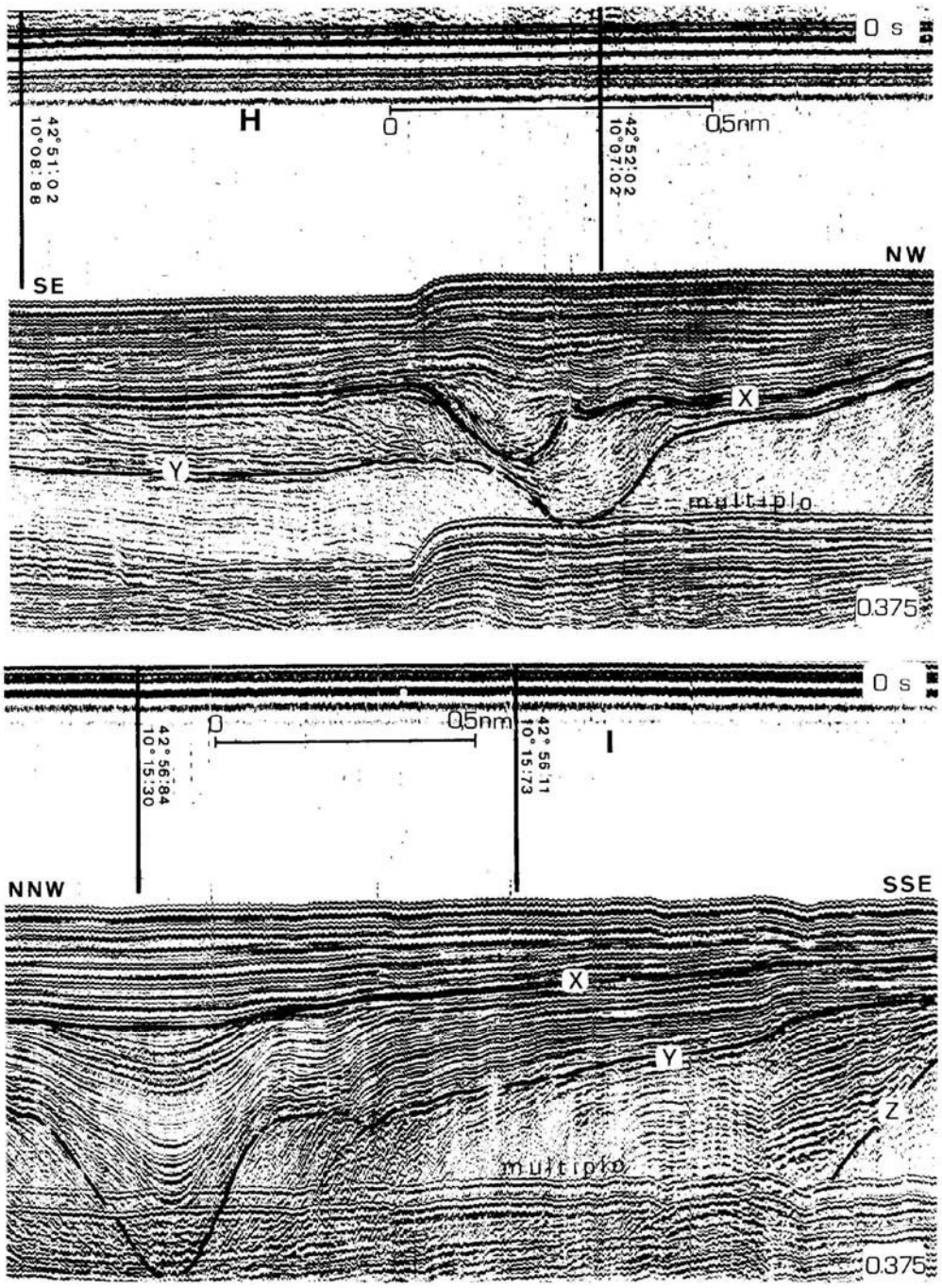


Fig. 13 - Profili sparker 1 KJ a N dell'Isola d'Elba (Sezioni H ed I in Fig. 1) Esempi di settori di piattaforma inizialmente indipendenti che si fondono progressivamente

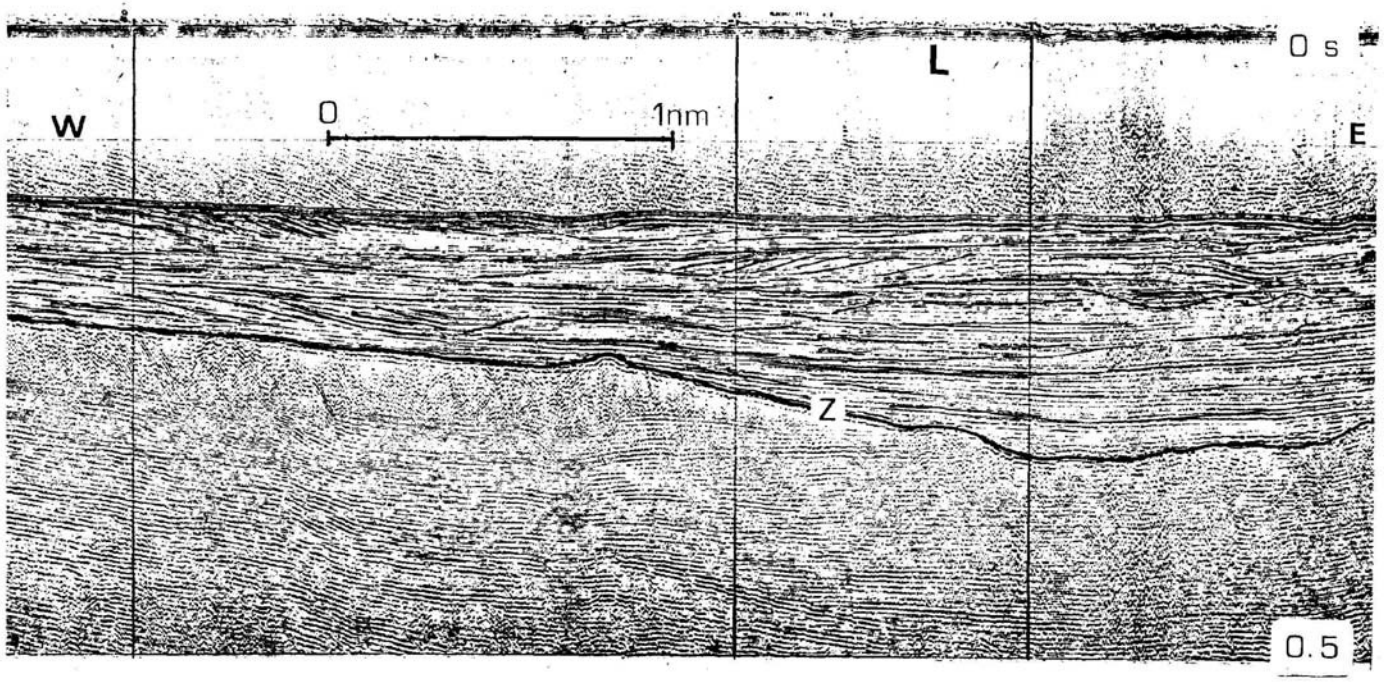


Fig. 14 - Profilo sparker 1 KJ a S di Punta Calamità (Sezione L in Fig. 1).
Piattaforma caratterizzata da accumuli di sedimenti di varia provenienza

le aree di alimentazione è annoverabile anche la Dorsale dell'Elba;
- la subsidenza ha interessato le varie zone in maniera differente. Gran parte della Dorsale sembra immune da tale processo e quindi appare in sollevamento relativo rispetto alle aree circostanti. Per talune parti della cerniera di questa grande antiforme occorre però ammettere un innalzamento effettivo;
- l'evoluzione della piattaforma non ha seguito sempre lo stesso andamento nel corso del Plio-Quaternario. Nelle zone subsidenti si evidenziano, in più parti, stadi di sviluppo nel corso dei quali la subsidenza stessa sembra essere stata trascurabile. La tettonica non deve quindi aver agito con continuità, ma in almeno due fasi, separate da un periodo di relativa stabilità. L'ultima di tali fasi è recente e, probabilmente, tutt'ora attiva. Analoghe considerazioni riguardano le zone non subsidenti (Dorsale), aree di sedimentazione nel Pliocene e di erosione nel Quaternario. Confrontando i due tipi di zone si è condotti ad ammettere che vi siano state, in tutto il Plio-Quaternario, almeno tre fasi principali.

RINGRAZIAMENTI

Gli Autori desiderano ringraziare il Dott. P. Colantoni per la revisione critica del manoscritto ed i preziosi consigli. Ringraziano altresì il Dott. M. Firpo per l'aiuto fornito nella stesura della parte iconografica.

BIBLIOGRAFIA

Bartolini C., F. Fanucci, G. Gabbani, S. Rossi, G. Valleri e R. Lenaz. 1980. Studio della piattaforma continentale medio-tirrenica per la ricerca di sabbie metallifere: 2)dall'Isola d'Elba a Livorno. Boll. Soc. Geol. It., 98:1-26

Colantoni P. e A.M. Borsetti. 1973. Geologia e stratigrafia dell'Isola Pianosa (Arcipelago Toscano-Mar Tirreno). Giornale di Geologia (2),39,1,29:287-302

Colantoni P.,A. Fabbri e P. Gallignani. 1981. Seismic-stratigraphic interpretation of high resolution profiles: some applied examples. Boll, di Geof. Teor. Appl., 23:89-106

Fabbri A. e P. Curzi. 1979. The Yesinia of the Tyrrhenian Sea: seismic evidence and dynamic implications. Giornale di Geologia (2), 43, 1, 21-29:215-248

Rehault J.P.1981. Evolution tectonique et sédimentaire du Bassin Ligure (Méditerranée occidentale). Thèse de Doctorat. Paris VI Vanney S.R. 1977. Géomorphologie des plates-formes continentales. Ed. DOIN, Paris, 300 pp.

Viaris de Lesegno L. 1978. Etude structurale de la Mer Tyrrhénienne septentrionale. Thèse de IIIè Cycle. Paris VI

CICLO BIOGEOCHIMICO DEL MERCURIO NEL MEDITERRANEO; LIVELLI E SPECIAZIONE NELLE ACQUE E NELL'ATMOSFERA DI UNA ZONA CAMPIONE

R. FERRARA, A. PETROSINO, A. SERITTI, C, BARGHIGIANI, E. MORELLI, E. MASERTI, M. TORTI

C.N.R. - Istituto di Biofisica, Pisa

SUMMARY

In literature many data on mercury concentrations in organisms and sediments of Mediterranean basin is avail able; on the contrary insufficient and discordant is the information" on the levels of this metal in air and waters .

An instrument based on Atomic Fluorescence Spectro-metry has been developed and used to measure mercury at subnanograms levels. A field study has been carried out on an area of the Northern Tyrrhenian sea, rich in natural and anthropogenic sources of mercury. Concentrations of elemental mercury in air, dissolved mercury (total-reactive,organically-associated) in waters and associated to suspended matter are reported. Geochemical anomalies and anthropogenic activities seem to have noticeable effects on the mercury levels on a restricted local scale only.

RIASSUNTO

Lo studio del ciclo biogeochimico del mercurio nel bacino del Mediterraneo richiede la conoscenza della distribuzione del metallo e delle sue forme chimico-fisiche nell'atmosfera, nella idrosfera, nella litosfera, e nella biosfera.

Dalla letteratura è possibile ricavare discrete informazioni sui livelli di mercurio negli organismi e nei sedimenti dell'area mediterranea; pochi e discordanti sono, invece, i dati sulle acque e sull'aria. Questo fatto è probabilmente da attribuire ai problemi analitici associati alla determinazione di quantità dell'ordine del nanogrammo.

Uno strumento basato sulla spettroscopia di fluorescenza ed impiegante una sorgente di eccitazione a scarica senza elettrodi, eccitata da un campo a radio frequenza,

è stato appositamente realizzato ed impiegato per la misura della concentrazione del mercurio nell'aria, nelle acque, e nelle precipitazioni atmosferiche di una zona campione.

In questo lavoro sono riportati ed interpretati i risultati di una serie di misure effettuate tra il 1980 ed il 1982.

INTRODUZIONE

Uno studio comparativo dei dati disponibili in natura sembra evidenziare una più alta, concentrazione di mercurio negli organismi pelagici del Mediterraneo rispetto a quelli dell'Atlantico (Bernhard andRenzoni, 1977). Questo risultato non può essere attribuito alla mobilizzazione del metallo derivante dall'attività antropogenica, di valore sicuramente trascurabile rispetto ai flussi naturali, che può essere responsabile di un eccesso solo su scala locale.

Particolarmente interessante è invece da ritenersi la presenza nel bacino del Mediterraneo di larghe aree di mineralizzazione ricche di giacimenti di cinabro circa il 60 - 65% delle riserve mondiali). Il solfuro di mercurio è però difficilmente solubile attraverso i naturali processi di dilavamento, ma potrebbe entrare nel ciclo attraverso trasformazioni microbiologiche operate da attività batterica (Beijer and Jernelov, 1979).

Una spiegazione dell'alto contenuto di mercurio negli organismi marini del Mediterraneo deve quindi essere ricercata nello studio dell'intero ciclo biogeochimico del metallo (Craig, 1980).

La distribuzione del mercurio nelle sue varie forme chimico-fisiche nei comparti biotici ed abiotici del sistema è il risultato di un equilibrio dinamico. Un corretto approccio allo studio del ciclo del mercurio nell'ambiente presuppone quindi una conoscenza delle forme chimiche del metallo e la loro distribuzione nell'atmosfera, litosfera, idrosfera e biosfera.

Dalla letteratura è oggi possibile ottenere discrete informazioni sul contenuto di mercurio negli organismi e nei sedimenti del bacino del Mediterraneo (Bernhard et al., 1977; Baldi and Bargagli, 1982). Per quanto riguarda le acque ed il materiale particolato in sospensione i dati sono pochi e discordanti (Olafson, 1978; Aubert,

Breittmayer et Revillon, 1979; Seritti, Petrosino, Ferrara and Barghigiani, 1980). Non risultano disponibili informazioni sulla concentrazione del mercurio nell'atmosfera. Queste lacune sono probabilmente da attribuire ai problemi analitici associati alla determinazione del metallo a livelli di subnanogrammi.

Allo scopo è stato realizzato nel nostro Istituto uno strumento basato sulla spettrometria di fluorescenza (Ferrara, Seritti, Barghigianiand Petrosino, 1980), capace di rilevare quantità dell'ordine di 0,01 ng di mercurio e con il quale sono stati misurati i livelli del metallo nelle acque interne, nelle precipitazioni atmosferiche, nel mare e nell'aria di un'area campione del Tirreno centro-settentrionale, ricca di sorgenti naturali e antropogeniche.

MATERIALI E METODI

Campionamento. I campioni di acqua superficiale sono stati raccolti da un battello pneumatico (mare) e da terra (fiumi), per mezzo di bottiglie di vetro pretrattate. I campioni sono stati filtrati subito dopo la raccolta per mezzo di filtri a membrana Sartorius (0,45 µm) precedentemente mantenuti in una soluzione acquosa all'1% di acido cloridrico.

I campioni di aria sono stati prelevati mediante l'uso di collettori realizzati, con tubi di quarzo lunghi 100 mm, diametro interno 4 mm, contenenti 0,1 gr di lana d'oro. L'aria era aspirata per 2 h con un flusso costante di 1 l/min per mezzo di una pompa a membrana.

La cattura dell'aerosol per la determinazione del mercurio ad esso associato è stata ottenuta per mezzo di filtri in fibra di vetro pretrattati in stufa a 400°C per un'ora.

I campioni di acqua piovana sono stati raccolti con un apparecchio ad apertura automatica appositamente costruito nel nostro Istituto.

Strumentazione. Lo strumento usato è basato sulla spettrometria di fluorescenza (Ferrara et al. 1980). I vapori di mercurio erano rimossi dal campione di acqua per mezzo di un flusso di argon e preconcentrati su un amalgamatore ad oro simile a quello descritto per i campioni d'aria. Successivamente i vapori di mercurio venivano rilasciati dall'oro, scaldando 1'amalgamatore a 600°C per 40" e quindi portati ad una cella di fluore-

scenza a pareti gassose, per mezzo di un flusso d'argon.

La sorgente di eccitazione (253,7 nm) è costituita da una lampada a vapori di mercurio a bassa pressione, senza elettrodi, eccitata da un campo a radiofrequenza (120 MHz), appositamente realizzata per assicurare una sufficiente intensità e stabilità alla lunghezza d'onda desiderata.

Determinazione del mercurio reattivo. 400 ml di un campione di acqua filtrata erano ridotti da 1 ml di una soluzione acida di cloruro stannoso (10% $SnCl_2$ in 4 M H_2SO_4).

Determinazione del mercurio totale. A 400 ml di un campione di acqua filtrata erano addizionati 0,4 ml di una soluzione di bicromato di potassio (0,4% $K_2Cr_2O_2$ in 9 M H_2SO_4). La soluzione era quindi fotoossidata con irraggiamento U.V. per mezzo di lampade ad immersione (Philips 90 W) per 15 minuti e mantenuta a temperatura inferiore a 15°C mediante raffreddamento con ghiaccio ed acqua.

Determinazione del mercurio nel materiale particellato in sospensione. Il filtro contenente il materiale particellato era "digerito" con acido nitrico alla temperatura di ebollizione per 30 minuti, sotto riflusso.

Tutti i reagenti usati erano del tipo "suprapur" (Merck).

RISULTATI E DISCUSSIONE

In fig. 1 è riportata l'area campione insieme ai più importanti giacimenti minerari di cinabro presenti nel bacino del Mediterraneo.

L'area scelta è ricca sia di sorgenti naturali di mercurio (M. Amiata) sia di sorgenti antropogeniche (Porto di Livorno, industrie produttrici di soda di R. Solvay, foce dell'Arno).

Le stazioni di campionamento in mare aperto sono localizzate fra la costa della Toscana e la Corsica.

Nella tab. 1 sono riportati i risultati di una serie di misure effettuate sulle acque e sulle precipitazioni atmosferiche dal maggio 1980 al marzo 1982.

Dall'esame della tabella appare che, per quanto riguarda il mercurio associato al materiale particolato nelle acque, i più alti valori sono rilevabili nei fiumi, alle foci e nelle acque costiere, probabilmente a causa di processi di trasporto e di mescolamento. Queste

concentrazioni risultano essere sempre più elevate di quelle misurate per la frazione disciolta.

AREA ESAMINATA	Hg (ng/l) Particolato	Hg (ng/l) Disciolto					
	Totale	Totale		Reattivo		Organicamente Associato	
	Range	Media	Range	Media	Range	Media	Range	Media
MARE APERTO	0.3–1.2	0.8	6.5–8.1	6.9	1.9–3.6	3.1	3.2–4.6	3.8
ACQUE COSTIERE	1.0–44.6	14.8	1.7–5.9	3.2	0.4–2.1	1.0	1.3–3.8	2.2
FOCI FIUMI	9.4–79.6	33.1	1.9–6.8	4.8	0.5–1.9	1.2	1.4–4.9	3.6
FIUMI	6.2–75.0	30.2	1.6–11.2	4.9	0.5–3.0	1.5	1.1–8.2	3.4
PIOGGIA Zona Urbana I Frazione	9.8–50.0	41.0	21.1–35.2	25.1	5.9–21.2	10.9	9.2–18.1	14.2
PIOGGIA Zona Urbana II Frazione	4.3–12.5	8.2	6.6–14.1	9.7	1.5–4.3	2.3	3.3–11.5	7.4

TAB. 1 - Concentrazione di mercurio (ng/1) nelle acque le precipitazioni atmosferiche delle zone esaminate.

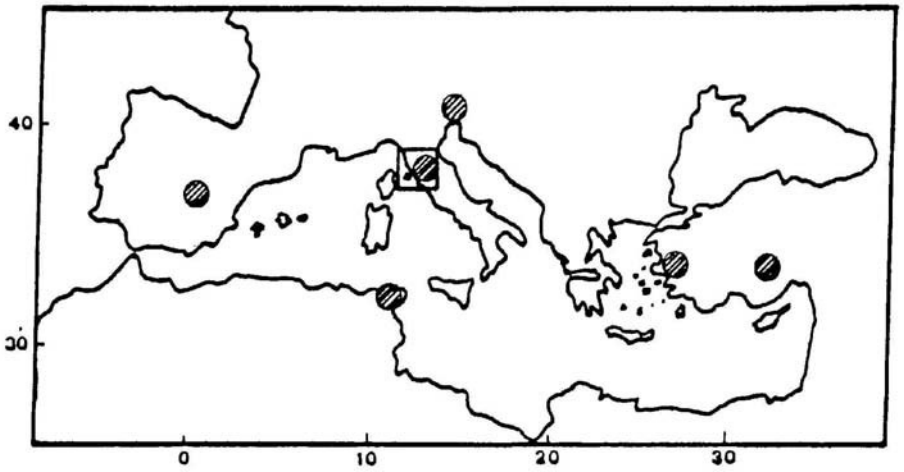


FIG. 1 - Bacino del Mediterraneo □ Area campione di studio
● Giacimenti di cinabro

In mare aperto il mercurio particolato presenta si livelli di concentrazione, dell'ordine del ng/1; il mercurio disciolto, al contrario, presenta livelli più alti, superiori a quelli delle acque costiere.

L'ampio range delle concentrazioni osservate, in ogni area esaminata, soprattutto per la frazione particolata, è da attribuire alle variazioni stagionali.

I valori misurati nell'acqua piovana filtrata si riferiscono ad una zona ad alta concentrazione urbana ed industriale, rilevabile anche dall'alto contenuto di materiale particolato presente sul filtro. La pioggia, infatti, rallentando i processi di dispersione e diffusione dei fumi industriali, trasporta una elevata quantità di materiale particolato.

Nella tab. 2 sono riportati i risultati di una serie di misure del mercurio elementare presente nel1'atmosfera della stessa zona esaminata e relative allo stesso periodo di tempo.

AREA ESAMINATA	Hg^0 (ng/m^3) Range	Media
MARE APERTO	0.9 – 4.5	1.9
ZONA RURALE	1.2 – 6.5	3.6
ZONA URBANA	3.2 – 31.2	14.0
ZONA MINERARIA (M. Amiata)	8.2 – 86.3 *	12.4
ZONA INDUSTRIALE (Rosignano Solvay)	12.1 – 35.2	20.2

* Vicino a Soffione

TAB, 2 - Conce trazione di mercurio elementare nell'aria

Le misure nelle zone urbane rivelano livelli di concentrazione molto più elevati rispetto a quelle di "background" delle zone rurali (3,6 ng/m^3). Nelle zone urbane si sono osservate ampie variazioni di concentrazioni di mercurio anche nell'arco di una stessa giornata Questo fatto è probabilmente dovuto alla diversa disper-

sione degli inquinanti, dipendente dalle condizioni metereologiche .

I livelli più bassi si sono osservati sopra il mare aperto (1,9 ng/m^3).

Misure effettuate vicino alle industrie di cloro-alcali di Rosignano Solvay (LI), presentano un valer medio della concentrazione di mercurio nell'aria piuttosto elevato (20,2 ng/m^3).

Le più alte concentrazioni (86,3 ng/m^3) sono state osservate in alcune aree minerarie del Monte Amiata, in vicinanza di emanazioni gassose dal suolo (soffioni). Il valor medio riportato nella tabella è da ritenersi, allo stato attuale delle ricerche, non completamente significativo a causa delle notevoli oscillazioni delle concentrazioni rilevate sia in funzione del luogo che del tempo. Infatti, la notevole estensione di quest'area rende necessaria una più ampia indagine con numerose stazioni di prelievo e campionamenti molto frequenti.

Dall'esame dei valori osservati nelle diverse aree prese in esame appare chiaro che le sorgenti responsabili della presenza di mercurio elementare nell'aria sono localizzate essenzialmente sul continente. Infatti i valori misurati in mare aperto sono sempre molto bassi e mostrano solo piccole oscillazioni.

Per misurare il mercurio associato all'aerosol atmosferico sono stati effettuati prelievi di campioni di aria di circa 10 m^3. I valori delle concentrazioni trovate sono risultati dell'ordine di 0,1 ng/m^3, valore simile a quello dei "bianchi",(filtri di fibra di vetro pretrattati).

Dai dati riportati appare chiaro che, con eccezione di alcune situazioni locali, i livelli di mercurio presenti nelle acque e nell'aria della zona del Mediterraneo esaminata sono dello stesso ordine di grandezza di quelli osservati nelle altre aree geografiche del mondo fino ad oggi studiate (Fitzgerald, 1976; Fogg and Fitzgerald, 1979; Matheson, 1977).

Fra le varie frazioni del mercurio, quella particellata sembra che giucchi un ruolo di primaria importanza nella mobilizzazione del metallo nel bacino del Mediterraneo, sia dal punto di vista quantitativo che della distribuzione delle varie forme chimico-fisiche.

Per quanto riguarda i sedimenti, i dati disponibili in letteratura (Baldi et al., 1982; Selli, Frignani, Rossi and Viviani, 1973) sembrano evidenziare un elevato

valore della concentrazione di mercurio per molte zone costiere.

In mare aperto i sedimenti presentano valori molto più bassi, paragonabili a quelli rilevati negli Oceani (Rae and Aston, 1981).

La presenza di alti livelli di mercurio nei pesci pelagici del Mediterraneo non sembra quindi direttamente correlabile alle anomalie geologiche o alla attività antropogenica. Probabilmente anche altri fattori, come l'elevato rapporto fra l'estensione delle coste e il volume del bacino mediterraneo rispetto a quello degli oceani, una diversa catena alimentare e un differente accrescimento dei pesci possono essere responsabili dell'alto contenuto di mercurio negli organismi marini.

BIBLIOGRAFIA

Aubert, M., Breittmayer, L.Ph. et P. Revillon. 1979. Le mercure en Mediterranee centrale. Rev.Int.Ocèanogr. Med., 53/54:33-39.

Baldi, F. and R. Bargagli. 1982. Chemical leaching and specific surface area measurements of marine sediments in the evaluation of mercury contamination near cinnabar deposits. Mar.Environ.Res., 6:69-82.

Beijer,,K. and A. Jernelov. 1979. Methylation of mercury in aquatic environments. In: "The biogeochemistry of mercury in the environment". Nriagu ed., Elsevier/ North Holland, Biomedical Press, 203-210.

Bernhard, M. and A. Renzoni. 1977. Mercury concentration in mediterranean marine organisms and their environment: natural or anthropogenic origin? Thalassia Jugos. , 13:265-300.

Craig, P.J. 1980. Metal cycles and biological methylation. In: "The handbook of environmenta1 chemistry". O. Hutzinger ed., Springer Verlag, Berlin, Vol. 1: 177-185.

Ferrara, R., Scritti, A., Barghigiani, C. and A. Petrosino. 1980. Improved instrument for mercury determination by atomic fluorescence spectrometry .with a high-frequency electrodeless discharge lamp. Anal.Chim. Acta. 117:391-395.

Fitzgerald, W.F. 1976. Mercury studies of seawater and rain: geochemical flux implications. In: "Marine pollutant transfer". H.L. Windom and R.A. Duce eds.., Lexington Books, D.C. Heath and Co, Lexington, Ma,, 121 pp.

Fogg, T.R. and W.F. Fitzgerald. 1979. Mercury in southern New England coastal rains. J.Geophys.Res . , 84:6987-6889.

Matheson, D.H. 1977. The atmospheric transport of mercury. A review and appraisal of the current literature. Technical report. Canada centre for inland water - Burlington, Ontario.

Olafson, J. 1978. Report on the ICES international intercalibration of mercury in sea water. Mar.Chem., 6:87-95.

Rae, J.E. and S.R. Aston. 1981. Mercury in coastal and estuarine sediments of the north-eastern Irish sea. Mar.Poll.Bull.. 12: n.11, 367-371,

Selli, R., Frignani, M., Rossi, C.M. and R. Viviani. 1973. The mercury content in the sediments of the Adriatic and the Thyrrhenian. Bulletin Geology Society Greece, 10:177-179.

Scritti, A., Petrosino, A., Ferrara, R. and C. Barghigiani. 1980. A contribution to the determination of reactive and total mercury in sea water. Environ. Technol. Letters, 1:50-57.

STRUTTURA DELLO ZOOPLANCTON DULCICOLO NEI RAMI TERMINALI DEL PO E IN UNA LAGUNA DEL DELTA (+)

I. FERRARI°, A. MALICE°°, M.G. MAZZOCCHI°°, G. MATTEUCCI°°°

° Istituto di Zoologia, Università, Ferrara
°° Istituto di Ecologia, Università, Parma
°°° CRTN-ENEL, Milano

SUMMARY

Freshwater zooplankton structure in the terminal branches of the Po river and in a Delta lagoon

Zooplankton in two terminal branches of the Po river (Po di Pila and Po di Tolle) is very poor throughout the year, except in summertime when the river flow is fairly low; under these conditions, some rotifer populations, particularly Brachionus calyciflorus, can attain very high densities (e.g., more than 1000 ind. per liter in July 1980). A study has been made of zooplankton in the Sacca del Canarin, a lagoon which receives fresh water from canals connected to the Delta branches of Pila and Tolle. The river water inflow does not lead to a substantial enrichment of potamoplankton in the lagoon; it tends rather to keep the densities of autochthonous and of marine zooplankton fairly low.

INTRODUZIONE

Ricerche fondamentali sulla composizione, sull'origine e sul ; ruolo dello zooplancton nei fiumi sono state condotte da Beach (1960), Margalef (1960), Greenberg (1964), Enaceanu (1964), Williams (1966) e da numerosi altri autori citati nell'esauriente review di Hynes (1970). Contributi più recenti di particolare interesse sono venuti da Wilhm, Dorris, Seyfer & McClintock (1977), Lair, Millerioux & Restituito (1978), Lair (1980) e José De Paggi (1980). Piuttosto esigua è nel complesso la bibliografia relativa a ricerche sullo zooplancton nei fiumi italiani. Vighi (1974) ha esaminato il processo di riduzione del plancton lacustre ceduto dal Lago Maggiore al sistema idrico Fiume Ticino-Canale Villoresi. Rossaro e Cotta Ramusino (1976) e Rossaro (1976) hanno studiato la composizione della fauna a Copepodi e Cladoceri nelle acque del Po all'altezza di Caorso e Isola Serafini. Ferrari (1973) ha

(+) Lavoro in parte eseguito sul contributo N. 80.873.04 del Consiglio Nazionale delle Ricerche.

ROTIFERI

- Epiphanes sp.
- Brachionus urceolaris
- B. bennini
- B. patulus
- B. quadridentatus
- B. calyciflorus
- B. budapestinensis
- B. angularis
- B. falcatus
- Brachionus sp.
- Platyias quadricornis
- Keratella quadrata
- K. tropica
- K. cochlearis
- K. cochlearis-tecta
- Kellicottia longispina
- Anuraeopsis sp.
- Euchlanis gr. dilatata-parva
- Trichotria sp.
- Colurella sp.
- Lecane sp.
- Cephalodella sp.
- Trichocerca sp.
- Asplanchna priodonta
- A. brightwelli
- Synchaeta longipes-stylata
- Polyarthra gr. vulgaris--dolichoptera
- Polyarthra sp.
- Testudinella sp.
- Pompholyx sp.
- Filinia longiseta
- Filinia sp.
- Hexarthra mira
- Rotiferi Bdelloidei
- Rotiferi non ident.

CLADOCERI

- Diaphanosoma brachyurum
- Daphnia obtusa
- Daphnia gr. longispina
- Scapholeberis mucronata
- Simocephalus vetulus
- Ceriodaphnia pulchella
- Moina sp.
- Bosmina longirostris
- Eubosmina longispina
- Ilyocryptus sordidus
- I. agilis
- Macrothrix sp.
- Leydigia leydigi
- Biapertura affinis
- Alona rectangula
- A. quadrangularis
- A. guttata
- Alonella excisa
- Pleuroxus aduncus
- Chydorus sphaericus
- Podon polyphemoides

COPEPODI

- Eudiaptomus padanus
- Macrocyclops albidus
- M. fuscus
- Eucyclops serrulatus
- Tropocyclops prasinus
- Paracyclops fimbriatus
- Cyclops vicinus
- Acanthocyclops robustus
- Mesocyclops leuckarti
- Thermocyclops crassus
- Euterpina acutifrons
- Arpacticoidi non ident.

ALTRI GRUPPI

- Nematodi
- Oligocheti
- Ostracodi
- Naupli Cirripedi
- Anfipodi
- Larve Decapodi
- Larve Chironomidi
- Veliger Gasteropodi
- Veliger Bivalvi

Tab. 1 - Specie e gruppi zooplanctonici nei campioni raccolti in Po di Pila e in Busa di Bastimento dal 1978 al 1980.

svolto un'indagine preliminare sullo zooplancton nel tratto inferiore del Po. La presenza di forme dulcicole proprie del plancton del fiume è stata segnalata da Ferrari e Ceccherelli (1979) e da Ferrari, Ceccherelli, Mazzocchi e Tosi (1981) in vari ambienti lagunari del Delta padano.

In questa nota sono riferiti i risultati dell'analisi di campioni di zooplancton raccolti dal 1978 al 1980 in alcune stazioni sui rami terminali del Po (Po di Pila e Busa di Bastimento, un canale che si origina dal Po di lolle) e in una laguna salmastra ad essi collegata, la Sacca del Canarin (Fig. 1). Gli obiettivi della ricerca sono sostanzialmente due: 1) contribuire a una analisi dei fattori ambientali che influenzano le variazioni stagionali e a breve termine (nell'arco di 24 ore) della composizione e abbondanza dello zooplancton nei rami terminali del fiume; 2) valutare l'importanza che nello zooplancton della Sacca del Canarin assume la componente dulcicola portata dalle acque del fiume.

MATERIALI E METODI

Prelievi quantitativi di zooplancton sono stati effettuati in quattro stazioni della Sacca del Canarin e in una stazione della Busa di Bastimento (Fig. 1) alle seguenti date (per ogni data, alla stessa fase di marea): 11 aprile, 30 maggio, 12 luglio, 24 agosto e 21 novembre 1979. Il campionamento è stato fatto in superficie con una pompa munita di contatore di flusso inserito sullo scarico, filtrando l'acqua in entrata attraverso una rete ad apertura di maglie di 90 µm.

Cicli nictemerali di prelievi zooplanctonici sono stati effettuati nei mesi estivi in due stazioni del Po di Pila, St. P_1 e St. P_2 (Fig. 1). I campioni sono stati raccolti in superficie con bottiglia; per ciascuno di essi sono stati filtrati, attraverso una rete a maglie di 90 µm, da 100 a 150 litri d'acqua. Sono riportate, di seguito, date e stazioni di prelievo; fra parentesi è indicato il numero complessivo dei campioni raccolti nelle 24 ore: 20-21 giugno 1978, St. P_2 (13); 20-21 luglio 1978, St. P_1 (8); 11-12 luglio 1979, St. P_1 (9); 29-30 luglio 1980, St. P_1 (9).

Il riconoscimento sistematico è stato fatto a livello di specie per Rotiferi, Cladoceri e adulti di Copepodi. Sono stati esaminati anche alcuni campioni qualitativi di zooplancton del Po di Pila e della Busa di Bastimento raccolti nell'inverno 1978-79.

RISULTATI

Lo zooplancton nei rami terminali del Po

Lo zooplancton nel Po di Pila e nella Busa di Bastimento

	VI-'78	VII-'78	VII-'79	VII-'80
	%	%	%	%
ROTIFERI	6,2	33,3	98,0	98,5
CLADOCERI	58,3	47,2	0,5	0,5
COPEPODI	30,6	18,7	1,1	0,9
ALTRI GRUPPI	4,9	0,8	0,4	0,1
TOTALE (ind./m^3)	2500	9300	311000	1206000

Tab. 2 - Po di Pila: densità medie dello zooplancton totale e incidenza percentuale dei principali gruppi sistematici nei diversi cicli di campionamento di 24 ore.

St.	C_1	C_2	C_3	M
ROTIFERI	1602	639	416	920
CLADOCERI DULCICOLI	22	9	22	13
COPEPODI DULCICOLI	38	28	66	76
NAUPLI COPEPODI	391	872	103	3540
COPEPODI SALMASTRI	12	32	12	188
LARVE CIRRIPEDI	3187	1222	2604	631
LARVE POLICHETI	59	136	11	396
LARVE MOLLUSCHI	25	373	59	920
CLADOCERI MARINI	105	672	117	2471
COPEPODI MARINI	30	504	21	9240
TUNICATI	4	67	-	289
ALTRI GRUPPI	22	35	46	196
TOTALE	5497	4589	3477	18880

Tab. 3 - Sacca del Canarini densità medie (ind./m^3) dei principali gruppi zooplanctonici relative ai campioni raccolti dall'aprile al novembre 1979.

(Tab. 1) è quasi esclusivamente rappresentato da forme dulcicole; particolarmente numerose sono le specie di Rotiferi e di Cladoceri; i Copepodi compaiono soprattutto con stadi giovanili (naupli e copepoditi) di Ciclopidi. Forme neritiche e salmastre (Podon Eolyphemoides, Euterpina acutifrons, larve di Molluschi, di Cirripedi e di Decapodi) sono state rinvenute saltuariamente; la scarsa incidenza di questa componente è evidentemente in relazione al fatto che i campioni sono stati raccolti solo nello strato superficiale, in cui non è risentito l'effetto di eventuali risalite del cuneo salino. Complessivamente, nella struttura del popolamento tendono a prevalere forme eleoplanctoniche, caratteristiche cioè di acque basse lentiche; meno importante sembra la presenza di specie proprie dello zooplancton lacustre pelagico come Daphnia gr. longispina, Eudiaptomus padanus, Kellicottia longispina, Asplanchna priodonta, ecc. Nei campioni esaminati compaiono anche, infine, organismi bentonici di deriva (Nematodi, Oligocheti, larve di Chironomidi, ecc.).

L'evoluzione stagionale della densità, quale appare dall'analisi dei campioni raccolti in Busa di Bastimento, è caratterizzata da minimi invernali e da massimi estivi, questi ultimi sostenuti principalmente dai Rotiferi. Le densità sono piuttosto basse in primavera e in autunno anche in concomitanza con portate modeste del fiume; nei mesi estivi possono essere abbassate drasticamente da un aumento di portata (Fig. 2).

L'influenza delle portate sullo zooplancton è ancor meglio visualizzata dal confronto dei valori medi di densità del popolamento totale e dei principali gruppi sistematici nei cicli nicte-merali di prelievi effettuati durante l'estate nel Po di Pila (Tab. 2 e Fig. 3). Con portate medio-alte (oltre 1500 m^3/sec alla sezione di Pontelagoscuro) il popolamento è numericamente povero e presenta una buona equiripartizione sia a livello di grandi gruppi sistematici sia a livello di specie. Con portate sotto i 1000 m^3 /sec si determinano condizioni favorevoli allo sviluppo di imponenti fioriture di Rotiferi e la diversità della biocenosi subisce un brusco abbassamento. Durante il ciclo del luglio 1980, con una portata del Po di circa 800 m^3/sec, la densità dello zooplancton totale (per oltre il 98% costituito da Rotiferi, a loro volta rappresentati per tre quarti da un'unica specie, Brachionus calyciflorus) supera mediamente i 1200 ind./litro, toccando, nelle 24 ore, un massimo di 1700 ind./litro. Si deve, per altro, far notare che le reti impiegate per il campionamento avevano una apertura di maglie (90 µm) non adatta a trattenere le specie di Rotiferi di più piccole dimensioni (Green, 1977).

Le variazioni di densità nel corso dei cicli di 24 ore del lu-

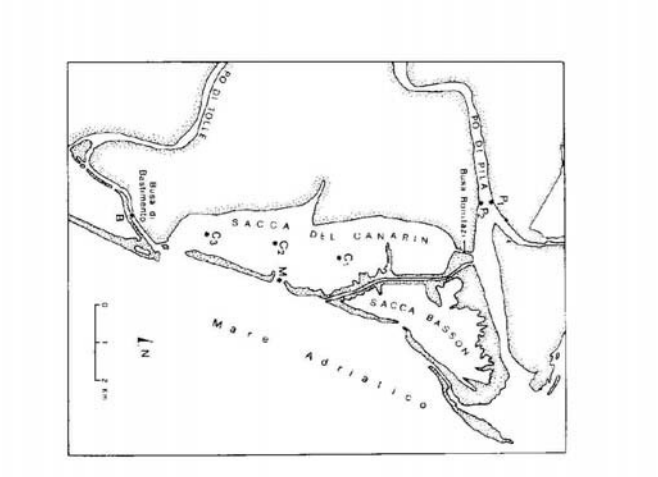


Fig. 1 - Po di Pila, Busa di Bastimento e Sacca del Canarin: stazioni di campionamento dello zooplancton.

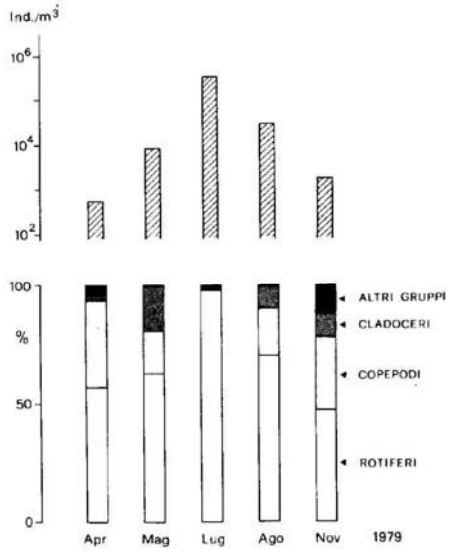


Fig. 2 - Densità e composizione percentuale dello zooplancton totale nella Busa di Bastimento. I valori corrispondenti di portata (in m^3/sec del Po a Pontelagoscuro sono: 1480 in aprile, 1160 in maggio, 920 in luglio, 2130 in agosto e 2630 in novembre.

glio 1979 e del luglio 1980 sono mostrate per le specie più abbondanti dei Rotiferi: Brachionus calyciflorus, B. quadridentatus e B. gr. urceolaris (Fig. 4). Nel ciclo del luglio 1979 i valori più alti di densità (sia dei Rotiferi globalmente considerati che della specie dominante B. calyciflorus) si hanno di notte a marea decrescente, quando più alta è la portata del fiume, mentre il minimo giornaliero si ha in mattinata, a marea crescente, in corrispondenza di portate più basse del fiume (Mazzocchi, 1982). Durante il ciclo del luglio 1980 l'evoluzione nelle 24 ore delle densità dei Rotiferi e in particolare di B. calyciflorus segue un trend del tutto differente. Sulle variazioni a breve termine dello zooplancton sembra influire, oltre che la particolare situazione idrodinamica legata alle correnti di marea, anche, e sopratutto, la distribuzione non omogenea delle abbondanze delle singole specie lungo l'asta del fiume, a monte dell'area di campionamento.

Lo zooplancton dulcicolo nella Sacca del Canarin

L'influenza degli apporti di acque fluviali sulla struttura dello zooplancton nella Sacca del Canarin può essere valutata confrontando le densità delle forme dulcicole (Rotiferi, Cladoceri, copepoditi e adulti di Copepodi) in Busa di Bastimento e nelle quattro stazioni di campionamento della laguna.

Le densità dello zooplancton dulcicolo in sacca seguono un trend stagionale analogo a quello del popolamento della busa (sono al massimo in luglio, sono molto basse in aprile e novembre). Esse, per altro, rappresentano generalmente una quota minima dello zooplancton presente nei rami terminali del fiume. Nel luglio 1979, ad esempio, ai circa 300 ind./litro in Busa di Bastimento (Fig. 2) e in Po di Pila (Fig. 3) fanno riscontro, nelle stazioni della sacca, densità della componente dulcicola comprese fra 1 e 8 individui per litro.

Nelle tre stazioni più interne della sacca (St. C_1, St. C_2, St. C_3) lo zooplancton è dominato dalle larve di Cirripedi che costituiscono la più importante componente autoctona del popolamento lagunare. Nella stazione a mare (St. M) è dominante la componente neritica a Copepodi e Cladoceri (Tab. 3). I gruppi dulcicoli entrando in sacca con le acque del fiume (sia dai canali collegati ai rami terminali sia dal mare attraverso le correnti costiere) subiscono, come s'è detto, un drastico impoverimento numerico. Essi tuttavia costituiscono una frazione tutt'altro che trascurabile del popolamento nella laguna; i Rotiferi, in particolare, sono mediamente il 29% dello zooplancton totale in St. C_1 (che è la stazione più direttamente influenzata dall'apporto di acque dolci), il 14% in St. C_2, il 12% in St. C_3 e il 5% in St. M.

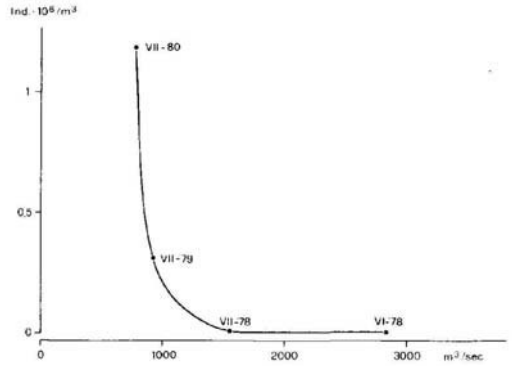


Fig. 3 - Po di Pila: variazioni delle densità medie dello zooplancton totale durante i cicli nictemerali di campionamento in relazione alle portate del fiume rilevate a Pontelagoscuro.

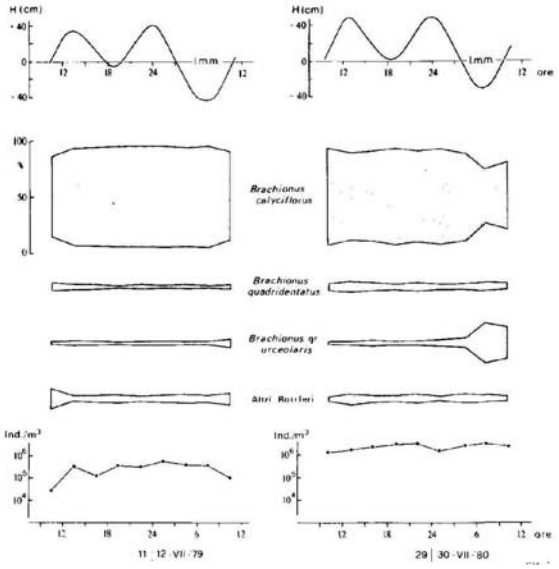


Fig. A - Po di Pila: altezza idrometrica (H) e incidenza percentuale delle diverse specie sul totale dei Rotiferi (ind./m^3) durante i cicli nictemerali del luglio 1979 e del luglio 1980.

DISCUSSIONE

1. Il popolamento "flottante" nelle acque del Po è in larga misura costituito da organismi planctonici caratteristici degli ambienti di acque basse, in particolare degli ambienti di lanca. I Rotiferi sono la componente zooplanctonica numericamente più importante a conferma di quanto documentato da numerosi autori che hanno studiato la composizione del plancton nei grandi fiumi (Hynes, 1970; Wilhm et al., 1977). I Rotiferi hanno tempi brevi di generazione e si riproducono nelle acque del fiume dove possono assumere, in particolari condizioni, un ruolo determinante in termini di produttività, come consumatori di microalghe e di batteri e particelle di detrito (Williams, 1966; Hillbricht-Ilkowska, 1977).

2. Condizioni trofiche favorevoli allo sviluppo esplosivo di alcune popolazioni di Rotiferi (soprattutto Brachionidi) si realizzano nei mesi estivi, ma solo con basse portate del fiume. La torbidità associata alle alte portate sembra un fattore decisivo di abbattimento delle densità zooplanctoniche (Williams, 1966).

3. Il contributo di zooplancton dulcicolo alla Sacca del Canarin attraverso i canali collegati ai rami deltizi non è mai par-ticolarmente rilevante, d'estate per lo scarso afflusso di acque fluviali, nelle altre stagioni per la modesta entità del carico zooplanctonico portato dal Po. La dolcificazione della laguna non porta ad un sostanziale arricchimento di forme zooplanctoniche proprie del fiume; essa ha piuttosto un effetto di contenimento delle densità degli zooplanctonti autoctoni della sacca oltre che di quelli marino-neritici.

BIBLIOGRAFIA

Beach, N.W. 1960. A study of the planktonic rotifers of the Ocqueoc River System, Presque Isle Country, Michigan. Ecol. Monogr., 30: 339-357.

Enâceanu, V. 1964. Das Donauplankton auf rumanischen Gebiet. Arch. Hydrobiol., 27 suppl.: 442-456.

Ferrari, I. 1973. Successione stagionale dei popolamenti zooplanctonici nel tratto inferiore del fiume Po. Ateneo Parmense, Acta nat., 9: 393-407.

Ferrari, I. e V.U. Ceccherelli. 1979. Ricerche sullo zooplancton in ambienti lagunari dell'Adriatico Settentrionale. Nova Thalassia, 3 suppl.: 113-131.

Ferrari, I., V.U. Ceccherelli, M.G. Mazzocchi e L. Tosi, 1981. Ricerche sullo zooplancton in acque salmastre del litorale Nord Adriatico. Atti 1° Congresso S.I.T.E., Ed. Zara, Parma: 533.

Green, J. 1977. Sampling rotifers. Arch. Hydrobiol. Beih. Ergebn. Limnol., 8: 9-12.
Greenberg, A.E. 1964. Plankton of the Sacramento River. Ecology, 45: 40-49.
Hillbricht-Ilkowska, A. 1977. Trophic relations and energy flow in pelagic plankton. Pol, ecol. Stud., 3, 1 : 3-98.
Hynes, H.B.N. 1970. The ecology of running waters. Liverpool Univ. Press, 555 pp.
José De Paggi, S. 1980. Campana limnologica "Keratella I" en el Río Parana medio: Zooplancton de ambientes lóticos. Ecologia Argentina, 4: 69-75.
Lair, N., G. Millerioux et F. Restituito. 1978. Examen physico- chimique et répartition du plancton de la Loire, en période d'étiage (été 1976) au niveau de la centrale nucléaire de St. Laurent-des-Eaux. Cab. Hydrobiol. Montereau, 6: 53-80.
Lair, N. 1980. The rotifer fauna of the River Loire (France), at the level of the nuclear power plants. Hydrobiologia, 73: 153-160.
Margalef, R. 1960. Ideas for a synthetic approach to the ecology of running waters. Int. Revue ges. Hydrobiol. Hydrogr., 45: 133-153.
Mazzocchi, M.G. 1982. Variabilità a breve termine e trasporto dello zooplancton in una laguna del Delta padano. Riv. Idrobiol., in stampa.
Rossaro, B. 1976. Lo "zooplancton" del Po a Caorso. Istituto Lombardo (Rend. Sc.) B, 110: 35-54.
Rossaro, B. e M. Cotta Ramusino 1976. I Copepodi del Po a Isola Serafini. Riv. Idrobio1., 15: 2: 187-203.
Vigni, M. 1974. Comportamento del plancton lacustre in ambiente lotico. Boll. Pesca, Piscic., Idrobio1., 29, 1: 81-95.
Wilhm, J., T. Dorris, J.R. Seyfer and N. McClintock. 1977. Seasonal variation in plankton population in the Arkansas River near the confluence of Red Rock Creek. The Southwestern Naturalist. 22: 411-420.
Williams, L.G. 1966. Dominant planktonic rotifers of major waterways of the United States. Limnol. Oceanogr., 11: 83-91.

DISTRIBUZIONE VERTICALE DELLA PRODUTTIVITÀ PRIMARIA E STRUTTURA DELLA COLONNA D'ACQUA NELL'ADRIATICO SETTENTRIONALE

P. FRANCO

Istituto di Biologia del Mare, C. N. R., Venezia

RIASSUNTO

Nelle condizioni di stratificazione che caratterizzano la colonna di acqua nel bacino settentrionale dell'Adriatico durante i due terzi almeno dell'anno la presenza di picnoclini marcati influenza fortemente gli scambi verticali e determina la separazione della colonna in strati fortemente differenziati, ad. es., per le concentrazioni ed i rapporti reciproci dei nutrienti disciolti, per la biomassa fitoplanctonica e per le caratteristiche ottiche.

Sulla base di risultati sperimentali, si descrivono le conseguenze di tali caratteristiche strutturali sulla distribuzione verticale della produzione primaria nella colonna d'acqua, in differenti situazioni ed in zone diverse del bacino.

ABSTRACT

Vertical distribution of the primary productivity in relation to the density structure of the water column in the northern Adriatic Sea.

The density stratified structure is a Constant feature of the water column in the northern Adriatic Sea during almost two thirds of the year. The strong pycnoclines, lowering the vertical turbulent transport between the layers, produce and maintain significant differences within the layers on the nutrient concentrations and ratios, on the phytoplankton biomass and community structure, and on the optical properties of the water.

Some consequences of these non homogeneities on the primary productivity distribution along the column and in different areas of the basin are referred, on the basis of experimental results.

INTRODUZIONE

Uno dei fenomeni che nel bacino settentrionale adriatico più marcatamente influiscono sulla distribuzione delle proprietà come dei processi oceanografici durante larga parte del ciclo annuale è la suddivisione della colonna d'acqua in strati separati da gradienti di densità molto netti, generati dalla diversa evoluzione dei processi di scambio termico e di diluizione da parte di acque dolci di apporto continentale.
Oltre che in una eterogenea distribuzione delle variabili fisiche e chimiche (Franco 1970, 1981; Franco, Socal e Bianchi 1979) la struttura stratificata della colonna si riflette in una distribuzione verticale inomogenea della biomassa fitoplanctonica, e nella presenza in zone differenti della colonna di associazioni fitoplanctoniche eterogenee (Franco, Socal e Bianchi 1982; Socal, Bianchi e Franco 1981), che si possono presumere diversamente adattate alla disponibilità di nutrienti e di energia radiante, questa di intensità e distribuzione spettrale diverse.

MATERIALI E METODI

I risultati che si espongono sono derivati da osservazioni su stazioni oceanografiche eseguite in un programma sperimentale per la definizione di una tecnica adatta a ricavare stime della produzione primaria integrata in colonne d'acqua stratificate, durante alcune crociere nell'Adriatico settentrionale svolte negli anni 1978 e 1979.(°) Le metodiche usate per i parametri oceanografici di base e per quelli chimici, ed i dati ottenuti durante le crociere, sono pubblicati altrove (Franco 1982).

Le misure di parametri ottici sono state ottenute a partire da osservazioni con solarimetro Kipp Zonen (nella banda da 300 a 2500 nm) e, nella colonna d'acqua, con Quantaspettroradiometro QSM-2500 della Techtum Instrument (nella banda PAR, da 400 a 740 nm), registrate con data legger sunastro perforato, e successivamente elaborate con un sistema basato su una CPU 2100 HP (Franco, non pubblicato).

Le misure di produzione primaria citate nel testo sono state ottenute, salvo indicazione contraria, con la tecnica dell'incubazione in situ ed in generale con le metodiche descritte da Strickland e Parsons (1972): la soluzione di tracciante era quella fornita dalla International Agency for ^{14}C Determination (in fiale da 1 cm^3, attività di 4 μCi), i campioni filtrati dopo incubazione su filtri Millipore HA, ed il conteggio eseguito con Geiger Muller a flusso di gas.

(°) Il lavoro utilizza dati ottenuti nell'ambito del Progetto finalizzato oceanografia e fondi marini, Subprogetto risorse biologiche.

RISULTATI E DISCUSSIONE

Il regime di stratificazione del bacino settentrionale adriatico è controllato, durante il periodo nel quale il bilancio fra processi di riscaldamento e di raffreddamento superficiali è positivo, soprattutto dai rapporti fra la salinità e temperatura delle acque indiluite profonde e lo sviluppo ed estensione della piume del Po, correlata con la portata del fiume e le variazioni di livello alla foce, e dello strato diluito superficiale, generato dal trasporto e mescolamento dell'apporto di acqua dolce.

La struttura verticale della colonna d'acqua risulta caratterizzata da due o tre strati ben definiti, quelli superficiali a salinità ridotta, quello profondo a salinità elevata; la stabilità verticale è massima in corrispondenza alle zone di separazione fra gli strati, minore o nulla entro gli strati. In quelli superficiali il trasporto orizzontale advettivo ed il mescolamento turbolento sono molto attivi, sia per l'influenza del vento che di processi termoalini, e portano alla diffusione dell'apporto fluviale nel bacino, controllandovi così sia la concentrazione dei nutrienti che 1'accrescimento delle popolazioni fitoplanctoniche.

Il flusso dei nutrienti e la distribuzione della biomassa fito-planctonica e del particellato in senso verticale sono limitate dalla struttura di densità e dalle condizioni di stabilità che da questa derivano.

Le caratteristiche che la colonna d'acqua assume nei suoi diversi strati, per la concentrazione dei nutrienti e del particellato, e per la qualità e quantità delle associazioni fitoplanctoniche, risultano infatti in media significativamente diverse in zone del bacino che per i caratteri alla superficie si possono indicare (Fig. 1) come: A) quella corrispondente all'area interessata dalla piume e dal suo sistema frontale; B) quelle direttamente alimentate dalla piume; C) quelle influenzate dall'iniezione fluviale ma nella quale gli effetti di questa risultano attenuati dalla diffusione turbolenta nello strato superficiale, e l'accrescimento delle popolazioni fitoplanctoniche dalla diminuita concentrazione dei nutrienti e dalla prevalenza dei processi di dispersione su quelli di accrescimento.

Si esaminano di seguito le relazioni fra i parametri indicati e la distribuzione verticale della produzione primaria, facendo riferimento ai risultati di alcune delle misure eseguite in condizioni riconducibili ai tipi elencati.

Area A)

La stratificazione di densità è estremamente marcata nella parte superficiale della colonna (Fig. Z), dove l'elevata stabilità verticale si accompagna all'alta concentrazione dei nutrienti disciolti di apporto fluviale (Tab. 1): la coesistenza dei due fenomeni deter-

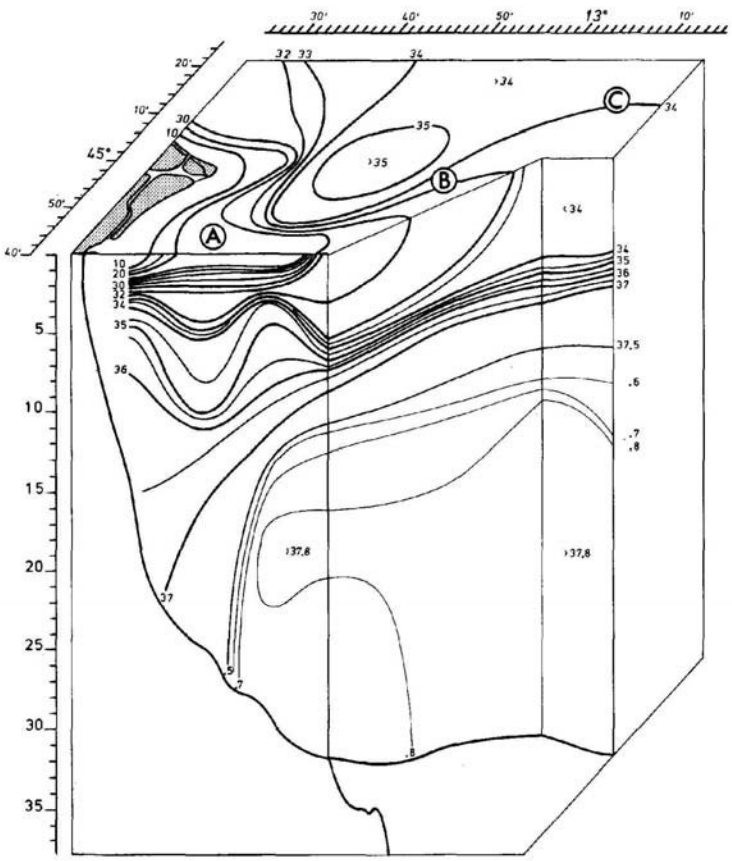


Fig.1 - Prospettiva isometrica della distribuzione della salinità nella zona dell'Adriatico settentrionale alla latitudine della foce del Po: sono indicate aree con caratteristiche corrispondenti a quelle descritte nel testo (Da misure con STD, 8 luglio 1978).

Tabella 1 - Concentrazioni medie dei nutrienti disciolti (µg-at l^{-1}) negli strati della colonna d'acqua, ed in stazioni corrispondenti ai caratteri delle aree descritte nel testo (vedi Fig. 1).

Area	Strato	$P\text{-}PO_4$	N-inorg.	$Si\text{-}SiO_4$
A	Superf.	1.0	~20.0	~20.0
	Intermedio	0.2	~ 0.6	~ 0.5
	Profondo	0.6	~ 2.0	~10.0
B	Superf.	0.08	8.2	5.7
	Intermedio	0.05	2.7	3.7
	Profondo	0.09	2.8	7.4
C	Superf.	0.06	1.0	0.2
	Intermedio	0.06	0.2	0.2
	Profondo	0.08	0.4	8.1

mina condizioni di bloom persistente per le popolazioni fitoplanctoniche ed, assieme alla presenza di particellato inorganico e di sostanze assorbenti disciolte, una drastica attenuazione dell'energia radiante trasmessa agli strati sottostanti.

La produttività presenta un picco elevato nello strato superficiale (dell'ordine di grandezza di ca. 30-40 mgC m^{-3} h^{-1}), e risulta nettamente inferiore in quelli sottostanti, ove i livelli dell'irradianza PAR sono in media insufficienti ad assicurare uno stabile accrescimento delle popolazioni fitoplanctoniche ed a compensare gli effetti dell'advezione laterale. Con irradianze totali superficiali meridiane attorno ai 900 W m^{-2}, d'estate, l'irradianza PAR è infatti, in queste condizioni, inferiore a 10 e scende fino a 1 W m^{-2}, a livelli cioè considerati corrispondenti all'intensità di compensazione (vedi ad es. Mc Allister, Shah, Strickland 1964).

Area B)

Lo strato superficiale diluito, come effetto della progressiva destratificazione, ha in media maggior spessore e minore stabilità verticale, rispetto al caso precedente (Fig. 2): la concentrazione dei nutrienti, in seguito alla diluizione ed all'utilizzazione, presenta livelli largamente inferiori (Tab. 1), come la biomassa fito-planctonica.

La minor attenuazione nello strato superficiale permette una maggiore penetrazione dell'energia radiante in quelli sottostanti: la produttività, oltre ad un picco superficiale dell'ordine di 5 - 10 mgC m^{-3} h^{-1} ne mostra di secondari negli strati successivi, dell'ordine di 1 - 3 mgC m^{-3} h^{-1} in quello più profondo.

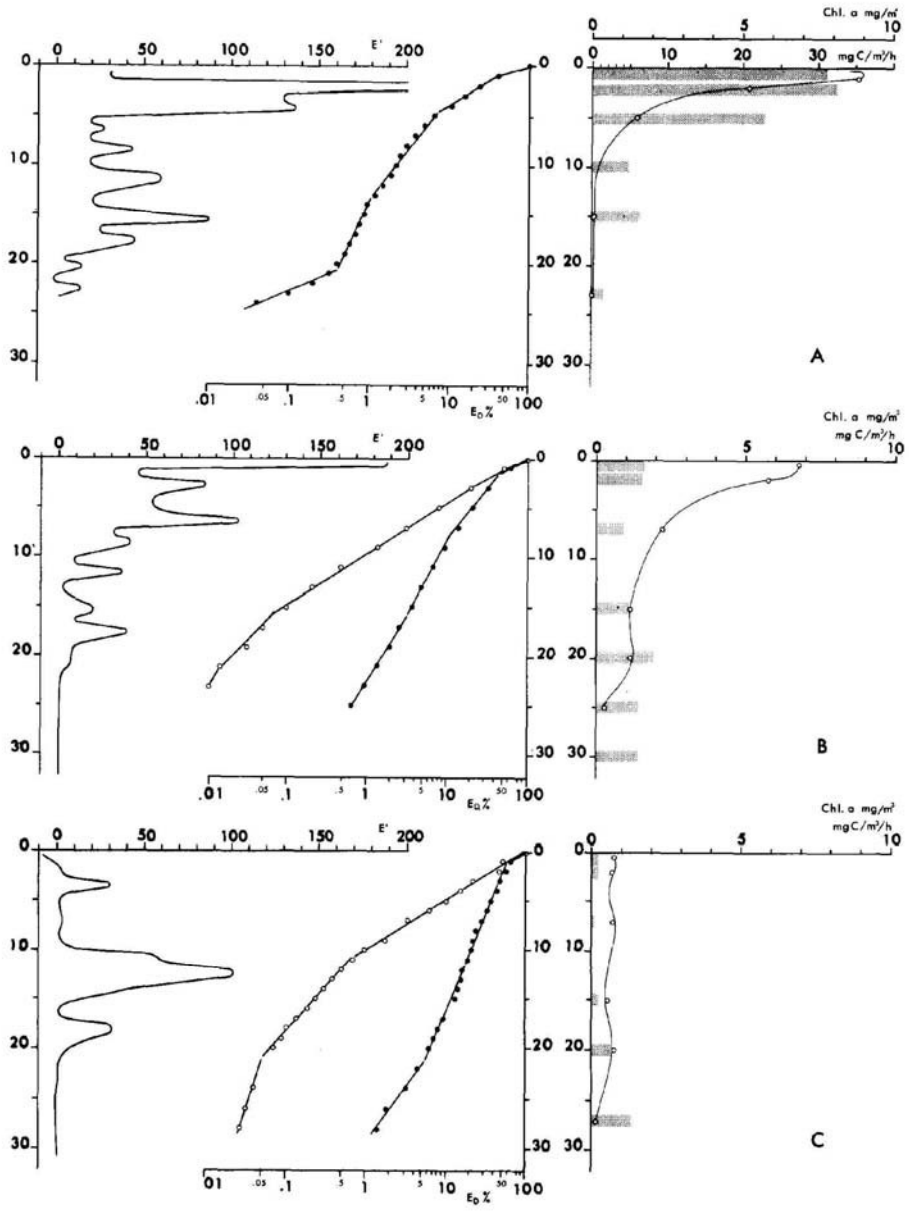


Fig. 2 - Distribuzione verticale: a sinistra, della stabilità ($E' \cdot 10^5$, da misure con STD); al centro, dell'attenuazione percentuale dell'irradianza (E_D% per le lunghezze d'onda da 400 a 740 nm(●), da 660 a 680nm (○); a destra, della produttività primaria (○) e della clorofilla a estratta (istogrammi). A: stazione a 44°45.0' N e 12°31.0' E (17 luglio 1978); B: stazione a 44"40.2' N e 12"31.0' E (15 marzo 1979); C: stazione a 45°00.0' N e 12°53.0' E (13 agosto 1979).

Area C)

Gli strati sovrapposti hanno densità relativamente omogenea al loro interno, e stabilità elevata solo nelle zone di separazione (Fig. 2). La concentrazione dei nutrienti è molto bassa nello strato superficiale (Tab. 1), ove per il silicio ad es. è spesso dell'ordine di grandezza indicato come il livello limite per l'assunzione da parte delle diatomee (da 0.3 a 1.3 µg-at l^{-1}, sec. Paasche 1973), e generalmente più elevata in quello profondo. La biomassa fito-planctonica risulta corrispondentemente scarsa in superficie mentre è relativamente più abbondante negli strati profondi.
La penetrazione dell'energia radiante nella colonna d'acqua è favorita dalla sua ridotta attenuazione nella parte superficiale di questa: la produttività è in genere bassa, con massimi dello stesso ordine di grandezza (1-2 mgC m^{-3} h^{-1}) in corrispondenza ai diversi strati esistenti.

CONCLUSIONI

Nel bacino nord-adriatico in regime di stratificazione la forte riduzione del trasporto verticale in corrispondenza dei massimi di stabilità idrostatica determina nella colonna d'acqua una marcata eterogeneità nella distribuzione verticale dei nutrienti, dell'attenuazione dell'energia radiante e delle associazioni fitoplanctoniche. La produzione primaria in ogni strato della colonna risulta pertanto controllata in modo diverso in corrispondenza ai differenti valori quantitativi delle proprietà influenti, ed alle variabili interrelazioni fra di esse che lo caratterizzano.

Oltre che dalle osservazioni sulla distribuzione delle proprietà, la presenza negli strati sovrapposti di comunità fitoplanctoniche diversamente adattate alle condizioni fotiche medie (differenziate per l'irradianza e per la distribuzione spettrale di questa, Fig. 2) ed alla disponibilità di nutrienti è confermata dalle relazioni fra attività fotosintetica ed irradianza PAR, ottenute da esperimenti di incubazione in laboratorio, che risultano significativamente differenti per i loro parametri fondamentali (vedi ad es. Fig. 3) a livelli della colonna corrispondenti a strati verticalmente separati.

Dalle indicazioni sperimentali si possono, riassumendo, derivare per il bacino nord-adriatico in regime di stratificazione alcune conclusioni preliminari.
a) La distribuzione della produttività primaria integrata della colonna d'acqua nel bacino dipende prevalentemente da quella dell'apporto fluviale nello strato superficiale, sia per gli effetti diretti a questo stesso livello che per quelli indiretti sugli strati sottostanti, esercitati primariamente attraverso il controllo della trasmissione dell'energia radiante.

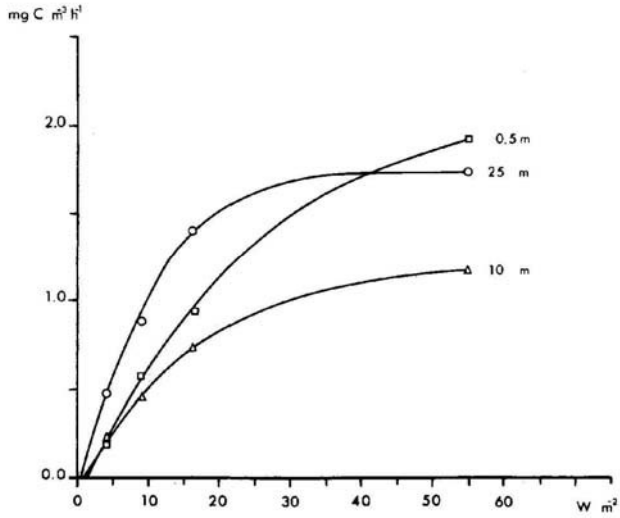


Fig. 3 - Fotosintesi in funzione dell'irradianza PAR: stazione a 45°10. 2' N e 12*46.0' E (16 agosto 1979). Campioni da 0.5, 10 e 25 m. (I livelli di irradianza PAR a queste quote nelle otto ore meridiane erano rispettivamente di ca. 100-200, 25-50 e 6-12 Wm^{-2}).

b) La distribuzione verticale della produttività primaria nella colonna d'acqua segue un andamento che è funzione della suddivisione di questa in strati separati da picnoclini.
e) Le metodologie usate per la valutazione della produttività integrata nel bacino devono pertanto essere adeguate alle caratteristiche della struttura fisica della colonna d'acqua, e consentire la determinazione della distribuzione verticale della produttività in ognuna delle frazioni della colonna stessa.

BIBLIOGRAFIA

Franco, P. 1970. Oceanography of Northern Adriatic Sea. I. Hydrologic features: cruises July-August and October-November 1965. Archo Oceanogr. Limnol., 16 Suppl.: 93 p.

Franco, P. 1981. Idrologia e nutrienti nell'Adriatico settentrionale. Crociere 1979. Nota preliminare. Atti Conv. Sottopr. Ris. biol. -Inq. mar. Prog. final. Oceanogr., 9-24.

Franco, P. 1982. Oceanography of Northern Adriatic Sea. Data from the cruises 1978 and 1979. Archo Oceanogr. Limnol., 20 Suppl. 2:1-207.

Franco, P., Socal, G. e Bianchi, F. 1979. Nutrienti e biomassa fitoplanctonica nell'Adriatico settentrionale. Crociere 1978. Atti Conv. sci. Prog. final. Oceanogr., 47-59.

Franco, P., Socal, G. e Bianchi, F. 1982. Fitoplancton nell'Adriatico settentrionale. Crociere 1978. Naturalista sicil., S. IV, VI (Suppl.) 1: 29 - 38.

Mc Allister, C. D., Shah, N., Strickland, J. D. H. 1964. Marine phytoplankton photosynthesis as a function of light intensity: a comparison of methods. J. Fish. Res. Bd. Can., 21:159-181.

Paasche, E. 1973. Silicata uptake in plankton diatoms. Mar. Biol. 19:262-269.

Socal, G., Bianchi, F. e Franco, P. 1981. Abbondanza e biomassa fitoplanctoniche nell'Adriatico settentrionale. Crociere 1979. Atti Conv. Sottopr. Ris. biol. - Inq. mar. Prog. final. Oceanogr., 25-32.

METALLI PESANTI IN SEDIMENTI ANTICHI E RECENTI DEI MARI ITALIANI

M. FRIGNANI, P. GIORDANI

C.N.R. - Istituto di Geologia Marina, Bologna

SUMMARY

Heavy metals (Cd, Co, Cr, Cu, Mn, Ni, Pb, Ti, V and Zn) have been analysed in a number of samples of surface and core sediments from Italian sea areas, where pollution problems should be negligible.

Although a standard methodology for investigating metal pollution in sediments does not exist, our values can be used as a reference System. Furthermore, interesting geochemical and sedimentological considerations can be drawn with the aid of statistical discriminant analysis.

Similarities and differences in the composition of samples from various seas and among recent and ancient sediments are discussed.

INTRODUZIONE

La definizione del grado di inquinamento da metalli pesanti nei sedimenti marini presenta due ordini di problemi non ancora completamente risolti. In primo luogo le metodologie analitiche usate dai vari autori sono spesso così diverse da rendere problematico il confronto dei dati. Inoltre notevoli difficoltà nascono a causa della necessità di discriminare tra livelli di concentrazione "naturali" e "di inquinamento". Diversi metodi sono stati proposti (Suess, 1978; Bertine, 1978); quello più u-sato si fonda sulla determinazione di livelli di base rispetto ai quali confrontare i dati. Nell'ambito di questo approccio occorre sottolineare che non è corretto paragonare tra loro valori di concentrazione relativi a diverse aree di mare, quando non si è certi che la composizione del materiale sedimentario sia omogenea. L'influenza della geologia e geochimica dei bacini emersi sulla composizione dei sedimenti marini è stata estensiva mente trattata da Anselmi, Benvegnù, Brondi e Ferretti (1979).

In questo lavoro vengono discussi i dati di concentrazione di 10 metalli pesanti (Cd, Co, Cr, Cu, Mn, Ni, Pb, Ti, V e Zn) in sedimenti antichi e recenti dei mari italiani, prelevati in aree dove l'inquinamento dovrebbe essere assente o modesto. Que

	Cd mg/kg	Co mg/kg	Cr mg/kg	Cu mg/kg	Mn g/kg	Ni mg/kg	Pb mg/kg	Ti mg/kg	V mg/kg	Zn mg/kg
Mare Adriatico										
Intervallo	1,2-0,8	23-12	60-31	30-15	2,34-0,52	122-46	43-21	48-15	46-35	78-54
$\bar{x}$	1,0	19	46	21	1,19	86	30	22	39	61
V%	18	30	30	24	56	37	23	59	10	13
Mar Ionio										
Intervallo	1,1-0,6	17-12	33-31	29-24	1,70-0,83	53-48	27-22	21-6	45-36	78-55
$\bar{x}$	0,9	15	32	27	1,17	50	24	13	41	67
V%	29	19	3	10	40	7	11	57	12	18
Canale di Sicilia										
Intervallo	1,6-1,0	14-9	23-17	19-10	1,79-0,27	26-23	24-14	25-6	38-29	43-34
$\bar{x}$	1,3	12	20	14	0,75	24	19	18	33	39
V%	20	19	12	26	93	6	23	49	12	9
Mar Tirreno										
Intervallo	2,5-0,5	16-5	26-9	44-10	2,56-0,26	46-9	94-19	274-13	50-19	56-20
$\bar{x}$	1,4	12	17	27	0,90	27	45	75	36	43
V%	43	29	31	50	71	45	56	103	27	35
Mar Ligure										
Intervallo	1,7-0,7		37-28		1,53-0,28			46-18	58-33	
$\bar{x}$	1,4		31		0,91			29	44	
V%	22		9		38			29	15	

Tabella 1 - Quadro riassuntivo delle concentrazioni dei metalli nei campioni superficiali: intervalli di concentra-zione, medie e coefficienti di variazione.

sti valori possono costituire, con le cautele già sottolineate, un sistema di riferimento; essi permettono, inoltre, alcune interessanti considerazioni di carattere geochimico e sedimentologico.

MATERIALI E METODI

Sono stati analizzati 47 campioni di sedimento raccolti dal Laboratorio di Geologia Marina negli anni dal 1968 al 1973. Una seconda serie di dati deriva da un campionamento eseguito nel Mar Ligure (1975) in un'area sospetta di contaminazione per scarichi diretti in mare. La fig. 1 mostra l'ubicazione delle stazioni ed il tipo di prelievo.

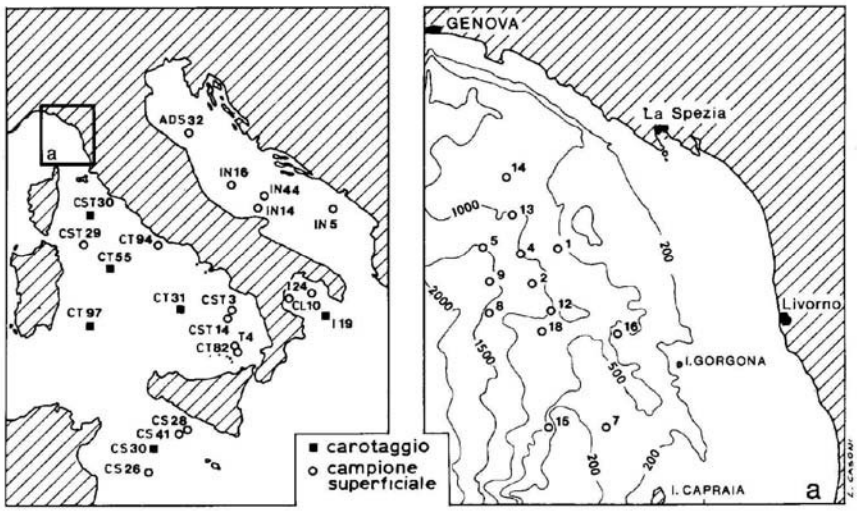


Fig. 1 - Ubicazione delle stazioni

Nel primo caso sono stati scelti campioni la cui storia fornisse sufficienti garanzie di una buona conservazione e non mettesse in risalto possibilità di contaminazione successiva al campionamento. Un secondo criterio di selezione si è basato sulla esigenza di una sufficiente omogeneità litologica dei materiali. I dati dell'analisi granulometrica sono disponibili solo i che caso, ma tutti i sedimenti erano stati classificati ni" in sede di descrizione del campione. L'unica eccezione è il livello 618-619 della carota CS 30, sabbioso, il quale presenta le concentrazioni più basse di tutti i metalli, salvo il Ti.

Le analisi sono state eseguite mediante spettrofotometria ad assorbimento atomico, previa estrazione dei campioni con HNO_3

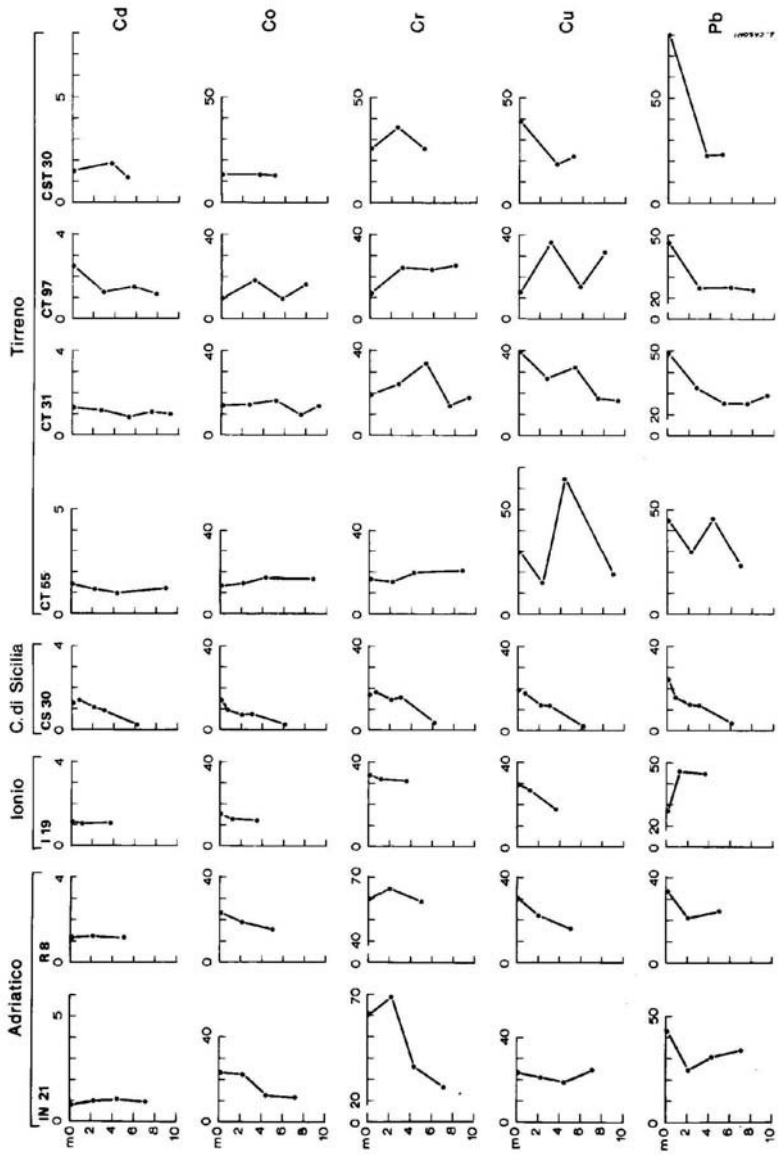


Fig. 2 - Profili delle concentrazioni di metalli pesanti (Cd, Co, Cr, Cu e Pb) nelle carote; valori in mg/kg rispetto al peso secco.

8N a caldo. Dettagli della metodologia sono descritti in altra sede (Frignani, Frascari, Quarantotto e Poletti, 1978). Questo sistema, molto semplice e pratico, si è rivelato adatto a studi sulla concentrazione e distribuzione di metalli pesanti nei sedimenti; per questo è stato adottato da molti laboratori in Italia.

RISULTATI E DISCUSSIONE

La tabella 1 riassume i risultati relativi a 24 campioni di sedimento superficiale, divisi per aree. I profili di concentrazione dei 10 metalli nelle otto carote studiate sono mostrati nelle figg. 2 e 3.

I dati relativi al Mar Ligure vengono trattati a parte.

In generale si può rilevare che, nonostante i campioni siano di varia provenienza geografica e rappresentino condizioni morfologiche molto diverse, esistono coefficienti di correlazione (r) molto significativi fra le concentrazioni, in particolare per quanto si riferisce a Co e Cr, Co e Ni, Cr e Ni (minori, ma ancora significativi, sono quelli relativi alle coppie Co e Mn, Co e V, Cr e Zn, Cu e Pb, Cu e Ti, Cu e V, Mn e Zn, V e Zn). E' più interessante, tuttavia, mettere in evidenza le differenze che esistono tra le quattro aree di mare e tra sedimenti superficiali (recenti) e profondi (antichi). A tale scopo sono state eseguite alcune analisi statistiche discriminanti (Nie et al., 1975). Il risultato, ottenuto su 47 campioni distinti solo per area di provenienza, è rappresentato nella fig. 4. Due funzioni discriminanti sono sufficienti per descrivere il 97,58% dell'iti formazione totale. 17 campioni sono stati classificati in un gruppo diverso da quello iniziale, suggerendo la esistenza di relazioni tra i sedimenti dei diversi mari.

Considerazioni simili si possono ricavare anche dalla tab. 1. Ad esempio Cr e Ni presentano le loro concentrazioni più alte in Adriatico e questo potrebbe essere dovuto principalmente alla presenza di rocce vulcaniche basiche nella penisola balcanica (Paul e Meischner, 1976). La vicinanza tra campioni del Mar Ionio e alcuni adriatici è spiegabile attraverso l'influenza del materiale che esce dal Canale di Otranto ed entra nel Golfo di Tarante seguendo il percorso delle correnti (Tomadin, 1981). Altre influenze, ad esempio dalla costa calabra, possono contribuire ad abbassare il contenuto di alcuni metalli, specialmente Cr e Ni; le concentrazioni di Zn restano, invece, molto simili.

Il Canale di Sicilia è caratterizzato dalla sedimentazione di materiale proveniente dal Nord Africa per trasporto eolico (Tomadin, 1981) e presenta valori tra i più bassi per la mag-

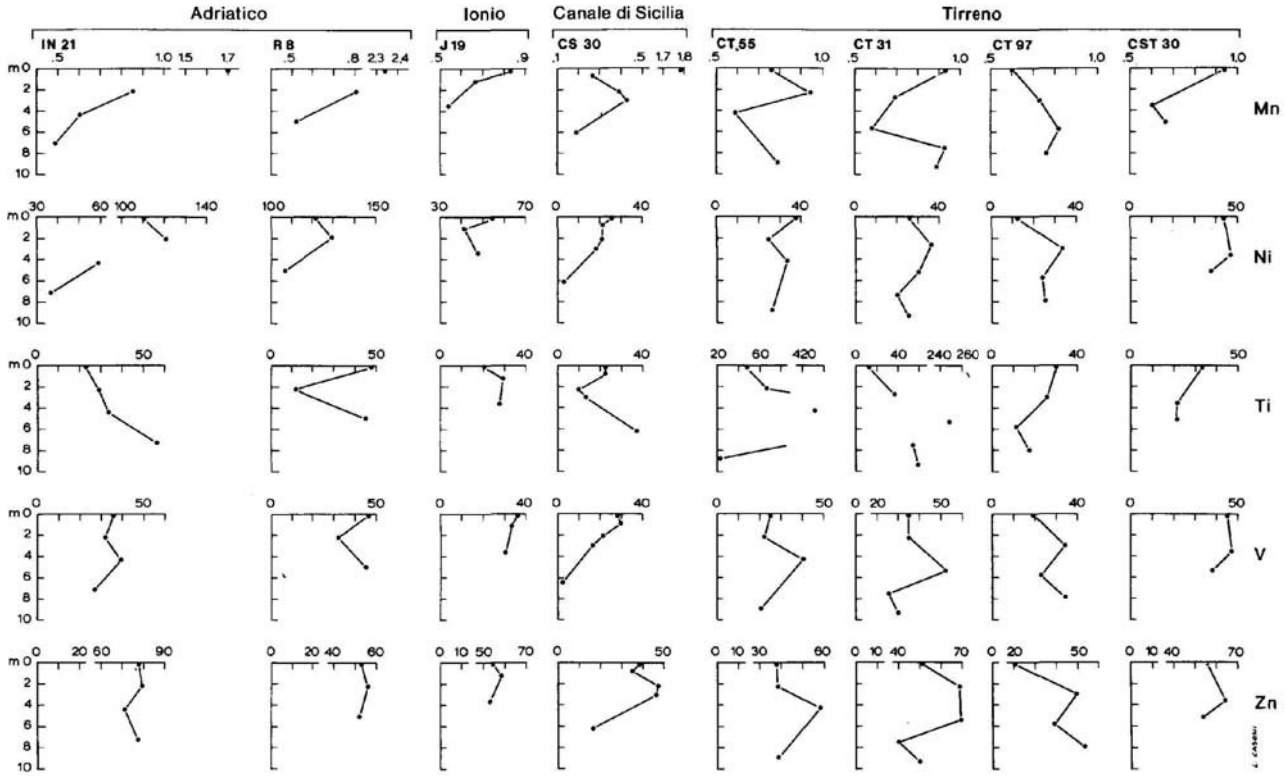


Fig. 3 - Profili delle concentrazioni di metalli pesanti (Mn, Ni, Ti, V e Zn) nelle carote; valori in mg/kg (Mn in g/kg) rispetto al peso secco.

gior parte dei metalli. Lo stesso tipo di trasporto interessa anche l'area tirrenica: questo potrebbe rendere conto di una certa sovrapposizione dei due gruppi secondo l'analisi discriminante.

A parte gli alti valori di Ti dei campioni T4 e CT 82, a cui corrispondono dati relativamente bassi di Pb, l'elevata concen-trazione di questi due elementi sembra caratterizzare i sedimenti tirrenici. Per il Pb questo fenomeno può essere spiegato in base alla esistenza di mineralizzazioni a galena nella Sardegna Sud Orientale (Anselmi et al., 1979); l'abbondanza relativa di Ti può essere messa in relazione, invece, con la diffusione di prodotti magmatici nell'area peritirrenica.

Le analisi discriminanti, eseguite su campioni dello stesso ma re,evidenziano differenze sempre significative tra campioni recenti ed antichi (fig. 4). Le classificazioni sono ricavate sulla base di gruppi di variabili che sono diversi per ognuno dei quattro casi. La massima distanza sull'asse della funzione discriminante si ha per il Mar Ionio. Anche i dati dalle figg. 3-4 e della tabella 1 mostrano che spesso esiste una marcata differenza tra i due tipi di campioni. Le distanze sono inferiori negli altri casi e, tra i dati dell'Adriatico, si presenta anche un caso di misclassificazione.

In generale è piuttosto difficile giustificare queste differenze le quali, comunque, dovrebbero essere provocate da fenomeni naturali (sedimentologici e diagenetici); spesso, infatti, contrariamente a quanto avviene in aree soggette a fenomeni di inquinamento, si ha un incremento di concentrazione con la profondità nella carota, piuttosto che una diminuzione. Anche quando alcuni elementi sono più concentrati nel campione superficiale non è sempre possibile parlare di episodi di inquinamento. Un esempio è il Mn che tende a migrare dagli strati profondi, riducenti, a quelli superiori, generalmente ossidati. Gli ossidi di Mn che precipitano in superficie possono coprecipitare altri metalli, dando origine allo stesso tipo di profilo. In altri casi l'aumento di concentrazione negli strati più recenti può essere l'effetto di modificazioni ambientali di carattere generale (ad esempio lo sfruttamento intensivo del territorio), piuttosto che di apporti diretti di inquinanti.

Nel caso del Mar Ligure l'approccio metodologico è stato particolare: i metalli considerati sono Al, Fe, Cd, Cr, Hg, Mn, Ti e V; inoltre, per ogni stazione , sono stati analizzati sia lo strato superficiale sia quello immediatamente sottostante. Il primo è caratterizzato da valori generalmente superiori di alcuni metalli (Ti, Hg, Cr, Fe e Al), le differenze, tuttavia, sono piccole e, se si eccettua il Ti, non sembrano significative.

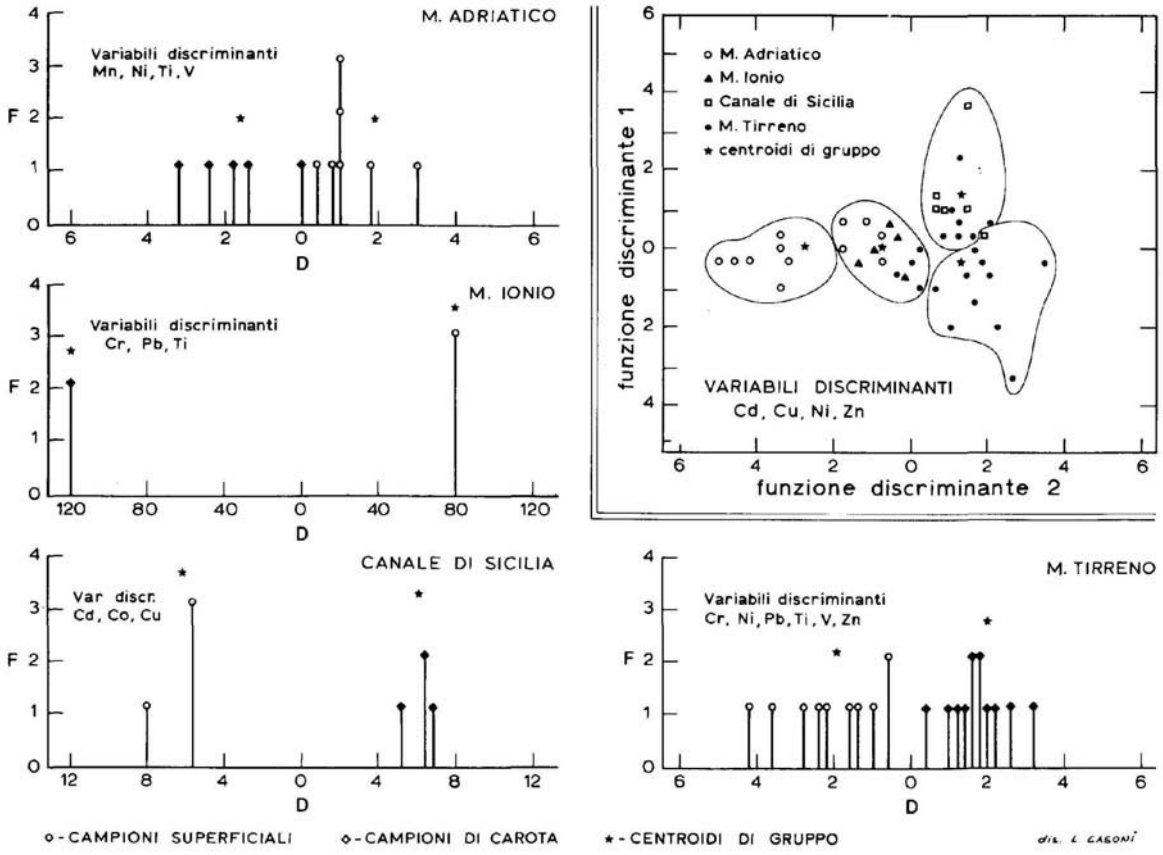


Fig. 4 - Classificazione dei campioni in base alle analisi discriminanti.

I nostri valori di Cr e Mn sono nettamente inferiori a quelli ottenuti per campioni costieri del Mar Ligure da Cosma et al. (1979), usando la stessa metodologia analitica. Una analisi fattoriale di tipo "Q", oltre a sottolineare una netta somiglianza tra i due strati sedimentari, ha individuato due fattori con caratteristiche piuttosto simili a quelle dei campioni 14 e 15;con una certa approssimazione si può affermare che questi, in varie combinazioni, rendono conto della composizione di tutti gli altri campioni. La distribuzione del primo fattore è descrivibile mediante linee approssimativamente parallele alla costa, con valori degradanti verso SO. Anche Al, Fe e Mn seguono lo stesso andamento, Cr, Mg e V presentano una minore regolarità mentre Cd e Ti, caratteristici del secondo fattore, mostrano un andamento in verso. Nel caso del primo gruppo è ipotizzabile una origine continentale mentre il campione 15 rappresenta materiale sedimentario di provenienza e/o genesi diversa.
In generale questi sedimenti non appaiono inquinati: alcuni metalli risentono delle influenze da terra, le quali sono prevalentemente di origine naturale se si esclude, in parte, il Cr (Cosma et al., 1979). Il caso del Ti è particolare: potrebbe essere dovuto ad un fenomeno di inquinamento che ancora non si dimostra di proporzioni elevate, i suoi valori sono comunque molto al di sotto di quelli "naturali" caratteristici dei sedimenti tirrenici.

CONCLUSIONI

Da quanto esposto risulta evidente come siano ancora deboli le conoscenze geochimiche, mineralogiche e sedimentologiche che dovrebbero permettere una semplice e sicura interpretazione dei valori di concentrazione di metalli pesanti nei sedimenti.

L'analisi discriminante si propone come uri valido strumento per la classificazione e 1'interpretazione dei dati, specialmente quando sia disponibile una casistica molto vasta. Il fatto che l'analisi statistica indichi particolari elementi discriminanti suggerisce una possibilità futura di ridurre il numero delle variabili da determinare, minimizzando le perdite in qualità e quantità di informazione.

RINGRAZIAMENTI

Desideriamo ringraziare Andrea G. Fabbri e Franca Frascari per il loro prezioso contributo in fase di elaborazione dei dati.

BIBLIOGRAFIA

Anselmi, B., F. Benvegnù, A. Brondi e O. Ferretti, 1979. Studi sui parametri geologici rilevati al fine della determinazione della contaminazione ambientale del territorio nazionale. CNEN - RT/PROT (79) 14, Roma, 139 pp.

Bertine, K. 1978. Means of determining natural versus anthropogenic fluxes to estuarine sediments. In: "Biogeochemistry of estuarine sediments". Proceedings of a UNESCO/SCOR Workshop, Melreux, Belgium, 1976, 246-253.

Cosma, B., M. Drago, M. Picazzo, G. Scarponi e S. Tucci. 1979. Heavy metals in Ligurian Sea sediments: distribution of Cr, Cu, Ni, and Mn in superficial sediments. Mar. Chem., 8: 125-142.

Frignani, M., F. Frascari, G. Quarantotto e R. Poletti. 1978. Trace heavy metals in Adriatic Sea sediments off the Italian coast from Pesaro to the Po delta. Giorn. Geol., .(2) XLIII: 21-45.

Nie, N.H., C.H. Hull. S.G. jenkins, K. Steinbrenner e D.H. Bent. 1975. Statistical Package for the Social Sciences, 2nd edition. Mc Graw-Hill, New York, 675 pp.

Paul, J. e D. Meischner. 1976. Heavy metals analyses from sediments of the Adriatic Sea. Senckenberg.Marit.: 8(1/3) 91-102.

Suess, E. 1978. Distinction between natural and anthropogenic materials in sediments. In: "Biogeochemistry of estuarine sediments". Proceedings of a UNESCO/SCOR Workshop, Melreux, Belgium, 1976, 224-237.

Tomadin, L. 1981. Provenance and dispersal of clay mineral in recent sediments of the Central Mediterranean Sea. In: "Sedimentary basins of Mediterranean margins".F.C. Wezel ed., C.N.R. - P.F. "Oceanografia e Fondi Marini", Roma, 313-324.

PROCESSO DI TRASPORTO DEI MACROINVERTEBRATI IN TORRENTE SPERIMENTALE RELATIVO AI POPOLAMENTI DI EFEMEROTTERI E PLECOTTERI (+)

P.F. GHETTI°, U. RAVANETTI°

° Istituto di Ecologia - Università di Parma

SUMMARY

In this work we have studied the Ephemeroptera and Plecoptera populations colonizing a small stream in natural conditions, as regards the various patterns of the drift process and the relations existing between the life histories of the most common species and rate of drift.

It is interesting to note how the drift process is positively correlated with the productivity of the species studied and how the drift rate tends to progressively increase as the emergence period approaches. The data also shows the self-regulation capacity of the populations as regards the flow variations.

INTRODUZIONE

I popolamenti di macroinvertebrati che colonizzano gli ambienti di acque correnti sono dotati di meccanismi adattativi che li pongono nella condizione di resistere all'azione di trasporto della corrente. Essi costituiscono, quindi, una componente piuttosto

---

(+) Ricerca realizzata con contributo del Ministero Pubblica Istruzione.

stabile dei vari tipi di substrati, anche se ciò non impedisce che una quota di organismi venga trasportata a valle (Bishop, Hynes, 1969).
Vari autori hanno dimostrato l'esistenza di modalità diverse del drift: di tipo costante (casuale), comportamentale (con andamento prevedibile) e catastrofico (per brusche variazioni di fattori fisici e chimici) (Hynes, 1975; Chutter, 1975; Waters, Hokenstrom, 1980). Particolare attenzione è stata rivolta al ruolo giocato dal trasporto ad opera della corrente come fattore di regolazione della struttura delle popolazioni (Müller, 1954; Elliot, 1907; Hildebrand, 1974; Williams, Hynes, 1976; Waters, 1981).
In questo lavoro si intende approfondire il comportamento delle popolazioni di Efemerotteri e Plecotteri, che colonizzano un piccolo torrente in condizioni naturali, rispetto alle varie modalità del processo di drift (Ghetti, Bonazzi, Musi, Ravanetti, 1979; Zullini, Ricci, 1980; Madoni, Ghetti, 1980). Vengono studiate inoltre le relazioni esistenti fra cicli vitali delle specie e tasso di drift, tenendo conto dei fattori ambientali che hanno maggior incidenza nel regolare il processo.

AMBIENTE IN ESAME

L'indagine è stata condotta su di un piccolo torrente naturale denominato Rio Verde, che scorre per 1250 m all'interno della tenuta "Boschi di Carrega" e con un bacino modellato da una profonda vallecola incisa su terreni fluviali pleistocenici. Il torrente presenta un regime idrologico molto variabile con portate da 1 a 25 l/s e un valore medio annuo di 13 l/s. Il torrente non è mai andato in secca. Le tempe-

rature dell'acqua hanno oscillato fra un massimo di 20°C in agosto e un minimo di 3°C in gennaio. La pendenza media del corso d'acqua è del 21‰ il fondo è argilloso, compatto, con ciottoli sparsi e zone densamente coperte di detrito vegetale drenato dalle sponde boscose.

MATERIALI E METODI

Per la cattura degli organismi del macrobentos trasportati dalla corrente sono stati messi in sito 2 stramazzi a V, alla distanza di 300 m l'uno dall'altro, che tagliano trasversalmente l'alveo e ne canalizzano tutta la portata. Sulla cornice, posta lungo l'incisione dello stramazzo, è stato applicato un retino da drift di 21 maglie/cm terminante in un cilindro di plexiglass svitabile.
Le catture degli organismi di deriva sono state realizzate per periodi consecutivi di 48 ore: le prime 24 ore (dalle ore 12 alle ore 12 del giorno successivo) sullo stramazzo a valle e le successive 24 ore sullo stramazzo a monte. La frequenza di campionamento è stata all'incirca mensile (Tab. 1).
Le portate sono state misurate in continuo durante tutto l'anno con un idrometrografo localizzato a monte del 1° stramazzo e controllate agli stramazzi durante i campionamenti.
Il livello di rappresentatività dei campioni risulta accettabile in quanto:

- durante il periodo di cattura i campioni sono rappresentativi dell'universo campionato, dal momento che è stata filtrata tutta la portata del torrente;
- i campionamenti sono stati realizzati su un corso d'acqua definito da una unica tipologia ambientale e ugualmente le catture sono state condotte in 2 sezioni diverse (ciò anche per evitare un eccessivo depauperamento delle comunità);
- le catture sono state realizzate per periodi consecutivi di 24 ore al fine di eliminare la variabile legata alla diversa intensità di drift registrata nel ciclo giorno-notte (Armitage, 1977j Hiroki, 1980);
- i dati sono stati analizzati, sia come numero di individui nel tempo costante di cattura (48h), sia come densità di individui rapportata ad un volume standard d'acqua filtrata (2000 m^3); ciò al fine di ri-

SUBSTRATO (n°individui su 5 substrati)	date 27/4	28/5	16/7	2/9	26/10		7/12	11/1	15/2	15/3	19/4			TOTALI/ANNO	
EPHEMEROPTERA	77	40	102	245	94		174	91	86	121	53			1083	(74,7%)
Baetis rhodani	6	1	20	1	4		18	19	17	32	9			127	(11,7%)
Ecdyonurus helveticus	31	11	42	53	15		61	26	44	43	30			356	(32,9%)
Habrophlebia modesta	38	9	13	186	75		85	46	25	46	6			529	(48,8%)
Habrophlebia fusca	2	19	27	5			10				8			71	(6,5%)
PLECOPTERA	6		48	17	10		80	25	81	95	4			366	(25,3%)
Nemoura flexuosa	5		48	17	10		70	25	75	95	3			348	(95,0%)
Isoperla grammatica	1								4		1			6	(1,6%)
Capnia bifrons							10		2					12	(3,3%)
DRIFT (n°individui catturati in 48 ore)	date 15/4	16/5	22/6	20/9	22/10	30/11	23/12	25/1	22/2		6/4	28/4	26/5	TOTALI/ANNO (10 campionam.)	
EPHEMEROPTERA	46	85	99	40	8	22	71	98	58		215	6	40	742	(65,4%)
Baetis rhodani	34	8	58	20	3	10	45	37	21		77	3	1	313	(42,2%)
Ecdyonurus helveticus	5	35	4	14	3	1	10	38	10		66	3	38	186	(25,0%)
Habrophlebia modesta	5	42	3	6	2	11	16	23	27		72			207	(27,9%)
Habrophlebia fusca	2		34										1	36	(4,9%)
PLECOPTERA	53	5		7	8	4	32	112	26		147	2	2	394	(34,6%)
Nemoura flexuosa	53			7	8	3	9	110	25		146			361	(91,6%)
Isoperla grammatica		5									1	2	2	6	(1,5%)
Capnia bifrons						1	23	2	1					27	(6,8%)
PORTATE m^3 in 24 h.	535,5	385,3	353,0	1824,5	864,0	762,0	1266,0	1951,0	1590,0		914,5	141,0	157,0	1° STRAMAZZO	
	485,6	376,2	198,7	1440,0	763,0	400,3	1300,0	2981,0	1195,0		1267,0	93,6	172,8	2° STRAMAZZO	

Tab. 1 - Numero di organismi campionati nel substrato mediante l'uso di 5 cestelli riempiti di sassi e numero di organismi catturati con retino da drift per un periodo di 24 ore al 1° stramazzo e 24 ore al 2° stramazzo, per ogni data.

durre l'effetto dovuto alla "variabile portata".
I popolamenti di Efemerotteri e Plecotteri che colonizzano i substrati sono stati invece campionati con tecniche quantitative e qualitative per rispondere a due diverse esigenze.
I campionamenti quantitativi, realizzati per definire la struttura dei popolamenti di fondo, sono stati effettuati, con frequenza all'incirca mensile, utilizzando substrati artificiali costituiti da ciottoli di dimensioni uniformi prelevati in posto e sistemati in 5 cestelli di rete di nylon a larghe maglie, lungo i tratti a monte dei due stramazzi (Tab.l).
I campionamenti qualitativi, realizzati prevalentemente allo scopo di raccogliere un numero adeguato di larve per una attendibile analisi biometrica delle classi di grandezza delle varie specie, sono stati realizzati servendosi di un retino immanicato da macrobentos di 21 maglie/cm. I Plecotteri sono stati misurati allo stereomicroscopio riferendosi a classi di grandezza di 0,5 mm, mentre per gli Efemerotteri sono state considerate classi di grandezza di 1 mm.
I periodi di campionamento degli organismi di fondo sono stati sfalsati rispetto a quelli del drift per evitare che, rimuovendo il fondo, si accentuasse artificialmente il tasso di deriva degli organismi, oltre che per evitare un eccessivo depauperamento della comunità in alcune zone.
Gli adulti sfarfallati sono stati catturati con retino entomologico lungo le sponde.

ANALISI DEI DATI

I dati relativi agli organismi catturati con i retini di deriva, espressi come numero di individui filtrati in 48 ore, e gli organismi campionati con l'uso dei substrati artificiali, sono riportati in Tab. 1.
Una prima considerazione è che, nell'arco dell'anno, tutte le specie di Efemerotteri e Plecotteri sono presenti, sia nei campioni del substrato, sia nei campioni di drift. Ciò sta ad indicare che tutte queste specie sono soggette, anche se in modo più o meno accentuato, al processo di trasporto.
Si può osservare che, in genere, esiste anche una contemporaneità di presenza delle specie nei due tipi di campioni, ciò che conferma l'esistenza di un processo di "drift costante" (Hynes, 1975).

I valori delle abbondanze vanno invece letti criticamente, perché substrato e drift sono campioni fra loro non omogenei. Una possibilità è allora quella di comparare l'incidenza percentuale, sulla composizione strutturale dei diversi campioni, di taxa e specie considerate.
Da una prima valutazione si ricava che le specie più abbondanti nel substrato sono spesso le più abbondanti anche nel drift, senza però che vi sia necessariamente una contemporaneità.
Più interessante è l'analisi dei valori totali di abbondanza (Tab.l). Prendendo in considerazione i gruppi degli Efemerotteri e dei Plecotteri si osserva che i primi incidono sui campioni del substrato per il 74,7% e sui campioni di drift per il 64,4%, mentre i secondi, rispettivamente, per il 25,3% e 34,6%. Quindi gli Efemerotteri, dotati in questo ambiente di una maggior produttività, sono anche quelli più rappresentati proporzionalmente nel drift. Una considerazione analoga può farsi per le singole specie che tendono ad essere presenti in proporzioni simili nei due tipi di campioni. Il comportamento anomalo di Baetis rhodani può essere spiegato con la maggior mobilità di questa specie, la meno vincolata al tipo di substrato utilizzato per il campionamento di fondo. E' noto infatti che i substrati artificiali, mentre consentono una buona comparabilità, possono risultare selettivi nei confronti di alcune specie e quindi non riflettere puntualmente la reale struttura della comunità.
II fatto tuttavia che la composizione percentuale dei campioni del substrato rifletta, almeno come ordine di misura, quella del drift, tende a rafforzare la tesi secondo cui il processo di deriva è correlato positivamente con la produttività delle varie specie. Il drift degli organismi agirebbe quindi da fattore di regolazione della struttura di queste popolazioni (Waters, 1981).
Precedentemente si era fatto notare come i dati riportati nella metà inferiore della tab. 1 non tengono conto dell'incidenza della variabile portata sulla quantità di organismi trasportati. E' noto, infatti, che gli organismi trasportati dalla corrente tendono ad aumentare quando si verificano bruschi aumenti delle portate, anche se, dopo un primo periodo, i valori di densità tendono a scendere al disotto dei valori

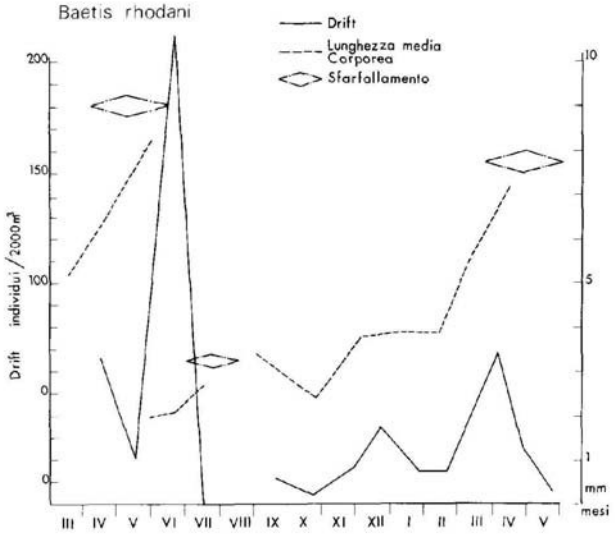


Fig. 1 Confronto nell'arco dell'anno fra le densità degli organismi driftati per volume standard d'acqua filtrata di 2000 m^3, curva di crescita e periodi di sfarfallamento per Baetis rhodani.

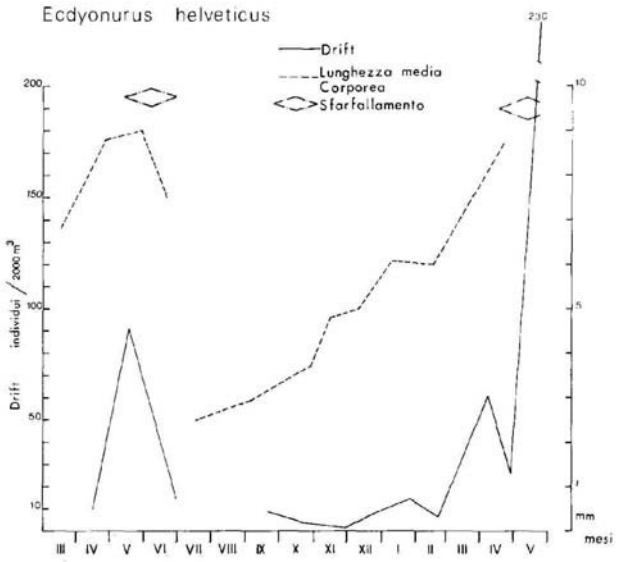


Fig. 2- Confronto nell'arto dell'anno fra le densità degli organismi driftati per volume standard d'acqua filtrata di 2000 m^3, curva di crescita e periodo di sfarfallamento per Ecdyonurus helveticus.

normali (Armitage, 1977). Ciò costituisce una evidente difesa selettiva da parte delle popolazioni di fronte al rischio di un eccessivo impoverimento.
Al fine di ridurre l'effetto di questa variabile sulla rappresentatività dei dati di Tab. 1, essi sono stati trasformati in valori di densità rispetto ad un volume standard di acqua filtrata di 2000 m^3, sulla base dei valori delle portate effettivamente registrate. Gli andamenti del tasso di drift nell'arco dell'anno per le specie Baetis rhodani, Ecdyonurus helveticus, Habrophlebia modesta, Nemoura flexuosa, Habrophlebia fusca, Capnia bifrons e Isoperla grammatica sono stati riportati nelle Figure 1, 2, 3, 4, 5.
La caratteristica comune di questi andamenti è di presentare un unico picco annuale, tranne che per Baetis rhodani in cui sono presenti 2 picchi. In genere il picco annuale tende ad essere ritardato nel primo periodo di campionamento rispetto al periodo equivalente dell'anno successivo.
In alcuni casi questi picchi coincidono con i valori assoluti riportati in Tab. 1, in altri casi essi si discostano.
Un'altra caratteristica comune, anche se meno evidente, è la tendenza ad un aumento progressivo del tasso di drift mano a mano che ci si avvicina al picco annuale.
Questi andamenti si possono spiegare se si pongono a confronto con le curve di crescita delle rispettive specie.
In Fig. 1 si osserva che Baetis rhodani è specie bivoltina con una generazione invernale a lenta crescita, che si sviluppa da settembre a maggio, e una generazione a rapida crescita da maggio a luglio. E' interessante notare come il tasso di drift tenda progressivamente ad aumentare con l'approssimarsi della fase di sfarfallamento, ad ogni generazione. Si giustificano così i due picchi di drift presenti solo in questa specie bivoltina. Il periodo di sfarfallamento della generazione invernale risulta inoltre leggermente ritardato nella prima fase dell'esperienza rispetto al periodo equivalente dell'anno successivo. Questo comportamento, ricorrente in tutte le specie studiate, è da imputare alle differenti condizioni climatiche che hanno visto una primavera in ritardo e decisamente più fredda nella prima parte dell'espe-

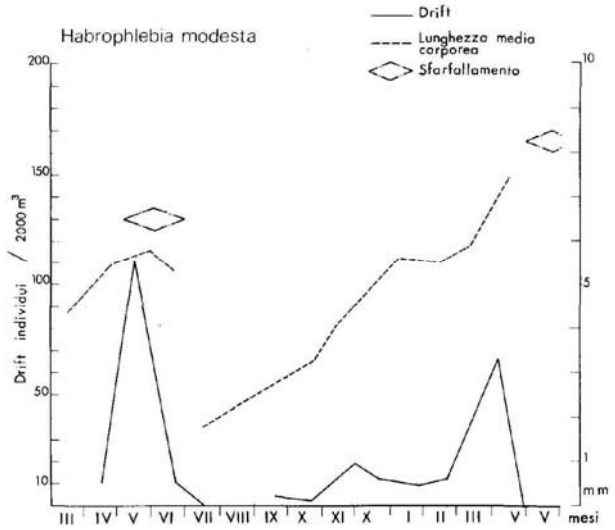


Fig. 3- Confronto nell'arco dell'anno fra le densità degli organismi driftati per volume standard d'acqua filtrata di 2000 m^3, curva di crescita e periodo di sfarfallamento per Habrophlebia modesta.

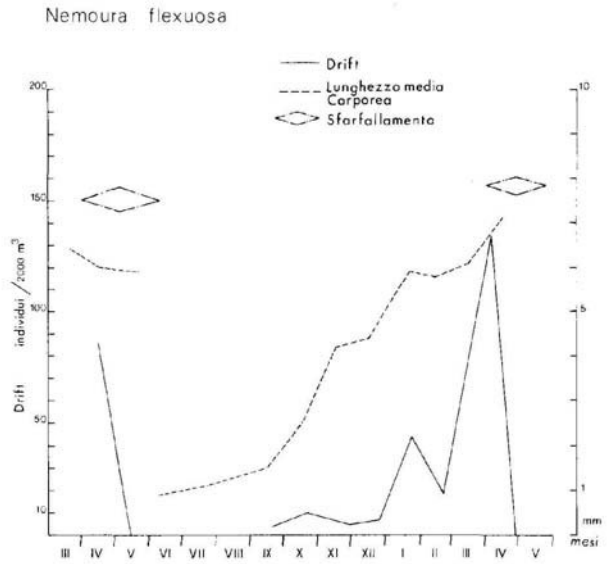


Fig. 4 - Confronto nell'arco dell'anno fra le densità degli organismi driftati per volume standard d'acqua filtrata di 2000 m^3, curva di crescita e periodo di sfarfallamento per Nemoura flexuosa.

rienza.
Ecdyonurus helveticus (Fig. 2) è specie univoltina con periodo di sfarfallamento nel mese di maggio. Si osserva una tendenza progressiva ad un aumento del tasso di drift con l'aumento della taglia degli organismi (Waters, Hokenstrom, 1980). Ciò sarebbe da porre in relazione con una maggiore mobilità degli stadi più maturi, legata alle esigenze della ricerca del cibo e alla spinta competitiva.
Il picco nel tasso di deriva si rende però evidente solo nel periodo immediatamente precedente il periodo di sfarfallamento, che costituisce una fase particolarmente delicata per queste specie, fino al momento in cui abbandonano l'habitat normale per passare dall'ambiente acqueo a quello aereo.
Anche Habrophlebia modesta (Fig. 3) presenta un unico sfarfallamento durante l'anno verso la fine di maggio e i primi di giugno.
Si rileva anche in questo caso un ritardo nel picco di drift, all'inizio dell'esperienza, rispetto a quello della fase conclusiva.
Il Plecottero Nemoura flexuosa (Fig. 4) ricalca il comportamento delle specie univoltine di Efemerotteri fin qui studiate: aumento progressivo del tasso di drift con l'aumentare della taglia degli organismi e picco di drift immediatamente precedente la fase dello sfarfallamento.
Per l'Efemerottero Habrophlebia fusea e i Plecotteri, Capnia bifrons e Isoperla grammatica (Fig. 5) non è stato possibile costruire le curve di crescita, dato il numero esiguo di organismi presenti.
Anche per queste specie il picco di drift, benché non sempre pronunciato, anticipa il periodo di sfarfallamento. Esso si colloca per H. fusca verso la fine di luglio e i primi di agosto, per C. bifrons nel mese di gennaio e per T. grammatica nel mese di maggio.
Una valutazione di particolare interesse che si ricava da questa analisi della dinamica del tasso di drift riguarda l'incidenza complessiva del trasporto ad opera della corrente sulla produzione e sulla struttura delle varie specie. Il fatto che i picchi massimi del tasso di deriva coincidano con l'approssimarsi del periodo di sfarfallamento ridimensiona il ruolo del drift come fattore di impoverimento delle comunità. Infatti la stessa quota di biomassa sarebbe persa

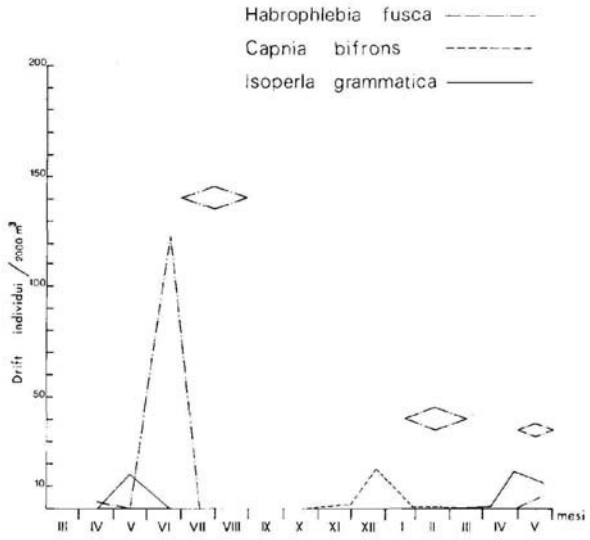


Fig. 5 - Confronto nell'arco dell'anno fra le densità degli organismi driftati per volume standard d'acqua filtrata di 2000 m^3 e periodi di sfarfallamento per Habrophlebia fusea, Capnia bifrons e Isoperla grammatica.

ugualmente attraverso il processo di sfarfallamento. Per contro la funzione di regolazione delle popolazioni risulta prevalentemente a carico del drift costante con l'asportazione periodica di piccole quote di biomassa, in equilibrio con la produttività delle varie specie e con la "carrying capacity" dell'ambiente.

Solo quando le popolazioni vanno incontro a processi naturali di ricambio, come nel caso dello sfarfallamento, il drift assume dimensioni sensibili, tenendo però conto che vi sarà una rapida compensazione attraverso il volo degli adulti verso monte per l'ovodeposizione (Williams, Hynes, 1976).

Dai dati si rileva inoltre la capacità autoregolatrice delle popolazioni anche nei confronti delle variazioni di portata. I campioni di gennaio, febbraio e settembre, che sono stati raccolti in condizioni di portata elevata, presentano infatti densità di drift fra le più basse. Ciò sta a testimoniare della capacità di queste popolazioni di utilizzare come meccanismi di re

gelazione fattori ambientali apparentemente negativi.

CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

Il processo di trasporto degli organismi macroinvertebrati ad opera della corrente, se valutato in modo puntiforme, può apparire contraddittorio rispetto alle esigenze di equilibrio delle popolazioni o soggetto alla casualità di alcuni fattori ambientali. Da questo lavoro sembra emergere, invece, la realtà di un processo controllato e utilizzato dalle popolazioni per la propria regolazione.

Il drift costituisce inoltre occasione per una continua ricolonizzazione dei tratti a valle garantendo un rifornimento costante di organismi in grado di compensare effetti occasionali di stress dovuti a piene rovinose, asciutte, inquinamenti saltuari(Williams,Hynes, 1976).

Per questi motivi le indagini che vengono condotte sulle comunità di acque correnti dovrebbero comprendere anche lo studio del drift. Esso è in grado di fornire utili indicazioni sulla biologia delle specie (es. imminenza dei periodi di sfarfallamento) e struttura delle comunità (il campione di drift raccoglie specie provenienti da diversi microhabitats).

Per contro occorre esercitare una certa criticità nell'analisi di campioni raccolti su corsi d'acqua con l'uso di retini di cattura che sfruttano l'azione della corrente. Si può infatti verificare il caso di catture di organismi trasportati dalla corrente che non sono tipici di quell'ambiente, ma vengono trasportati passivamente da immissari a monte e che, solo occasio-

nalmente e per brevi tratti, vengono a far parte di quel tratto di corso d'acqua.

BIBLIOGRAFIA

Armitage, P.D. 1977. Invertebrate drift in the regulated River Tees and an unregulated tributary Maize Beck, below Cow Green Dam. Freshw. Biol., 7:107-183.

Bishop, J.E. and H.B.N. Hynes. 19ÓQ. Downstream drift of the invertebrate fauna in a stream ecosystem. Arch. Hydrobiol., 66:59-90.

Chutter, F.M. 1976. Variation in the day-time drift of a Natal River. Verh. Internat.Verein.Limnol., 19:1728-1735.

Elliot, J.M. 1967. The life histories and drifting of the Plecoptera and Ephemeroptera in a Daytmore stream. J.Animai.Ecol., 36:343-301.

Ghetti, P.F., G. Bonazzi, G. Musi and U. Ravanetti. 1979. Cicli vitali di Efemerotteri e Plecotteri in un torrente sperimentale. Ateneo Parmense, 15(2):149-157.

Hildebrand, S.G. 1974. The relation of drift to benthos density and food level in an artificial stream. Limnol.Oceanogr., 19:951-957.

Hiroki, M. 1980. Relation between the two dial phenomena shown by freshwater Gammarids: drift and vertical migration. Crustaceana Supplement, 6:182-193.

Hynes, H.B.N. 1975. Downstream drift of invertebrates in a river in southern Ghana. Fresh.Biol., 5:515-532.

Madoni, P. and P.F. Ghetti. 1980. Etude de la dynamique des populations des ciliès d'un torrent expérimentale pendant deux annèes. Hydrobiologia, 74:273-282.

Müller, K. 1954. Investigations on the organic drift in North Swedish streams. Rep.Inst.Freshw.Res.,Drottningholm, 35:133-148.

Waters, T.F. and J.C. Hokenstrom. 1980. Annual production and drift of the stream Amphipod Gammarus pseudolimnaeus in Valley Creek, Minnesota. Limnol.Oceanogr., 25:700-710.

Waters, T.F. 1981. Seasonal patterns in production and drift of Gammarus pseudolimnaeus in Valley Creek, Minnesota. Ecology, 62(6):458-1466.

Williams, D.D. and H.B.N. Hynes. 1976. The recolonization mechanism of stream benthos. Oikos, 27:265:272.

Zullini, A. and C. Ricci. 1980. Bdelloid rotifers and nematodes in a small Italian stream. Freshwater Biology, 10:67-72.

STUDIO GEOCHIMICO E MICROBIOLOGICO DI UNA CAROTA DEL MAR TIRRENO

P. GIORDANI°, M. FRIGNANI°, E. GUERZONI°° e R. SELLI°°°

° C.N.R. - Istituto di Geologia Marina, Bologna
°° Istituto di Industrie Agrarie dell'Università, Bologna
°°° Istituto di Geologia e Paleontologia dell'Università,Bologna

SUMMARY

The effectiveness of bacterial activities on diagenetic processes and their palaeoecological significance have been studied in a core from the Thyrrenian Sea, near Mount Vavilov.

Physico-chemical (pH, Eh, t°C) and microbiological parameters (bacterial counts, aerobes/anaerobes ratios, alophyles percentages, biochemical activities) have been measured on board, soon after collection and sectioning of the core. Chemical species, normally related to bacterial activities (org. carbon and nitrogen, nitrates, nitrites, ammonia, sulphates and water content), together with grain size distributions have been analyzed several days later on freeze-dried samples.

The depth profiles of many parameters show interesting features which allow some inferences on diagenetic reactions occurring in deep-sea sediments.

INTRODUZIONE

Ricerche biogeochimiche e geomicrobiologiche hanno ricevuto un certo impulso, da diversi anni, specialmente a causa di interessi di ordine pratico, come la ricerca di depositi di idrocarburi e lo sfruttamento di minerali poveri (biolisciviazione). In relazione a questi studi si è andata man mano precisando la importanza del ruolo svolto dagli agenti biologici nei primi studi della diagenesi dei sedimenti.

Ciascun ambiente sedimentario, in virtù delle proprie specifiche caratteristiche geografiche, fisiche e chimiche, offre sostentamento ad una certa popolazione di organismi viventi i quali, a loro volta, lo modificano in conseguenza delle loro attività specifiche. Tra questi, i batteri occupano un posto di fondamentale importanza per numero, versatilità fisiologica ed ubiquità. In generale le attività geologiche dei batteri non sono specifiche, né confinate ad un numero limitato di specie, ma dipendono ampiamente dalle condizioni ambientali. Dalle prime indagini condotte

sull'argomento (Mekhtieva, 1962; Oppenheimer, 1960) questo tipo di fenomenologia è risultato molto legato alla composizione granulometrica del sedimento, al contenuto di acqua e di sostanze che possono essere usate dai batteri per il metabolismo (materia organica, fosfati e composti dell'azoto) e la respirazione (nitrati, Fe^{III} e Mn^{IV}, solfati, carbonati, ecc.).

La presente ricerca è stata programmata allo scopo di ottenere le prime informazioni sulla presenza di microorganismi e sul loro possibile ruolo nella diagenesi dei sedimenti profondi del Mar Tirreno, mediante l'analisi ed il confronto di proprietà microbiologiche e chimiche in funzione della profondità di seppellimento.

MATERIALI E METODI

E' stata studiata una carota prelevata nel Mar Tirreno centrale nel luglio 1974, durante una crociera eseguita dal LGM con la n/o Bannock del C.N.R. Il punto scelto è localizzato nella piana batiale a SE del monte Vavilov (39°56'80 lat. N e 12°57'40 long. E), alla profondità di 3593 m. La carota è lunga 11,55 m e, dal punto di vista litologico, appare composta prevalentemente da argilla, talora siltosa, e da qualche sottile strato di sabbia (da 1 a 17 cm di spessore).

La carota è stata aperta a bordo ed immediatamente campiona-ta, avendo cura di evitare ogni contaminazione. In questa fase sono stati eseguiti anche gli isolamenti batterici e le misure di Eh. I campioni per le analisi chimiche sono stati conservati in contenitori di vetro alla temperatura di -16°C; in laboratorio sono stati liofilizzati a -50°C sotto vuoto.

Le determinazioni microbiologiche sono state eseguite su materiale prelevato sterilmente dal centro della carota mediante uno stantuffo e quindi opportunamente omogeneizzato e diluito (Litchfield et al., 1975). I conteggi sono stati eseguiti in triplo su 5 substrati diversi al fine di determinare, oltre al numero, anche le caratteristiche funzionali dei batteri. Per definire il numero totale di cellule (M.P.N.) si è usato il metodo proposto da Bianchi (1971); dello stesso autore (1968) erano i mezzi per lo studio delle attività: proteolitica, lipolitica, agarolitica e amilolitica. Il conteggio degli sporigeni è stato eseguito su isolamenti fatti dopo che le sospensioni di sedimento erano state portate a 100°C per 15'. Il numero di cellule producenti polisaccaridi e cristalli di aragonite è stato valutato partendo dalle colonie comprendenti i tipi morfologici in possesso di tali caratteristiche; la suddivisione in tipi morfologici è stata eseguita sulla base dell'aspetto delle colonie e delle

cellule al microscopio.

Il contenuto di acqua e l'umidità residua dei campioni liofilizzati sono stati determinati per essiccamento in stufa a 110°C per 24 ore.

Le analisi granulometriche delle frazioni più grossolane sono state eseguite mediante setacci (ASTM), mentre il contenuto di materiale fine è stato determinato usando un sedimentometro a fotoestinzione.

La tabella 1 riassume i risultati delle analisi chimiche; i dati sono espressi come intervalli di concentrazione (rispetto al peso secco). Accanto ad ogni specie è citato il metodo analitico e il relativo riferimento bibliografico.

RISULTATI E DISCUSSIONE

I profili del contenuto di sabbia, silt e argilla con la profondità sono mostrati nella fig. 1, assieme all'andamento dei parametri chimici (tutti i valori sono stati normalizzati ali1 interno dei rispettivi intervalli di concentrazione). I campioni , in linea di massima, sono stati prelevati al di fuori dei livelli sabbiosi ma non si può escludere di aver campionato almeno la parte più fine di alcune turbiditi. Mentre i campioni 1, 3, 4 e parzialmente il 2 sono costituiti da argille lievemente siltose, che possono essere considerate tipiche della sedimentazione attuale, i livelli 5 e 6, raccolti rispettivamente sopra e sotto un livello sabbioso turbiditico che ha anche eroso i sedimenti sottostanti, risentono chiaramente dell'influsso del materiale più grossolano. Le relativamente elevate percentuali di sabbia e silt indicano, infatti, una commistura di materiale ed un rimaneggiamento del deposito. I campioni dal 7 al 12 mostrano un andamento regolare; il contenuto di silt indica una sedimentazione lievemente più grossolana dell'attuale, ma senza influsso evidente di rimaneggiamento. Il livello 13 appare quello che più si distacca, per composizione granulometrica, degli altri campioni:si tratta infatti di un silt argilloso (53,4% di silt e 46,6% di argilla) prelevato circa 50 cm sopra il maggior livello sabbioso della carota. Si può pensare che, in questo caso, sia stata campionata la parte più fine, probabilmente ricca di resti organogeni, del maggior evento turbiditico attraversato. Nei restanti casi la rielaborazione del materiale non è così evidente anche se, nei campioni 16 e 18, l'elevato tenore di silt indica ancora la influenza del deposito da correnti torbide.

In conclusione, i campioni esaminati provengono da una zona soggetta a rimaneggiamenti, forse di lieve entità, ma presenti in quasi tutto lo spessore sedimentario. Non sono state eseguite a-

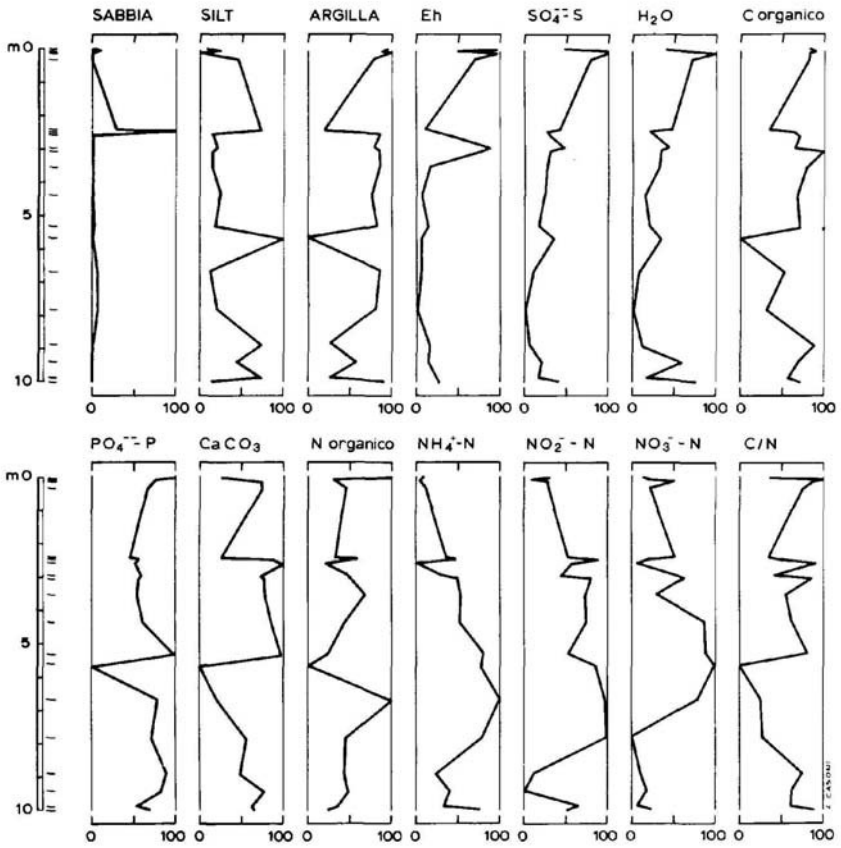


Fig. 1 - Profili di concentrazione di parametri chimici e sedimentologici nella carota; valori normalizzati.

nalisi stratigrafiche e non si dispone di una datazione dei livelli; tuttavia, da comparazioni con carote prelevate nelle immediate vicinanze (M.L. Colalongo e A.M. Borsetti, comunicazione personale), si può considerare che i primi 50 cm di sedimento (camp. 1-4) si siano depositati nell'Olocene e cioè negli ultimi 10.000 anni. Procedendo verso il basso, i campioni 5-12 dovrebbero risalire all'ultima fase glaciale del Würm III (15.000-30.000 anni fa), mentre la grossa turbidite sulla quale è stato prelevato il campione 13 potrebbe rappresentare la fine dell'interstadiale W II/ W III (30.000 anni), che si estende per il resto della carota.

La variazione dei parametri chimici con la profondità mette in evidenza dei livelli di discontinuità che sono chiaramente in relazione con la composizione granulometrica dei campioni. Ciò si-

gnifica che il rimaneggiamento del materiale sedimentario trova riscontro nella alterazione dei valori di quasi tutti i parametri misurati (fig. 1).

I coefficienti di correlazione (r) fra i dati (chimici e granulometrici) sono riassunti nella tabella 2; alcuni dei valori più significativi sono facilmente spiegabili mentre il significato di altri rimane oscuro. Ad esempio i dati di SO_4^{2-} - S corrispondono a quella frazione solubile che varia in relazione al contenuto di acqua interstiziale; il C organico, a sua volta, mostra spesso una ottima correlazione con 1'argilla a causa del potere adsorbente di quest'ultima.

Un parametro a cui viene data, generalmente, una grande importanza, come indicatore del tipo di attività batterica in atto, è il potenziale di ossidoriduzione (Patrick e Delaune, 1977; Jones, 1980) poiché, in assenza di ossigeno, i microorganismi utilizzano sostanze ossidate come accettori di elettroni per la decomposizione della materia organica, la cui ossidazione è caratterizzata da Eh via via decrescenti (nell'ordine: nitrati, Fe^{3+}, Mn^{4+}, SO_4^{2-}, CO_3^{2-}, ecc.). L'Eh diminuisce con la profondità fino a raggiungere valori negativi, compatibili con la riduzione dei solfati. In questo caso la produzione di ammoniaca per decomposizione della sostanza organica rende ragione delle relazioni di SO_4^{2-} - S, diretta col potenziale di ossidoriduzione ed inversa con la concentrazione di NH_4^+ - N.

Per quanto si riferisce ai dati microbiologici, è noto che i conteggi batterici (MPN) danno una misura di attività potenziale, non necessariamente in atto, e rappresentano il risultato di diversi processi metabolici. Secondo Brock (1980) un numero minore di 10^5 cellule/ml indicherebbe una corrispondente attività trascurabile e potrebbe significare che le specie, attive in passato, sono, al momento dell'analisi, in estinzione. Una popolazione numerosa sarebbe perciò una prova che in un certo tempo passato esisteva un ambiente favorevole allo sviluppo e sussistono tuttora condizioni per la sopravvivenza (Dale, 1974).

La determinazione delle attività litiche può dare un quadro più completo del ruolo della popolazione microbica nella mineralizzazione della sostanza organica. La funzione proteolitica sembra legata alla abbondanza di microorganismi eterotrofi; quella amilolitica (gli amidi sono notoriamente elaborati dalla flora planctonica) è molto diffusa e particolarmente intensa negli strati superficiali, inferiore in profondità, dove pure è molto limitata la funzione lipolitica (Bianchi, 1971). Da questa informazione si può desumere che le variazioni di alcuni dati microbiologici in funzione della profondità del sedimento possono servire da riscontro per ricostruzioni paleoambientali. La loro utili

Specia chimica	Metodo	Intervallo di concentrazione (peso secco)	Bibliografia
C-organico	combustione umida	0.03 - 0.76 %	Bush, 1970
N-organico	distillazione Kjeldahl	0.04 - 0.08 %	Olausson, 1975
NH_4-N	" "	9.6 -38.3 ppm	"
NO_3^--N	" "	1.9 - 5.08 ppm	Bremner, 1964
NO_2^--N	colorimetrico	0.03 - 0.08 ppm	"
$CaCO_3$	gas-volumetrico	7.10 -38.3 %	Rabbi, 1972
SO_4^{2-}-S	torbidimetrico	0.05 - 0.16 %	Massumi e Cornfield, 1963
PO_4^{3-}-P	colorimetrico	299 - 652 ppm	Olausson, 1975

Tabella 1 - Metodologie analitiche ed intervalli di concentrazione dei principali parametri chimici.

	C org.	N org.	NH_4^+-N	PO_4^{3-}-P	Eh	NO_3^--N	NO_2^--N	SO_4^{2-}-S	$CaCO_3$	Acqua
C org.	1.0000	.3208	-.4745	.6340	.5476	-.2934	-.4792	.3276	.5807	.3365
N org.	.3208	1.0000	.0594	.4764	.1866	-.1275	.1164	-.1532	-.1538	-.2337
NH_4^+-N	-.4746	.0594	1.0000	-.1344	-.6357	.4666	.6638	.6107	-.2477	-.4648
PO_4^{3-}-P	.6340	.4764	-.1344	1.0000	.2172	-.3143	-.4761	.0133	.2842	.0727
Eh	.5476	.1866	-.6357	.2172	1.0000	-.1233	-.4024	.6820	.1379	.5819
NO_3^--N	-.2934	-.1275	.4665	-.3143	-.1233	1.0000	.3459	-.0052	-.2255	-.0859
NO_2^--N	-.4792	.1164	.6638	-.4761	-.4024	.3459	1.0000	-.4993	-.1388	-.6117
SO_4^{2-}- S	.3276	-.1532	-.6107	.0133	.6820	-.0052	-.4993	1.0000	.0449	.8677
$CaCO_3$	.5807	-.1538	-.2477	.2842	.1379	-.2256	-.1388	.0449	1.0000	.0854
Acqua	.3365	-.2337	-.4648	.0727	.5819	-.0859	-.6117	-.8677	.0854	1.0000
Argilla	.5933	.3366	-.1323	.5486	.4978	-.0683	-.1467	.3552	.3712	.3293

Tabella 2 - Coefficienti di correlazione lineare (r) fra variabili (chimiche e sedimentologiche).

tà in questo senso è confermata dal fatto che esiste una correlazione diretta fra abbondanza batterica ed acqua "legata", cioè adsorbita al materiale sedimentario fine (Brock, 1971; Mattioli et al., 1981); ciò sarebbe una prova che la maggior parte dei batteri non migra attraverso gli strati sedimentari, come già ipotizzato da Bianchi (1971).

Un fenomento piuttosto interessante, che può spiegare le difficoltà connesse con i conteggi batterici in ambiente marino è la presenza di un certo numero di organismi capaci di svilupparsi in aggregati compattati dalla secrezione di polisaccaridi. Un tipo morfologico particolare provoca, dopo poche ore, la formazione di cristalli che, in una settimana, divengono visibili ad occhio nudo. Essi sono stati identificati come aragonite ortorombica.

La variazione dei dati microbiologici con la profondità è schematizzata nella fig. 2, dove i valori sono normalizzati fra 10 e 10^{10} cellule/ml. In assenza di dati sull'attività reale dei batteri, normalmente forniti dalla misura di composti cellulari metabolicamente importanti, come ATP e deidrogenasi (AllereYingst, 1980), sono stati osservati gli sviluppi in presenza di sedimento (dati non riportati) e isolati gli sporigeni, che rappresentino le specie più resistenti agli stress ambientali.

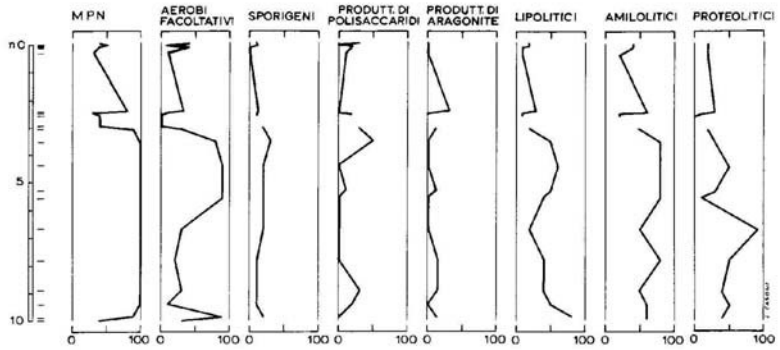


Fig. 2 - Profili dei conteggi batterici nella carota; valori normalizzati.

Spesso è stata riscontrata una diminuzione della popolazione batterica nei sedimenti al di sotto di profondità variabili da 1 m o più (Emery e Rittenberg, 1952). Ciò è stato attribuito soprattutto ad un minor contenuto di acqua e di materia organica, la cui concentrazione rappresenta, comunque, l'elemento limitante lo sviluppo delle attività batteriche. Infatti viene spesso data per

scontata la correlazione diretta tra MPN e C organico e, laddove questa manca, si ipotizza uno stato della materia organica così degradato da non essere più utilizzabile; un'altra ipotesi è che, in sedimenti abissali, la sostanza organica, presente a livelli molto bassi venga decomposta per via puramente chimica (Waples e Sloan, 1980). Nel caso studiato si nota una distribuzione irregolare con la profondità, nessuna evidente relazione con il C organico ed alti MPN al di sotto del campione 9, dove i valori di Eh si mantengono decisamente negativi. A questi livelli si riscontra anche un numero di tipi morfologici più elevato, e più alti conteggi di batteri amilolitici, proteolitici e lipolitici. Si osserva anche un numero più elevato di sporigeni ed un maggiore sviluppo in presenza di sedimento.

Questi dati, in accordo con quelli di Bianchi (1971) per il Mediterraneo orientale, potrebbero rappresentare la prova della esistenza di un'alta attività batterica nelle epoche a cui risalgono questi sedimenti più antichi.

RINGRAZIAMENTI

Desideriamo ringraziare Nevio Zitellini per il suo apprezzabile contributo all'analisi di alcuni parametri chimici e Paolo Colantoni per gli utili suggerimenti.

BIBLIOGRAFIA

Aller, R.C., J.Y. Yingst. 1980. Relationships between microbial distributions and the anaerobic decomposition of organic matter in surface sediments of Long Island Sound, USA. Mar.Biol., 56: 29-42.

Bader, R.G. 1955. Carbon and nitrogen relations in surface and subsurface marine sediments. Geochim. Cosmochim. Acta, 7:205- 211.

Bianchi, A.J.M. 1968. Un milieu de culture permettant d'évaluer la population bactérienne des sédiments marins et certaines potentialités fonctionnelles des ses composants. Recl. Trav. Stu. Mar. Endoume, 43: 345-346.

Bianchi, A.J.M. 1971. Distribution de certaines bactéries hétérotrophes aérobies dans les sédiments profonds de Méditerranée Orientale. Mar.Biol., 11: 106-117.

Bremner, J.M. 1964. Inorganic forms of nitrogen. In: "Methods of soil analysis", v. II. C.A. Black ed., Amer. Soc. Agron.,1218 -1222.

Brock, T.D. 1971. Principles of microbial ecology. J. Wiley, New York.

Brock, T.D. 1980. Microbial transformations of elements in aquatic systems. Microbiol., 341-343.
Bush, P.R. 1970. A rapid method for the determination of carbonate carbon and organic carbon. Chem. Geol., 6: 59-62.
Dale, N.G. 1974. Bacteria in intertidal sediments: factors related to their distribution. Limnol. Oceanogr., 19: 509-518.
Emery, K.O. e S.C. Rittenberg. 1952. Early diagenesis of Califonia basin sediments in relation to the origin of petroleum. Bull. Amer. Assoc. Petrol. Geol., 36: 735-806.
Jones, G.E. 1980. Biogeochemical succession of bacterial activities in aquatic sediments. Microbiol., 348-349.
Litchfield C.D., J.B. Rake, J. Zindulis, R.T. Watanabe e D.J. Stein. 1975. Optimization of procedures for the recovery of heterotrophic bacteria from marine sediments. Microbial Ecol., 1: 219-233.
Massumi, A. e A.H. Cornfield. 1963. Determination of soluble sulphates by turbidimetry. Analyst, 88: 321-325.
Mattioli, R., L. Angiolini, I. Domini Pellerano, N. Ghedini e S. Guerzoni. 1981. Caratteri biogeochimici di un sedimento marino superficiale della zona antistante il litorale di Ravenna. Inquinamento, 6: 3-8.
Mekhtieva, V.L.V. 1962. The distribution of microorganisms in present day and acient clay-silt sediments. In: "Geological activity of microorganisms". S.Y. Kuznetzov ed, Consultant Bureau Publ., New York, 48-51.
Messineva, M.A., 1962. The geological activity of bacteria and its effect on geochemical processes. In: "Geological activity of microorganisms". S.Y. Kuznetzov ed., Consultant Bureau Publ., New York, 6-14.
Olausson, E., 1975. Methods for the chemical analysis of sediments. In: "Manual of methods in aquatic environment research", part 1. FAO Technical Paper No. 137: 201-211.
Oppenheimer, C.H., 1960. Bacterial activity in sediments of shallow marine bays. Geochim. Cosmochim. Acta, 19: 244-260.
Patrick, W.H. jr. e R.D. Delaune. 1977. Chemical and biological redox systems affecting nutrient availability in the coastal wetlands. Geoscience and man, XVIII: 131-137.
Rabbi, E. 1972. Rocce carbonatiche: semplici analisi chimiche ed equilibri della CO_2 in soluzione acquosa. CLUEB, Bologna, 200 pp.
Waples, D.W. e J.R. Sloan. 1980. Carbon and nitrogen diagenesis in deep-sea sediments. Geochim. Cosmochim. Acta, 44: 1463-1470.

APPORTI EOLICI STAGIONALI SUL MEDITERRANEO CENTRALE

R. LENAZ, V. LANDUZZI, L. TOMADIN

C.N.R. - Istituto di Geologia Marina, Bologna

SUMMARY

Researches carried out in several marine areas, stress the importance or eolian supply to the present sedimentation. Owing to its geographical location, the Mediterranean Sea is particularly exposed to the direct or indirect wind blown dust transport.
To estimate the dimensions of this phenomenon, the Bolo Project of C.N.R. was started in 1981.
The results so far obtained, allow to distinguish a seasonal cycle of eolian supply, a relationship between dust mineralogy and wind transport direction and to recognize a costant distribution in grain-size of collected fraction.
A First Approximation Map of Soil Erodibility, emphasize the main areas contributing to the eolian supply.

INTRODUZIONE

Le più recenti ricerche sul contributo eolico alla sedimentazione pelagica, fanno ritenere che il fenomeno abbia dimensioni tali che non si possono ignorare nello studio della distribuzione e della provenienza dei sedimenti.
Infatti, secondo Yaalon e Ganor (1978), nel solo bacino del Mediterraneo orientale, cadono annualmente 25 milioni di tonnellate di polveri coliche di provenienza africana. Inoltre,nel 1970 sono cadute sull'Oceano Atlantico da 60 a 200 milioni di tonnellate di polveri provenienti dalle regioni dell'Africa occidentale (Morales, 1978).
Per dare un'idea del contributo eolico alla sedimentazione, è stato stimato che esso rappresenti il 50% del totale nell'area della dorsale medio-atlantica (Chester, 1972).
Questo tipo di ricerche assume particolare interesse nel Mediterraneo, sia per la sua collocazione geografica, sia per la scarsità di conoscenze, limitate per lo più alla sola parte orientale del bacino (Chester R., Baxter G.G., Behaiyry A.K.A., Connor K., Cross D., Elderfield H., Padgham R.C. 1977).
Per ampliare le conoscenze sedimentologiche del fenomeno eolico nell'area mediterranea, nel 1981 è stato avviato il Progetto Bolo

del C.N.R.

METODI DI CAMPIONATURA E DI STUDIO

La campionatura delle polveri eoliche può essere condotta per filtrazione di volumi noti d'aria mediante pompe aspiranti, oppure per intercettazione di grandi volumi d'aria mediante opportune reti di nylon (Fig. 1).

Questa tecnica, largamente sperimentata (Delany A.C., Delany A.Claire, Parkin D.W., Griffin J.J., Goldberg E.D., Reimann B. E.F.,1967; Chester e Johnson, 1971; Prospero e Bonatti, 1969; Goldberg, 1971) unisce un'estrema semplicità operativa ad una piena rispondenza di risultati, come è stato dimostrato da esami comparativi tra i dati analitici ottenuti con i due metodi di prelievo (Prospero, 1981). Ciò resta valido nonostante il variabile grado di efficienza dell'intercettazione, compreso fra il 50% (Delany et al. 1967) e l'11% (Goldberg, 1971). Da esso dipenderebbe la perdita di parte della frazione più fine $< 0,5\mu$ e l'efficienza massima per frazioni $\geq 7\mu$ (Parkin et al 1967). In particolare, quest'ultimo dato, sembra in accordo con le granulometrie di molti depositi lessici (Principi, 1967) e con la constatazione che la frazione limosa, per i suoi scarsi legami di aggregazione nei suoli, è quella più facilmente sottoposta all'erosione eolica.

Del variabile grado di efficienza della campionatura per intercettazione, viene tenuto conto mediante coefficienti di correzione proposti dagli Autori.

In base a tali coefficienti, una volta determinato il carico medio relativo ad ogni campionatura, espresso in $\mu gr/m^3$, si possono stimare i valori corrispondenti all'accumulo massimo e minimo relativo all'area (v. Tab. 1, 2, 3).

La campionatura delle polveri atmosferiche mediante reti, viene effettuata di consueto in mare per ridurre l'influenza dello inquinamento industriale e per raccogliere, all'interfaccia aria-acqua, quei materiali che contribuiscono effettivamente alla sedimentazione in una data area.

Ne deriva l'esigenza di una campionatura eseguita a bordo di navi che seguano con continuità rotte prestabilite.

Tra le analisi di laboratorio si sono rivelate particolarmente utili:

a) le analisi mineralogiche mediante diffrattometria a raggi X del campione totale e della frazione $< 2\mu$
b) le analisi granulometriche mediante sedimentometro a fotoestinzione.

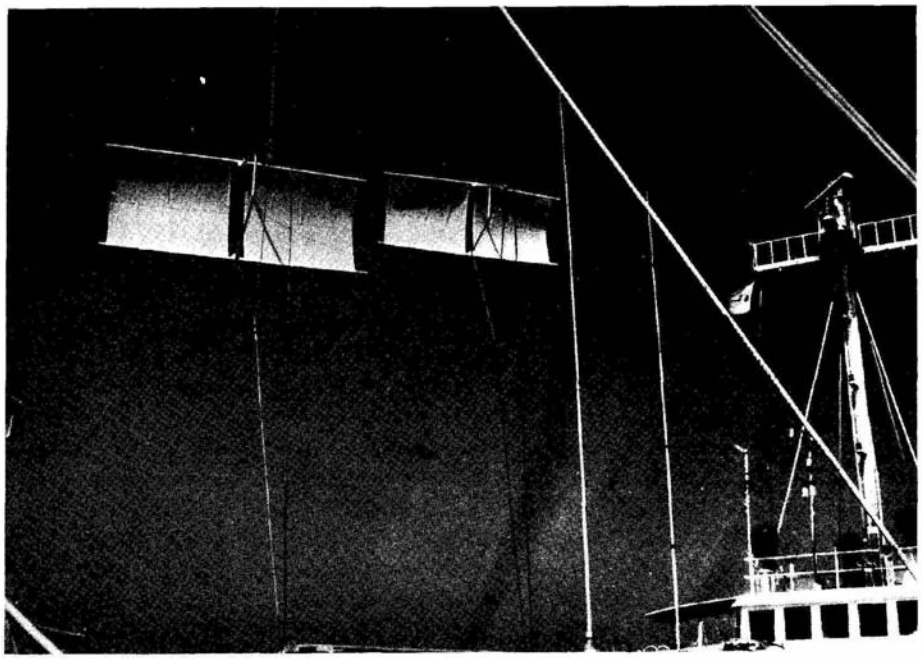


Fig. 1 - Sistema di campionatura per intercettazione

CONDIZIONI GENERALI DI MOBILIZZAZIONE E DI TRASPORTO DI POLVERI EOLICHE NEL BACINO DEL MEDITERRANEO

Da un punto di vista generale i fattori che condizionano il trasporto eolico si possono distinguere in:

a) fattori predisponenti, connessi con le caratteristiche fisiche dei suoli o delle formazioni geologiche affioranti nelle aree interessate dal fenomeno eolico.
b) fattori determinanti, legati alle condizioni aerodinamiche in quota ed al suolo.

Tra i fattori predisponenti è di particolare importanza l'evoluzione pedogenetica che si manifesta con 1'"evidenza strutturale" e la "stabilità di aggregazione" degli orizzonti superficiali. Di pari importanza è la granulometria, la percentuale di umidità presente nel suolo ed il rapporto tra sostanza organica humificata e carbonati (Dolgilevich, 1977).

L'evoluzione pedogenetica nelle province mediterranee è molto avanzata, mentre le condizioni climatiche sono tali da assicurare per un lungo periodo dell'anno, uno stato di umidità non inferiore al 4%, soglia al di sopra delle quale la resistenza del suolo all'erosione eolica aumenta in modo esponenziale (Azizov, 1977).

Anche la vegetazione, la morfologia e l'azione antropica sono fattori che intervengono nei processi di erosione eolica. Pertanto sono le ampie aree desertiche e predesertiche dell' Africa settentrionale a fornire il contributo volumetrico maggiore al trasporto eolico verso il Mediterraneo.

Le conoscenze sulle condizioni udometriche dei suoli, sulla stabilità strutturale e sul tipo di argilla che caratterizza la frazione più fine, sono ancora scarse. Viene allora qui proposto in alternativa, un indice di erodibilità o indice WEG (Lyles, 1976) basato sulla differenziazione tessiturale e sulla percentuale della frazione > 0,84 mm presente negli orizzonti superficiali dei suoli. Se queste indicazioni vengono corrette con i dati disponibili sulla stabilità degli aggregati, l'indice WEG che si ottiene, può essere introdotto nella cartografia delle associazioni dei suoli del bacino del Mediterraneo (FAO/UNESCO,1978). Ne deriva in tal modo una rappresentazione delle principali province di alimentazione del trasporto eolico (Fig.2). Le unità cartografate sono distinte in base alla perdita annua di suolo espressa in tonnellate per ettaro.

I valori numerici, dedotti dalle sperimentazioni condotte in USA (Hayes, 1972), non sono trasferibili, in valore assoluto, all'ambiente mediterraneo, ma servono a distinguere, in prima approssimazione, la diversa predisposizione all'erosione eolica di un'a-

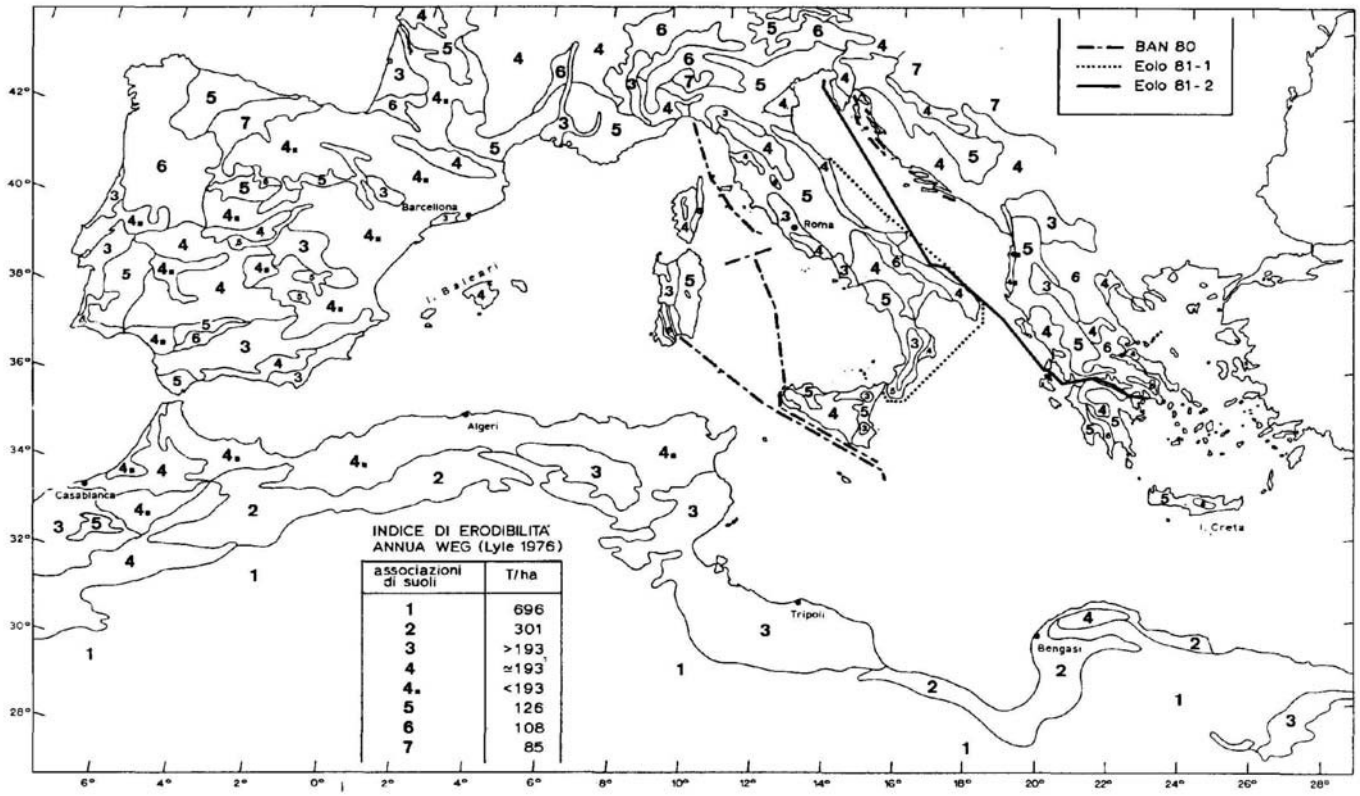


Fig. 2 - Associazioni dei suoli del bacino del Mediterraneo in funzione dell'indice di erodibilità o WEG.

rea rispetto ad un'altra.

Per quanto riguarda la mobilizzazione degli aggregati ed il loro trasporto (fattori determinanti), dai dati sperimentali di Dolgilevich (1976), si ricava che essa avviene principalmente entro i primi due metri dal piano di campagna e la fase di deposito avviene in funzione della micromorfologia dell'area. Pertanto, il trasporto in sospensione delle frazioni fini, si manifesta solo in condizioni meteorologiche particolari. Queste devono essere tali da sviluppare moti connettivi concordanti in quota ed al suolo, tali da imprimere un moto ascensionale alle polveri determinandone il trasporto a grande distanza.

Prodi e Fea (1978), hanno individuato 3 tipi di circolazione atmosferica favorevoli a simili eventi nell'area mediterranea. Il primo è caratterizzato da un minimo barico su Spagna e Marocco che determina un trasporto diretto di polveri africane verso il Mediterraneo. Queste condizioni meteorologiche si sono ripetute 25 volte dal 1968 al 1977.

Gli altri due tipi di circolazione atmosferica favorevoli al trasporto, si verificano, rispettivamente, in concomitanza con un anticiclone centrato su Spagna e Marocco e con un minimo barico gravitante sui Balcani. In entrambi i casi si verifica un trasporto indiretto di polveri verso il Mediterraneo. Gli Autori hanno osservato il ripetersi di episodi del primo tipo per 6 volte e di episodi del secondo tipo per 3 volte nello stesso periodo sopra citato.

Complessivamente, dal 1968 al 1977 si sono verificati 34 episodi favorevoli al trasporto di polveri verso il Mediterraneo. Non si tratta quindi di avvenimenti isolati, tuttavia essi non si ripetono con una frequenza tale da farci trascurare quanto avviene in. condizioni di circolazione atmosferica diverse da quelle sopra schematizzate.

Infatti le polveri sotto la spinta dei moti convettivi, possono raggiungere la troposfera (Orlova, 1979) e possono ricadere successivamente per fenomeni d'inversione termica, nei livelli più bassi dell'atmosfera da cui possono depositarsi per azione di venti di circolazione locale.

Oltre a ciò, le regioni mediterranee sono caratterizzate da un'orografia che esprime una notevole energia di rilievo, tale da influenzare il regime dei venti. Data la presenza di depressioni orografiche e bariche, si succedono regimi circolatori a scala diversa con fenomeni di trasporto di vorticità positiva e formazione di cunei di alta pressione per l'impatto delle masse d'aria contro i rilievi (Borghi, 1980). Queste condizioni sono favorevoli alla diffusione locale di polveri atmosferiche e, data la frequenza con cui si ripetono assumono importanza nello studio del

fenomeno eolico.
Ne deriva l'esigenza d'impostare questo studio su basi statistiche, e tale esigenza è stata soddisfatta nell'ambito del Progetto Eolo, con campionature eseguite con ritmo stagionale.

CARATTERISTICHE DELLE POLVERI CAMPIONATE E CONDIZIONI METEOROLOGICHE DURANTE IL LORO TRASPORTO

Vengono qui presentati i risultati delle prime crociere di campionatura eseguite nell'ambito del Progetto Bolo,

a) Crociera BAN/80

Nel corso di questa crociera, effettuata a bordo della N/0 Bannock, la campionatura è stata eseguita con reti di 2 m di superficie.

La rotta, da Genova alla scarpata di Malta e con termine a Cagliari, è indicata con tratto e punto in Fig. 2.

All'inizio della crociera, condizioni aerodinamiche rilevate a 500 mb sono caratterizzate da due minimi di pressione incentrati sull'Europa occidentale e sulle regioni artiche, parate da un ampio cuneo di alta pressione che interessava i mari italiani (Fig. 3). Questa situazione aerodinamica coincide con quella rilevata al livello del mare. Si sono verificate pertanto condizioni favorevoli sia al trasporto diretto su scala locale che al trasporto indiretto su grande scala (campioni, 1, 2, 3, 4). Nel corso della crociera si è avuta un'evoluzione meteorologica con spostaménto dei due minimi depressionari verso nord e con un'estensione dell'area di alta pressione a tutto il Mediterraneo. L'analisi al livello del mare mostra condizioni aerodinamiche contrastanti, caratterizzate da una rotazione rapida dei venti di debole intensità. Questa situazione ha determinato diffusione locale delle polveri da tempo in sospensione nell'atmosfera (campioni 5, 6, 7). Nella fase finale della crociera, l'analisi condotta a 500 mb e quella rilevata al livello del mare forniscono dati concordanti, con possibilità di trasporto indiretto delle polveri governato dal vortice ciclonico centrato sul Mare del Nord (campioni 8, 9). I dati ponderali relativi ai campioni raccolti e le caratteristiche dei venti rilevate a bordo, sono riassunti in Tab. 1.

La composizione mineralogica dei campioni raccolti si diversifica in funzione della diversa aerodinamicità e della provenienza del vettore di trasporto. Generalmente, i minerali più frequenti sono quarzo, illite e caolinite. La smectite è presente in tracce solo nei campioni raccolti nell'area tirrenica meridionale (4, 8, 9). In uno di questi campioni è

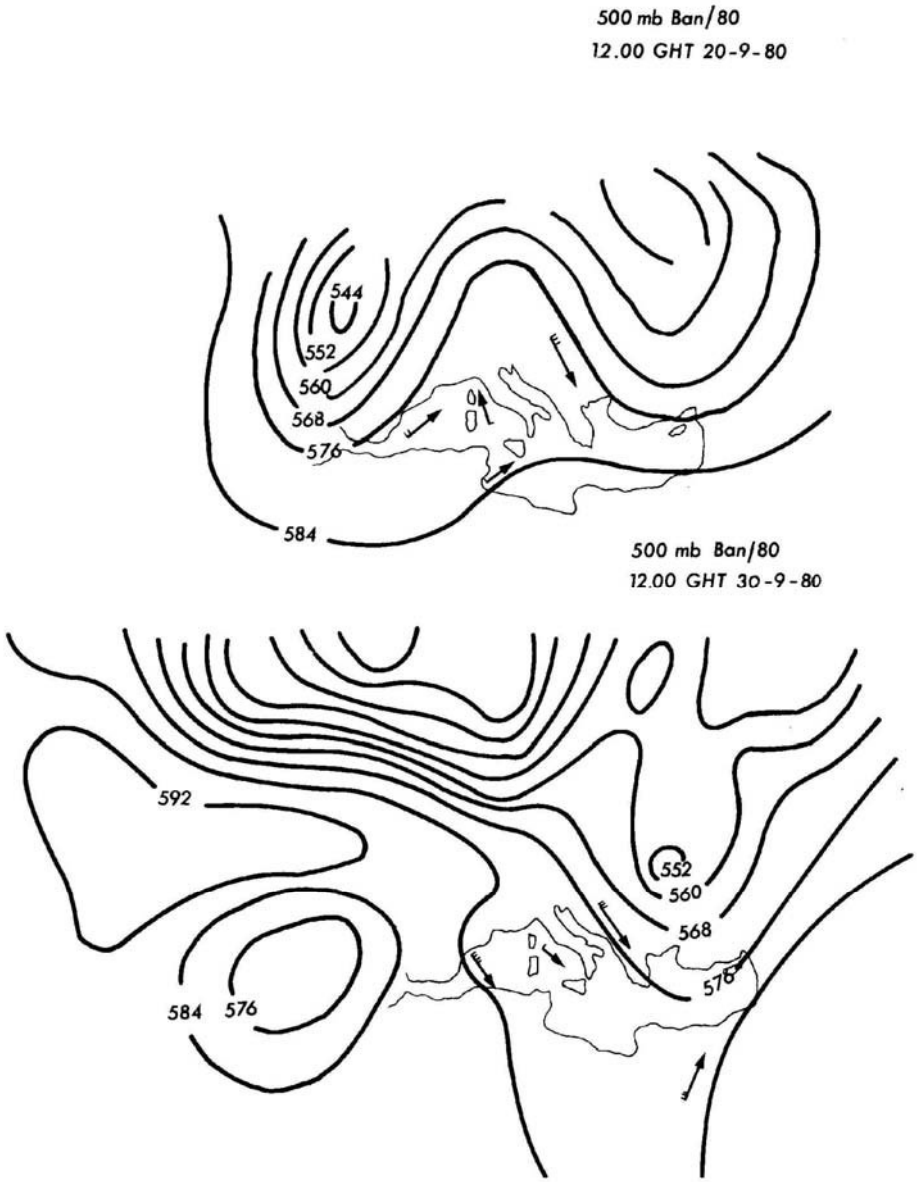


Fig. 3 - Situazione aerodinamica all'inizio e al termine della crociera BAN/80.

Tab. 1

ban/80								
Campione numero	Ore di campionatura	Peso secco campione (gr)	Direzione vento vero	Velocità media vento vero(nodi)	Carico medio (ugr/m^3)	Stima minimo accumulo (ugr/m^3)	Stima massimo accumulo (ugr/m^3)	Stima volume aria intercettato (m^3)
1	11.40	0.253	SE	27	0.21	0.42	1.05	1.200.000
2	6	0.266	SE	29	0.41	0.82	2.05	648.000
3	4	0.040	SSW	4.5	0.66	1.32	3.30	66.400
4	8	0.309	SSE/SSW	9.9	1.04	2.08	5.20	296.000
5	11.50	0.071	SSE	10.1	0.15	0.30	0.75	448.800
6	11.45	0.661	WSW	15	0.99	1.98	4.95	664.800
7	12	0.123	WSW	5.4	0.51	1.00	2.50	242.400
8	11.50	0.131	SSE	13.6	0.21	0.42	1.05	604.800

stata individuata imogolite, proveniente dagli andosuoli diffusi nell'Italia centro-meridionale. Feldspati, plagioclasi ed attapulgite sono presenti solo nei campioni raccolti in condizioni di trasporto da sud (1, 2, 3, 4).

b) Crociera Eolo 81/1

Nel corso di questa crociera, svoltasi a bordo della N/0 Marsili da Ancona a Messina, la campionatura è stata eseguita mediante reti di 4 m^2. La rotta seguita è indicata con una punteggiatura in Fig. 2.

La situazione meteorologica è stata caratterizzata dall'instaurarsi di un vortice depressionario su Spagna e Marocco in rapida evoluzione. La parte iniziale della crociera si è svolta in una fase di transizione. I dati rilevati a 500 mb non concordavano con quelli rilevati a livello del mare (Fig. 4). Pertanto il trasporto dei campioni El/1, El/2, El/3, è avvenuto per azione di venti meridionali e costituisce un esempio di diffusione locale dei materiali da tempo in sospensione nella atmosfera. In seguito le condizioni meteorologiche sono state influenzate dalla circolazione ciclonica che, in-stauratasi sulla Spagna, avrebbe interessato tutto il Mediterraneo occidentale e centrale. Questa situazione (Fig. 5) rispecchia una delle situazioni più favorevoli al trasporto di polveri sahariane sul Mediterraneo (Prodi e Fea, 1978). I dati relativi alla campionatura delle polveri di trasporto, sono riassunti in Tab. 2.

La composizione mineralogica dei campioni raccolti a bordo e in stazioni a terra in fase di deposito, si diversifica nettamente in funzione delle diverse condizioni di trasporto. I campioni raccolti in Adriatico durante l'azione di venti locali, sono caratterizzati dalla presenza di quarzo, ematite, clorite e mica, mentre nella frazione <2μ è significativa la presenza di serpentino.

Nei campioni raccolti sotto l'influenza del trasporto diretto da sud, oltre al quarzo, è stata determinata una presenza abbondante di calcite, dolomite e caolinite, mentre nella frazione < 2μ è da sottolineare la presenza di attapulgite e di smectite. I campioni raccolti nelle stazioni a terra durante l'episodio di trasporto diretto dall'Africa, mostrano, nonostante la notevole distanza fra le due stazioni di campionatura (Messina e Bologna), una sostanziale identità composizionale e si diversificano appena dal punto di vista granulometrico.

e) Crociera Eolo 81/2

Durante la crociera, svoltasi a bordo della N/0 Bannock dal Pireo a Trieste, la campionatura è stata effettuata mediante re-

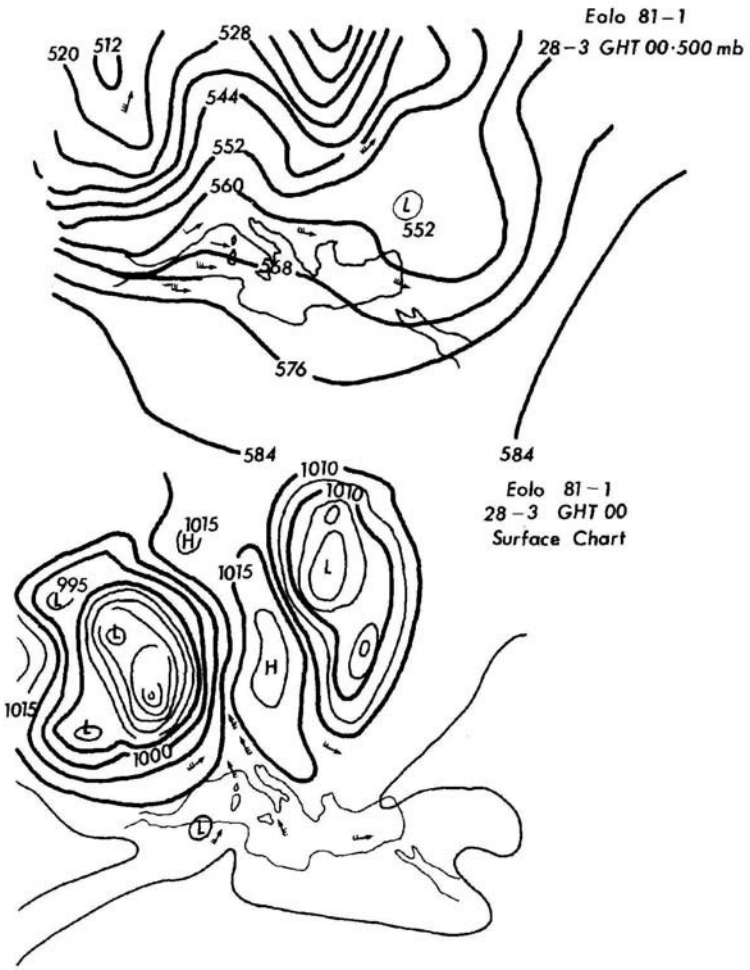


Fig. 4 - Situazioni aerodinamiche contrastanti in quota (sopra) ed al livello del mare (sotto) all'inizio della Crociera Eolo 81/1.

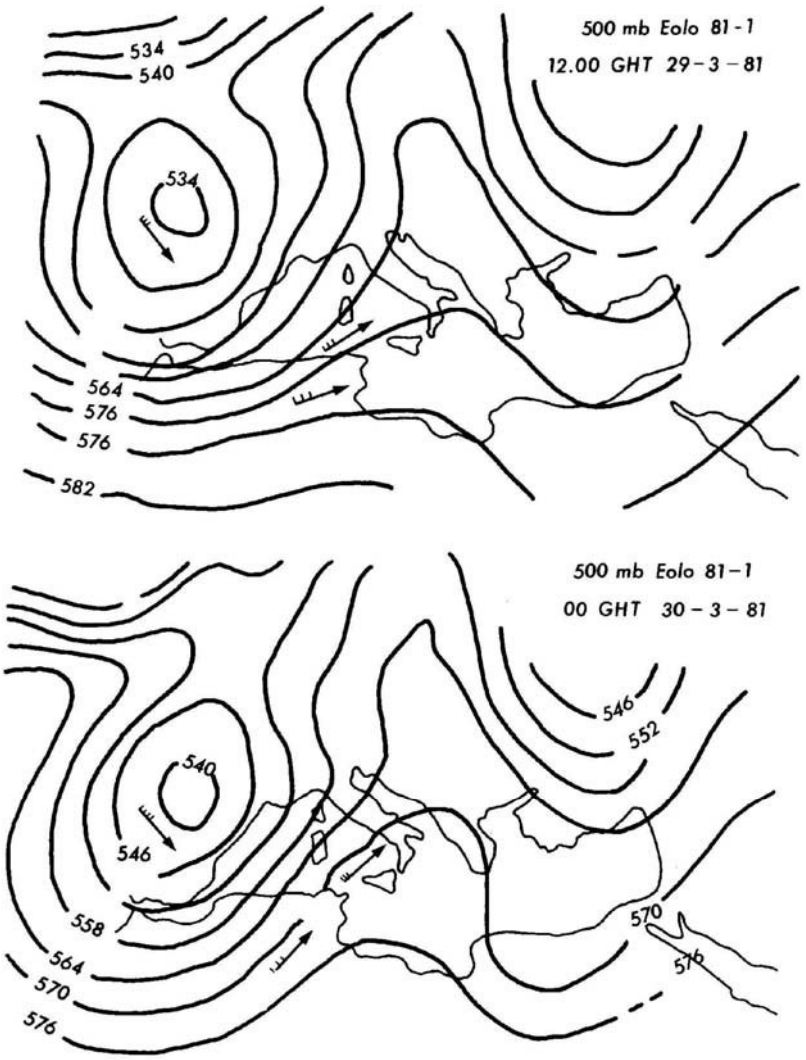


Fig. 5 - Situazione aerodinamica che ha favorito l'episodio di trasporto diretto di polveri africane al termine della Crociera Bolo 81/1.

Tab. 2

eolo 81/1								
Campione numero	Ore di campionatura	Peso secco campione (gr)	Direzione vento vero	Velocità media vento vero (nodi)	Carico medio (ugr/m^3)	Stima minimo accumulo (ugr/m^3)	Stima massimo accumulo (ugr/m^3)	Stima volume aria intercettato (m^3)
E 1-1	12	0.166	SE	20	0.10	0.20	0.50	1.776.000
E 1-2	12	0.323	SE	21	0.17	0.34	0.85	1.584.000
E 1-3	8	0.382	SSE	22	0.32	0.64	1.60	1.280.000
E 1-4	8	0.296	SSW	28	0.19	0.38	0.95	1.632.000
E 1-5	11	0.377	SW	22	0.21	0.42	1.05	1.760.000

ti di 4 m^2 di superficie. La rotta seguita è indicata a tratto continuo in Fig. 2.
Le condizioni meteorologiche sono state caratterizzate da una vasta area anticlonica stabilizzatasi sul Mediterraneo e contrapposta ad un'area depressionaria in evoluzione sull'Europa nord-orientale. La situazione ben rilevabile a scala sinottica (Fig. 6), trova preciso riscontro nei rilevamenti a livello del mare. Questo tipo di dinamica determina condizioni di trasporto indiretto. I dati relativi alla campionatura sono riassunti in Tab. 3.
La composizione mineralogica totale dei campioni prelevati, si differenzia a seconda delle diverse aree attraversate. Innanzi tutto si è osservato che, con persistenza di venti provenienti dai quadranti settentrionali si ha una percentuale di quarzo, feldspati, plagioclasi, inferiore rispetto a quelle relative ad episodi di trasporto meridionale (Tomadin et al. 1982). Al contrario sono stati osservati tenori più elevati in clorite ed ematite e la presenza di mullite e talco.
Nella frazione < 2μ, la smectite è presente solo nei campioni intercettati lungo le rotte meridionali (Mare di Grecia) e non viene più riscontrata verso nord. L'attapulgite è stata campionata in modo discontinuo lungo tutto il percorso. Il serpentino è sempre presente nei campioni raccolti verso nord e raggiunge la percentuale più elevata nell'area centro-adriatica. Caolinite ed illite sono presenti con variazioni areali non significative.

DISCUSSIONE DEI RISULTATI

I risultati delle ricerche sulle polveri eoliche che vengono qui presentati, costituiscono solo una parte dei dati che il Pr£ getto Eolo si propone di acquisire nell'arco di tre anni di studio .
I campioni finora considerati sono troppo pochi (25 tra stazioni in mare e a terra) per avere la pretesa di trarre da essi anticipazioni o estrapolazioni di carattere generale sul contributo alla sedimentazione attuale. Occorre però ricordare che se il numero delle campionature appare modesto, ognuna di esse si riferisce a vaste aree del Tirreno, Adriatico Canale di Sicilia e Jonio settentrionale.
Inoltre, per poter valutare il significato di una singola campionatura, è opportuno far riferimento agli enormi volumi d'aria intercettati, il cui ordine di grandezza è stato stimato e riportato nell'ultima colonna delle Tab. 1, 2, 3. Dalle stesse Tabelle si possono anche rilevare i carichi medi di polveri intercettate

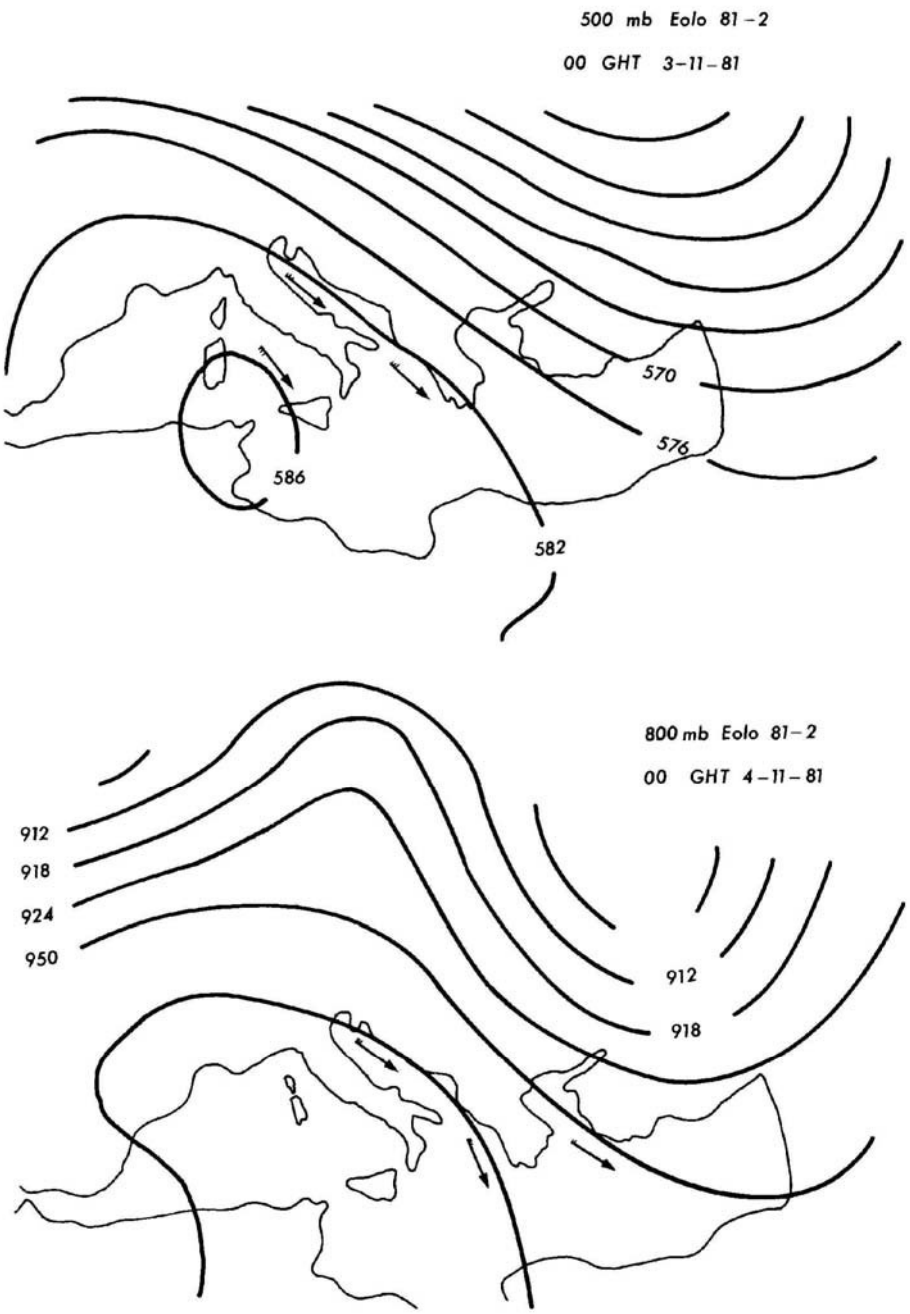


Fig. 6 - Situazione aerodinamica favorevole al trasporto indiretto di polveri eoliche durante lo svolgimento della Crociera Eolo 81/2.

Tab. 3

eolo 81/2								
Campione numero	Ore di campionatura	Peso secco campione (gr)	Direzione vento vero	Velocità media vento vero (nodi)	Carico medio (ugr/m^3)	Stima minimo accumulo (ugr/m^3)	Stima massimo accumulo (ugr/m^3)	Stima volume aria intercettato (m^3)
E 2-1	5	0.022	NW	23	0.02	0.04	0.10	880.000
E 2-2	5.30	0.090	WNW	24	0.10	0.20	0.50	900.000
E 2-3	11.30	0.273	NW	21	0.15	0.30	0.75	1.716.000
E 2-4	5	0.671	NNW	16	1.10	2.20	5.50	600.000
E 2-5	8	0.308	NW	27	0.18	0.36	0.90	1.632.000
E 2-6	11.30	0.700	NNW	25	0.34	0.68	1.70	2.024.000
E 2-7	11	0.110	NW	21	0.06	0.12	0.30	1.672.000

per metro cubo d'aria. Questi valori se corretti per l'indice di efficienza (v. pag.2) corrispondono a quelli già citati in letteratura (Chester,1972 ; Prospero,1981) e risultano essere tra i più elevati tra quelli determinati anche in altre aree marine (Chester et al., 1977; Prospero, 1981).
L'alimentazione al trasporto eolico è assicurata dal grado di erodibilità dei suoli dell'area mediterranea, determinato dalle caratteristiche fisico-strutturali degli orizzonti superficiali. L'indice di erodibilità più elevato è attribuibile ai suoli d'ambiente desertico e predesertico in funzione della più elevata percentuale nella frazione granulometrica superiore a 0,84 mm(indice WEG=1, vedi Fig. 2).

La composizione mineralogica delle polveri atmosferiche ha fornito informazioni atte a caratterizzare materiali di diversa provenienza. In particolare, il riconoscimento di una provincia di alimentazione può dipendere dall'esistenza di traccianti significativi, come si è rilevata 1'attapulgite, proveniente dai suoli predesertici. Altre volte l'abbondanza di clorite e serperi tino nelle polveri campionate nell'Adriatico meridionale, è stata messa in relazione con l'elevata erodibilità dei suoli tipo "rankers" evolutisi sulle formazioni ofiolitiche delle Dinaridi (Tomadin et al., 1981).

Il confronto tra campioni eolici provenienti dalla stessa a-rea, ma intercettati in condizioni aerodinamiche opposte (confronta crociere Bolo 81/1 e Eolo 81/2) ha permesso di stabilire che con venti provenienti da nord si riscontrano tenori più elevati in clorite, serpentino ed ematite. Al contrario le percentuali di quarzo, feldspati, plagioclasi e caolinite, tendono ad aumentare nelle polveri trasportate da venti meridionali. Il significato dell'ematite, rilevata nelle polveri eoliche studiate, non è del tutto chiarito. Se da un lato essa è stata trovata in polveri provenienti da regioni scarsamente industrializzate dell'Africa occidentale (Chester et al., 1971), d'altronde è stata avanzata l'ipotesi, suffragata da studi chimici e mineralogici (Tomadin et al, 1982), che essa possa costituire un prodotto dell'attività industriale e rappresenti quindi un inquinante, analogamente al talco ed alla mullite, osservati in alcune aree del Mediterraneo Centrale.

Le analisi granulometriche delle polveri rivelano classi modali predominanti comprese tra 4 e 8 ft, indipendentemente dalle condizioni aerodinamiche in atto durante la campionatura.

Risulta evidente da quanto esposto che una casistica più completa di carattere stagionale, potrà consentire di inquadrare, in mo do organico, le molte informazioni che si vanno raccogliendo sulle polveri eoliche e di valutare i principali vettori del tra-

sporto, di stabilire la composizione caratteristica delle polveri legata alle principali province di alimentazione ed infine di fornire dei valori attendibili sul contributo eolico alla sedimentazione nel bacino del Mediterraneo.

CONCLUSIONI

I risultati ottenuti si possono così riassumere:

1) nel Mediterraneo esiste un ciclo stagionale di trasporto eolico, caratterizzato da carichi diversi nelle singole stagioni. I dati finora disponibili, opportunamente corretti (v. pag. 2) sono confrontabili con quelli già apparsi in letteratura e indicano un carico maggiore (0,59 $\mu gr/m^3$) nella stagione estiva (crociera BAN/80) rispetto a quanto rilevato in primavera (crociera Eolo 81/1 con 0,198/$\mu gr/m^3$ ed in autunno (crociera Eolo 81/2 con 0,258 $\mu gr/m^3$.
2) la predisposizione dei suoli dell'area mediterranea all'erosione ed al trasporto eolico, è determinata dalle caratteristiche tessiturali e strutturali degli orizzonti superficiali. Un elevato indice di erodibilità (WEG), viene determinato principalmente in funzione della percentuale della frazione granulometrica > 0,84 mm e della stabilità di aggregazione; in base a queste caratteristiche il contributo volumetrico maggiore al trasporto eolico è dato dai suoli dell'area predesertica e desertica dell'Africa settentrionale, dagli andosuoli dell'Italia centro-meridionale e dai rankers evolutisi su formazioni ofiolitiche.
3) il confronto tra i dati riportati nelle tabelle 1, 2, 3 consente di rilevare che non esiste proporzionalità tra carico medio di polveri trasportate e velocità media del vento. In genere, si è verificato che il peso secco del campione recuperato risulta più elevato con venti di velocità inferiore a 20 nodi.
4) le modalità di trasporto sono legate a particolari condizioni di aerodinamicità in quota ed al suolo. E' stato inoltre rilevato che l'apporto eolico sul Mediterraneo è particolarmente significativo e può manifestarsi per trasporto diretto, indiretto e per diffusione determinata da venti locali.
5) la composizione granulometrica media delle polveri eoliche risulta generalmente compresa fra 4 e 8µ (silts argillosi e/o argille siltose).
6) lo studio mineralogico delle polveri permette di riconoscere episodi di trasporto da sud, caratterizzati dalla presenza di attapulgite, smectite e da abbondante caolinite, calcite e dolomite ed episodi di trasporto da nord in cui prevalgono ciò-

rite e serpentino.

BIBLIOGRAFIA

Azizov A. 1977. Influence of soil moisture on the resistance of soil to wind erosion. Pochvovedeniye V.l pp 105-108.

Borghi S. 1980. Aspetti meteorologici del trasporto degli inquinanti atmosferici a medie e grandi distanze. In "Seminari internazionali sull'inquinamento marino". Della Croce N. ed. pp. 53-64. Università di Genova.

Chester R., L.R. Johnson. 1971. Atmospheric Dusts collected off the Atlantic Coasts of North Africa and the Iberia Peninsula. Marine Geology, Vol. 11, n. 4 pp. 251-260.

Chester R. 1972. Geological, Geochemical and Environmental Implications of the Marine Dust Veil. In: "The changing Chemistry of the Oceans". Nobel Symp. 20 Drissen D.Jaguer D. ed. J.Wiley 1972, pp. 291-305.

Chester R., G.G. Baxter, A.K.A. Behaiyry, K. Connor, D. Cross, H. Elderfield, R.C. Padgham. 1977. Soil sized eolian dusts from the lower troposphere of the eastern Mediterranean Sea. Marine Geology, Vol. 24, n. 3, pp. 201-217.

Delany A.C., A.Claire Delany, D.W. Parkin, J.J. Griffin, E.D.

Goldberg, B.E.F. Reimann. 1967. Airborne dust collected at Barbados. Geochimica et Cosmochimica Acta Vol. 31, pp. 885-909.

Dolgilevich M.I. 1977. Resistance of soils to wind erosion and its nature. Pochvovedeniye Vol. 3 pp. 199-203.

FAO/UNESCO 1978. Soil Map of the World. IVIS-Verlag, Berlin.

Goldberg E.D. 1971 - Atmospheric dust, the sedimentary cycle and man. Comments on Erath Sciences, Geophysics, Vol. 1, 117-130.

Hayes W. 1972 - Designing wind erosion control System in the mid west region R.T. S.C.S. Agron.Techn. Note LI-9,Soil conservation Service, U.S.D.A. Lincoln.

Lyles L. 1976. Wind erosion: Processes and effect on soil productivity. Paper 76-2016 pres. at Annu.Meet.of A.S.A.E. June, 1976, Lincoln.

Morales C. Ed. 1979. Saharan Dust. Scope 14 J. Wiley & Sons

Orlova A. 1979. Wind Transport of Salts. Pochvovedeniye, Vol. 4 pp. 196-204.

Parkin D.W., D.R. Phillips, R.A.L. Sullivan, L.R. Johnson 1970. Airborne dust collections over the North Atlantic. Journ. of Geophisic. Researches, Vol. 75, pp. 1782-1793.

Principi P. 1964. Geopedologia. Edagricole, Bologna

Prodi F., G. Fea 1978. Transport and deposition of saharan dust over Alps. 15° Int. Tagung fuer Alpine Meteorologie. Grindel-wald, 19-23 Sept. Tagungbericht, 1 Teil. Publ, della Centrale

Meteorologica Sviz. n. 40 pp. 179-182.
Prospero J.M., E. Bonatti E. 1969. Continental dust in the atmosphere of the eastern equatorial Pacific. Journ. of Geophysic.
Res. n. 74, pp. 3362-3371. Prospero J.M. 1981. Eolian transport to the World Ocean. In: "The Oceanic Lithosphere" C. Emiliani ed. The Sea vol. 7 pp. 801-874.
Tomadin L., V. Landuzzi, R. Lenaz. 1981. Influence of the eolian supply on the sedimentation in the Adriatic Sea. Comun. al Symposium "The Adriatic Sea-Characteristic and Perspectives" Rovinj, Oct. 1981. Thalassia Jugoslavica (in stampa).
Tomadin L., R. Lenaz, V. Landuzzi. 1982. On wind-blown dusts over the Central Mediterranean. Comun.al 3RD I.A.S. European Meeting, Copenhagen, 5-7 Apr. 1982.
Yaalon D.H., E. Ganor. 1979. East Mediterranean trajectories of Dust-carrying Storms from the Sahara and Sinai. In: Saharan Dust. Scope 14, Morales C. ed. J. Wiley & Sons pp. 187-193.

APPLICAZIONE DEL METODO DI MASSIMA ENTROPIA ALLO STUDIO DEL LIVELLO MEDIO DEL MARE

Dr. CARLO LUSETTI

Istituto Idrografico della Marina - Genova

SUMMARY

The aim of this work is to determine the mean sea-level rise at Genoa from 1941 to 1921. The procedure consists of a spectral analysis to detect the short-period mean sea-level components and of their elimination by low-pass filtering. The spectral analysis, performed by the Maximum Entropy Method (MEM) with the Burg algorithm, has been applied to the yearly mean values of tide gauge records of Genoa. The low-pass filtering is performed according to the method presented by Ulrych, Smylie, Jensen and Clarke (1973). The sea-level rise so determined has a value of 1.6 mm/year about. Other results are the detection of a long-period component (26.7 years about) and the absence of the nodal term (18.6 years).

INTRODUZIONE

Scopo di questo lavoro è la determinazione dell'incremento del livello medio marino a Genova. Le osservazioni mareografi che in questa zona coprono un arco di tempo che dal 1884 a tutt'oggi, ma non continuativamente. Le serie più lunghe, che si hanno a disposizione, sono relative ai periodi 1884 - 1910 e 1928 -1971 ed è sulla seconda che è stata effettuata l'inda-

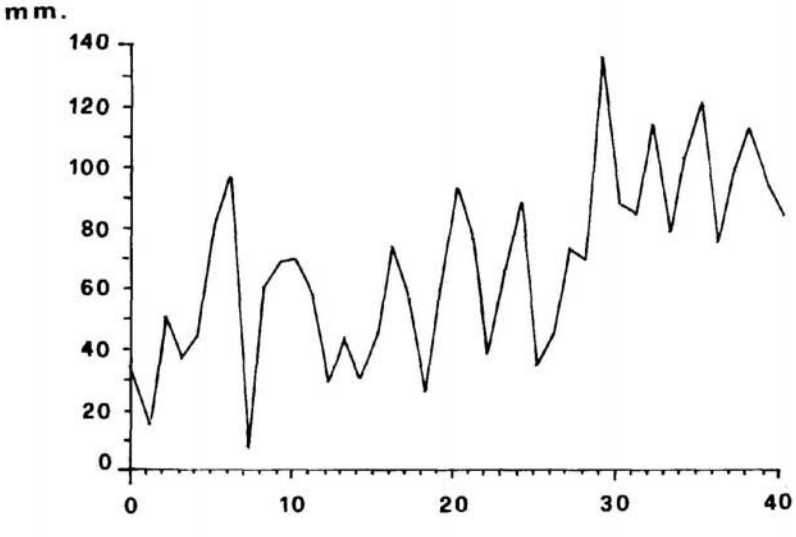


Fig. 1 Valori medi annuali del livello marino di Genova dal 1931 al 1971. I livelli sono espressi in mm. e riferiti a 3300; gli anni sono numerati da 0 a 40

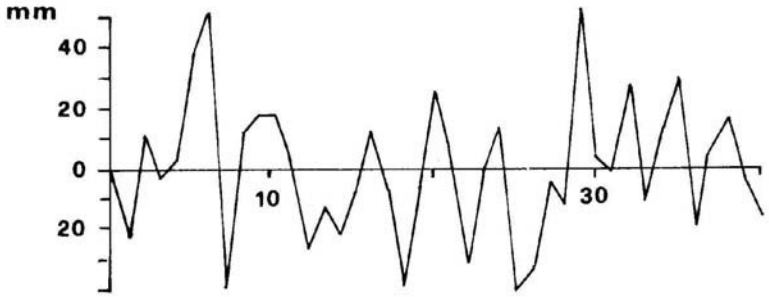


Fig. 2 Livelli medi annuali dopo la rimozione del trend

gine presentata in questo lavoro. Occorre però premettere che sono stati scartati anni in cui l'incompletezza delle infirmazioni era oltremodo sensibile e quindi, in definitiva, sono rimasti a disposizione 41 anni di osservazioni (1931-1971). Poiché ci limitiamo a considerare i valori medi annuali, la serie a nostra disposizione si riduce a 41 dati. Il procedimento che si seguirà sarà innanzitutto quello della determinazione delle componenti, non secolari, che influiscono sul livello medio del mare e poi quello della loro eliminazione mediante filtraggio. Alla base di queste due operazioni ci sarà il Metodo di Massima Entropia che, proposto da Burg negli anni 1967-1968, si è dimostrato superiore ai metodi classici, specialmente nel caso di serie corte.

ESAME PRELIMINARE DEI DATI

I dati del mareografo di Genova sono riportati nella pubblicazione di Lusetti (1977) e, a questo proposito osserviamo che i valori dei livelli, in tale lavoro, sono espressi in metri mentre ora, per comodità, verranno espressi in mm. e riferiti al valore 3300. In altre parole sui valori X dei livelli medi verrà effettuata la trasformazione 3300 - (X x 1000). Gli anni, sempre per comodità, verranno numerati da 0 a 40; il grafico è riportato in fig. 1.

Dall'esame, anche solo visivo, della figura risulta abbastanza chiaramente la presenza di un trend e ciò è stato confermato da un test non parametrico (Run test)

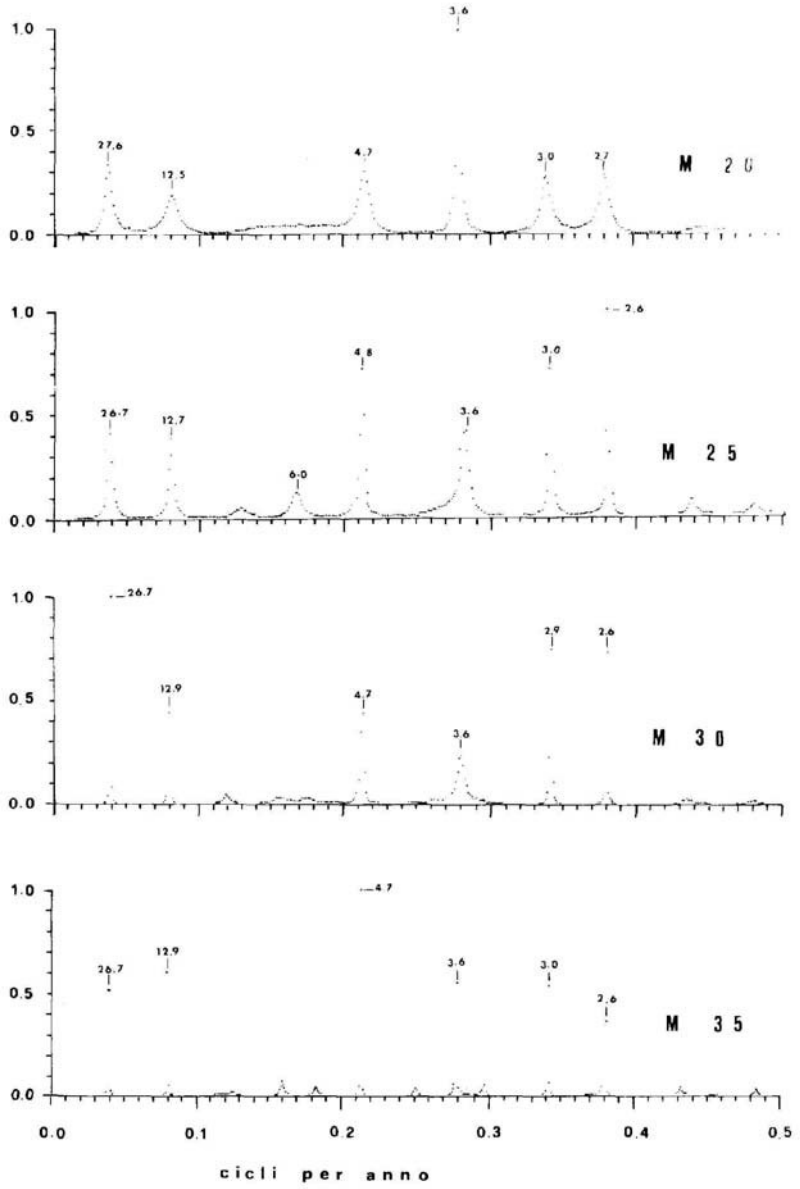


Fig. 3 Spettri normalizzati relativi alla serie dei residui, per quattro valori della lunghezza M del filtro di previsione.

che ha respinto l'ipotesi di stazionarietà ad un livello di significatività dello 0.01.

Stabilita la non stazionarietà della serie, è necessario procedere alla rimozione del trend. A questo proposito si è seguita la via più semplice, cioè si è fatta l'ipotesi di trend lineare e, come il metodo dei minimi quadrati, si è giunti alla relazione.

$$Y = 35.495 + 1.589\ X$$

L'intervallo di confidenza, al 95%, per il coefficiente angolare è 1.074 - 2.103.

Tolto il trend dalla serie originale, quella dei residui che ne è derivata (fig. 2) risulta stazionaria sino ad un livello di significatività dello 0.1.

ANALISI SPETTRALE

Come già detto, l'analisi spettrale sarà effettuata con il Metodo di Massima Entropia (MEM), particolare mente utile nel caso di serie corte. Per l'esposizione di questo metodo rimandiamo alla bibliografia: Andersen (1974), Chen e Stegen (1974), Ulrych e Bishop (1975).

Come noto, uno dei punti critici di questa procedura è la scelta della lunghezza del filtro di previsione M. Sono stati suggeriti alcuni criteri per ovviare a questo inconveniente tra i quali, molto importante, è quello di Akaike (FPE): si sceglie quel filtro per cui l'errore di previsione è minimo. Ma, come mostrato da Ulrych e Bishop (op. cit.), questo criterio perde molto della sua validità quando il numero N di da

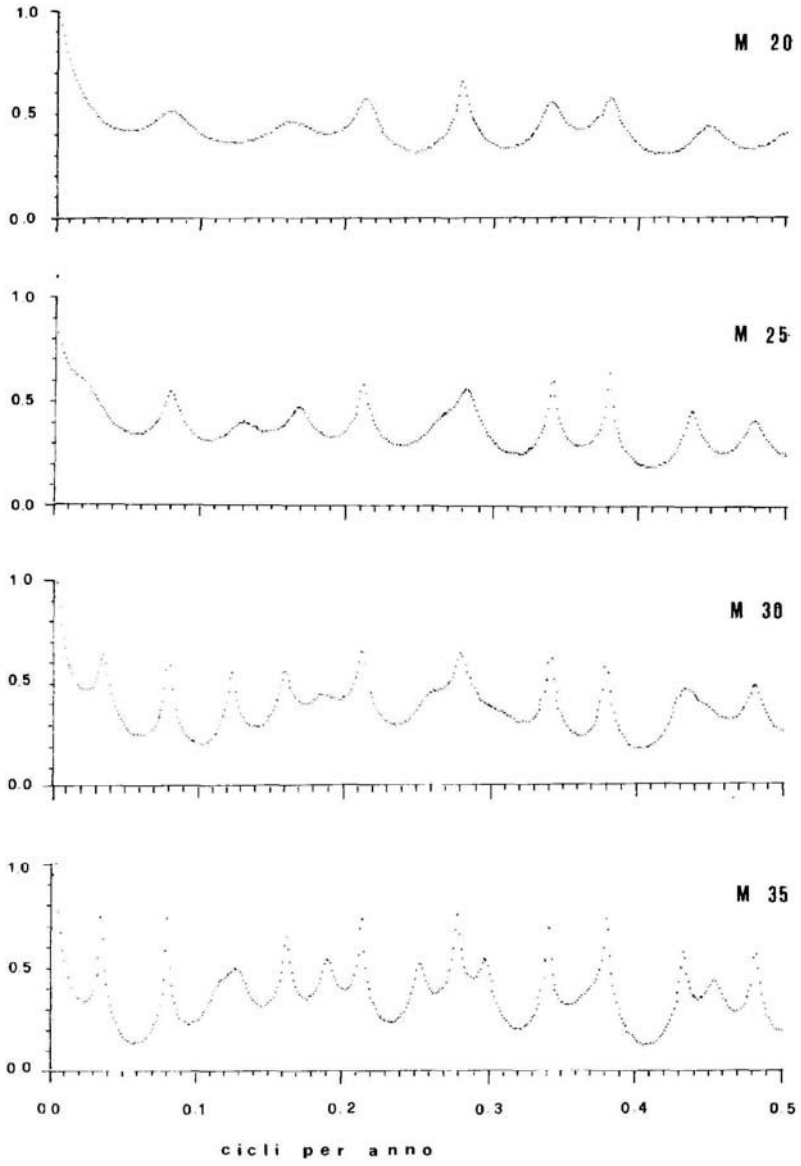


Fig. 4 Spettri normalizzati relativi alla serie originale (senza la rimozione del trend), per quattro valori della lunghezza M del filtro di previsione (si sono calcolati i logaritmi delle densità spettrali).

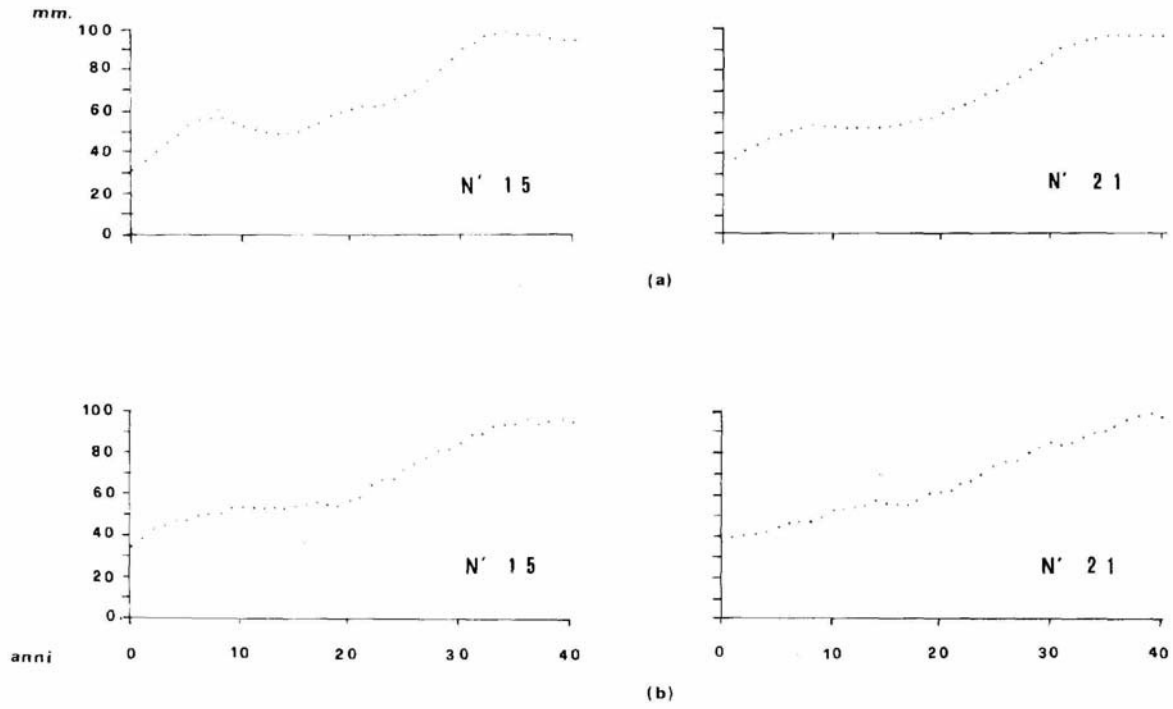
ti è tale che $20 \leq N \leq 40$, in questo caso essi suggeriscono $M = N/2$ mentre Berryman (1978) indica $M = 2N/\ln 2N$. Però, nel caso attuale, si è preferito scegliere quattro valori di M (20, 25, 30 e 35) valutando a posteriori i risultati dell'analisi.

I grafici normalizzati sono riportati in fig. 3. Come si può notare, la risoluzione è già ottima per M = 20, ma è interessante rilevare che anche con lunghezza di filtro pari a 35, circa l'85% della lunghezza della serie originale, non si notano quei fenomeni di instabilità denunciati da vari autori (a questo proposito si veda Radoski, Fougere e Zawalick (1975)).

Il criterio di Akaike fornisce, in questo caso, una lunghezza di filtro di previsione pari a 23, prossima ad una di quelle (25) che si erano scelte. E proprio con questa lunghezza di filtro risulta, con buona evidenza, anche una componente di periodo di circa 6.0 anni molto prossima a quella di origine ignota (6.3 anni) trovata da Currie (1976). Viceversa con nessuna delle varie lunghezze di filtro utilizzate è stata rilevata la presenza della componente nodale di 18.6 anni. Riassumendo i periodi, in anni, che risultano molto bene delineati con tutte le lunghezze di filtro, sono:

26.7 12.8 4.7 3.6 3 2.6

Terminata l'analisi spettrale relativa alla serie dei residui, si è pensato di fare un altro tentativo.
Accertata la presenza del trend, cioè della tendenza al



Pigi 5 Serie risultanti dall'applicazione dei filtri A (a) e B (b) per due valori della lunghezza N' e dopo il ripristino del trend.

l'aumento del livello medio, sembra giusto pensare che dopo un certo tempo, sia pure molto lungo, avrà origine un processo inverso. In altre parole la nostra serie, che nell'intervallo in esame risulta non stazionaria, sarebbe invece stazionaria su di un periodo molto più lungo. Si è allora deciso, approfittando anche delle elevate proprietà di risoluzione del MEM, di trattare la serie come stazionaria, cioè di procedere all'analisi spettrale senza la rimozione del trend. Indubbiamente questo può influire sulle frequenze molto basse, ma è anche vero che questo modo di procedere non modifica la struttura dei dati originali. I grafici normalizzati, relativi a questa analisi, sono riportati in fig. 4: da notare che, in questo caso, sono stati calcolati, a differenza del caso precedente, i logaritmi delle densità spettrali. Questo perché, a causa della presenza del trend, non si riuscirebbero a visualizzare, sul grafico, le altre componenti. Le lunghezze di filtro scelte sono le stesse che nel caso precedente e, come si può notare, la risoluzione per M = 20 è abbastanza bassa, mentre per il valore 35 emergono frequenze spurie dovute ai fenomeni di instabilità cui si è accennato. E' però da tenere presente che questo effetto è accentuato per l'uso dei logaritmi. Dall'esame dei grafici si possono notare, oltre all'ovvio picco nell'origine indicante la presenza del trend, anche le componenti con i periodi (in anni):

29.6 12.7 7.8 6.2 4.7 3.6 2.9 2.6 2.1

Come si vede, si sono ritrovati tutti i periodi determinati nel caso precedente, con la differenza di un netto spostamento della componente a periodo più alto. Questo spostamento può essere, naturalmente, dovuto alla presenza del trend.

FILTRAGGIO

Determinate le frequenze delle componenti che agiscono sul livello medio, si presenta ora il problema della loro eliminazione, cioè del filtraggio. A questo scopo, considerata la brevità della serie, si è ricorsi al metodo indicato da Ultych, Smylie, Jensen e Clarke (1973). In questo modo è possibile prolungare la serie sia in avanti che all' indietro. Nel nostro caso si è spinto il prolungamento sino ad ottenere 111 dati .

Resta da stabilire il tipo e l'ordine del filtro per eliminare le componenti indesiderate. A questo scopo sono stati presi in considerazione due filtri i cui pesi, w(j), sono dati dalle relazioni seguenti (Bath (1974), Pesaresi (1971)):

A) $w(j) = \frac{1}{N'}(1 + \cos\frac{2\pi j}{N'})$

B) $w(j) = \frac{\sin(\pi j / N')}{\pi j / N'}$

Piuttosto che discutere sui guadagni dei filtri si è preferito osservare l'effetto del filtri stessi sulla serie, considerando per uno stesso filtro quattro diver

se lunghezze N' (15, 20, 25 e 31). In fig. 5 sono riportate le serie risultanti dall'applicazione dei filtri A e B, limitatamente alle lunghezze 15 e 21.

Per quanto riguarda il filtro A (fig. 5 (a)) appare sempre una componente a lungo periodo, anche se più attenuata aumentando la lunghezza N'.

I grafici relativi al filtro B (fig. 5(b)) mostrano come la componente a lungo periodo, pur presente per N' = 15, è molto meno marcata che nel caso precedente. Per N' = 21 è praticamente assente ed il grafico si riduce, in sostanza, ad una retta.

Si fa presente che, eseguito il filtraggio, si è troncata la serie all'intervallo di interesse e si è proceduto al ripristino del trend.

ANALISI DEI RISULTATI

Esaminando i grafici delle serie ottenute dopo il filtraggio risulta molto evidente, in particolare per il filtro B, l'esistenza di un andamento marcatamente lineare. Per fare un'analisi dei risultati, si cerca una serie filtrata che fornisca il massimo delle informazioni con il filtro più corto. I coefficienti di correlazione lineare , dopo i vari filtraggi, sono riportati nella seguente tabella

N'	A	B
15	0.939	0.972
21	0.966	0.989
25	0.987	0.997

Come si può osservare per la serie filtrata mediante il filtro B e corrispondente ad una lunghezza 21, si ot-

tiene un coefficiente di correlazione lineare praticamente uguale ad 1. Risulta quindi abbastanza inutile spingersi oltre, per cui ci limiteremo a prendere in esame la serie corrispondente all'applicazione del filtro B di ordine 21.

La retta interpolante, determinata con il metodo dei minimi quadrati, fornisce, per il coefficiente angolare, un valore di circa 1.59; i limiti di confidenza, al 95%, sono dati da 1.50 e 1.65. Si è cercato inoltre di dare una valutazione dell'incremento di livello medio tra un anno ed il successivo, sempre per serie corri spendente al filtro B di ordine 21. Il valore medio risulta essere 1.54 mm./anno con limiti di confidenza, al 95%, dati da 1.18 e 1.89.

CONCLUSIONI

Eliminate dalla serie originale tutte le componenti non secolari, considerata anche l'ottima stabilità del mareografo (Lusetti (op. cit.)), ne è risultato, per il porto di Genova, un andamento pressoché lineare con coefficiente angolare di 1.59. L'analisi spettrale ha evidenziato l'esistenza di una componente a lungo periodo di 26.7 anni molto prossima a quella (25 anni) citata da Caputo, Pieri e Rossi Tesi (1972). Molte altre componenti citate dagli stessi autori sono risultate praticamente coincidenti con quelle presentate in questo lavoro. D'altra parte non è risultata in nessuna analisi, anche con grandi valori del filtro di previsione, l'esistenza della marea nodale di 18.6 anni che invece Currie (op. cit.) aveva individuato in un

buon numero di registrazioni. Nonostante che la retta interpolante dia già una valutazione dell'incremento , si è preferito fare la media degli incrementi e ne è risultato un valore di 15 mm. in 10 anni. Mesetti (1975) aveva dato un valore approssimato, a livello globale,di 1.6 cm. ogni 10 anni che risulta in ottimo accordo con quello calcolato in questo lavoro.
Considerata ancora l'ottima stabilità della postazione mareografica, è verosimile che 1'incremento calcolato debba attribuirsi ad eustatismo glaciale.

BIBLIOGRAFIA

Andersen N., 1974. On the calculation of filter coefficients for Maximum Entropy Spectral Analysis, Geophysics, v. 39, p. 69-72.

Bath M., 1974. Spectral Analysis in Geophysics, Elsevier Scientific Publishing Company - Amsterdam.

Berryman J.G., 1978. Choice of operator length for Maximum Entropy Spectral Analysis, Geophysics, v. 43, p. 1384-1391.

Caputo M.; PIERI L.; ROSSI TESI F., 1972. Land subsidence in Venice and Porto Corsini, Annali di Geofisica, v. XXV, p. 55-61.

Chen W.Y. and Stegen G.R., 1974. Experiments with Maximum Entropy Spectra of sinusoids, J. Geophys. Res., v. 79, p. 3019-3022.

Currie R.G., 1976. The spectrum of sea level from 4 to 40 years, Geophys. J.R. Astr. Soc., v. 46, p. 513 -520.

Fairbridge R.W., 1966. Mean sea level changes, long-term, eustatic and other, The Encyclopedia of Oceanography, Reinhold Publishing Corp. - New York.

Lisitzin E., 1974. Sea level changes, Elsevier Oceanographic Series .

Lusetti C., 1977. Osservazioni mareografi che del porto di Genova, F.C. 1079, Ist. Idr. della Marina - Genova .

Lusetti C., 1978. Correlazione tra alcuni elementi meteorologici ed il livello medio del mare a Genova, I.I. 3062, Ist. Idr. della Marina - Genova.

Mosetti F., 1975. Contributo alla conoscenza dell'incremento del livello medio del mare, Bollettino di Geofisica teor. appl., v. 68, p. 335-341.

Pesaresi R., 1971. Numerical filtering techniques for the time series analysis of oceanographic and meteorological data, Tech. Mem. n. 166, Saclant ASW Res. Centre.

Radoski H.R., Fougere -.F. and Zawalick E.J., 1975. A comparison of power spectral estimates and applications of the Maximum Entropy Method, J. Geophys., v. 80, p. 619-625.

Rossiter J.R., 1962. Long-term variations in sea level, The Sea, v. 1, Interscience Publ.

Rossieter J.R., 1967. An analysis of annual sea-level variations in European waters, Geophys. J.R. Astr. Soc., 12, p. 259-299.

Ulrych T.J., Smylie D.E., Jensen O.G. and Clarke G.K.C., 1973. Predictive filtering and smoothing of short records by using Maximum Entropy, J. Geophys. Res., v. 78, p. 4959-4964.

Ulrych T.J., Bishop T.N., 1975. Maximum Entropy Spectral Analysis and autoregressive decomposition, Rev. Geophys. and Space Physics, v. 13, p. 183-200.

Vajani L., 1980. Elementi di statistica, CEDAM - Padova.

CARATTERI DELLA COSTA DELLA DOBRUGIA (MAR NERO) (+)

F. MARABINI°, M. RADULESCU°°

° Istituto Geologia Marina del C.N.R. Bologna, Italia
°° Institutul Roman de Cercetari Marine, Costanza, Romania

SUMMARY

The specific littoral erosion problems and the evolutional features of the Black Sea romanian coast are here examined and discussed. The field observations confirm the differences between the Danube delta zone and the littoral south Constanta.

La costa romena della Dobrugia sul M. Nero si sviluppa per km 228 lungo un arco che dal delta del Danubio a N, giunge fino al confine bulgaro a S, presso la città di Mangalia.

La Dobrugia è caratterizzata da ampi ed estesi affioramenti di "loess" che, dall'entroterra pianeggiante giungono fino al mare; nel tratto compreso tra Costanza e Mangalia affiorano saltuariamente sotto tale copertura depositi sarmatiani (calcari, arenarie, conglomerati e argille).

Nel tratto a N di Costanza i depositi alluvionali recenti del delta del Danubio coprono il tutto.

In base ai caratteri evolutivi e geomorfologici, la costa romena può essere suddivisa in due parti separate dal capo Midia.

La zona settentrionale corrispondente al delta del Danubio è caratterizzata dal protendersi in mare dell'apparato deltizio. Si tratta di una costa bassa, sabbiosa con una serie di grandi lagune costiere che si interpongono tra 1'entroterra e le barre sabbiose più esterne.

Le successioni di cordoni dunosi, che testimoniano il progressivo sviluppo del delta, raggiungono in media un'altezza variabile tra imi e i m 3 e possono estendersi per 10-15 km senza interrazioni.
Delle sacche e lagune, le maggiori sono quelle di Razelm e Sinoe.

Questo complesso lagunare si estende per una superficie di km 863 con profondità varianti da m 0,50 a m2 a S, e da m 0,50 a m 3 a N.

(+) Lavoro eseguito nell'ambito degli accordi italo-romeni di cooperazione scientifica tra il C.N.R. d'Italia e il C.N.S.T. di Romania per il tema di ricerca: fenomeni di erosione litorale.

Le acque del Razelm, alimentate dal Danubio, sono dolci, mentre quelle del Sinoe, causa le più dirette comunicazioni col mare sono salmastre.

L'intera zona è poco abitata e presenta i caratteri di un enorme parco naturale.

La zona meridionale invece è intensamente abitata, infatti, oltre al grande porto di Costanza, vi è stato negli ultimi anni un grande sfruttamento a scopo turistico del litorale, tanto che su 80 km di costa ben 60 risultano coperti da installazioni balneari e villaggi turistici.

Questo settore costiero con orientazione S-N è caratterizzato da una spiaggia sabbiosa di ampiezza variabile con alle spalle, in alcuni tratti, laghi costieri di modeste dimensioni e in altri tratti una falesia alta fino ad un massimo di m 50.

In corrispondenza della falesia il "backshore" presenta un'ampiezza media di m 10-20 e la sabbia è spesso sostituita da elementi ciottolosi e da grandi accumuli di conchiglie.

In corrispondenza dei laghi costieri, il "backshore" ha un'ampiezza massima di m 80-100 ed è dato da sabbie fini (classe modale 2-3 Ø).

Sotto l'effetto dei venti di NE (vedi fig. 1) si sviluppa una

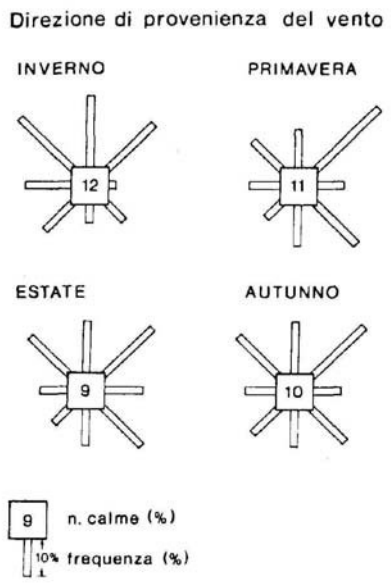


Fig. 1. Grafici stagionali del vento (60 anni di osservazioni).

"longshore current" con trasporto di materiale da N verso S. Ciò spiega l'origine di queste spiagge: l'enorme quantità di materiale portato al mare dal Danubio, come testimonia il grande sviluppo dell'apparato deltizio, veniva elaborato dal moto ondoso e distribuito lungo la costa dalla "longshore current" con un conseguente forte avanzamento della linea di riva. Questo meccanismo oggi non è più valido a causa del sempre più scarso apporto solido da parte del Danubio; inoltre il protendersi in mare dei lunghi moli dei porti canale di Bulina, Navodari, Costanza ed Eforie interrompono, a differenza del passato, quando erano di più modeste dimensioni, il trasporto litoranee parallelo alla costa.
Dall'inizio degli anni 60 ad oggi si è assistito ad un progre^ sivo aumento di fenomeni erosivi su tutto il settore costiero romeno.
Questo fatto è evidenziato, oltre che dalla riduzione di ampiezza del "backshore", anche dall'arretramento subito dalla fale sia retrostante la breve spiaggia emersa nel tratto a S di capo Midia.
Da una serie di misure effettuate in stazioni fisse e dal confronto dei dati bibliografici disponibili per il periodo 1962-1979 è possibile evidenziare le zone di maggior arretramento, stabilità ed eventuale avanzamento (vedi fig. 2).

Staz.	Avanzamento (m)	Arretramento (m)
1	-	340
2	-	340
3	-	110,5
4	187	-
5	-	76,5
6	-	127,5
7	-	85
8	-	17

Tab. 1. Variazione della linea di riva in otto stazioni del litorale romeno dal 1962 al 1979.

Dalla tab. 1 si può vedere come i massimi arretramenti (20 m/anno) corrispondono alla zona del delta danubiano, mentre a S di capo Midia le erosioni risultano più contenute (da un minimo di 1 m/anno ad un massimo di 5 m/anno).

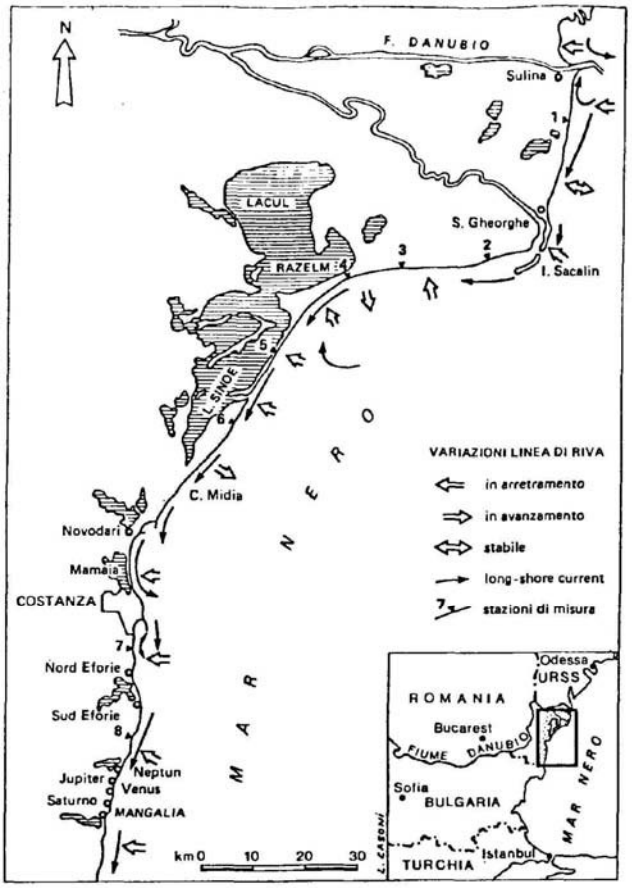


Fig. 2. Variazioni della linea di riva del litorale romeno dal 1962 al 1979.

Anche se di minor entità, gli arretramenti a S di capo Midia sono i più preoccupanti in quanto interessano zone intensamente abitate e adibite ad uso turistico.

Attualmente gli interventi a difesa consistono in una serie di opere trasversali nei punti in cui l'attacco delle violente mareggiate invernali risulta più pericoloso (Eforie, Mamaia e Mangalia Nord).

Il fatto però che la falesia scalzata alla base delle onde di tempesta, risulti in arretramento a N di Costanza, a S di Eforie

e presso Mangalia denota come tali difese non riescono più a contenere l'attacco del mare.

Inoltre la continua, anche se non forte, riduzione di ampiezza del "backshore" in corrispondenza dei tratti di litorale con alle spalle i piccoli laghi costieri indica chiaramente come anche tali settori possano, in un futuro molto prossimo, essere interessati da fenomeni erosivi dagli effetti catastrofici.

Infine l'esigenza di apparati portuali sempre maggiori,con lunghi moli protesi verso il largo, tende ad alterare ulteriormente il già compromesso equilibrio litorale.

Da ciò appare chiaro come le attuali opere di difesa, un tempo sufficienti alla salvaguardia della costa romena, non solo oggi, ma soprattutto nell'immediato futuro, non saranno più in grado di assicurare la salvaguardia del litorale.

Da quanto esposto si può affermare che una delle cause principali che hanno innescato i fenomeni erosivi è il diminuito apporto solido al mare da parte del Danubio.

Questo mancato ripascimento naturale, particolarmente forte negli ultimi 20 anni, fa sì che l'erosione costiera tende a divenire irreversibile in quanto il materiale migrato verso il largo durante le mareggiate invernali e non più restituito ai bassi fondali, oggi, non viene rimpiazzato da nuovo materiale di provenienza fluviale.

BIBLIOGRAFIA

Caraivan, G. 1975. La variation du profil sur la plage d'Agigea. Institut. I.R.C.M. Cercetari Marine, 8: 31-41.

Mihailescu, N. 1969. Etude sedimentologique des graviers se trouvant sur le litoral de la Mer Noire entre Constantza et Vama Veche (Roumanie). Rapp. Comm. int. Mer Medit., 19, 4: 623-626.

Panin, N., Panin, S. 1969. Sur la genese des accumulations des mineraux lourds dans le delta du Danube. Rvue de Geogr. phys. et de Geol. dyn.. XI, 5, Paris, 511-522.

Radulescu, M. 1977. Morphodynamics of Mamaia beach as an effect of hydrometeorological agents. Cercetari Marine I.R.C.M. 10, 7-16.

SOSTANZE ORGANICHE LABILI, RECALCITRANTI E REFRATTARIE NEL FITO PLANCTON LACUSTRE.

U. MELCHIORRI-SANTOLINI, G. MALARA, C. DELLA SALA MERIGO, M. CONTESIMI, G. MOLGORA.

C.N.R. - Istituto Italiano di Idrobiologia, Pallanza.

SUMMARY

The demolition rate of the phytoplankton of Lago Maggiore and algal cultures by the naturally present bacterial microflora was estimated. The estimated was carried out, on material concentrated by means of continuous-flow centrifugation, in terms of oxygen consumption in microrespirometer (Warburg and Gilson Instruments)

From the cumulative O_2 consumaption curve, two different curves may be inferred, one relating to the "labile", and the other to the "recalcitrant", substance; the refractary substance may be calculated as a difference from the chemical determination. In the algal material the labile fraction ranges from 20 to 50%, the recalcitrant from 5 to 20% and the refractary from 37 to 75%.

These rations are affected less by seasonal variations in phytoplankton composition than by the age of the algal cultures.

Uno degli aspetti più interessanti del complesso dei fenomeni legati all'eutrofizzazione, si può identificare nel fatto che il prodotto della fotosintesi non viene più, come negli ambienti oligotrofici, utilizzato prevalentemente dagli animali filtratori per seguire la via della catena alimentare, ma viene demolito dai microrganismi eterotrofi della catena del detrito. Nelle acque oligotrofiche, quindi, i popolamenti batterici sono di scarsa importanza ecologica, mentre divengono fondamentali nelle acque eutrofiche.

L'interazione produzione algale-decomposizione batterica, nelle diverse situazioni ambientali, è stata oggetto di lavori teorici nei quali, nonostante i diversissimi punti di vista degli autori, si suppone sempre un differente comportamento del fitoplancton durante la decomposizione a seconda delle specie algali dominanti (Kuentzel, 1969; Wangersky, 1978; Rich e Wetzel, 1977). E' però da tener presente che nei discorsi sulla decomposizione algale si fa, di solito, riferimento alla cellula "in toto", senza addentrarsi troppo nel problema che i diversi costi

tuenti cellulari sono attaccabili dalla microflora eterotrofia con velocità di decomposizione diversissime. Le sostanze organiche naturali, infatti, possono essere divise, secondo la terminalo già di Jewell e McCarty (1968) in:
labili: facilmente attaccabili o naturalmente instabili;
recalcitranti: di lento attacco;
refrattarie: attaccabili solo in tempi lunghissimi e quindi praticamente stabili.

Questi termini vengono, nel presente lavoro, riferiti solo alla formazione di CO_2, in quanto la nostra attenzione si è concentrata sulla mineralizzazione aerobia del Carbonio, senza alcun riferimento al Fosforo ed all'Azoto, poiché è proprio nelle sostanze organiche povere di questi elementi che si trovano le velocità di demolizione più basse.

Ci siamo, quindi, proposti di mettere a punto una metodologia che permettesse di valutare la composizione in sostanze organiche labili, recalcitranti e refrattarie, del fitoplancton raccolto durante i periodi di dominanza dei diversi gruppi algali, con particolare riferimento alle Diatomee ed alle Cianoficee.

MATERIALI E METODI

I campioni, di circa 100 litri, sono stati prelevati nella zona eufotica del Lago Maggiore ad una profondità di 2,5 m con frequenza mensile nell'anno 1978, mediante una bottiglia a chiusura da 25 litri. Parallelamente si è rilevata la temperatura e la trasparenza, si sono prelevati campioni per la ricerca dei pigmenti clorofilliani, per le analisi chimiche e del Carbonio e Azoto particellati, per il conteggio algale. Il materiale veniva filtrato con retino da plancton con maglie da 75 µm e concentrato in laboratorio mediante la tecnica della centrifugazione in continuo.

II materiale così ottenuto veniva poi portato ad un volume di 30 o 50 ml con soluzione tampone.

Nel corso del 1980, invece, i prelievi hanno avuto frequenza stagionale e sono stati compiuti ad una profondità di 0,5 m con campionatore quantitativo di Clarke e Bumpus con maglie da 22 µm.

Ulteriori prove sono state fatte con una monocoltura di Microcystis aeruginosa, coltivata in acqua di lago sterile, con aggiunta di 1 mgl^{-1} di N e 0,1 mgl^{-1} di P, allestita con illuminazione continua di lampade a spettro solare (200 $\mu E\ m^{-2}\ sec^{-1}$) e con agitatore orbitale.

Anche qui la concentrazione veniva fatta mediante centrifugazione in continuo e il materiale riportato a volume noto con solu

zione tampone.

Per misurare l'attività di degradazione batterica sul materiale fitoplanctonico, presente alle varie epoche stagionali, si è utilizzata una tecnica respirometrica, che permette di seguire il consumo cumulativo di O_2 durante un'incubazione a lungo termine.

Nell'anno 1978 è stato usato il microrespirometro di Warburg e negli anni seguenti il microrespirometro Gilson.

In tutti gli esperimenti qui indicati, il materiale veniva utilizzato direttamente dopo la concentrazione senza subire nessun tipo di trattamento. In prove preliminari, invece, si è anche provata l'aggiunta di sostanze facilmente e difficilmente attaccabili come glucosio e cellulosa.

Gli esperimenti sono stati condotti ad una temperatura di 30°C e per un periodo di tempo di circa due settimane, da noi considerato come il tempo necessario e sufficiente per demolire la sostanza organica labile e recalcitrante.

Per evitare possibile attività fotosintetica del materiale algale, le vaschette del microrespirometro venivano avvolte in sacchetti di stoffa nera e tutto il bagno coperto con un panno nero. Il consumo di O_2, da parte della microflora eterotrofa, per compiere la decomposizione del materiale organico in aerobiosi, varia nel tempo ed è strettamente correlata all'assimilazione di sostanze organiche ossidabili. L'assimilazione si può attribuire ad un sistema di trasporto situato a livello della membrana cellulare, cioè di natura enzimatica e la velocità di assimilazione può essere descritta (Jennings, 1963) dalla equazione di Michaelis-Menten:

$$V = \frac{V \max(S)}{km + (S)}$$

che, adattata al consumo di O_2 rispetto al tempo, diviene:

$$\sum O_2 = \frac{\sum O_2 \max T}{km + T}$$

dove:

$\sum O_2 \max$ è il consumo totale di O_2

$\sum O_2$ è la sommatoria dei µl di O_2 consumati in un dato tempo T

Km è la costante di Michaelis-Menten che è definita con il tempo al quale corrisponde un consumo di O esattamente uguale alla metà del consumo massimo.

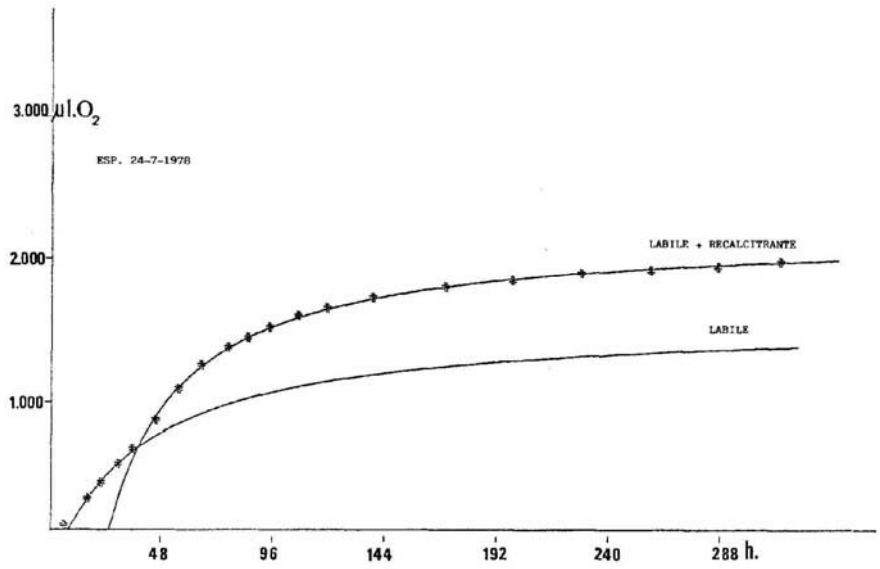


Fig. 1 - Esempio di doppia curva

DATA	M_{O_2} MAX
29-3-78	1073,84
26-4-78	1137,90
29-5-78	1889,71
27-6-78	696,94
24-7-78	1457,61
30-8-78	1454,65
25-9-78	1196,70
30-10-78	1500,42
24-6-80	981,39
3-9-80	1312,50
M.aeruginosa 15 gg	734,38
M.aeruginosa 51 gg	914,53
M.aeruginosa 7 gg	713,86
M.aeruginosa 68 gg	311,14

Tab. 1 - Consumo massimo di O_2 in µl riferito a 3 mg di sostanza organica.

La curva si trasforma facilmente in una retta mediante la modificazione di Lineweaver-Burk che semplifica i calcoli.

Il periodo di lag-phase della popolazione microbica, alle nuove condizioni ambientali, comporta un bassissimo consumo di O_2 e si è ritenuto, perciò, necessario spostare gli assi cartesiani di un periodo dipendente dal tipo di esperimento considerato.

Per ricavare l'equazione della retta nell'intervallo voluto, è stato utilizzato il calcolo della retta di regressione.

RISULTATI

Nella tabella 1 sono riportati i consumi di O_2 relativi agli esperimenti condotti negli anni 1978 e 1980, riferiti a 3 mg di sostanza organica.

Dai dati ottenuti risulta chiaramente, la formazione di due diverse curve che rappresentano la cinetica di demolizione aerobica condotta dalla microflora eterotrofica sul popolamento algale (Fig. 1).

La prima curva è stata interpretata come espressione della sostanza labile, cioè sostanza facilmente attaccabile, presente nel campione; mentre la seconda curva come quantità totale di materiale labile e recalcitrante demolibile, comunque, in tempi relativa mente brevi.

Per poter assumere, però, che la distanza fra la ΣO_2 max della prima curva e la ΣO_2 max della seconda curva, sia da considerare come misura del recalcitrante stesso, è stato necessario verificare con prove sperimentali che non siano presenti fenomeni di interferenza tra materiale labile e recalcitrante. E' per questo motivo che, in alcuni esperimenti, sono state aggiunte sospensioni di cellulosa di diverse concentrazioni, per valutare la linearità dell'incremento della ΣO_2 max della seconda curva rispetto alle quantità di cellulosa aggiunte.

Un ulteriore controllo è stato fatto per verificare che l' aggiunta di cellulosa non influisse sul materiale labile. L'analisi della covarianza, dei valori della ΣO_2 max della labile sui relativi valori di cellulosa aggiunta, mostrano una lieve influenza nei campioni di plancton lacustre mentre nessuna interferenza per le colture di Microcystis.

Come valore della ΣO_2 max si è considerato il valore di "a" (ordinata all'origine) delle rette di regressione calcolate per la labile, con o senza aggiunta di cellulosa che, comunque, non si discosta mai molto da quello della ΣO_2 max del solo campione di sostanza organica, sia per la coltura di Microcystis che per il plancton. Per stimare il contenuto di materiale organico ossidato, e quindi risalire alle percentuali di sostanza organica

DATA	% Labile	% Recalcitrante	% Refrattaria	DOMINANZA ALGHE % Diatomee	Cianoficee	Altre alghe	SUL PESO SECCO % C	% N
29-3-78	>34	<5	61	56	39	5	29,5	4,6
26-4-78	>33	<5	62	93	6	1	32,3	5,2
29-5-78	54	9	37	23	60	17	35,3	4,8
27-6-78	>20	<5	75	7	73	20	17,5	2,8
24-7-78	28	20	52	4	86	10	33,0	4,8
30-8-78	>50	<5	45	18	75	7	26,8	6,4
25-9-78	>35	<5	60	2	90	8	31,8	5,0
30-10-78	>45	<5	50	1	98	1	33,0	6,7
24-6-80	24	9	67	80	2	18	-	-
3-9-80	>39	<5	56	70	5	25	-	-
M.aeruginosa 15 gg	17	8	75				35,6	5,9
M.aeruginosa 51 gg	>25	<5	70				-	-
M.aeruginosa 7 gg	13	11	76				25,8	2,8
M.aeruginosa 68 gg	> 6	<5	89				14,9	0,5

Tab. 2 - Percentuali riferite ai tre gruppi di esperimento. 1° gruppo, metodo di raccolta: centrifugazione continua; microrespirometro usato: Warburg. 2° gruppo, metodo di raccolta: retino; microrespirometro usato: Gilson. 3° gruppo, coltura di Microcystis aeruginosa; microrespirometro usato: Gilson.

refrattaria per differenza, si è usato il fattore proposto da Winberg (1971), in cui si considera circa equivalente a 1 mg di sostanza organica 1 ml di O_2. I risultati appaiono nella tabella 2. Dai risultati ottenuti in questi esperimenti, risulta chiaro che una aliquota abbastanza elevata di materiale algale (37-75%) è refrattaria all'attacco batterico, mentre la parte labile raggiunge il 20-50%, la sostanza recalcitrante è presente solo in piccola parte (<5-20%). Si nota, anche, una diversa ripartizione tra materiale refrattario e labile a seconda delle specie algali presenti nel campione. Le Cianoficee, in particolare appaiono più resistenti all'attacco batterico. Si tratta, però, di una differenza modesta e comunque inferiore a quella che si può trovare tra colture algali di età diversa, come si rileva dai nostri dati e da quelli di Jewell e McCarty (1968). Modeste differenze nella velocità di mineralizzazione tra la composizione in specie del detrito algale sono state recentemente trovate, con altri metodi, anche da Fallon e Brock (1979) e da Newell, Lucas, Linley (1981).

Tutto questo induce a ritenere che la composizione in sostanze labili, recalcitranti e refrattarie del popolamento fitoplantonico, non determini un diverso comportamento ecologico delle varie specie algali. Soprattutto il complesso meccanismo della rigenerazione sostenuto dalle Cianoficee (Wangersky, 1977), che così grande importanza assume nel processo di "rigenerazione in situ" dei nutrienti, particolarmente evidente negli ambienti lacustri mesotrofi ed eutrofi dove prevale sul meccanismo a rinnovo durante il periodo di stratificazione termica, sembra che non si possa ascrivere ad una diversa composizione di sostanze più o me no difficilmente attaccabili dai popolamenti batterie!.

Questo può sembrare in contrasto con quanto ci si attendeva in base all'ipotesi di Wangersky, è però da tener presente che il nostro studio non ha preso in considerazione la mineralizzazione dell'azoto e del fosforo e che la velocità di decomposizione del fitoplancton in ambiente naturale può essere diversa per molte cause, come, ad esempio, la differente struttura esterna delle varie alghe o la presenza di meccanismi attivi di galleggiamento.

BIBLIOGRAFIA

Fallon, R.D. and T.H. Brock. 1979. Decomposition of blue-green algal (Cyanobacterial) blooms in lake Mendota, Wisconsin. Appl.Environ.Microbiol., 37:820-830.

Jewell, W.J. and P.L. McCarty. 1968. Aerobic decomposition of algae and nutrient regeneration. Techn.Rep. n.91. Dept.Civil.Engineer Stanford Univ., 283 pp.

Jennings, D.H. 1963. The absorption of soluts by plant cells. Oliver and Boyd, London.

Kuentzel, L.E. 1969. Bacteria, carbon dioxide and algal blooms. J.Water.Poll.Contr.Federation, 20016 :1737-1747.

Newell, R.C., M.I. Lucas and E.A.S. Linley. 1981. Rate of degradation and efficiency of conversion of phytoplankton debris of marine micro-organisms. Mar.Ecol.Prog., Ser.6:123-136.

Rich, P.H. and R.G. Wetzel. 1978. Detritus in the lake ecosystem. The American Naturalist, 112:57-71.

Wangersky, P.J. 1978. The role of particulate matter in the productivity of surface waters. Helgoländer Wiss.Meeresunters,30:546-564.

Winberg, G.G. and Coll. 1971. Symbols, units and conversion factors in studies on fresh water productivity. IBP Section PF.

IL LIVELLO TROFICO DEI LAGHI PROFONDI SUDALPINI SULLA BASE DELLE LORO CONCENTRAZIONI DI AZOTO, FOSFORO E OSSIGENO DISCIOLTO

R. MOSELLO

C.N.R. - Istituto Italiano di Idrobiologia, Pallanza

SUMMARY

The deep sudalpine lakes (L. Maggiore, Lugano, Como, Iseo and Garda), because of their physiographic characteristics and geographical location, are of great scientific and economic importance. Indeed they are located in an area whose population density and industrialization is above the Italian mean, so that, in recent decades, a noticeable water deterioration has occurred, mainly due to an increase in the trophic level. The Istituto Italiano di Idrobiologia - C.N.R., in the context of an Italian National Council of Research project for the promotion of the quality of the environment, started in 1976 a research concerning the main physical, chemical and biological aspects of those lakes. This paper considers some chemical variables of great importance for their connection with biological production: the concentration of inorganic nitrogen, reactive and total phosphorus and dissolved oxygen. The results of the period 1976-1982 are compared with the available previous data in order to show the evolution of the concentrations in the last twenty years.

Il fosforo, l'azoto e l'ossigeno disciolti nelle acque sono le variabili chimiche più direttamente interagenti con i fenomeni di produzione algale e pertanto sono le più adeguate a fornire indicazioni sulle condizioni di trofia di un ambiente lacustre. Esse presentano inoltre il vantaggio, rispetto ai parametri biologici, di una minore variabilità temporale e sono determinabili mediante metodologie analitiche generalmente più semplici e caratterizzate da una più elevata accuratezza e ripetibilità.
Questi motivi hanno fatto sì che le variabili chimiche sopra indicate siano comunemente usate, da sole (Vollenweider, 1976; Carlson, 1977; Walker, 1979; Welch and Perkins, 1979; Charlton, 1980; Cornett and Rigler, 1980; de Bernardi, Giussani e Mosello, 1980) o insieme con variabili biologiche (Nicholls and Dillon, 1978; Nickman, 1980; OECD, 1980), in diverse impostazioni metodologiche usate per definire e/o quantificare il livello trofico di un lago. Con questa ricerca mi propongo di valutare le concentrazioni dell'azoto inorganico, del fosforo reattivo e totale e del-

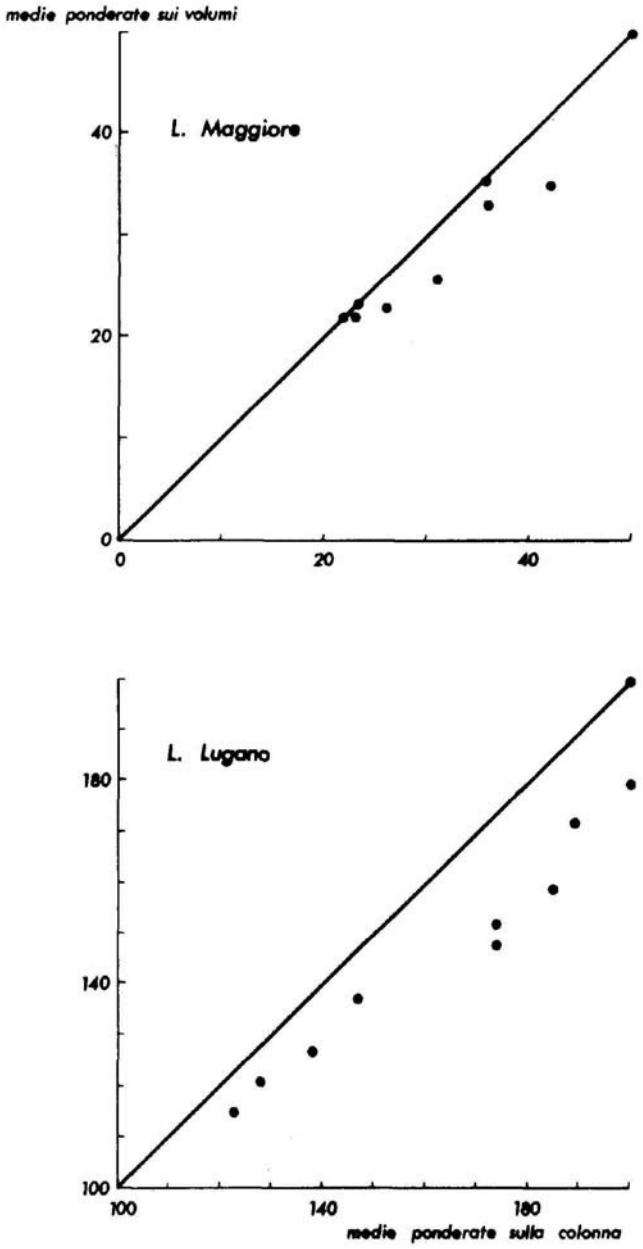


Fig. 1 - Confronto fra le concentrazioni medie di fosforo totale (µg P/l) ottenute come medie ponderate sulla colonna e sui volumi.

l'ossigeno disciolto, per trame indicazioni sul livello trofico attuale dei laghi profondi subalpini (L. Maggiore, Lugano (bacino Nord), Como, Iseo e Garda). Inoltre, dal confronto della situazione attuale con i dati raccolti su questi ambienti nell'ultimo ventennio, si cercherà di definire l'evoluzione recente di questi importanti corpi d'acqua lacustre.

I dati utilizzati sono stati raccolti dall'Istituto Italiano di Idrobiologia del C.N.R. nell'ambito del Progetto Finalizzato "Promozione della qualità dell'ambiente"; le ricerche svolte su questi laghi hanno considerato, oltre agli aspetti chimici, quelli fisici e biologici.

I campionamenti sono stati effettuati una volta all'anno, nei mesi di Marzo-Aprile, dal 1973 al 1976; successivamente si è eseguito un secondo campionamento nel periodo autunnale. I dati presentati in questo lavoro si riferiscono tutti al campionamento primaverile. Per la descrizione delle metodologie analitiche adottate e per una stima della loro ripetibilità si rimanda a Mosello, Calderoni e De Giuli (1981).

Non disponendo per tutti i laghi considerati delle curve ipsografiche dei volumi, i valori medi sono stati calcolati ponderando le concentrazioni misurate alle singole profondità per lo spessore degli strati d'acqua esistenti fra le diverse profondità campionate. Tale media, se confrontata con la media ponderata sui volumi degli strati d'acqua, nel caso di laghi profondi quali quelli in considerazione, tende a risentire in maggiore misura delle concentrazioni ipolimniche. La Figura 1, che riporta il confronto fra queste due maniere di esprimere le concentrazioni medie nel caso del Lago Maggiore e del Lago di Lugano (bacino Nord), evidenzia che le differenze sono generalmente modeste, comunque non tali da inficiare le considerazioni che seguono, basate più sul confronto e sulle variazioni dei dati che sul loro valore assoluto.

La Tabella 1 mostra le concentrazioni medie del fosforo reattivo e totale e dell'azoto inorganico nei cinque laghi considerati, misurate nel periodo 1973-1982. Considerando dapprima i dati relativi al 1982, il Lago di Garda presenta le concentrazioni inferiori di fosforo reattivo e totale (rispettivamente 4 e 11 µg P/l), mentre i valori più elevati sono stati misurati nel Lago di Lugano (157 e 174 µg P/l).

Per quanto riguarda l'azoto inorganico, il minimo (0,37 mg N/l) è ancora prerogativa del Lago di Garda, mentre i valori più elevati sono stati rilevati nei laghi di Como e Maggiore (0,80 mg N/l) e di Iseo (0,84 mg N/l). E' comunque da sottolineare che

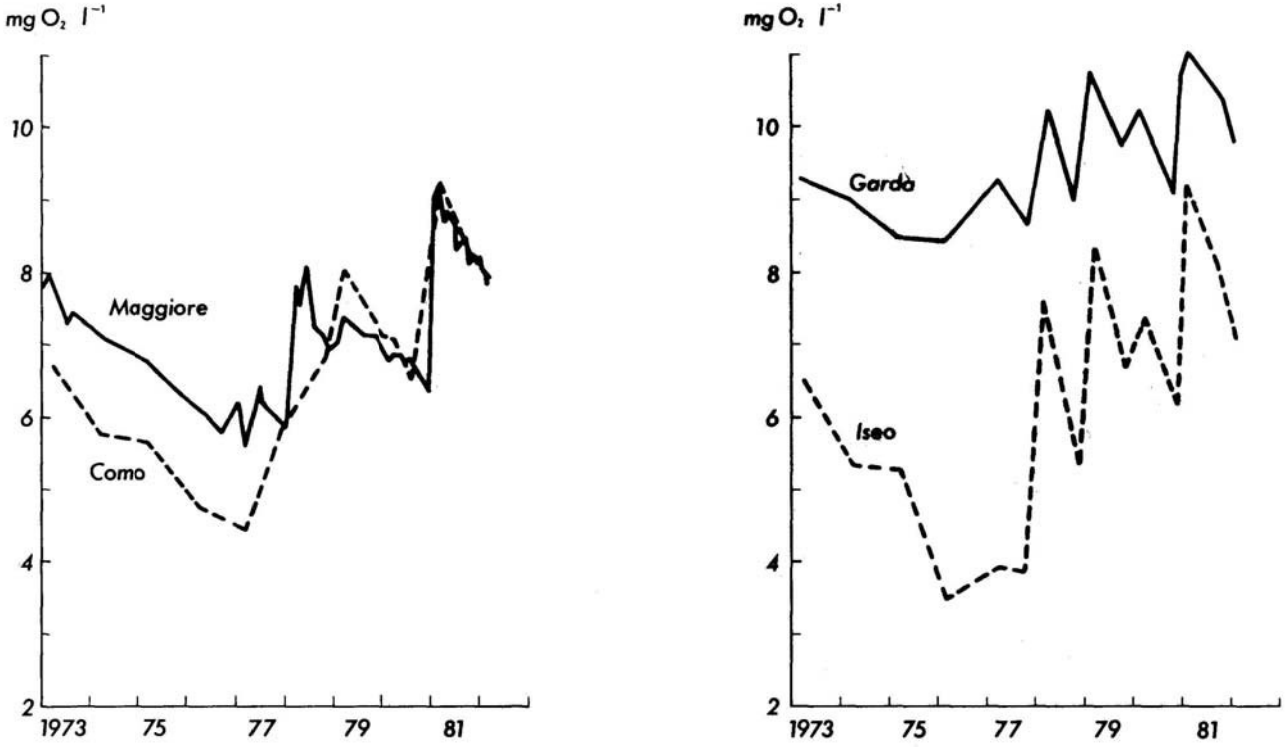


Fig. 2 - Concentrazioni medie dell'ossigeno disciolto nello strato d'acqua al di sotto dei 200 m di profondità.

nel caso del bacino Nord del Lago di Lugano, ad una concentrazio-ne di azoto totale inorganico modesta (0,51 mg N/l), fa riscontro una elevata importanza percentuale dell'azoto ammoniacale (67%) del tutto assente, o presente in concentrazioni praticamente trascurabili, negli altri quattro laghi. Tale differenza è determinata dalle condizioni riducenti presenti al di sotto dei 150-200 m nel Lago di Lugano, condizioni determinate in parte dalla elevata trofia di questo lago, in parte dal fatto che esso non ha mai presentato, per quanto è possibile desumere dai dati disponibili, un fenomeno di completo rimescolamento.

Le variazioni delle concentrazioni di ossigeno disciolto nelle acque profonde di questi laghi devono essere considerate con alcune cautele. I loro valori, infatti, non sono solo in relazione al livello trofico delle acque, ma sono fortemente influenzate dal fatto che soltanto eccezionalmente questi laghi presentano un completo rimescolamento (Vollenweider, 1964; Tonolli e Bonomi, 1967; Ambrosetti, Barbanti e Mosello, 1982). La Figura 2 riporta le concentrazioni medie di ossigeno disciolto relative allo strato d'acqua compreso tra 200 m e il fondo. L'esame di questi dati evidenzia che la migliore ossigenazione è presentata dalle acque del Lago di Garda, le cui concentrazioni variano tra 9 e 10 mg O_2/l. I laghi Maggiore e di Como mostrano valori inferiori (6-9 mg/l), e variazioni analoghe. Il Lago di Iseo presenta il maggiore ambito di variazione (4-9 mg/l), determinato dalla sua minore profondità massima, che consente una più frequente piena circolazione, con conseguente ricarica di ossigeno in ipolimnio.

I valori relativi al Lago di Lugano non compaiono nella figura, in quanto, come già accennato, le acque profonde di questo lago sono da anni in condizioni di anossia, con presenza in concentrazioni elevate di composti riducenti quali l'azoto ammoniacale e l'idrogeno solforato.

Al fine di pervenire ad una individuazione delle tendenze evolutive recenti dei laghi sudalpini, i dati chimici raccolti negli anni 1973-1982 sono stati confrontati con quelli disponibili in bibliografia e, nel caso del Lago Maggiore, con quelli raccolti nel periodo anteriore al 1973. In particolare si sono usati i dati presentati da Vollenweider (1965) relativi agli anni 1960-1962, riguardanti i 5 laghi considerati; Braga (1972) riporta dati raccolti nel 1970-71 sul Lago di Como; Bonomi e Gerletti (1967) presentano dati sul Lago di Iseo; infine la situazione del Lago di Garda nel 1970-72 è riportata da Gerletti (1974).

Le conclusioni che si possono trarre sono riassumibili nella maniera seguente: l'azoto inorganico ha presentato in tutti i la-

ghi considerati, con la sola eccezione del Lago di Garda, una spiccata tendenza all'aumento. I valori sono passati da 0,5 a 0,8 mg/l nei laghi Maggiore, di Como e d'Iseo, nel periodo 1960-1978; dopo il 1978 i valori sembrano essersi stabilizzati nel Lago Maggiore e di Como, mentre nel Lago di Iseo hanno continuato ad aumentare, raggiungendo nel 1982 un massimo di 0,84 mg N/l. Nel Lago di Garda il primo dato disponibile (0,22 mg N/l, 1960, Vollenweider, 1965), è relativo alle sole acque epilimniche e pertanto poco confrontabile con i rimanenti valori, relativi all'intera colonna d'acqua; i valori dal 1970 al 1982 sono passati da 0,30 a 0,37 mg N/l. L'evoluzione dei contenuti di azoto inorganico nelle acque del Lago di Lugano richiede un commento a parte. Dal 1960 al 1982 si è rilevato un incremento da 0,28 a 0,51 mg N/l, ma l'aumento è stato ben più marcato per l'azoto ammoniacale (da 0,07 a 0,34 mg N/l), mentre per l'azoto nitrico si è verificata addirittura una diminuzione, sia pure di entità trascurabile (da 0,20 a 0,17 mg N/l). Tali variazioni sono da mettere in relazione al progressivo aumento delle condizioni riducenti dell'epilimnio, che determinano, fra l'altro, la scomparsa quasi completa dell'azoto nitrico a profondità maggiori di 150 m.

Le concentrazioni medie ponderate sull'intera colonna d'acqua del fosforo reattivo e totale hanno mostrato una evoluzione analoga nei cinque laghi esaminati. Le concentrazioni iniziali, misurate nel periodo 1960-65 erano generalmente inferiori ai 10 µg P/l, con l'eccezione del Lago di Lugano, per il quale Vollenweider (1965) riporta valori di fosforo reattivo compresi tra 20 e 30 µg P/l. Successivamente in tutti i laghi, ad esclusione del Lago di Garda, si assiste ad un marcato aumento delle concentrazioni medie, che raggiungono i valori più elevati negli anni fra il 1977 e il 1980 (Tab. 1). Il fosforo totale ha raggiunto massimi di 42 µg P/l nel Lago Maggiore (1977), di 81 µg P/l nel Lago di Como (1977-78), di 53 µg P/l nel Lago di Iseo (1980) e di 201 µg P/l nel Lago di Lugano (1980). Nel Lago di Garda l'aumento è stato meno accentuato, e la massima concentrazione di 28 µg P/l è stata misurata nel 1980. Successivamente a tali date si è verificata una generale lieve diminuzione delle concentrazioni, sino ai valori precedentemente descritti per il 1982.

I laghi profondi sudalpini erano caratterizzati, sino ad alcuni decenni fa, da condizioni di oligotrofia. In tal senso depongono i primi studi limnologici ad essi rivolti (Monti, 1929; Baldi, 1949; Tonolli, Gerletti e Chiaudani, 1975) nonché evidenze derivanti dall'esame del profilo verticale del contenuto di pigmenti nei sedimenti (Guilizzoni, Bonomi, Galanti e Ruggiu, in stampa). L'aumento del livello di trofia, bene indicato dall'au-

mento delle concentrazioni di fosforo reattivo e totale e dalla diminuzione dell'ossigeno in ipolimnio, è iniziato tra gli anni 50 e 60 sul Lago di Lugano, dopo gli anni 60 sui laghi di Como, Iseo e Maggiore, e solo negli ultimi anni ha preso ad interessare anche il Lago di Garda.

L'attuale situazione vede i laghi sudalpini ordinati nella seguente maniera, per livelli di trofia crescente:

Garda < Maggiore ≈ Iseo < Como < Lugano (bacino Nord)

E' ormai ampiamente riconosciuto che le cause innescanti i fenomeni di eutrofizzazione sono da ricercarsi nell'aumentato carico di composti del fosforo, derivanti in misura determinante dalla popolazione residente nel bacino imbrifero del lago e dalle attività da essa esplicate. A conferma di ciò, in mancanza di dati più aggiornati si può notare che nel 1977 la più bassa densità di popolazione (80 ab/km^2) era presente nel bacino del Lago di Garda, la più elevata (270 ab/km^2) in quello del Lago di Lugano, mentre per altri tre laghi i valori erano compresi tra 100 e 110 ab/km^2.

Naturalmente le variabili morfometriche, fisiche ed idrologiche giocano un ruolo parimenti importante nel determinare l'entità e la velocità dei processi di eutrofizzazione. Il cospicuo volume di questi corpi d'acqua, ad esempio, contribuisce a rallentare le modificazioni trofiche; tale osservazione, di segno positivo, è bilanciata dalla considerazione che lo stesso motivo fisico tenderà a rallentare il processo di recupero del lago, anche nell'ipotesi di interventi risanatori efficaci. Tale recupero sarà ancora più problematico nel caso del bacino più profondo del Lago di Lugano, a causa delle sue caratteristiche mero-mittiche e, più in generale, per l'alto tempo teorico di ricambio; queste stesse caratteristiche hanno indubbiamente determinato anche una più rapida eutrofizzazione di questo bacino, in confronto agli altri laghi. Infine, per esemplificare l'importanza della variabile idrologica, ad essa verosimilmente sono da attribuire le diminuzioni delle concentrazioni di fosforo reattivo e totale e il rallentamento mostrato dalla crescita delle concentrazioni di azoto nitrico osservati negli anni 1977 e 1978 (Ambrosetti, Barbanti e Mosello, 1932).

Tali variazioni non sono pertanto da interpretare come una inversione di tendenza del processo di accumulo di nutrienti algali nei laghi considerati, ma solo come un suo rallentamento determinato, appunto, dall'eccezionalità idrologica di quegli anni. Una reale e duratura diminuzione del livello trofico di questi laghi sarà possibile solo nel caso di una sostanziale diminuzione

degli apporti di fosforo, realizzabile con interventi miranti a riportare i carichi di questo elemento al di sotto dei valori critici.

		1973	1974	1975	1976	1977	1978	1979	1980	1981	1982
	RP	19	14	14	25	32	24	18	15	20	20
L. Maggiore	TP	-	26	26	31	42	35	22	36	23	23
	IN	0,76	0,75	0,79	0,75	0,81	0,80	0,78	0,80	0,78	0,80
	RP	-	107	116	119	140	178	158	170	178	157
L. Lugano	TP	-	123	128	138	147	189	174	201	185	174
	IN	-	0,33	0,42	-	0,39	0,46	0,47	0,44	0,48	0,51
	RP	60	67	65	60	74	70	61	67	59	58
L. Como	TP	65	73	68	76	81	81	70	78	74	68
	IN	0,76	0,73	0,71	0,68	0,76	0,78	0,76	0,80	0,73	0,80
	RP	22	22	32	38	33	27	33	33	33	28
L. Iseo	TP	31	28	33	43	37	36	39	53	39	37
	IN	0,70	0,66	0,57	0,69	0,75	0,77	0,76	0,79	0,76	0,84
	RP	8	2	8	5	2	5	5	11	3	4
L. Garda	TP	-	3	9	9	8	14	11	28	10	11
	IN	0,33	0,33	0,30	0,32	0,35	0,34	0,36	0,39	0,34	0,37

Tab. 1 - Concentrazioni medie di fosforo reattivo (RP) e totale (TP, µg P/l) e di azoto inorganico (IN, mg N/l) rilevate al campionamento primaverile.

BIBLIOGRAFIA

Ambrosetti, W., L. Barbanti e R. Mosello. 1982. Relazioni tra variabili idro-meteorologiche e profondità di mescolamento nei laghi profondi sudalpini. Atti IV Congresso A.I.O.L., Chiavari 1-3 Dicembre 1980:19/1-9.

Baldi, E. 1949. Alcuni caratteri generali dei laghi marginali sudalpini. Verh.Int.Ver.theor.Limnol., 10: 50-69.

Bonomi, G. e M. Gerletti. 1967. Il Lago d'Iseo: primo quadro limnologico generale (termica, chimica, plancton e benthos profondo). Mem.Ist.Ital.Idrobiol., 22:149-175.

Braga, L. 1972. Quadro limnologico recente (1970-1971) del Lago di Como: aspetti fisici e chimici, popolamento fitoplanctonico e produzione primaria. Tesi Università degli Studi di Milano, 97 pp.

Carlson, R.E. 1977. A trophic state index for lakes. Limnol. Oceanogr., 22:361-369.

Charlton, M.N. 1980. Hypolimnion oxygen consumption in lakes: discussion of productivity and morphometry effects. Can.J.FishAquat.Sci., 37:1531-1539.

Cornett, R.J. and F.H. Rigler. 1980. The areal hypolimnetic oxygen deficit: an empirical test of the model. Limnol.Oceanogr., 25:672-679.

de Bernardi, G. Giussani e R. Mosello. 1980. I Piccoli Laghi della Regione Lombardia: proposta di una gerarchia trofica in base a semplici criteri di valutazione. Atti III Congresso A.I.O.L., Sorrento 18-20 Dicembre 1978:367-376.

Gerletti, M. 1974. Chimica delle acque. In: Gerletti, M. (Ed.) "Indagini sul Lago di Garda" Quaderni I.R.S.A., 18:174-179.

Guilizzoni, P., G. Bonomi, G. Galanti and D. Ruggiu (in press). Basic trophic status and recent development of some Italian lakes as revealed by plant pigments and other, chemical components in sediment cores. Mem.Ist.Ital.idrobiol., 40.

Hickman, M. 1980. Phosphorus, chlorophyll and eutrophic lakes. Arch.Hydrobiol., 88:137-145.

Monti, R. 1929. Limnologia comparata dei laghi insubrici. Verh.Int.Ver.Limnol., 4:462-497.

Mosello, R., A. Calderoni e E. De Giuli. 1981. Bilancio chimico del Lago Maggiore nel 1978. Mem.Ist.Ital.Idrobiol., 39:7-29.

Nicholls, K.H. and P.J. Dillon. 1978. An evaluation of phosphorus-chlorophyll-phytoplankton relationships for lakes. Int.Revue ges.Hydrobiol., 63:141-154.

O.E.C.D. 1980. Cooperative programme for monitoring of inland waters (Eutrophication control). Regional Project Report: Al-

pine Lakes (compiled by H. Fricker). Swiss Federal Board for Environmental Protection. Bern, 234 pp.
Tonolli, V.L. e G. Bonomi. 1967. La piena circolazione in laghi oligomittici: una sottovalutata causa di contenimento della produzione zooplanctonica. Mem.Ist.Ital.Idrobio., 22:9-52.
Tonolli, L., M. Gerletti and G. Chiaudani. 1975. Trophic conditions of Italian lakes as a consequence of human pressures. In: Hasler, A.D. (Ed.) "Coupling of Land and Water Systems". Vol. 10:215-225.
Vollenweider, R.A. 1964. Ueber oligomiktische Verhaltnisse des Lago Maggiore einiger anderer insubrischer Seen. Mem.Ist.Ital. Idrobiol., 17:191-206.
Vollenweider, R.A. 1965. Materiali ed idee per una idrochimica delle acque insubriche. Mem.Ist.Ital.Idrobiol., 19:213-286.
Vollenweider, R.A. 1976. Advances in defining critical loading levels for phosphorus in lake eutrophication. Mem.Ist.Ital.Idrobiol., 33:53-83.
Walker, W.W. 1979. Use of hypolimnetic oxygen depletion rate as a trophic state index for lakes. Wat.Resour.Res., 15:1463-1470.
Welch, E.B. and M.A. Perkins. 1979. Oxygen deficit-phosphorus loading relation in lakes. Jour. W.P.C.F., 51:2823-2828.

MISURA DELLA CARICA ENERGETICA DEI COMPOSTI ADENILATI E SUA APPLICAZIONE AL CONTROLLO AMBIENTALE

R. PAGNOTTA, A. PUDDU

C.N.R. - Istituto di Ricerca sulle Acque, Roma

SUMMARY

A procedure for measuring ATP, ADP and AMP level's in environmental samples is applied to different microbial populations and is here by described.

The adenylate energy charge ratio (AEC), expressed as

$$AEC = \frac{/\overline{\underline{A}}TP + 1/2/\overline{\underline{A}}D\overline{\underline{P}}/}{/\overline{\underline{A}}T\overline{\underline{P}}/ + /\overline{\underline{A}}D\overline{\underline{P}}/ + /\overline{\underline{A}}M\overline{\underline{P}}/}$$

is calculated to verify the relation between the different kinds of stress and the physiological state of microorganisms.

The results obtained show that EC may provide a strong tool in the early and fast detection of stress in aquatic environments.

INTRODUZIONE

I fenomeni di inquinamento, così come qualunque altro fenomeno in grado di modificare le condizioni fisiche o chimiche dell'ambiente, sono tanto più rilevanti quanto più si riflettono sulle caratteristiche strutturali e funzionali dei vari componenti le comunità biologiche. Ciò nonostante, le difficoltà nel valutare le alterazioni di tali caratteristiche, specialmente in maniera rapida ed a livelli subletali, non sono ancora state del tutto risolte.

Una variabile di tipo biochimico, che sembra rispondere a queste esigenze e mostrare quindi elevate potenzialità di utilizzo applicata a problemi di tipo ambientale, è costituita dalla misura della carica energetica associata ai composti adenilati (AEC). L'AEC è un indice biochimico calcolato sulla base delle concentrazioni delle tre forme di composti adenilati presenti nella cellula: adenosintrifosfato (ATP) adenosindifosfato

(ADP) e adenosinmonofosfato (AMP). E' stato infatti osservato (Bomsel e Pradet, 1907, Pradet et al., 1968, come riportato da Romano, 1975) come vi sia una relazione tra le proporzioni relative dei tre composti ed alcune condizioni ambientali (luce, temperatura, etc.) o le fasi di crescita.

I tre composti adenilati, presenti in tutte le cellule viventi, rappresentano infatti il sistema attraverso il quale vengono soddisfatte le esigenze energetiche nel metabolismo intracellulare. Il pool di questi tre composti rappresenta l'85-90% di tutti i legami ricchi di energia, disponibili mediamente nella cellula, ma le tre molecole non hanno lo stesso valore energetico. La presenza di due legami ricchi di energia (di tipo pirofosforico) nell'ATP, di uno solo nell'ADP e l'assenza di tali legami nell'AMP ne rendono diverso il potenziai le reattivo.

L'AEC (Atkinson, 1977) definita come

$$AEC = \frac{/\overline{\underline{A}}TP + 1/2/\overline{\underline{A}}D\overline{\underline{P}}/}{/\overline{\underline{A}}T\overline{\underline{P}}/ + /\overline{\underline{A}}D\overline{\underline{P}}/ + /\overline{\underline{A}}M\overline{\underline{P}}/}$$

può variare da 0 a 1. Il primo caso, presenza di solo AMP, si ha allorché le cellule si trovano in condizione teorica di massima carenza energetica; il secondo caso, presenza di solo ATP, si verifica invece in condizioni di massima disponibilità energetica. Analizzando dati relativi a differenti organismi in differenti condizioni ambientali, Ivanovici (1980) ha mostrato come l'AEC generalmente sia compresa in 3 classi di valori caratteristici di condizioni ottimali (0.8÷0.9), di condizioni limitanti o perturbate (0.5÷0.75) e di condizioni di stress elevato (<0.5).

II metodo più comunemente usato per determinare la concentrazione di composti adenilati si basa sulla conversione enzimatica dell'ADP e dell'AMP in quantità equivalenti di ATP, misurati successivamente per bioluminescenza. Tale metodo è stato frequentemente applicato a studi specifici su tessuti vegetali e organismi animali; solo negli ultimi anni l'applicazione è stata estesa agli ambienti naturali, ove i maggiori problemi sono posti dai bassi livelli di concentrazione.

In questa comunicazione viene presentata la metodo-

logia messa a punto presso l'Istituto di Ricerca sulle Acque del C.N.R. per la stima dell'AEC e vengono presentati alcuni risultati della sua applicazione in campioni di diversa natura, al fine di verificare la validità e la sensibilità del metodo come parametro biologico utilizzabile in operazioni di controllo ambientale.

MATERIALI E METODI

II metodo qui descritto, di cui in fig. 1 è riportato in forma schematica lo sviluppo, ricalca quello proposto da Karl e Holm-Hansen (1978), a cui si rimanda per ulteriori dettagli, ed è stato scelto dopo aver esaminato diverse modalità di estrazione e di misura.

Raccolta dei campioni ed estrazioni dei composti adenilati

Le determinazioni di AEC sono state effettuate nei seguenti campioni prelevati nel periodo gennaio-marzo 1982 e provenienti da quattro diversi ecosistemi:

FW1: Fiume Tevere a monte città di Roma; ambiente con buone caratteristiche di qualità*;

FW2: Fiume Aniene alla sezione di chiusura; ambiente fortemente inquinato*;

SW1: Mare Tirreno, foce fiume Tevere; zona costantemente sottoposta agli apporti inquinanti del fiume**;

SW2: Mare Tirreno, 1 miglio SO dalla foce; zona di mescolamento fiume-mare**;

SW3: Mare Tirreno, 5 miglia S dalla foce; ambiente non contaminato**;

AS1: Popolazione microbica di impianto di trattamento a fanghi attivi;

AS2: Stessa popolazione di AS1 dopo riduzione dell'attività per abbassamento del pH (da 7,9 a 5,5);

PHAE 1: Popolazione di Phaedoctylum tricornutum mantenuta in fase di crescita esponenziale con illuminazione costante ;

PHAE 2: Stessa popolazione di PHAE 1 in assenza di luce per le 24 h precedenti l'estrazione.

Subito dopo il prelievo 500 ml di FW e SW sono stati filtrati su membrane Millipore HA (0,45 μ); queste ulti_

---

*IRSA (1978)

**La Noce, Pagnotta, Pettine e Puddu (1980)

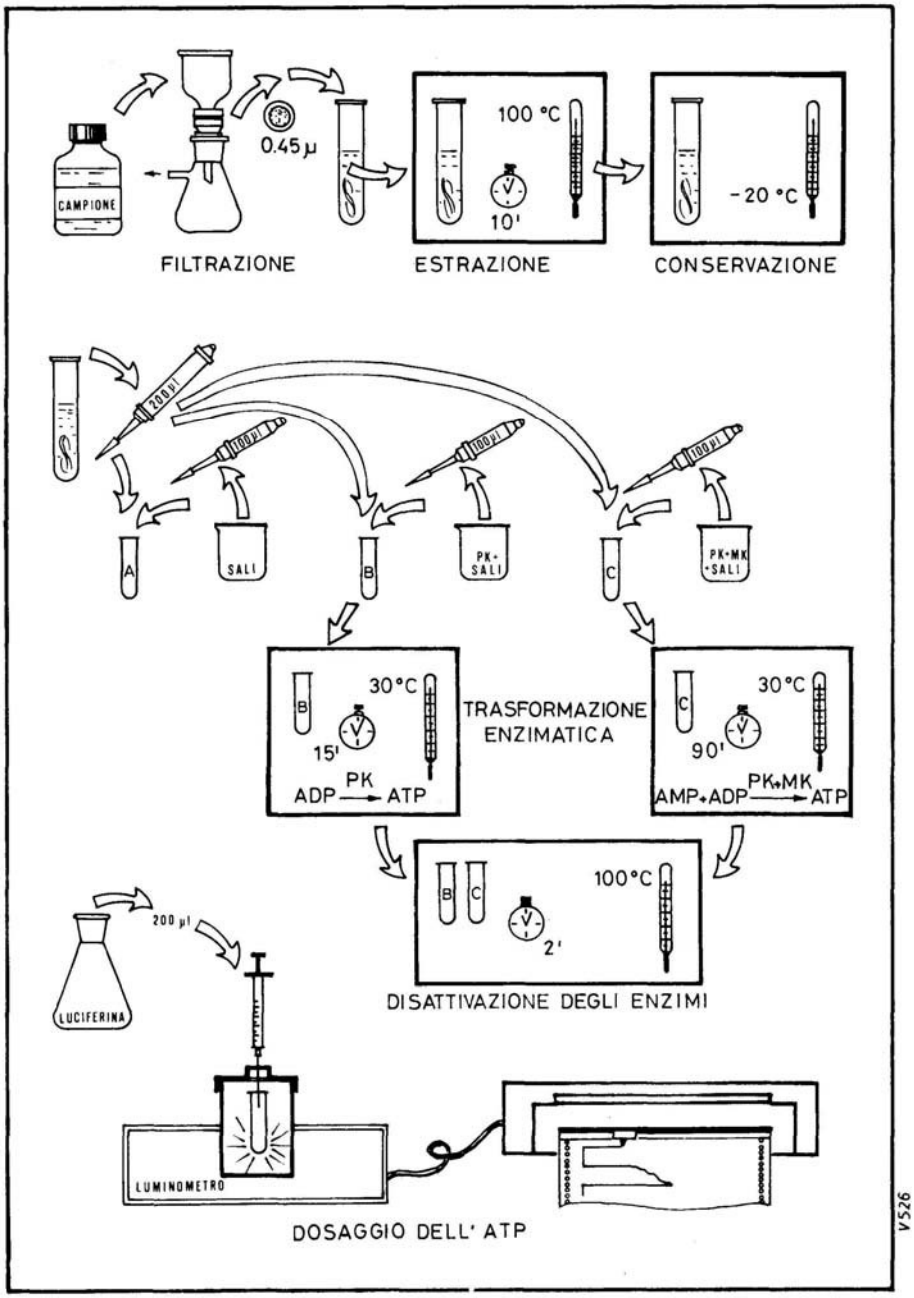


Fig. 1 - Tecnica per la determinazione dei composti adenilati.

me sono state immediatamente trasferite in 5 ml di Tris bollente (0,012 M, pH = 7,75) per l'estrazione di AMP, ADP, ATP e mantenute per 10 minuti ad una temperatura di 105-110°C. Per i campioni di culture algali (PHAE) il volume del campione filtrato è stato di soli 25 ml. Per quelli provenienti da impianti di trattamento (AS), data la maggior concentrazione di biomassa presente, anziché filtrare si è proceduto all'estrazione dei composti adenilati da 1 ml di campione diluito in 25 ml di Tris bollente. In tutti i casi l'estratto era poi rapidamente congelato e conservato a -20°C fino al momento dell'analisi.

Inoltre, standards di ATP in concentrazioni comprese tra 0,5 e 25 µg/1 e soluzioni miste contenenti in vari rapporti ATP, ADP e AMP sono state predisposte per la successiva trasformazione enzimatica.

Trasformazione enzimatica

Aliquote di 0,2 ml dei campioni, degli standards e delle soluzioni miste, scongelati e portati a temperatura ambiente, sono stati trasferiti in tre serie di tubi di cultura del tipo "Rhesus" indicate come A, B e C per l'analisi rispettivamente dell'ATP, dell'ADP e dell'AMP.

Per fornire ai campioni così preparati il substrato necessario per la reazione enzimatica sono state preparate le seguenti soluzioni:

- una soluzione di sali, composta da:
  - 100 ml di TRIS (0,5 M, pH 7,75)
  - 37,5 ml di K_2S0_4 (0,5 M)
  - 50 ml di $MgS0_4.7H_20$ (0,1 M)
  - 4 ml di EDTA (acido) (0,17 M, pH 7,0)
  - H_20 distillata q.b. a 1000 ml
- una soluzione "S", preparata immediatamente prima dell'uso aggiungendo 75 µl di una soluzione di fosfoenolpiruvato (PEP, 10 mg/1) a 15 ml della soluzione di sali
- le soluzioni :

"SI", per la misura dell'ATP, composta da 3 ml di S e 4,5 ml di H_2O distillata;

"SD", per la trasformazione dell'ADP in ATP, composta da 3 ml di S, 4,3 ml di H_20 distillata e 0,2 ml di piruvato-chinasi (PK);

"SM", per la trasformazione dell'AMP e dell'ADP in ATP, composta da 3 ml di S, 4,1 ml di H_2O distillata, 0,2 ml di piruvato-chinasi e 0,2 ml di mio-chinasi (MK).

Un volume di 0,1 ml della soluzione SI è stato aggiunto ai tubi della serie A e su questi si è proceduto direttamente al dosaggio dell'ATP.

Ai tubi della serie B sono stati aggiunti 0,1 ml di SD e a quelli della serie C 0,1 ml di SM. Per favorire le reazioni enzimatiche i tubi della serie B sono stati mantenuti in termostato a 30°C per 15 minuti, quelli di C alla stessa temperatura per 90 minuti. Completate le reazioni, prima di procedere al dosaggio sono stati disattivati gli enzimi, per evitare interferenze con l'ADP eventualmente presente nella soluzione di luciferina (Karl e Holm-Hansen, 1978), mantenendo i tubi di B e di C per 2 minuti a 100°C.

Preparazione della luciferina-luciferasi

Ciascuna fiala di estratto liofilizzato di luciferina-luciferasi (FLE) è stata reidratata con 15 ml di acqua distillata sterilizzata, agitata vigorosamente e lasciata a riposo alla luce per un'ora a temperatura ambiente. Il preparato è stato quindi filtrato su Millipore HA (0,45 μ) ed incubato per 20 ore circa al buio ed alla temperatura di 4°C.

Determinazione dell'ATP

L'emissione della luce risultante dalla reazione FLE-ATP è stata misurata con un bioluminometro LKB mod. 1250. 0,2 ml di FLE sono stati aggiunti, utilizzando il sistema di iniezione dello strumento, direttamente nei tubi di reazione posti nella camera di conteggio del luminometro. Il picco di emissione luminosa è stato rilevato utilizzando un registratore LKB mod. 2210 collegato allo strumento.

Calcolo dell'AEC

Per ogni campione si disponeva di tre valori di picco di emissione, ciascuno corrispondente alla media di tre misure. Il valore ottenuto dalla serie A corrispondeva alla concentrazione di ATP contenuto inizialmente nel campione. Per la serie B il valore era il risultato dell'ATP inizialmente contenuto aggiunto a quello risultante dalla trasformazione dell'ADP. Infine, per la serie C il valore corrispondeva alla somma dell'ATP iniziale e dell'ADP e dell'AMP trasformati (fig. 2). Per sottrazione e confronto con le curve di calibrazione ottenute in base agli standards di ATP, misurati all'ini-

zio e alla fine della prova, è stato possibile risalire alle concentrazioni delle tre forme di adenilati. Tali concentrazioni hanno permesso il calcolo dell'AEC utilizzando la relazione precedentemente descritta. Le misure effettuate sulle soluzioni miste di ATP, ADP e AMP hanno permesso di controllare la efficienza delle reazioni di trasformazione enzimatica.

RISULTATI

In tab. 1 vengono riportati i valori di concentra-zione dei composti adenilati ed i valori di AEC corrispondenti ai campioni esaminati.

I dati di ATP, parametro usualmente impiegato in indagini di tipo ecologico per la stima delle biomasse, variano da un minimo di circa 0,15 Mg/1 per i campioni di acque marine, ad un massimo di circa 360 ug/1 per i campioni di fanghi biologici. Tale variabilità è dovuta alla diversa densità con cui le popolazioni microbiche sono presenti nei diversi ambienti esaminati, ma i valori numerici medi sono coerenti con quelli misurati in precedenti indagini sugli stessi ecosistemi naturali (Chiaudani e Pagnotta, 1978 e 1980) o artificiali (Pagnotta e Tommasi, 1979). L'esame dei dati di ATP mostra una variazione relativa del 33% in AS e del 66% in PHAE. Le corrispondenti variazioni della somma delle tre forme di adenilati (AT = ATP + ADP + AMP) sono invece minori, (6% per AS e 1% per PHAE). Considerate le modalità con cui i tests di laboratorio sono stati condotti e che non hanno comportato variazioni di biomassa, ne consegue come il solo dato di ATP possa non garantire una stima accurata delle biomasse che è meglio espressa della somma delle tre forme di adenilati.

I valori di AEC variano da 0,41 a 0,81. Con riferimento alla classificazione proposta da Ivanovici (1980), PHAE 1, SW3 e AS1 corrispondono a situazioni ottimali. Si tratta infatti di situazioni particolarmente favorevoli per la crescita degli organismi: la cultura algale, così come i microrganismi degli impianti di trattamento, si trova in fase di crescita esponenziale, mentre i microrganismi marini sono all'inizio della crescita primaverile, provocata dall'aumento di illuminazione associata alla massima disponibilità di elementi nutritivi dopo il periodo di stasi invernale. FW2 e PHAE 2 corrispondono per il valore di AEC a situazioni critiche.

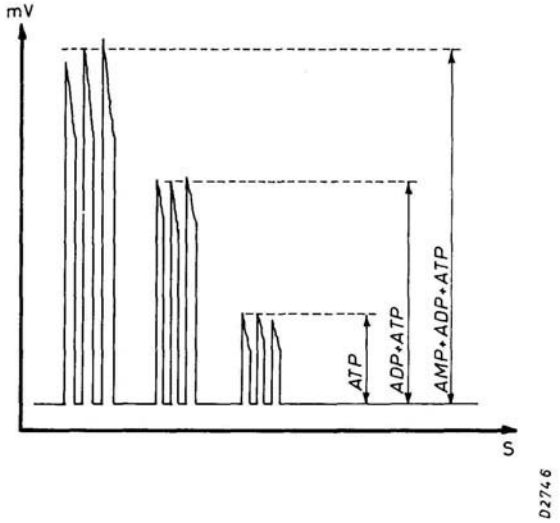


Fig. 2 - Picchi di emissione luminosa ottenuti nel dosaggio di un campione.

Tab. 1 - Concentrazione dei composti adenilati (ATP, ADP, AMP), loro somma (AT) e carica energetica (AEC) dei campioni esaminati

Campione	ATP (µg/l)	ADP (µg/l)	AMP (µg/l)	AT (µg/l)	AEC
FW1	0,44	0,50	0,17	1,11	0,62
FW2	0,12	0,41	0,26	0,79	0,41
SW1	0,16	0,23	0,05	0,44	0,61
SW2	0,12	0,08	0,04	0,24	0,67
SW3	0,18	0,03	0,03	0,21	0,81
AS1	760	25	240	1025	0,76
AS2	510	92	360	962	0,58
PHAE 1	16,3	5,4	2,2	23,9	0,79
PHAE 2	5,5	11,0	7,1	23,6	0,47

Il primo campione rappresenta la zona del bacino del Tevere maggiormente compromessa da fenomeni di inquinamento (i valori di ossigeno disciolto oscillano costantemente intorno a 2 ppm), il secondo corrisponde ad una situazione di stress indotto artificialmente privando gli organismi autotrofi della loro fonte di energia esterna per un periodo sufficientemente lungo. Tutti gli altri campioni esaminati, infine, mostrano una AEC tipica di situazioni limitanti e perturbate e ciò è generalmente in accordo con le caratteristiche dei campioni stessi.

L'esame dei dati mostra ancora come, indipendentemente dai valori assoluti nell'ambito di ciascuna serie di prove, vi sia una riduzione dei valori di AEC legata a condizioni ambientali perturbate, ma indipendente dalla causa di perturbazione.

CONCLUSIONI

I programmi di ricerca sull'inquinamento hanno frequentemente utilizzato parametri chimici in luogo del monitoraggio biologico a causa della scarsa disponibilità di metodi che permettano di quantificare, con un'espressione numerica, le caratteristiche biologiche dell'ambiente studiato. Ciò ha spesso causato la carenza di informazioni sui reali effetti conseguenti alle alterazioni ambientali.

La metodologia proposta sembra mostrare numerosi vantaggi in questo senso, e può quindi essere considerata un valido e rapido strumento per valutare le risposte degli organismi alle perturbazione cui sono sottoposti.

Nonostante il carattere preliminare che ha l'esperienza fin qui condotta, che ha preso in esame situazioni diverse e notevolmente disomogenee, il metodo ha tuttavia mostrato due principali caratteristiche:

1) i tempi di risposta sono rapidi, l'analisi è relativamente veloce e poco costosa sebbene il metodo sia complesso;
2) le variazioni di AEC correlano con le variazioni delle condizioni fisiologiche o con lo stato di crescita in tutte le popolazioni esaminate.

Si è visto in particolare come la presenza di condizioni di stress causi, indipendentemente dalla natura delle perturbazione e dall'organismo o dal genere di ecosistema preso in esame, una costante riduzione nel-

l'AEC. Tale riduzione si è verificata sia in esperimenti condotti in laboratorio che in condizioni di inquinamento in ambienti naturali. In nessun caso l'AEC ha mostrato di aumentare in condizioni limitanti.

Un limite del metodo è rappresentato dalla sua non specificità. Da ciò ne consegue che:

1) non fornisce alcuna informazione sull'origine degli stress;
2) queste misure possono essere affette da una notevole variabilità imputabile a cause diverse tra loro (stagionale, metereologiche etc.), e ciò potrebbe limitarne la possibilità di utilizzazione.

Le ulteriori ricerche dovranno quindi valutare le relazioni esistenti tra l'AEC ed i singoli fattori ambientali che tendono a modificarla. Andrà valutata inoltre la linearità della risposta dell'AEC rispetto all'intensità degli stress. Secondo Ivanovici (1981), le variazioni di AEC sembrano essere tanto maggiori quanto più si è vicini a condizioni "critiche" per le popolazioni saggiate.

Una volta definiti questi aspetti, potrà essere valutata la reale validità della metodologia proposta a fornire criteri oggettivi e quantitativi di valutazio-ne della qualità degli ambienti acquatici.

BIBLIOGRAFIA

Atkinson, D.E. 1977- Cellular energy metabolism and its regulation. Academic Press, New York, 293 pp.

Chiaudani, G. e Pagnotta, R. 1978. Ratio ATP/Chlorophyll as an index of river's water quality. Verh. Internat. Verein. Limnol., 20, 1897-1901.

Chiaudani, G. e Pagnotta, R. 1980. Applicazione di misure di ATP per la stima delle biomasse nelle acque costiere antistanti la foce del Tevere. Atti 3° Congr. Ass. Ital. Ocean. e Limnol., Sorrento 18-20 Dicembre 1978.

Karl, D.M. e Holm-Hansen, O. 1978. Methodology and measurement of adenylate energy charge ratios in environmental samples. Marine Biology, 48, 185-197.

IRSA, 1978. Indagini sull'inquinamento del fiume Tevere. Quad. Ist. Ric. Acque, 27.

Ivanovici, A. 1980. Adenylate energy charge: an evaluation of applicability to assessment of pollution effects and directions for future research. Rapp. P.-v.

Réun. Cons. Int. Explor., Mer., 179, 23-28.
Ivanovici, A.M. 198l. Towards a working definition of stress : a review and critique. In Stress Effects on Natural Ecosystems, G.W. Barrett e R. Rosenberg Eds. J. Wiley and Sons Ltd.
La Noce, T., Pagnotta, R., Pettine, M. e Puddu, A. 1980. Coastal water pollution around Tiber river mouth. A case study. Prog. Wat. Tech., 12. 193-209.
Pagnotta, R. e Tommasi, M. 1979. Applicazione di parametri biologici allo studio del fenomeno del bulking. Inquinamento, 3, 3-8.
Romano, J.C. 1975- Les adénosines-5-phosphate chez des algues planctoniques en culture et en zone eutrophie (Golfe de Fos). Signification métabolique et écologique. Thèse 3° cycle, Université d'Aix - Marseille II.

UN'INDAGINE CRITICA SULLE OSCILLAZIONI PROPRIE DEL MAR LIGURE

L. PAPA

Istituto di Scienze Fisiche, Università di Genova

SUMMARY

A depth-integrated hydrodynamical model of the Ligurian Sea has shown the existence of a seiche motion of the basin with a 5.8 hr period. This result was obtained by using an open boundary from Nice, France to Calvi, Corsica and an artificial solid boundary from Corsica to Elba and the Italian mainland. This seiche has been identified with a 5.8 hr period wave which was revealed in the sea-level variations at Genoa and Imperia.

RIASSUNTO

Nella presente nota viene esaminata la possibilità di un'oscillazione propria del Mar Ligure di periodo superiore al valore di 3-6 ore che era stato precedentemente trovato con una delimitazione del bacino verso il Tirreno lungo la linea Capo Corso-Livorno. Una simulazione numerica con una delimitazione verso il Tirreno da Capo Corso a Capraia e all'Elba fornisce un'oscillazione propria di periodo di 5.8 ore in buon accordo con un'oscillazione non astronomica di livello rilevata alle stazioni mareografiche di Imperia e Genova. Viene quindi formulata l'ipotesi di un'oscillazione di 5.8 ore nel caso in cui la vasta area a basso fondale verso la costa toscana partecipi al movimento di sessa.

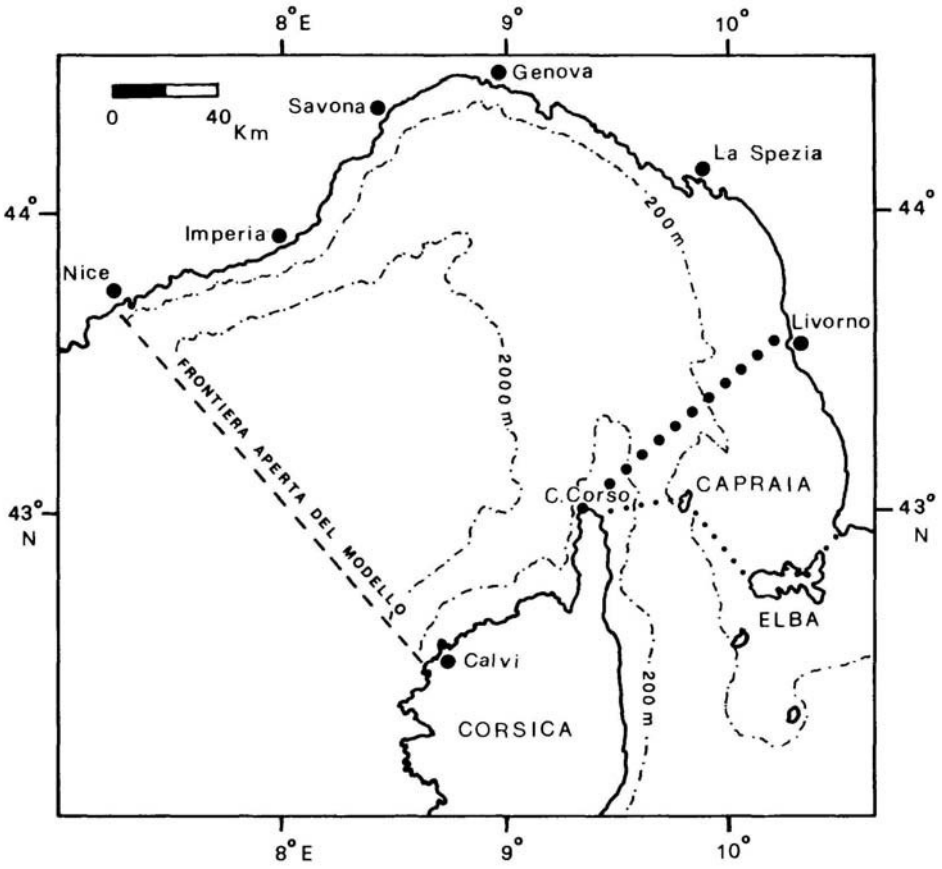


Fig. 1 - Carta del Mar Ligure con indicazione dei limiti geometrici usati nei modelli numerici di simulazione.

INTRODUZIONE

Analisi sperimentali condotte su dati di livello marino di Genova e Imperia e simulazioni numeriche condotte per mezzo di un modello H-N rivelarono l'esistenza di un'oscillazione propria longitudinale del Mar Ligure con un periodo di 3.6 ore (Papa, 1977, 1978). Nella simulazione numerica una seria difficoltà fu incontrata nella scelta della delimitazione geometrica dalla Francia alla Corsica a causa dell'ampia apertura del bacino verso il Mediterraneo Occidentale. Un buon accordo fra il periodo calcolato col modello ed il valore sperimentale ricavato dai dati di livello costiero fu ottenuto imponendo una frontiera aperta del bacino da Nizza a Calvi (Fig. 1). Per quanto riguarda la seconda apertura del bacino verso il Mar Tirreno, fu assunta una chiusura costiera artificiale da Capo Corso a Livorno, con la motivazione che le caratteristiche geometriche principali del bacino non erano apprezzabilmente modificate da tale assunzione.

In una successiva analisi di dati di livello marino a Genova, Imperia e La Spezia fu evidenziata la presenza di un'altra oscillazione di natura non astronomica con un periodo di 2.6 ore. Per giustificare la natura di tale oscillazione fu formulata l'ipotesi di un'altra oscillazione propria del Mar Ligure comprendente una maggiore estensione all'apertura nord-orientale verso il Tirreno, cioè la vasta piattaforma continentale da Livorno alla Capraia, a Capo Corso e all'Elba (Fig. 1). Facendo ricorso ad un modello numerico H-N analogo a quello usato in precedenza per studiare il bacino profondo fu scoperta un'oscillazione propria del bacino a carattere rotatorio di periodo 2.6 ore in relazione ad un'eccitazione prodotta da un vento proveniente da SE (Papa, 1981). La distribuzione di ampiezza e fase dell'onda sono mostrate in Fig. 2a. Il vento da SE fu assunto a salita lineare dal valore zero al valore 20.6 m/sec., dopo un intervallo di salita di 30 minuti. Il calcolo fu protratto per un totale di 120 ore di simulazione, con un passo di integrazione numerica di 30 sec. per soddisfare il criterio di stabilità di Courant-Friedrichs-Lewy essendo il passo spaziale di 10 Km. Furono usate le seguenti condizioni al contorno: a) componenti normali delle velocità poste sempre uguali

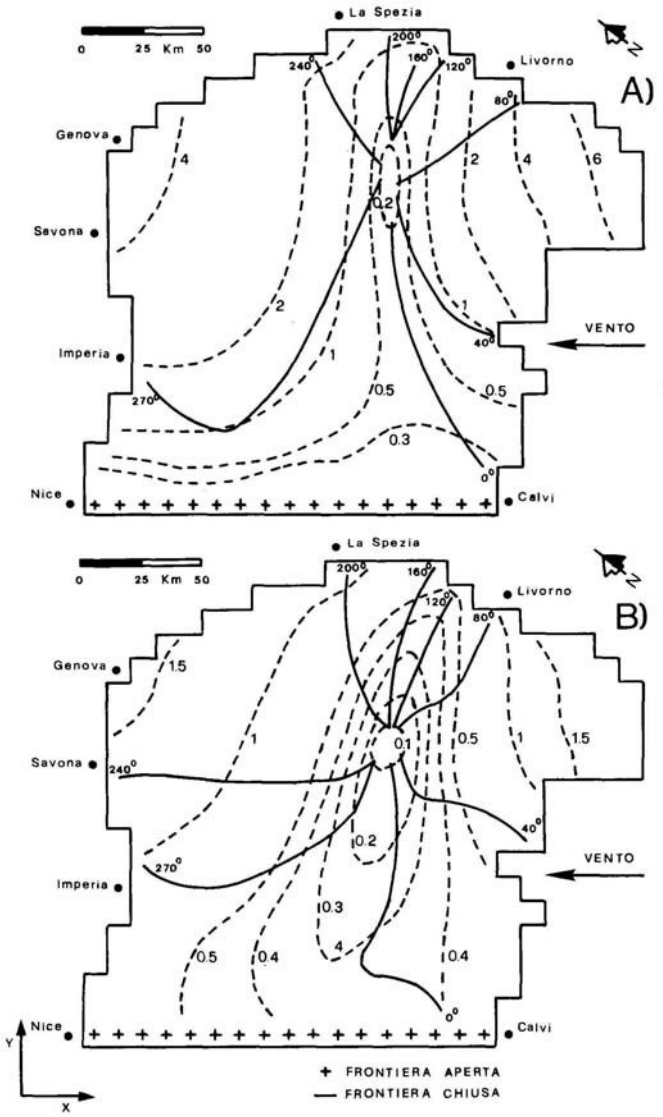


Fig. 2 - Ampiezze medie (linee a tratteggio in cm.) e fasi (linee continue in gradi) dell'oscillazione propria di 2.6 ore innescata da vento da SE. Elevazioni nulle lungo la frontiera aperta da Nizza a Calvi a); condizione di "radiazione" lungo la frontiera aperta da Nizza a Calvi b).

a zero in corrispondenza delle frontiere costiere; b) elevazioni nulle lungo la frontiera aperta da Nizza a Calvi. Un secondo calcolo fu compiuto con lo stesso campo di vento come causa forzante, ma utilizzando una condizione di "radiazione" lungo la frontiera da Nizza a Calvi, secondo la tecnica proposta da Heaps (1974). Il periodo dell'oscillazione non viene modificato da tale condizione anche se le isolinee di ampiezza e fase subiscono qualche cambiamento (Fig. 2b).

Nella presente nota si sono riprese in esame le oscillazioni proprie del bacino a carattere longitudinale attraverso l'impiego del modello "esteso" usato per l'indagine dell'oscillazione a carattere rotatorio di 2.6 ore. All' apertura nord-orientale si è quindi utilizzata la seconda chiusura artificiale congiungente Capo Corso alla Capraia e all'Elba (vedi Fig. 1) al fine di valutare le modifiche in periodo, ampiezza e fase che l'oscillazione propria longitudinale subisce nel caso in cui anche la vasta area a basso fondale verso la costa toscana partecipi al moto di sessa. Questa impostazione del problema non risulta in contrasto con la precedente analisi che ha prodotto un periodo proprio di 3.6 ore, in quanto in quello studio si era volutamente chiuso il Mar Ligure da Capo Corso a Livorno per indagare il comportamento del bacino profondo, che possiede una sua ben definita tipologia per quanto riguarda struttura termoalina e circolazione generale.

CONFRONTO DEL MODELLO CON I DATI SPERIMENTALI

Un primo esperimento numerico è stato compiuto con un campo di vento da SW assunto costante spazialmente sul bacino e a salita lineare dal valore zero a 20.6 m/sec., dopo un intervallo di salita di 30 minuti. Le equazioni idrodinamiche integrate lungo la coordinata verticale sono le seguenti:

$$\frac{\partial U}{\partial t} - f.V = g\frac{\partial Z}{\partial X} + \frac{\tau_X^W - \tau_X^b}{\rho_0^H}$$

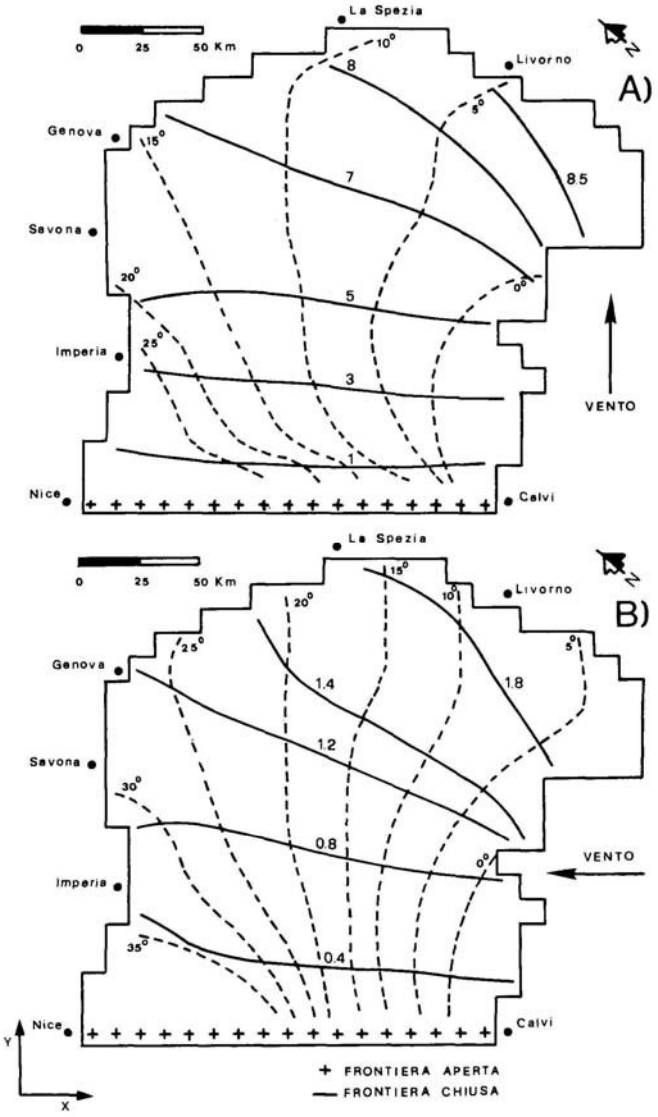
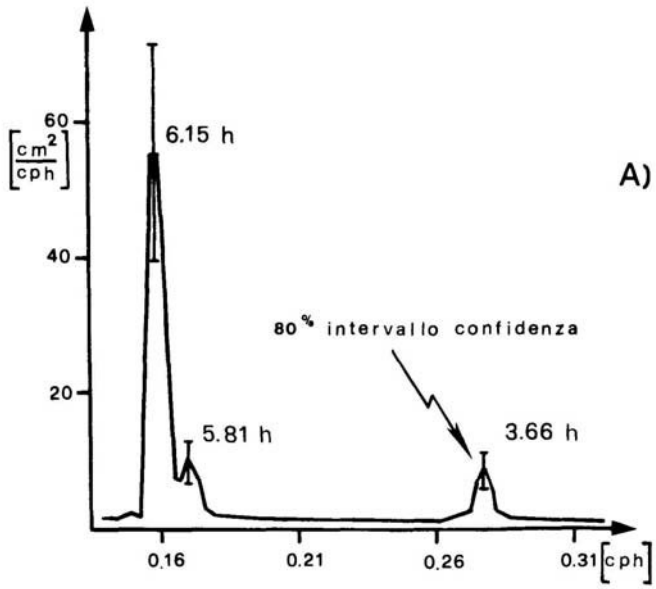


Fig. 3 - Ampiezze medie (linee continue in cm.) e fasi (linee a tratteggio in gradi) dell'oscillazione propria di 5.8 ore innescata da vento da SW a) e da SE b). Elevazioni nulle lungo la frontiera aperta da Nizza a Calvi.

$$\frac{\partial V}{\partial t} + f.U = -g\frac{\partial Z}{\partial y} + \frac{\tau_y^w - \tau_y^b}{\rho_0^H} \qquad (1)$$

$$\frac{\partial (H.U)}{\partial X} + \frac{\partial (H.V)}{\partial y} + \frac{\partial Z}{\partial t} = 0$$

dove U e V sono le componenti della velocita1 media della corrente, Z è 1'elevazione superficiale del livello, H è la profondità totale dell'acqua (il valore di equilibrio h più l'elevazione superficiale Z), ρ_0 è la densità media dell'acqua di mare, f è il parametro di Coriolis assunto costante, e g è l'accelerazione di gravita'. Le componenti dell'attrito del fondo τ_x^b, τ_y^b sono state assunte di tipo quadratico, con un coefficiente di attrito pari a 3 x 10^{-3}; le componenti dello "stress" del vento alla superficie τ_x^w, τ_y^w sono state calcolate utilizzando una relazione quadratica con un coefficiente pari a 2.6 x 10^{-3}. Le equazioni (1) sono state risolte con un metodo esplicito utilizzando differenze in avanti nel tempo e centrate nello spazio (Sündermann, 1966). Lungo la frontiera aperta da Nizza a Calvi le elevazioni sono state poste uguali a zero. Al fine di individuare l'oscillazione propria longitudinale del bacino "esteso" si sono selezionati 225 punti campione del reticolo dove sono stati memorizzati i valori del livello ad intervalli di 12 minuti per un totale di 60 ore di simulazione. Nell'intervallo da 5 a 56.2 ore sono stati calcolati 225 spettri di Fourier con una risoluzione in frequenza di 0.0195 ore^{-1}. Il risultato definitivo di queste analisi è stato la presenza oltre al picco spettrale di 2.6 ore anche di un picco significativo di 5.76 ore con una distribuzione di ampiezza e fase mostrata in Fig. 3a. Un analogo calcolo è stato compiuto con un campo di vento da SE a salita lineare al valore di 20.6 m/sec. dopo un intervallo di 30 minuti. Le analisi spettrali nei 225 punti campione hanno evidenziato un' oscillazione di periodo 5.8 ore in buon accordo con la simulazione di vento da SW. La distribuzione di ampiezza e fase è mostrata in Fig. 3b. Dall'esame della Fig. 3a,



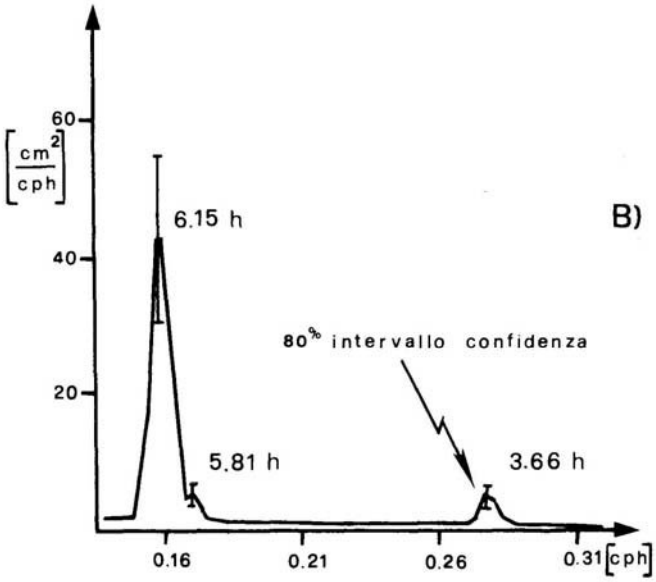


Fig. 4 - Spettro di potenza di valori di livello marino a Genova dal settembre 1965 al febbraio 1966 a) e ad Imperia dal settembre 1966 al febbraio 1967 b).

3b si nota che il vento da SW fornisce maggior energia a questa sessa come è ragionevole attendersi a causa del carattere longitudinale secondo una direzione SW-NE concorde con la direzione del vento applicato.

Per valutare infine la risposta del modello ad una differente condizione lungo la frontiera aperta da Nizza a Calvi si sono ripetute le simulazioni con vento da SW e da SE utilizzando una condizione di "radiazione" (Heaps, 1974). In entrambi i casi si è ottenuto un completo smorzamento dell'oscillazione di 5.8 ore.

Una verifica sperimentale del risultato fornito dalle simulazioni numeriche può essere ottenuta da un esame di misure di livello marino effettuate alla stazione mareografica di Genova dal settembre 1965 al febbraio 1966 e a quella di Imperia dal settembre 1966 al febbraio 1967 (Papa, 1978). Le analisi spettrali effettuate su questi dati sono riportate in Fig. 4a e 4b. Il picco spettrale di 6.15 ore rappresenta il complesso delle maree quarto-diurne M_4 e MS_4, le cui ampiezze sono di circa 0.6 e 0.4 cm; il picco di 3-6 ore può essere identificato con l'oscillazione propria longitudinale del bacino profondo avendo assunto la prima chiusura da Capo Corso a Livorno, mentre il picco di 5.8 ore può essere identificato con l'oscillazione del bacino esteso comprendente nel moto di sessa anche l'ampia piattaforma continentale verso la costa toscana. Attualmente con un finanziamento C.N.R ottenuto nell'ambito del programma MEDALPEX è in fase di avanzata realizzazione l'installazione di mareografi digitali a Savona e ad Imperia che unitamente a quelli di Genova e Livorno permetteranno di misurare contemporaneamente in più punti dell'arco costiero le variazioni di livello del bacino. In tal modo sarà quindi possibile studiare in dettaglio la persistenza dei modi di oscillazione di periodo 5.8, 3.6 e 2.6 ore ed individuare i meccanismi di innesco in relazione alla situazione meteorologica generale.

BIBLIOGRAFIA

Heaps, N. S. 1974. Development of a three-dimensional numerical model of the Irish Sea. Rapp.P.- v.Réun. Cons.int.Explor.Mer., 167: 147- 162.

Papa, L. 1977. The free oscillations of the Ligurian Sea computed by the H-N method in Deutsch.Hydrogr.-Zeib., 30: 81-90.
Papa, L. 1978. The free oscillations of the Ligurian Sea. A statistical investigation in Boll.Geof.Teor.-Appl., 74: 269-276.
Papa, L. 1981. A numerical and statistical investigation of a seiche oscillation of the Ligurian Sea in Deutsch.Hydrogr.Zeit., 34: 15-25.
Sundermann, J. 1966. Ein Vergleich zwischen der analytischen und der numerischen Berechnung winderzeugter Strómungen und Wasserstande in einem Modellmeer mit Anwendungen auf die Nordsee. Mitt.Inst.Meeresk.Univ. Hamburg 4, 77 pp.

UNO STRUMENTO A FIBRE OTTICHE PER MISURE IN SITU DI TORBIDITÀ E FLUORESCENZA

L. Papa, E. Piano, C. Pontiggia

Istituto di Scienze Fisiche, Università di Genova

SUMMARY

The instrumentation here presented employs a laser source tuned at 4880 Å with a double fibber cable which carries the light from the laser to the seawater and backward to a photomultiplier tube. This instrumentation has been used in the Ligurian Sea in cooperation with the Navy Hydrographic Institute of Genoa. At present this fluoro-turbidimeter is being installed on a moored oil platform which operates 2.7 Km. off the harbour of Genoa in order to estimate the degree of correlation between current data and the passage of pollutant waterfronts.

RIASSUNTO

Lo strumento presentato in questa nota impiega un laser ad argon come sorgente di eccitazione sintonizzato sulla lunghezza d'onda di 4880 Å . La novità dell'apparato consiste nell'impiego di fibre ottiche per inviare la radiazione di eccitazione da bordo della nave in mare e per riportare la radiazione diffusa a 180° agli apparati di analisi e di registrazione alloggiati anch'essi a bordo. Lo strumento e' stato provato sulla Nave Mirto della Marina Militare Italiana ed ha fornito una prima serie di misure di torbidità nelle acque liguri-toscane. Attualmente e' in fase di avanzata realizzazione l'installazione dell'apparecchiatura sulla piattaforma per attracco-petroliere di Genova-Multedo al fine di eseguire misure di velocità di fronti inquinanti e di correnti costiere nel Golfo di Genova.

INTRODUZIONE

Il contenuto di materiale particolato in sospensione in acqua di mare o laghi e' spesso studiato mediante l'analisi della radiazione diffusa di sorgenti luminose artificiali. I metodi ottici sono stati largamente impiegati per il tracciamento della circolazione marina (Jerlov, 1968; Jerlov e Nielsen, 1974; Jerlov, 1976) e forniscono in generale un valido complemento alle misure classiche di temperatura e salinità e alle misure di corrente. Lo scopo di questa nota e' di segnalare un nuovo tipo di strumento per misure in "situ" di torbidità e fluorescenza attraverso l'impiego di fibre ottiche che permettono modi di utilizzo e tipi di misure interessanti.

PRINCIPI DI FUNZIONAMENTO E PRIMI RISULTATI

La sorgente luminosa installata a bordo della nave e' un laser ad argon sintonizzato sulla lunghezza d'onda di 4880 Å e della potenza di 10 mW. Il fascio laser modulato mediante rotazione di un disco e' convogliato in una fibra ottica lunga 100 m. che costituisce la parte sommersa dell'apparecchiatura. Una seconda fibra, uguale alla precedente e' contenuta nella stessa guaina a sua volta inserita in cavo armato (cavo a doppia fibra), raccoglie nel suo angolo di accettanza la radiazione diffusa dall'acqua illuminata dalla fibra ottica sorgente. La radiazione diffusa e, quindi misurata ed analizzata spettroscopicamente a bordo. Gli estremi delle due fibre sommerse sono separati meno di un millimetro e nella schematizzazione dello strumento li supporremo coincidenti; la terminazione in acqua del cavo e' quindi allo stesso tempo una sorgente ed un ricevitore puntiforme di uguale apertura angolare e la radiazione diffusa e' la retro-diffusa.

Ricordiamo che l'intensità diffusa dal volume dV nella direzione ϑ, rispetto alla direzione della radiazione incidente e' data da:

$$dI(\vartheta) = \beta(\vartheta)\, E\, dV \qquad (1)$$

dove $\beta(\vartheta)$ e' la funzione di diffusione di volume nella direzione ϑ ed E e' l'irradianza del volume infinitesimo. Se F_0 è la potenza emessa alla terminazione G della "fibra sorgente ", la sua relazione con l'irradianza E ad una distanza r da G e' la seguente:

$$F_0 = 2\pi r^2 E_r (1-\cos\vartheta_0) \qquad (2)$$

dove ϑ_0 e' la semiapertura della calotta sferica di raggio r.
Dalla (1) e dalla (2) si ottiene nel nostro caso:

$$I = \int_0^{+\infty} \beta(180°) F_0 / S e^{-2Cr} S dr \qquad (3)$$

dove si e' integrato la radiazione retro-diffusa su tutto l'angolo di emissione, avendo indicato con S la superficie della calotta sferica che interviene anche nella (2). La quantità $F_0/S \exp(-Cr)$ e' l'irradianza alla distanza r; il fattore di attenuazione exp(-Cr) e' contato due volte nel calcolo della (3) per tener conto del tratto di andata e di ritorno della radiazione in acqua. Nel seguito β (180°) sarà indicato semplicemente con β. In definitiva dalla integrazione della (3) si ottiene:

$$I = \beta F_0 / 2C \text{; da cui: } 2I/F_0 = \beta / C \qquad (4)$$

ossia il doppio del rapporto tra l'intensità della radiazione diffusa e della potenza emessa dipende solamente dal rapporto tra il coefficiente di retrodiffusione β ed il coefficiente di attenuazione C. Da notare che tale semplice risultato si ottiene se si prescinde da situazioni più complicate di diffusione multipla. Si può presumere che la (4) valga con buona approssimazione per acque caratterizzate da basso contenuto di particolato solido in sospensione di origine naturale o da inquinamento. Con l'aumentare della concentrazione del particolato la risposta dello strumento sarà in

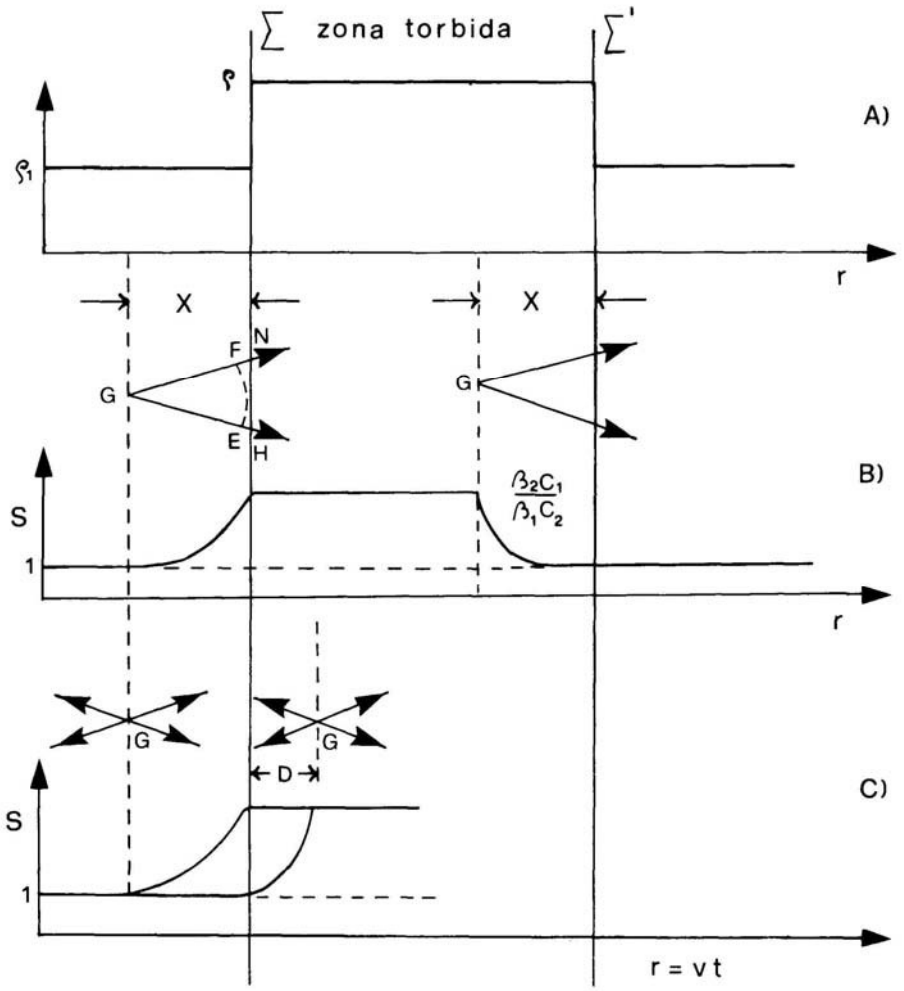


Fig. 1 - Schematizzazione di un particolato solido in sospensione a funzione quadra della coordinata spaziale. Le superfici verticali $\sum$ e $\sum^1$ separano le zone d'acqua limpida da quella torbida a); andamento del segnale S durante il passaggio delle due fibre ottiche attraverso zone d'acqua limpida e torbida b); andamento del segnale S durante il passaggio dello strumento a due doppie fibre attraverso la superficie di discontinuità di torbidità c).

generale una funzione della quantità β/C il cui andamento si può1 eventualmente prevedere ricorrendo a modelli con cui interpretare le varie situazioni reali.

A proposito del campo di misura dello strumento, occorre precisare che la radiazione diffusa e1 quella che proviene da un cono d'acqua di lunghezza r multipla della "lunghezza di attenuazione"; con tale termine si intende il tratto in acqua per cui l'intensità' della radiazione si riduce del fattore 1/e, ossia del 37%. La lunghezza di attenuazione e' nel nostro caso pari a 1/2C, cioè dell'ordine di 10 m. per acque limpide, del metro per acque torbide, ricordando che tali distanze sono percorse due volte. Con un valore orientativo di r 4 m. ed una semiapertura angolare di circa 10° il volume d'acqua su cui si effettua la misura di diffusione è:

$$V = 2/3\pi r^3 (1-\cos \vartheta_0) \approx 2 \text{ m}^3 \qquad (5)$$

Questo particolare dello strumento comporta un notevole aumento della sensibilità rispetto ai tradizionali strumenti che effettuano misure puntuali (Friingel e Koch, 1976), e soprattutto per misure di fluorescenza la possibilità di disporre di un volume di misura di qualche m^3 risulta assai interessante.

Analizziamo ora l'andamento del segnale durante il passaggio dello strumento attraverso superfici ad esempio verticali di discontinuità di torbidità delle acque. Consideriamo inizialmente una situazione molto semplice e schematizzabile da una concentrazione di particolato a funzione quadra della coordinata spaziale r lungo la rotta di avanzamento dell'imbarcazione (Fig. 1a). Supponiamo gli estremi delle due fibre in G ad una distanza X dalla superficie di discontinuità di torbidità ed inoltre l'asse del cono della radiazione perpendicolare alla superficie stessa. Approssimando agli effetti del calcolo dell'integrale di volume (3) il tratto HN della superficie di discontinuità con l'arco EF e trascurando effetti di rifrazione attraverso la superficie $\sum$ la radiazione retro-diffusa e' data da:

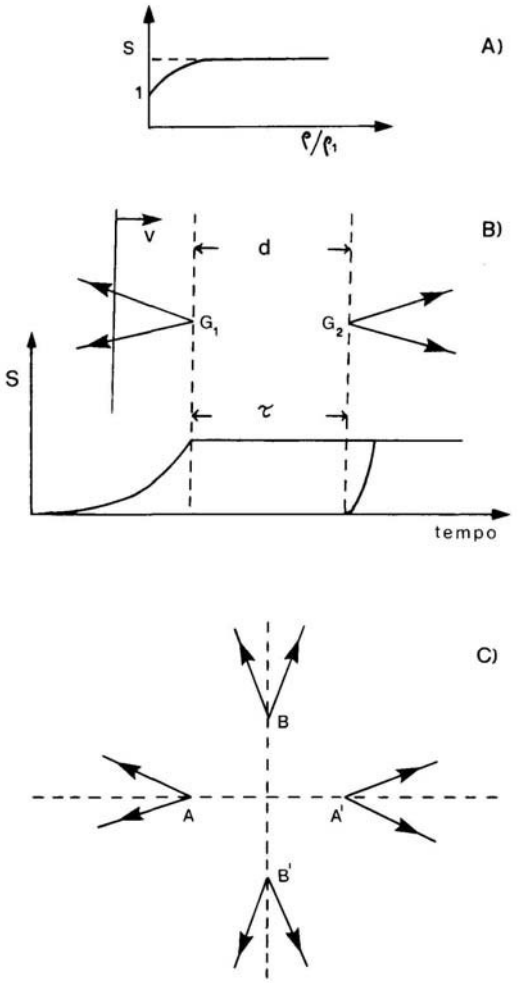


Fig. 2 - Andamento del segnale S in funzione di ρ/ρ_1 durante il passaggio da acqua con particolato di concentrazione ρ_1 ad acqua con concentrazione $\rho_1+\rho$ a); schematizzazione di un fronte di inquinante con velocità v in moto rispetto ad uno strumento a due doppie fibre disposte ad una distanza d e rigidamente fissate ad una piattaforma marina o pontile b); schematizzazione di uno strumento a quattro doppie fibre per misura di velocità di fronti di inquinanti.

$$I = \beta_1 F_0 \int_0^X e^{-2C_1 r} dr + \beta_2 F_0 e^{-2C_1 X} \int_X^{+\infty} e^{-2C_2 (r-X)} dr \qquad (6)$$

ossia:

$$I = F_0 / 2(\beta_1 / C_1 + (\beta_2 / C_2 - \beta_1 / C_1) e^{-2C_1 X}) \qquad (7)$$

dove con β_1 / C_1 e β_2 / C_2 si sono indicati i rapporti tra coefficiente di retro-diffusione ed il coefficiente di attenuazione rispettivamente in zona limpida a densità di particolato ρ_1, e in zona torbida a densità di particolato $\rho_1 + \rho$. Tali rapporti sono dovuti a più' contributi che possono essere schematizzati come segue:

$$\begin{aligned} \beta_1 / C_1 &= (\beta_0 + \sigma\rho_1)/(C_0 + \gamma\rho_1)\,; \\ \beta_2 / C_2 &= (\beta_0 + \tau\rho_1 + \sigma\rho)/(C_0 + \gamma\rho_1 + \gamma\rho) \end{aligned} \qquad (8)$$

dove β_0 e' il coefficiente di retro-diffusione dovuto alle fluttuazioni di densità dell'acqua, $\sigma\rho_1$ e' il termine dovuto al particolato di sezione d'urto σ e di concentrazione ρ_1, C_0 e' il termine di assorbimento e di diffusione dell'acqua, γ e' la sezione d'urto totale del particolato che tiene conto sia dell'assorbimento sia della diffusione. Dividendo la (7) per $F_0 \beta_1 / 2C_1$, che e' l'intensità prodotta dalla radiazione retro-diffusa dalla zona limpida, si ottiene una grandezza adimensionale che assumiamo come segnale S dello strumento riferito alla zona limpida con concentrazione di particolato ρ_1. Dalla (7) si ha pertanto:

$$S = 1 + (\beta_2 C_1 / \beta_1 C_2 - 1)\, e^{-2C_1 X} \qquad (9)$$

Per X=0, cioè quando lo strumento raggiunge la superficie di discontinuità $\sum$ il segnale S sale al

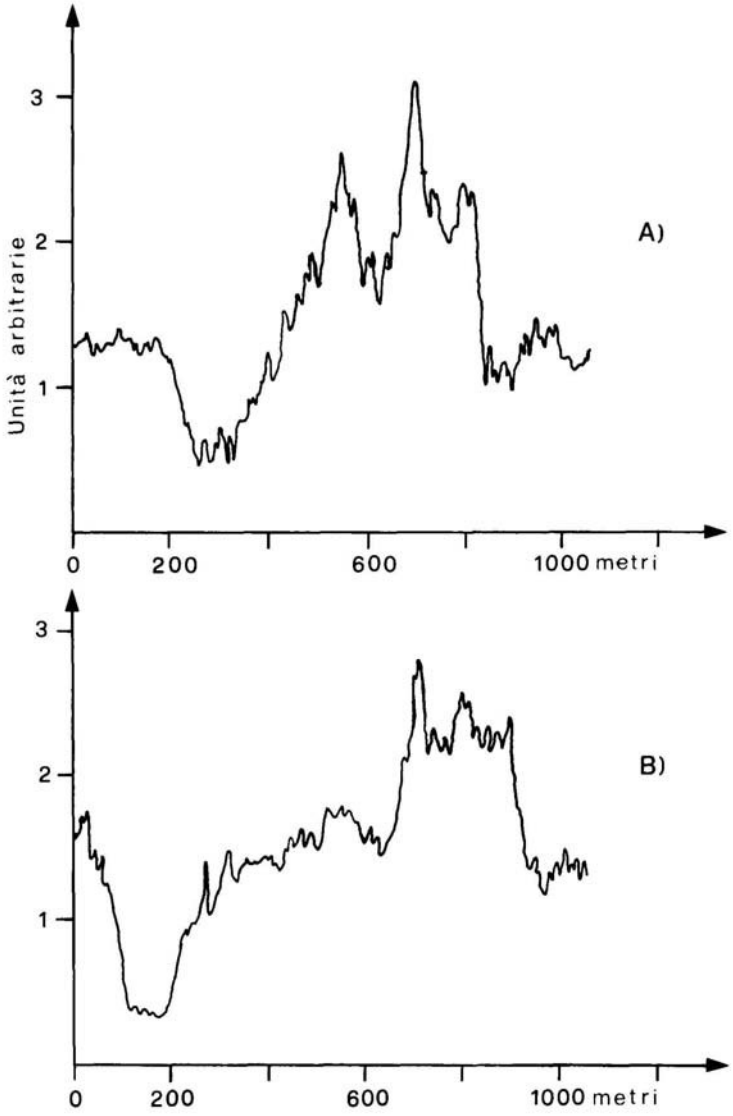


Fig. 3 - Andamento del segnale di torbidità in prossimità dell'attraversamento delle acque costiere in corrispondenza del porto di Marina di Massa; andamento del segnale in prossimità della linea di costa a) e durante un analogo percorso a distanza maggiore dalla linea di costa b).

valore $\beta_2 C_1 / \beta_1 C_2$; tenendo conto delle (8) S diventa:

$$S = \frac{(\beta_0 + \sigma\rho_1 + \sigma\rho)(C_0 + \gamma\rho_1)}{(C_0 + \gamma\rho_1 + \gamma\rho)(\beta_0 + \sigma\rho_1)} \qquad (10)$$

L'andamento di tale funzione e' dato in figura 2a. Se si ripetono le considerazioni sopra esposte quando gli estremi delle due fibre G si trovano ad una distanza X dalla superficie di discontinuità successiva $\sum^1$, in prossimità cioè della separazione fra acqua torbida ed acqua limpida (Fig. 1b), al posto della (9) si ottiene:

$$S = \beta_2 C_1 / \beta_1 C_2 + (1 - \beta_2 C_1 / \beta_1 C_2) e^{-2C_2 X} \qquad (11)$$

Dal confronto della (9) e della (11) .segue che l'ingresso delle fibre ottiche nella zona torbida e la successiva uscita producono segnali esponenziali con differenti costanti. Dal segnale S si ricavano tre informazioni: C_1 e C_2 dagli andamenti delle curve esponenziali ed il valore massimo di S.

Con uno strumento a due doppie fibre disposte come in figura 1c si hanno allora due segnali al passaggio delle quattro fibre G attraverso la superficie di discontinuità $\sum$ dall'acqua limpida a quella torbida. Dall'andamento dei due segnali si ricavano al solito le quantità C_1 e C_2; C_2 e' ad esempio ottenibile facilmente dalla quantità D (vedi fig. 1c) che essendo la distanza di attenuazione e' $\approx$ 1/2 C_2. Con l'imbarcazione in moto con velocità v il segnale S e' dato in funzione del tempo, ma gli andamenti possono essere ovviamente riportati in termini spaziali mediante la relazione r=vt.

Lo strumento presentato in questa nota si mostra particolarmente utile per impiego su stazioni fisse disponendo le due doppie fibre G_1, e G_2 ad una distanza d e saldamente fissate a piattaforme marine o pontili (Fig. 2b). In tale situazione sperimentale e' il fluido in moto rispetto allo strumento che permette di rivela-

re il transito di fronti inquinanti e di calcolarne la velocità ed i relativi ρ e C_2. Dall'esame infatti dei due segnali S prodotti dalle doppie fibre G_1 e G_2 si ricava il valore τ e quindi la velocità del fronte inquinante e' data da: $v=d/\tau$. Con una disposizione infine a quattro fibre ottiche come riportato in figura 2c e' possibile ottenere le componenti della velocità del fronte inquinante e quindi la sua velocità vettoriale.

A conclusione di questa presentazione vengono mostrati alcuni andamenti sperimentali relativi a prove in mare dello strumento effettuate a bordo della Nave Idrografica Mirto della Marina Militare nel marzo 1982. L'area di mare presa in esame e' compresa fra La Spezia e Livorno in prossimità della costa. In particolare in figura 3a viene mostrato il segnale di torbidità registrato durante un percorso parallelo e prossimo alla costa a velocità di circa 7 nodi in corrispondenza del porto di Marina di Massa. Dall'esame del grafico si nota chiaramente che la risposta dello strumento alla lunghezza d'onda di 4900 Å presenta una significativa salita e discesa in corrispondenza dell'attraversamento delle superfici di discontinuità di torbidità che delimitavano la massa d'acqua ad alta concentrazione di particolato in uscita dall'apertura del porto. Nella figura 3b viene invece riportato l'andamento relativo ad un secondo percorso parallelo alla costa in corrispondenza dell'apertura del porto, ma ad una distanza maggiore dalla linea di costa. Come si può notare l'andamento del segnale e' del tutto analogo al precedente per quanto riguarda le costanti di salita e di discesa, ma il massimo del segnale risulta attenuato nel secondo caso data la più elevata diluizione del particolato ad una distanza maggiore dalla sorgente inquinante.

Attualmente e' in fase di avanzata realizzazione l'installazione dello strumento sulla piattaforma per attracco-petroliere di Genova-Multedo ad una distanza dalla costa di 2.7 Km. Scopo della ricerca è quello di studiare la corrente costiera del Golfo di Genova che in relazione a particolari condizioni meteorologiche inverte il suo tipico andamento da levante verso ponente con conseguente modifica delle traiettorie dei fronti inquinanti provenienti dalla sorgente della città di Genova. Disponendo l'asse ottico dello strumento in

direzione parallela alla costa ad una profondità di 15 m. ci si attende, mediante l'individuazione dei fronti inquinanti, di trarre utili informazioni sull'insorgere di inversioni di corrente in relazione alla situazione meteorologica generale presente sul bacino ligure (Bossolasco e Bagnino, 1961; De Maio, Moretti, Sansone, Spezie, Vultaggio, 1974; Papa, 1980, 1982).

Ringraziamenti

Ringraziamo vivamente i Comandanti F. Farneti e P. Bembo della Marina Militare ed il Consorzio Autonomo del Porto di Genova per l'aiuto e la collaborazione prestata.

BIBLIOGRAFIA

Bossolasco, M. e I. Bagnino, 1961. Ricerche di Fisica Marina in Geofis.Met., 9: 55-64.

De Maio, R., Moretti, M., Sansone, E., Spezie, G. e M. Vultaggio; 1974. Su la circolazione superficiale e profonda nel golfo di Genova in Annali Istituto Universitario Navale di Napoli, 43-44: 97-112.

Früngel., F., and F. Koch. 1976. Practical experience with the Variosens equipment in measuring chlorophyll concentrations and fluorescent tracer substances, like rhodamine, fluorescein, and some new substances in IEEE Journal of Oceanic Engineering, 1: 21-32.

Jerlov, N.G. 1968. Optical Oceanography. Elsevier Publ. Comp., 194 pp.

Jerlov, N.G. 1976. Marine Optics. Elsevier Publ.Comp., 231 PP.

Jerlov, N.G., e E. S. Nielsen. 1974. Optical aspects of Oceanography. Academic Press, 494 pp.

Papa, L. 1980. A Numerical Verification of a Clockwise Circulation in the Gulf of Genoa in Appl.Math.Modelling, 4: 313-315.

Papa, L. 1982. An Experimental Verification of a Clockwise Circulation in the Gulf of Genoa in Arch.Met.Geoph.Biokl.,Ser.A, 31: 157-163

STIMA DELL'ATTIVITÀ MICROBICA IN SEDIMENTI MARINI TRAMITE RIDUZIONE DELLA RESAZURINA (+)

C. PERONI°, G. ROSSI°

° ENEA - Centro Ricerche Energia Ambiente, S. Teresa, 19100 La Spezia.

SUMMARY

A simple method is presented to evaluate microbial activity in aquatic sediments.

The method is based on resazurin reduction by bacterial electron transport chain and reduced chemical compounds present in the sample. The addition of m-cresol, which inhibits enzyme activity, allows one to measure microbial metabolism by difference. Small aliquots of sediment (about 1-2 g FW) are incubated at 20° C with resazurin solution, with and without m-cresol. The sample is then filtered and the unreduced resazurin is measured at 600 nm.

By testing the method with a bacterial suspension of resting cells, a reduction of 0.4 uMoles of resazurin/h/10^9 cells was measured. In a few marine coastal sediment samples, the reduction by aerobic and facultative anaerobic bacteria was in the range of 0.01-0.11 uM/h/g DW.

By this method it is possible to process several samples in the field within a short time.

(+) Lavoro svolto nell'ambito del contratto No. BIO B 322-1 (S) del Programma di Radioprotezione della Commissione delle Comunità Europee.

INTRODUZIONE

L'attività microbica nei sedimenti influenza grandemente tutti i processi che ivi avvengono, agendo sia in modo diretto che indiretto. Operando la degradazione e la mineralizzazione della sostanza organica, i microorganismi danno origine a molecole organiche semplici, rilasciano nutrienti, contribuiscono alla formazione delle sostanze umiche e, con il metabolismo aerobico, consumano ossigeno. Ciò porta a modificare le condizioni esistenti nel sedimento influendo profondamente sul suo stato chimico e sul comportamento delle specie ioniche presenti che, a seconda dei casi, possono essere fissate o mobilizzate il metabolismo microbico porta anche all'in corporazione diretta di ioni presenti in maniera biodisponibile nell'ambiente ed alla formazione di nuova biomassa batterica che serve da substrato alimentare per numerosi animali bentonici.

La misura dell'attività microbiologica è pertanto un parametro primario nello studio dei sedimenti acquatici. Per questo sono stati sviluppati numerosi metodi atti a misurarla (correlazione con il numero dei microorganismi,rapporto con la quantità di ATP o di altri costituenti cellulari,determinazione del metabolismo di sostanze marcate, produzione di CO_2, consumo diretto di ossigeno, misura dell'attività deidrogenasica, ecc.), ma nessuno di essi è privo di inconvenienti (scarsa attendibilità della correlazione, poca affidabilità dell'estrapolazione dei risultati, difficoltà metodologiche, ecc.) per cui rimane aperta la ricerca di metodi nuovi e dell'affinamento e miglioramento di quelli esistenti.

In quest'ottica , assumendo come base il metodo di Liu e Strachan (1979) per sedimenti lacustri, abbiamo messo a punto una metodica che consente di valutare l'attività microbica nei sedimenti marini. Essa si basa sul principio utilizzato nella determinazione dell'attività deidrogenasica, cioè la misura della riduzione di un composto chimico ad opera degli H^+ trasportati lungo la catena respiratoria cellulare. La quantità di composto ridotto consente di stimare la attività metabolica dei microorganismi presenti nel campione di sedimento in esame. Nella determinazione dell'attività deidrogenasica (ad es., Wieser e Zech,

1976; Christensen e Packard,1977) il composto che si riduce è il cloruro di 2- (p-iodofenil) -3- (p-nitrofenil)-5-fenil tetrazolio (INT), il quale diventa INT-formazano, insolubile in acqua, per cui è necessario aggiungere preventivamente del Triton X-100 per tenerlo in soluzione mano a mano che si forma. Questo metodo richiede inoltre procedure di estrazione degli enzimi, centrifugazioni a bassa temperatura, aggiunte di substrati e da come risultato una stima potenziale.

Nel metodo qui descritto, viene utilizzata la resazurina (Liu e Strachan 1979) che viene ridotta quantitativamente ad opera sia delle deidrogenasi microbiche che delle sostanze chimiche ridotte eventualmente presenti nel campione.La resazurina residua, non ridotta, viene misurata spettro fotometricamente a 600 nm, e l'attività biologica viene differenziata da quella chimica per mezzo di un inibitore metabolico, il m-cresolo (Liu e Strachan, 1977) .

Il metodo descritto non richiede manipolazioni e apparecchiature particolari, e può essere utilizzato in campo su campioni di sedimento tal quali. Inoltre, non richiedendo aggiunta di substrati, né estrazione preliminare del complesso enzimatico, esso fornisce una stima dell'attività microbica più prossima a quella presente in situ. Per questi motivi, la riduzione della resazurina può costituire un indice del metabolismo dei microorganismi presenti nei sedimenti marini,determinabile con facilità e relativa rapidità.

MATERIALI E METODI

I campioni sono stati raccolti nel golfo di La Spezia con un carotiere a gravita o un carotiere Shipek ed esaminati nella stessa giornata in laboratorio.

Una porzione di sedimento, accuratamente omogeneizzata, è stata introdotta in ragione di 0,5-3 g FW in provette di vetro insieme a 5 ml di acqua

TAB. 1

località di prelievo	µMoli di resazurina ridotte biologicamente/h/g DW.	tipo di sedimento
Portovenere	0.071	mud
Punta Bianca	0.116	silt
Le Grazie	0.010	sand
Lerici	0.022	sand

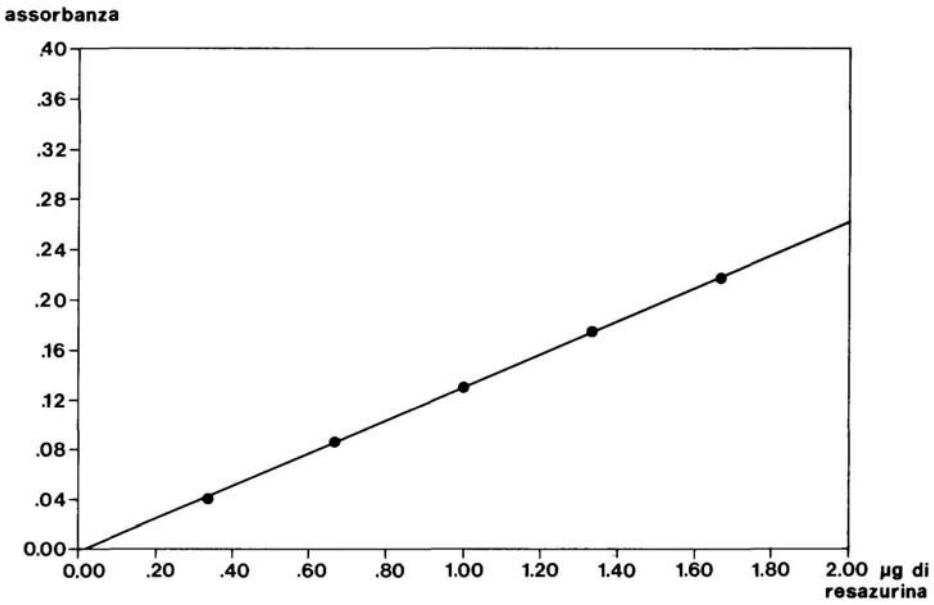


Fig. 1. Curva di calibrazione della resazurina

di mare filtrata ed 1 mi di soluzione di resazurina DIFCO 0,005 % filtrata per 0,22 µm. La sospensione è stata agitata con un vortex per alcuni secondi e le provette sono state incubate per un tempo variabile tra i 30' e 90' a 20° (vedi capitolo "Risultati e Discussione"). Al termine dell'incubazione i campioni sono stati filtrati su Millipore 0,8 µm e lavati con acqua di mare. Si è raccolto il liquido passato attraverso il filtro, si è portato a 30 ml con SW e, dopo aver agitato per avere un colore uniforme, la sua assorbanza è stata letta a 600 µm con uno spettrofotometro Varian. Questa lettura fornisce l'attività totale del sedimento, cioè la somma della riduzione avvenuta sia per via biologica che per via chimica. Quest'ultima è stata misurata su un campione simile di sedimento trattato nello stesso modo, tranne l'aggiunta,seguita da agitazione, di 3 gocce (circa 50 µl) di m-cresolo Erba RPE lasciato agire per 10' prima di iniettare la soluzione di resazurina.Per sottrazione, si ha l'attività microbica espressa come µMoli di resazurina ridotte/h/g DW. Il peso secco si ottiene pesando il sedimento rimasto sul filtro dopo averlo lasciato in stufa a 60°C per una notte.

Per quantità alte di campione (2-3 g) è opportuno aggiungere 5 gocce di m-cresolo.

Le letture dello spettrofotometro sono state confrontate con una curva standard ottenuta con varie concentrazioni della soluzione di resazurina (Fig.l), portate allo stesso volume finale con acqua di mare e trattate secondo la procedura descritta.

Il metodo è stato verificato con una sospensione batterica del ceppo lambda della nostra collezione (genere Pseudomonas), fatto crescere in terreno liquido OZ (Peroni e Lavarello,1975) per 24 ore, raccolto per centrifugazione, lavato 3 volte con acqua di mare e risospeso in acqua di mare ad una concentrazione di 10 cellule/ml, determinata tramite semina in capsula di Petri sullo stesso terreno OZ reso solido con agar 1,5%.

Volumi vari della sospensione batterica sono stati addizionati a 1 ml di soluzione di resazuri

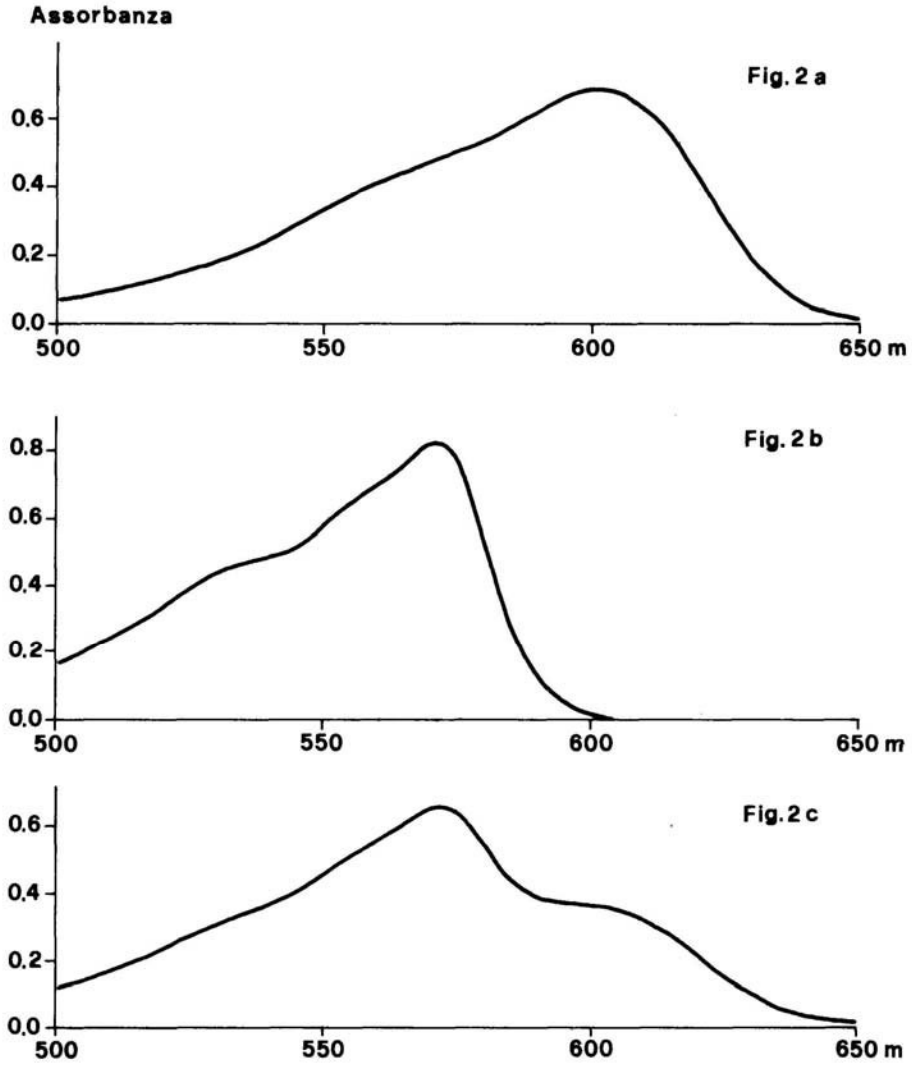


Fig. 2a. Spettro di assorbimento di una soluzione di resazurina 5 µg/ml.

Fig. 2b. Spettro di assorbimento di una soluzione di resorufina 5 µg/ml.

Fig. 2c. Spettro di assorbimento di una miscela di resazurina e resorufina, ciascuna alla concentrazione di 2.5 µg/ml.

na e ad acqua di mare fino ad un volume finale di 4 ml; indi si è proceduto come descritto sopra.

RISULTATI E DISCUSSIONE

La riduzione della resazurina in condizioni fisica logiche avviene in due stadi, il primo dei quali (il passaggio da resazurina a resorufina) è irreversibile (Twigg, 1945). Ciò consente di valutare l'attività di riduzione biochimica dovuta agli enzimi deidrogenasici dei microorganismi presenti nel campione di sedimento. L'interferenza dovuta alla torbidità del sedimento nella determinazione spettrofotometrica è stata eliminata con la filtrazione, onde evitare di ricorrere alla complessa procedura di estrazione del la resazurina descritta da Liu e Strachan (1979), la quale potrebbe influire sulla reazione di riduzione della resazurina attraverso il drastico abbassamento del pH e la conseguente alterazione dello stato redox del sedimento.

Lo spettro di assorbimento della resazurina (Fig. 2a) mostra un massimo attorno a 600 nm, mentre la resorufina, prodotto di riduzione della resazurina, mostra un massimo sui 570 nm (Fig. 2b) e contribuisce in maniera irrilevante al picco della resazurina a 600 nm, così come dimostrato in Fig. 2c, dove il con tributo è inferiore al 5%.

L'assorbanza molecolare (ε) è alta (31150), per cui la resazurina può essere accuratamente misurata.

La riproducibilità della misura alla concentrazione di 1.67 μg/ml è ± 1.6% (n=10) ed alla concentrazione di 0.33 μg/ml (pari ad una riduzione dell'80% di resazurina) è = ± 3.2% (n=10).

La verifica del metodo con la coltura batterica di ceppo lambda mostra (Fig. 3) che esiste una buona correlazione tra riduzione della resazurina e concentrazione delle cellule, evidenziando come le deidrogenasi cellulari siano effettivamente responsabili della riduzione osservata. L'aggiunta di 3 gocce di m-cresolo alla sospensione batterica lascia inalterata la concentrazione iniziale di resazurina, dimostrando l'efficacia dell'inibizione di questo composto sulla

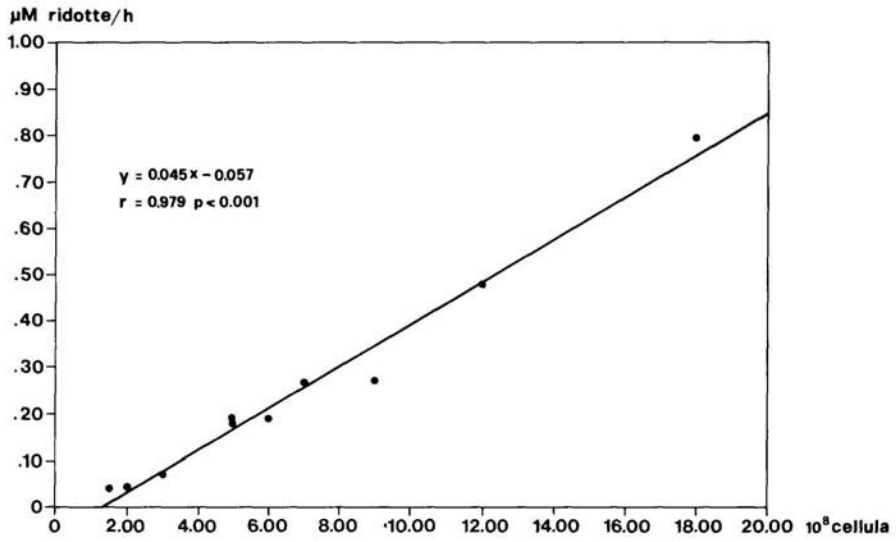


Fig. 3. Attività di riduzione della resazurina da parte di una sospensione batterica di ceppo lambda.

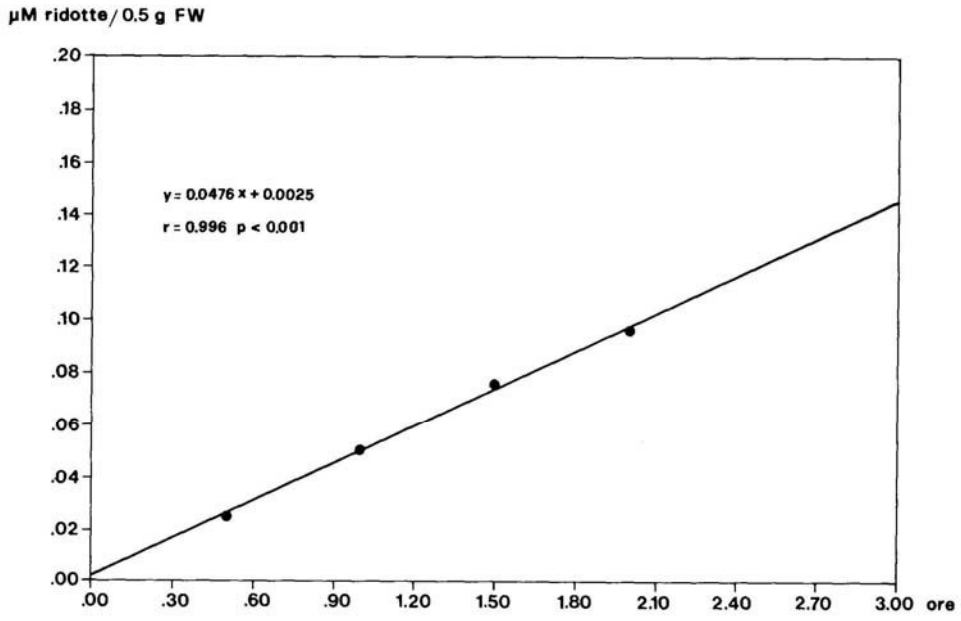


Fig. 4. Riduzione della resazurina in funzione del tempo.

attività deidrogenasica il consumo di O_2 da parte della coltura del ceppo lambda, espresso come quantità di resazurina ridotta: 2 (vedi più avanti), è pari a circa 0.2 $\mu M/h/10^9$ cellule, valore simile a quello ottenuto in colture pure in fase di crescita da Christen sen, Owens, Devol e Packard (1980) con il metodo della riduzione dell'INT.

Passando all'applicazione del metodo a campioni di sedimento, si osserva (Fig.4) che la velocità di riduzione della resazurina appare lineare nel tempo almeno sino a 2 ore. Analoga correlazione lineare si osserva tra entità della riduzione e quantità di sedimento (Figg. 5 e 6). Nelle prove descritte in queste figure la quantità massima di sedimento adoperata è stata di 1 g FW. La linearità, comunque, può permanere anche con quantità maggiori poiché, dal complesso delle prove effettuate, abbiamo tratto la conclusione che sia il tempo di incubazione che la quantità di sedimento ottimali sono dipendenti dal tipo di sedimento in esame. Infatti, un'attività microbica più alta si riscontra generalmente in sedimenti a granulometria fine rispetto a quelli sabbiosi (Hargrave, 1972; Baie, 1974; Peroni e Ruggiero, 1981) ed in sedimenti costieri e poco profondi rispetto a quelli lontani dalla costa (Christensen e Packard,1977), in quanto essa è legata alla superficie specifica ed all'apporto di sostanza organica metabolizzabile. Pertanto, sedimenti melmosi richiedono, ad es., quantità di campione e/o tempi di incubazione minori per dare una reazione significativamente apprezzabile rispetto a quelli necessari per sedimenti sabbiosi.Comunque, poiché si può valutare anche visivamente attraverso il colore se una qualche reazione di riduzione della resazurina è avvenuta, è possibile decidere sul momento se prolungare o meno il tempo di incubazione.

La Fig. 6 mostra un esempio di curva relativa alla riduzione della resazurina in un campione di sedimento limoso, evidenziando sia la correlazione tra quantità di sedimento e riduzione della resazurina, sia l'effetto inibitore del m-cresolo.

Nella Tab.l sono riassunti i risultati ottenuti

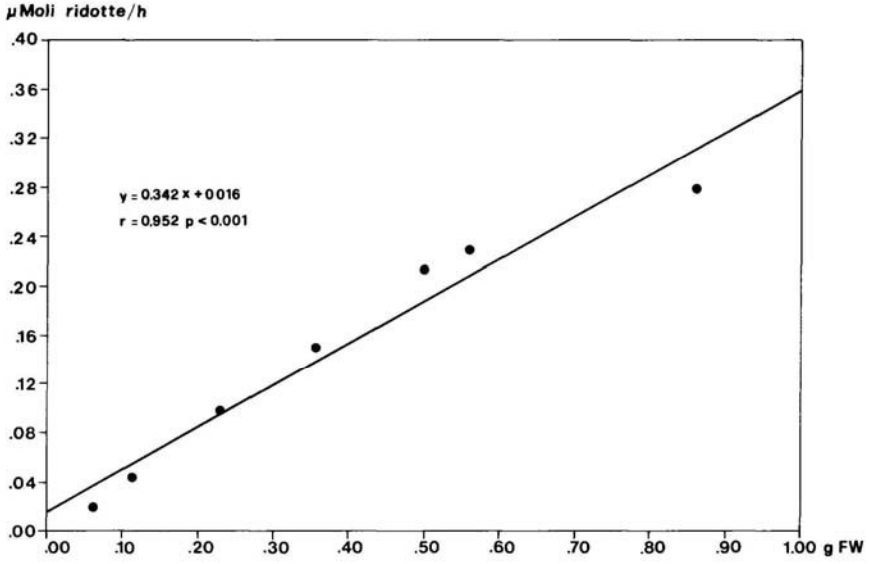


Fig. 5. Riduzione della resazurina in funzione della quantità di sedimento.

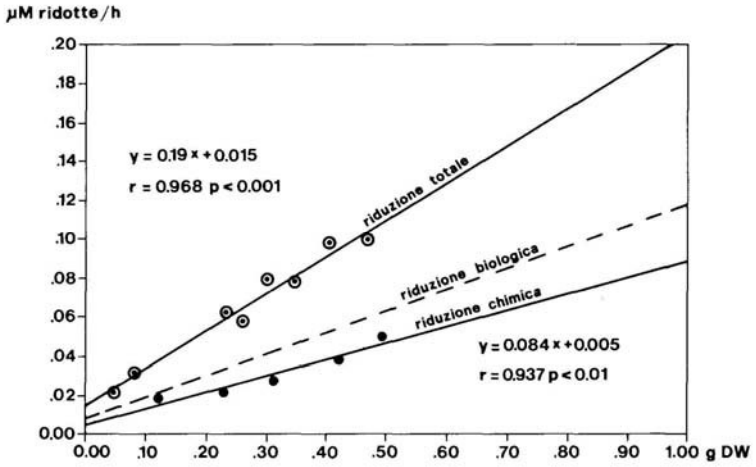


Fig. 6. Riduzione della resazurina per via chimica e per via biologica in un campione di sedimento raccolto a Punta Bianca. La curva della riduzione chimica rispetto a quella della riduzione totale mostra l'effetto inibitore del m-cresolo.

con il metodo descritto in alcuni sedimenti con caratteristiche diverse raccolti intorno a La Spezia. I campioni a granulometria fine esibiscono un'attività biologica più elevata di quelli sabbiosi, in particolare quello raccolto a Punta Bianca al largo della foce del fiume Magra, le cui acque potrebbero esercitare un'azione simile a quella descritta da Valdes e Albright (1981) per una situazione analoga, in cui acque fluviali attivano il metabolismo dei batteri delle acque marine in cui sfociano tramite l'apporto di nutrienti e di sostanza organica. Tra i due campioni sabbiosi, si nota un'attività biologica più elevata per quello raccolto nel porticciolo di Lerici, che presenta inquinamento da rifiuti organici.

Poiché la riduzione della resazurina a resorufina, analogamente a quanto accade per la riduzione dello INT, implica la messa in gioco di due elettroni, si può stimare che la riduzione di una mole di resazurina sia equivalente al consumo di mezza mole di ossigeno. Pertanto, dalla quantità di resazurina ridotta biologicamente è possibile risalire alla quantità di ossigeno consumato dai microorganismi presenti nel sedimento analizzato. Sulla base di questa assunzione, per i sedimenti della Tab. 1, i valori di consumo biologico di ossigeno variano tra 0.11 µl di O_2/h/g DW nella baia de Le Grazie e 1.3 µl di O_2/h/g DW nella zona di Punta Bianca. Questi valori, che rappresentano nel nostro caso una media degli strati superficiali dei sedimenti analizzati, sono paragonabili a quelli ottenuti da misure di consumo biologico di ossigeno in situ (Pamatmat,1971 ; Smith, Burns e Teal, 1972; Dale, 1978), mentre sono inferiori di un ordine di grandezza a quelli di Christensen e Packard (1977)pcr campioni raccolti al largo della costa del Sahara Spagnolo su fondali di 30 m e trattati secondo il metodo che utilizza la riduzione dell'INT, con il quale, però, si ha una misura di attività massima potenziale.

La semplicità di esecuzione, la relativa rapidità, la non costosità e la sensibilità del metodo presentato, pur con i limiti inerenti a tutti i metodi,so-

no comunque fattori che lo rendono adatto ad una ma dell'attività microbiologica nei sedimenti, soprattutto per lavori in campo, quando occorre processare molti campioni o si vuole evitare la conservazione del campione.

E' comunque da sottolineare che il metodo descritto consente di stimare l'attività metabolica dei batteri aerobici e anaerobici facoltativi, ma non quella degli anaerobi obbligati. Poiché il metabolismo di questi ultimi è importante negli strati subsuperficiali e negli ambienti riducenti o comunque scarsamente ossigenati, stiamo studiando le condizioni per l'applicazione del metodo in ambiente privo di ossigeno e stimare così anche la quota di metabolismo microbico anaerobico. In questo modo potrebbe diventare possibile non solo ottenere informazioni realistiche sull'attività microbica totale, ma anche separarla nelle due componenti aerobica ed anaerobica.

RINGRAZIAMENTI

Gli autori sono grati al Dr. R. F. Boniforti per i suoi preziosi suggerimenti e per la lettura critica del manoscritto.

Ringraziano inoltre G. Dani e R. Ruggiero per la raccolta dei campioni.

BIBLIOGRAFIA

Christensen, J.P. and T.T. Packard.1977.Sediment metabolism from the northwest African upwelling System. Deep-Sea Res. ,24:331-343.

Christensen, J.P., T.G. Owens, A.H. Devol, and T.T. Packard. 1980. Respiration and physiological state in marine bacteria. Mar. Biol., 55:267-276.

Dale, N.G. 1974. Bacteria in intertidal sediments: factors related to their distribution. Limnol. Oceanogr., 19:509-518.

Dale, T. 1978. Total, chemical and biological oxygen consumption of the sediments in Lindaspollene, Western Norway. Mar. Biol., 49:333-343.

Hargrave, B.T. 1972. Aerobic decomposition of sediment and detritus as a function of particle surface area and organic content. Limnol.Oceanogr., 17:583-596.

Liu, D. and W.M.J. Strachan.1977. Measurement of microbial oxygen consumption in lake sediment. Can. Res., 10:30-31.

Liu, D. and W.M.J. Strachan. 1979. Characterization of microbial activity in sediment by resazurin reduction. Arch. Hydrobiol. Beith., 12:24-31.

Pamatmat, M.M. 1971. Oxygen consumption by seabed. IV. Seasonal cycle of chemical oxidation and respiration in Puget Sound. Int. Revue ges. Hydrobiol., 56:769-793.

Peroni, C. and O. Lavarello.1975. Microbial activities as a function of water depth in the Ligurian Sea: an autoradiographic study. Mar. Biol.,30: 37-50.

Peroni, C. and R. Ruggiero. 1981. Determinazione dell'attività microbica e del contenuto di sostanza organica in alcuni campioni di sedimento raccolti vicino al Golfo di La Spezia. CNEN-RT/BIO (81) 1, 15 pp.

Smith, Jr. K.L.,K.A. Burns and J.M. Teal.1972. In situ respiration of benthic communities in Castle Harbor, Bermuda. Mar. Biol., 12:196-199.

Twigg, R.S. 1945. Oxidation-reduction aspects of resazurin. Nature, 155:401-402.

Valdès, M. and L.J. Albright. 1981. Survival and heterotrophic activities of Fraser River and Strait of Georgia bacterioplankton within the Fraser River plume. Mar. Biol., 64:231-241.

Wieser, W. and M. Zech. 1976. Dehydrogenases as tools in the study of marine sediments. Mar. Biol., 36: 113-122.

IL MOVIMENTO DI FORME GIOVANILI DI ANGUILLA, Anguilla anguilla (L.) NEL DELTA PADANO (+)

M. PESARO (°), R. VITALI(°°), G. GANDOLFI (°)

(°) Università di Parma, Istituto di Zoologia
(°°) ENEL-DCO, Laboratorio Centrale, Piacenza

SUMMARY

A research on the movements of elvers and young pigmented eels has been carried out in the river Po delta during Spring and Summer 1979-1980. The period of the maximum ascent and the influence of the main environmental factors have been considered, as well as the different amount of catches in the six main branches of the Delta. The peak of ascent is between the end of March and the beginning of April; the amount of the run was greater in 1980 than in 1979. Elvers showed a casual distribution in the Po branches; correlations occur between number of catches and both the flow of the river and the tidal cycle; an apparent influence of the lunar phase is discussed. Elvers caught during the period of the greatest ascent were at earlier pigmentation stages and their total length was shorter than those of individuals caught along South Adriatic and Tyrrhenian coasts. The quantity of young eels captured was always greater than that of elvers.

(+) Ricerca svolta nell'ambito delle indagini ambientali nell'area interessata dalla Centrale Termoelettrica di Porto Tolle, con il coordinamento dell'ENEL - CRTN di Milano.

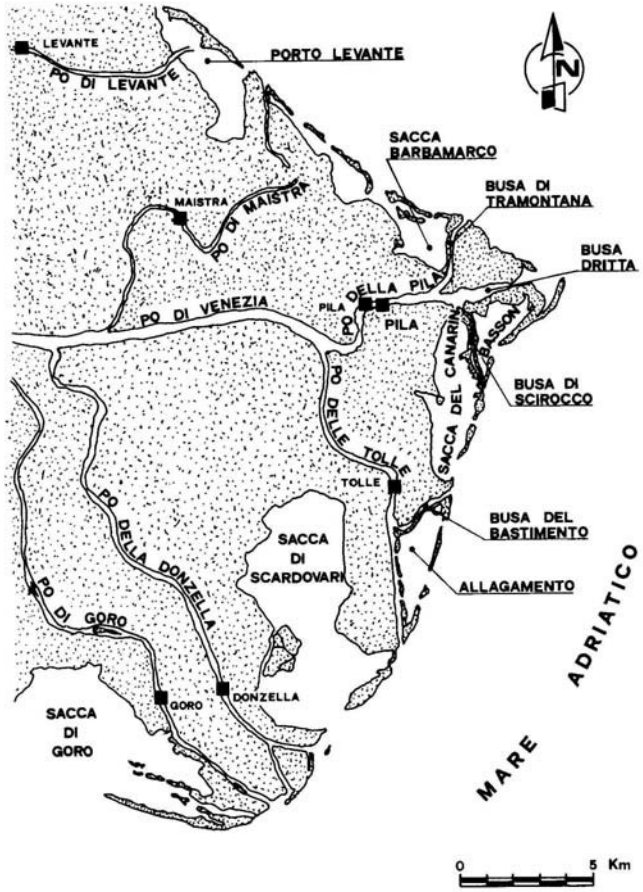


Fig. 1 - Ubicazione delle stazioni di campionamento.

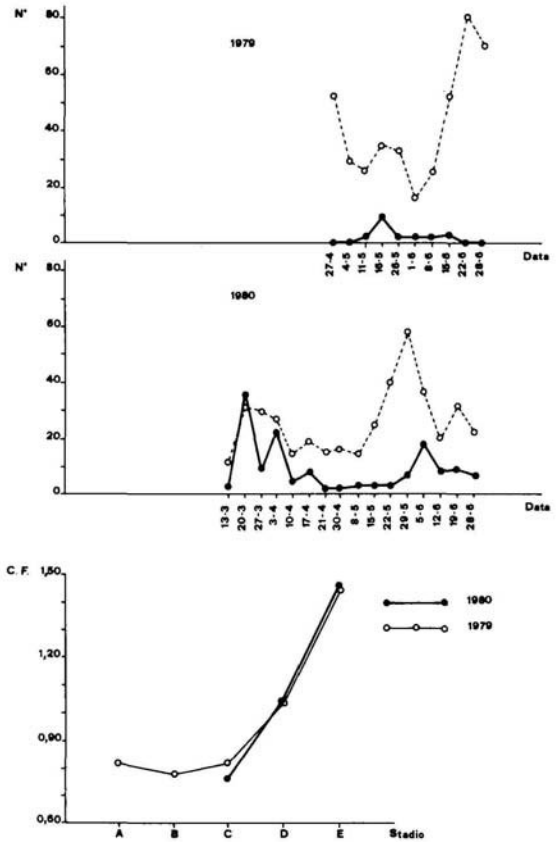


Fig. 2 - Variazione del numero di catture (N°) di "cieche" (linea continua) e di "ragani" (linea tratteggiata) e variazioni del fattore di condizione (CF) per stadio di pigmentazione delle "cieche" nei due anni di campionamento.

INTRODUZIONE E SCOPO DELLA RICERCA

Una ricerca sui movimenti delle forme giovanili di anguilla, Anguilla anguilla, attraverso il delta del Po è stata svolta nella primavera e nell'estate degli anni 1979 e 1980, allo scopo di determinare il calendario di montata delle "cieche", l'importanza relativa dei vari rami del fiume per quanto riguarda la loro migrazione, la presenza delle fasi giovanili successive ("ragani") e le loro caratteristiche biometriche e morfologiche. Inoltre, si è cercato di valutare l'influenza di alcuni importanti fattori ambientali che possono condizionare il movimento migratorio: la por tata del fiume, il ciclo di marea, il ciclo lunare e la temperatura.

MATERIALI E METODI

I campionamenti sono stati svolti settimanalmente,da aprile a giugno in sei stazioni nel 1979, da marzo a giugno in sette stazioni nel 1980. Le stazioni di campionamento erano disposte in modo da potere controllare il movimento attraverso nove rami del delta padano (Fig. 1).
Le "cieche" ed i "ragani" sono stati prelevati utilizzando in ogni stazione tre fascine cilindriche di mirto (Myrtus communis), di circa 1 m di lunghezza e 40 cm di diametro, avvolte da una rete a sacco con maglie di 2 mm, aperta in corrispondenza di una base del cilindro. Le fascine erano mantenute immerse sul fondo del fiume per tutto il periodo di campionamento, con la parte aperta posta verso monte, ed erano salpate settimanalmente nelle ore del mattino per raccogliere gli individui che vi si erano rifugiati.

I campioni prelevati sono stati misurati e pesati in laboratorio e per ogni individuo è stato rilevato lo stadio di pigmentazione secondo Boëtius (1976).

Le relazioni tra abbondanza dei due tipi di forme giovanili ed i principali fattori influenzanti sono state studiate utilizzando l'analisi della regressione lineare multipla.

RISULTATI

La quantità maggiore di catture di "cieche" è stata tra la fine di marzo e l'inizio di aprile. Questo dato è in accordo con le osservazioni di Bullo (1891) e di D'Ancona (1940), che indicano il periodo di montata nella Laguna di Venezia e nelle Valli di Comacchio tra febbraio ed aprile. Considerando i due anni successivi di campionamento,abbiamo registrato un significativo aumento delle catture settimanali nel 1980 rispetto al 1979 ($t = 2.25$; g.l. = 18; $P < 0.05$), nel confronto tra periodi corrispondenti (a

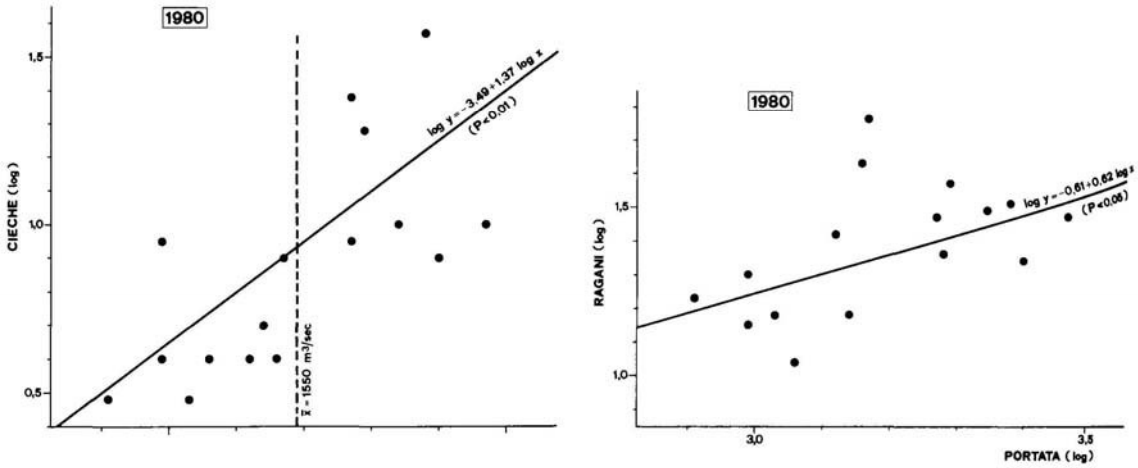


Fig. 3 - Regressione tra la portata del fiume Po a Pontelagoscuro (mc/sec) e il numero di catture di "cieche" e di "ragani".

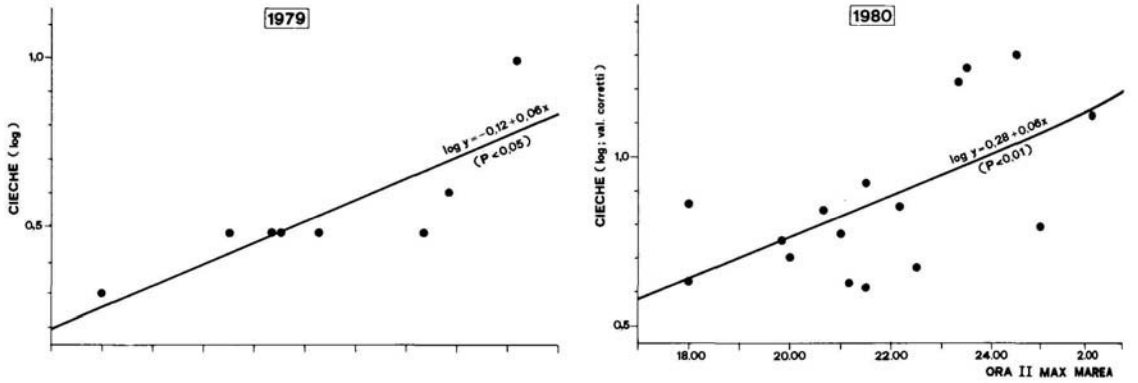


Fig. 4 - Regressione tra l'ora del picco notturno di alta marea ed il numero di catture di "cieche" nei due anni di campionamento .

prile - giugno). Per quanto riguarda i "ragani" (giovani anguille di lunghezza superiore a 90 mm, completamente pigmentate), le variazioni di frequenza di cattura spesso corrispondono a quelle delle "cieche". Si noti, tuttavia, che nel caso dei "ragani" la frequenza di cattura non è determinata da un flusso migratorio ma da modificazioni ambientali che li inducono a cercare rifugio nelle fascine.

La frequenza settimanale di cattura di "ragani" è stata più alta nel 1979, con differenza statisticamente significativa($t=7.38$; g.l.= 18; $P < 0.001$). In entrambe le campagne sono risultati più abbondanti delle "cieche", a testimoniare che una discreta quantità di essi si ferma nella zona del delta per svolgere la fase trofica.

La distribuzione spaziale del flusso migratorio nei diversi rami del delta è abbastanza omogenea, sebbene qualche differenza emerga tra le due stagioni di campionamento (Tab. I). La quantità di "cieche" campionate è comunque insufficiente ad evidenziare preferenze per particolari rami del Po. Per quanto riguarda i "ragani" si può invece notare che il numero di catture è più elevato nelle bocche poste più a sud, cioè Donzella e Goro (Tab. I).

Il periodo di massima montata delle "cieche" coincide con il periodo in cui la lunghezza totale media degli esemplari ha valori minimi (Tab. II). L'andamento dei pesi ricalca con buona approssimazione quello delle lunghezze, anche se dal mese di maggio in poi i pesi tendono ad avere un incremento più rapido. Questo fatto è senza dubbio dovuto alla preponderante presenza nelle catture di questo periodo di individui che iniziano la fase trofica.

Sono stati rilevati gli stadi di pigmentazione delle "cieche" catturate. Si può notare che nel 1979, data la stagione avanzata in cui i prelievi sono iniziati, non sono state catturate "cieche" di stadi A e B, mentre nel 1980 "cieche" nei primi due stadi di pigmentazione sono state trovate fino ad aprile. In entrambe le campagne, dalla fine di aprile a giugno sono stati catturati solo individui di stadi da C ad E (Tab. III).

II fattore di condizione ($K = W \times 100/LT^3$, dove W è il peso corporeo in g e LT la lunghezza totale in cm) è stato calcolato per tutte le "cieche" catturate. Considerando le sue variazioni rispetto allo stadio di pigmentazione, si vede chiaramente come diminuisca passando dallo stadio A allo stadio B e come aumenti negli stadi successivi (Fig. 2).

Ci siamo serviti dell'analisi della regressione lineare multipla per saggiare eventuali relazioni tra la quantità di "cieche" e di "ragani" catturati e le variazioni di alcuni parametri ambientali. L'elaborazione è stata eseguita considerando come varia bili indipendenti (x_n) la portata del Po rilevata a Pontelagoscu-

ro, l'ora in cui si verifica il massimo di marea nel corso della notte, l'altezza di marea. La portata è stata espressa come valore medio del giorno precedente il campionamento, mentre i dati di marea si riferiscono alla notte precedente per quanto riguarda l'ora di massimo notturno, alle ultime 24 ore per quanto riguarda l'altezza. Come variabile dipendente (y) sono state considerate le abbondanze di catture ,per le quali è stata accettata un'ipotesi di log - normalità (log (x+1)).

Le relazioni tra il numero di catture e la temperatura dell'aria sono state esaminate a parte, non disponendo di misure continue in tutto l'arco di tempo dei campionamenti a causa di un incidente tecnico alla stazione di rilevamento. Dai dati in nostro possesso non emerge alcuna evidente correlazione tra queste due variabili .

I risultati dell'analisi della regressione lineare multipla so no diversi per le due stagioni di prelievo. L'abbondanza di "cieche" catturate nel 1979 è correlata significativamente in modo positivo solo con l'ora del picco notturno di marea ($P < 0.05$); questa relazione spiega circa il 66% della varianza totale (R^2=0.6607) (Fig. 4). Le altre variabili dipendenti non mostrano in questo anno una correlazione statisticamente significativa né con la varianza totale né con quella residua; la portata del fiume entra in regressione multipla ad un livello di confidenza trascurabile ($P < 0.60$), incrementando in modo irrilevante la percentuale di varianza (R^2 da 0.66 a 0.68), mentre l'altezza di marea resta praticamente esclusa dalla funzione.

Nel 1980, invece, sia la portata (Fig. 3) che l'ora del picco notturno di marea (Fig. 4) risultano correlate positivamente con il numero di catture ad un livello di probabilità molto elevato ($P < 0.01$). In questo caso è comunque la variazione del regime idrologico a mostrare l'influenza maggiore sulla varianza totale (R^2 =0.484) (Fig. 3), mentre l'ora del picco notturno di marea rende conto di un'ulteriore varianza del 21% (R^2 =0.703 per entrambe le variabili). Anche in questo anno risulta trascurabile l'influenza dell'altezza di marea ($P< 0.40$; R^2=0.720 per tutte le tre variabili). La regressione multipla per il 1980 risulta dall'espressione:

$$y = -3.010 + 1.002\ x_1 + 0.071\ x_2.$$

La diversa azione delle variazioni della portata del fiume nei due anni è certamente dovuta alle diverse condizioni idrologiche in cui si sono svolti i campionamenti. Nel 1979, infatti, le piene primaverili si sono verificate al di fuori del periodo di prelievo e non è stato possibile, di conseguenza, verificare la loro influenza. Scarsi sono i dati di precedenti autori che riportano chiare dimostrazioni dell'influsso della portata del fiume sulle

variazioni nel numero di catture, sebbene questo fattore sia spesso preso in considerazione. Pensiamo che nel nostro caso sia stato possibile evidenziare questo effetto per il tipo di attrezzo usato e per la particolare modalità dei prelievi. Infatti le forti correnti dovute alle piene, oltre ad esercitare un richiamo per le "cieche" che ancora devono risalire dal mare, spingono quelle che già sono entrate a cercare rifugio nella vegetazione delle sponde, e quindi nelle fascine da noi usate, per non essere trascinate in mare.

Le catture sono più abbondanti quando il massimo di marea si verifica all'inizio della notte, combinandosi l'effetto del crepu scolo (Matsui, 1952; Deelder, 1970; Tesch, 1977; Gandolfi et al., 1980), favorevole alla migrazione, con l'aiuto meccanico della massa d'acqua marina entrante (Creutzberg, 1961; Finiger, 1976; Tesch, 1977; Gandolfi et al., 1980).

Per quanto riguarda i "ragani", nel 1980 è stata trovata una correlazione positiva significativa ($P < 0.05$) con le variazioni di portata del fiume. Questo è in accordo con le considerazioni fatte precedentemente, che considerano le catture direttamente correlabili con le variazioni di tipo ambientale che spingono queste forme giovanili a trovare rifugio nelle fascine per evitare effetti di trascinamento in mare.

RINGRAZIAMENTI

I dati idrologici e mareografici sono stati cortesemente forniti dall'ENEL-CRIS di Mestre (Venezia).

BIBLIOGRAFIA

Boëtius, J. 1976. Elvers, Anguilla anguilla and Anguilla rostrata from two Danisch localities. Size, body weight, developmental stage and number of vertebrae related to time of ascent. Meddr. Danm. Fiskog Havunders, 7: 199-220.

Bullo, G. 1891. Piscicoltura marina. Stima delle coltivazioni in acqua salsa. Padova.

Creutzberg, F. 1961. On the orientation of migrating elvers (Anguilla vulgaris, Turt.) in a tidal'area. Neth. J. Sea Res., I: 257- 338.

D'Ancona, U. 1940. Montata e accrescimento delle giovani anguille dell'Alto Adriatico in confronto a quelle delle altre parti del Mediterraneo e delle coste europee settentrionali. Atti R.Ist. Vento Sci. Lett. Arti, 99: 447-464.

Deelder, C.L. 1970. Synopsis of biological data on the eel, Anguilla anguilla Linnaeus 1758. FAQ Fish. Synopsis, n. 80, III+ 68 pp.

Finiger, R. 1976. Contribution a 1'étude biologique et écologique des civelles (Anguilla anguilla, Linnée 1758) lors la leur pénétration dans un étang méditerranéen. I. Recrutment et biométrie au cours d'un cycle annuel. Vie Milieu, 26: 123-144

Gandolfi, G., R. Rossi, P. Tongiorgi, M. Pesaro, S. De Ranieri. 1980. Ascent of elvers, Anguilla anguilla (L.), and prospects for their use in aquaculture. Boll. Zool., 47: 365-380

Matsui, I. 1952. Studies on the morphology, ecology and pondculture of the Japanese Eel (Anguilla japonica, Temminck u. Schlegel). F. Shimonoseki Coll.-Fish., 2 (2): I-245

Tesch, F.W. 1977. The Eel. Biology and management of anguillid eels. London: Chapman and Hall, XIV + 434 pp.

Stazioni	aprile - giugno 1979				marzo - giugno 1980			
	"cieche"		"ragani"		"cieche"		"ragani"	
	n	%	n	%	n	%	n	%
Levante	-	-	37	8.8	9	6.3	53	13.0
Maistra	1	4.8	57	13.6	26	18.2	50	12.2
Pila Nord					24	16.8	-	-
Pila Sud	4	19.0	34	8.1	35	24.6	84	20.5
Tolle	5	23.8	45	10.7	32	22.5	43	10.5
Donzella	10	47.6	119	28.5	4	2.8	82	20.1
Goro	1	4.8	127	30.3	12	8.8	97	23.7
Totali	21	100.0	419	100.0	142	100.0	409	100.0

TAB. I - Distribuzione delle catture di stadi giovanili di anguilla nei rami del delta del Po

Tab. II - Lunghezza totale media (LT+ds) e fattore di condizione medio (K+ds) nei campioni di "cieche" e "ragani" del delta del Po.

Data	"cieche"			"ragani"		
	n	LT±ds (mm)	K±ds	n	LT±ds (mm)	K±ds
27.4.79	-			52	205.4±50.6	1.67±0.30
4.5.79	-			29	181.4±45.3	1.63±0.29
11.5.79	2	66.5±5.0	1.16±0.24	26	194.6±46.2	1.42±0.32
18.5.79	9	65.6±3.5	0.87±0.18	35	192.6±49.0	1.88±0.36
25.5.79	2	65.0±8.5	1.18±0.09	33	178.1±40.6	1.92±0.26
1.6.79	2	73.5±17.7	1.64±0.35	16	176.2±50.7	1.64±0.22
8.6.79	2	74.0±2.8	1.61±0.04	25	202.2±37.2	1.73±0.21
15.6.79	3	83.7±5.9	1.67±0.22	52	178.0±34.1	1.63±0.28
22.6.79	-			80	164.9±42.8	1.49±0.23
29.6.79	-			70	187.8±59.4	1.51±0.23
13.3.80	3	61.0±1.0	0.80±0.03	11	260.7±64.4	1.47±0.18
20.3.80	36	61.4±3.4	0.79±0.09	31	218.1±50.5	1.57±0.24
27.3.80	9	60.8±2.4	0.85±0.09	29	212.3±62.8	1.65±0.28
3.4.80	23	62.3±3.1	0.82±0.11	27	198.3±51.9	1.65±0.22
10.4.80	4	60.3±4.0	0.86±0.07	14	208.4±33.6	1.53±0.13
17.4.80	8	63.4±3.8	0.91±0.13	19	233.7±51.0	1.69±0.20
24.4.80	2	60.0±0.7	1.08±0.02	15	224.8±57.7	1.69±0.23
30.4.80	2	61.5±4.9	1.09±0.45	16	212.1±58.6	1.67±0.25
8.5.80	3	66.0±4.4	1.23±0.40	14	213.3±55.1	1.56±0.26
15.5.80	3	60.3±2.5	1.53±0.27	25	215.6±43.6	1.43±0.24
22.5.80	3	58.0±1.0	1.13±0.06	40	204.0±37.4	1.79±0.25
29.5.80	7	66.5±2.2	1.74±0.20	58	219.6±42.6	1.69±0.20
5.6.80	18	68.9±3.2	1.48±0.21	36	203.4±41.6	1.68±0.21
12.6.80	8	69.3±5.0	1.44±0.16	20	216.8±36.9	1.61±0.15
19.6.80	9	78.4±6.2	1.65±0.13	32	218.5±43.4	1.45±0.26
26.6.80	7	82.4±4.2	1.40±0.48	22	236.0±69.2	1.74±0.28

Tab. III - Distribuzione delle frequenze per gli stadi di pigmentazione (BOËTIUS, 1976) delle "cieche" campionato nel delta del Po (ogni punto indica un individuo).

Data	stadio di pigmentazione				
	A	B	C	D	E
11.5.79				o	o
18.5.79			ooo	oooo	oo
25.5.79				o	o
1.6.79					oo
8.6.79				o	o
15.6.79					oooo
13.3.80	oo	o			
20.3.80	ooooo ooooo ooooo ooooo	ooooo ooooo o	oooo	o	
27.3.80	ooooo	oo	oo		
8.4.80	ooooo ooo	ooooo ooo	ooooo oo		
10.4.80		ooo	o		
17.4.80	o		oo	oooo	o
24.4.80				oo	
30.4.80	o				o
8.5.80					ooo
15.5.80					ooo
22.5.80					ooo
29.5.80					ooooo oo
5.6.80					ooooo ooooo ooooo ooo
12.6.80				o	ooooo oo
19.6.80					ooooo oooo
26.6.80					ooooo oo

DISTRIBUZIONE E TRASPORTO DI MATERIALE PARTICELLATO SOSPESO NEI CANYONS DI GENOVA (+)

M. PICCAZZO°, S. TUCCI°

° Cattedra di Geologia Marina dell'Università di Genova Gruppo Ricerche Oceanologiche - Genova (G.R.O.-G.)

SUMMARY

Here are reported the results of a study on the suspended matter in the waters of the two canyons of Genoa. Investigations we-re made to define the quantity of suspended total matter, organic and inorganic, its measures and morphology, the characteristics of clays and its contents in relation to metal; in this work particularly the distribution and transport of suspended matter are examined. Samples from 27 stations, situated along the canyon axes and on their sides, were collected at various depth in august 1980. We also gathered data on light transmission, salinity, temperature and density which have pointed out a relation with the quantity of suspended particulate, the water stratification of the Ligurian Sea and upwelling in the canyon axes, especially as to Bisagno waters. The contents in organic material is clearly superior to the inorganic one, even in the stations close to the shore: land material influence is obvious but not prevailing, only in superficial waters. The contents in total material shows variations from 1 to 9 mg/1, with most of the values in the range between 3 and 4 mg/1: the highest values are situated along the canyon axes.

INTRODUZIONE

Le indagini condotte dal 1978 sul materiale particellato presente nelle acque superficiali del Mar Ligure hanno mostrato valori elevati di concentrazione sia nella zona centrata tra Capo Corso ed Imperia che in quella antistante Genova (Pierce, J. W., S. Tucci, G. Fierro, 1981).

Gli alti valori localizzati, alla testata dei due canyons di Genova hanno indotto ad eseguire con la nave Bannock del C.N.R. indagini sulle acque superficiali e profonde nell'estate del 1980 e nell'inverno successivo. Sono state effettuate stazioni di prelevamento lungo 5 direttrici perpendicolari alla costa: due in corri

(+) Lavoro eseguito nell'ambito del Progetto Finalizzato "Oceanografia e Fondi Marini" del C.N.R..

spondenza degli assi dei canyons, una lungo la scarpata tra i due canyons e due localizzati rispettivamente ad est e ad ovest delle precedenti (Fig. 1).

Lungo ogni allineamento sono state effettuate calate di bottiglie Niskin in corrispondenza delle batimetriche dei 50, 100, 200, 500, 1000 e 1500 m; in ogni stazione i prelievi sono stati scelti a diverse quote tenendo conto dei dati forniti in precedenza da una batisonda: in linea di massima i campionamenti sono stati effettuati in superficie, a -25 m, -50 m, -100 m, -200 m, -500 m, oltre ad un prelievo in prossimità del fondo.

METODOLOGIE DI CAMPIONAMENTO ED ANALISI DI LABORATORIO

Sono stati raccolti, con una batisonda Neil Brown, dati in continuo di temperatura, salinità e densità: tali dati, elaborati mediante un calcolatore Zilog, sono stati restituiti con una frequenza di una serie di valori mediati ad ogni metro di profondità.

Ogni campione d'acqua, prelevato con bottiglie Niskin da 30 l, dopo averne verificata la temperatura con termometri protetti a rovesciamento Richter & Wiese (precisione 0,02°C), è stato suddiviso nelle seguenti frazioni:

- 2 ÷ 4 l sono stati filtrati attraverso filtri Millipore Ø 47 mm con passante a 0,45 µm; in laboratorio sono stati utilizzati per la determinazione della concentrazione del materiale totale (TP), inorganico (MP) ed organico (OP) secondo le metodologie correnti (Spencer, D. W., P. L. Sachs, 1970; Beer, R. M., D. S. Gorsline, 1971; Drake, D. E.,1974; Bassin, N. J. , 1976; Pierce, J. W., F. T. Dulong, 1977; Pierce, J. W., S. Tucci, G. Fierro, 1981);
- 2 ÷ 7 cc sono stati filtrati attraverso filtri Millipore Ø 12 mm con passante 0,45 µm per l'indagine al microscopio elettronico;
- 400 cc sono stati utilizzati per il controllo della salinità mediante salinometro a conducibilità Hydro-Bios mod. MC5 (precisione ± 0,05 %);
- 400 cc sono stati posti in bottiglie con l'aggiunta di formalina e destinati all'analisi dimensionale mediante Coulter Counter (Riley, G. A., 1963; Harris, J. E., T. R. Mac Kee, R. C. Wilson jr, U. G. Whitehouse, 1972; Geistdoerfer, P., 1973; Zabawa, C. F., 1978; Pierce J. W., F. R. Siegel, 1979; Kranck, K., 1981). I risultati di questi studi sono già stati oggetto di una nota (Baracco, C., N. Corradi, J. W. Pierce, S. Tucci, in corso di stampa);
- 25 l sono stati filtrati attraverso filtri Millipore Ø 142 mm con passante 0,45 µm per la determinazione della argille, mediante diffrattometria, e di alcuni metalli pesanti, mediante assorbimento atomico: i dati ottenuti sono in corso di elaborazione.

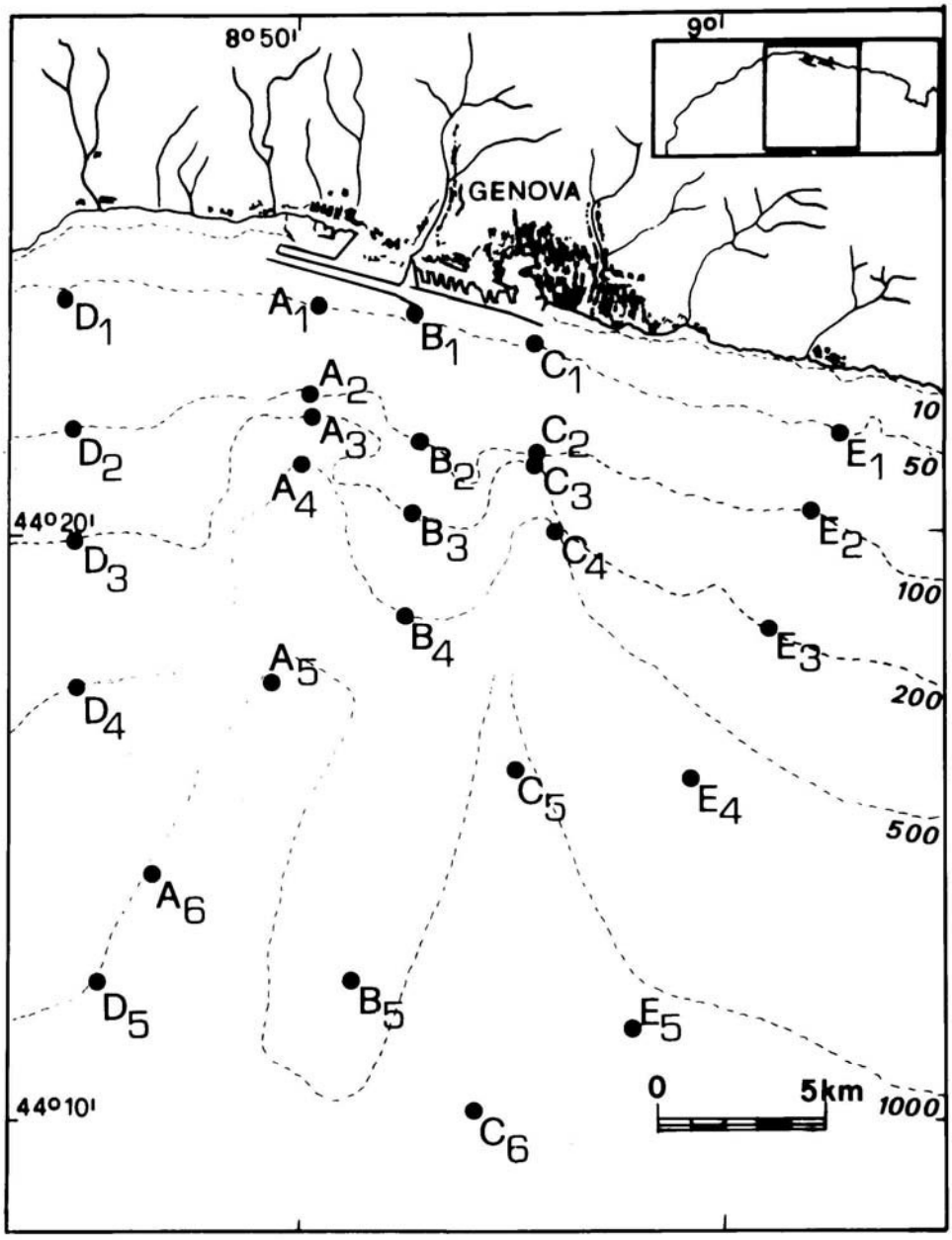


Fig. 1 - Ubicazione delle stazioni di prelevamento

I campioni d'acqua ed i filtri, posti in capsule di Petri, sono stati conservati in frigorifero fino al momento delle analisi di laboratorio.

Durante il prelievo di acqua superficiale è stata misurata la trasparenza in % T/m con un trasmissometro a fotoestinzione.

SITUAZIONE IDROLOGICA

Gli studi condotti da vari AA nel Mar Ligure hanno mostrato una stratificazione in tre distinte masse d'acqua (Astraldi, M., 1969; Dahme, A., A. Carrara, C. Pedenovi, 1971; Stocchino, C., A. Testoni, 1978; Astraldi, M., G. Manzella, R. Meloni, 1980):

- strato superficiale, di origine atlantica, con un minimo di temperatura al limite inferiore situato tra 100 e 200 m;
- strato intermedio, di origine levantina, con valori di temperatura e salinità superiori ai minimi delle acque superficiali e con massimi relativi situati a circa 400 m; lo spessore di questo strato risulta variabile tra i 400 e gli 800 m;
- strato profondo che si origina nella parte nord del Mediterraneo occidentale e che viene delimitato convenzionalmente dalla stessa temperatura del minimo delle acque superficiali, essendo graduale il passaggio dalle acque intermedie alle acque profonde (Stocchino, C., A. Testoni, 1978).

Durante l'anno si instaurano situazioni climatiche che causano una rottura dell'equilibrio delle masse d'acqua e un conseguente rimescolamento verticale.

Gli studi sulle correnti superficiali e profonde (Hela, I.,1965; D,e Maio, A., M. Moretti, E. Sansone, G. Spezie, M. Voltaggio, 1975; Stocchino, C., A. Testoni, 1977) evidenziano lungo l'arco ligure-francese una corrente costiera da NE a SW che si muove superficialmente con velocità dell'ordine di 25-40 cm/sec e che mantiene in profondità la stessa direzione con velocità inferiori (circa 5 cm/sec a 1000 m).

I nostri dati, relativi al periodo estivo, confermano la stratificazione sopra descritta: lo strato superficiale si presenta con spessori variabili tra 100 e 210 m con minimi di temperatura compresi tra 13,13 e 13,29°C. Lo strato intermedio presenta spessori compresi tra 650 e 900 m, con massimi relativi di temperatura intorno ai 13,55°C e massimi assoluti di salinità di 38,54% (valore medio) ad una profondità di circa 400 m; tali massimi sono localizzati nelle stazioni meno profonde a circa 300 m e nelle altre a 500 m. Lo strato profondo si presenta omogeneo con medie di 13,08°C per la temperatura, di 38,44%. per la salinità e risulta ovviamente presente solo nelle stazioni più al largo al di sotto degli 800 m circa. L'esame dei valori di densità ci indica un logico aumento progressivo da σ_t = 26,20 per le acque superficiali, a σ_t = 29,07

per quelle profonde.

L'esame delle sezioni, costruite dal complesso dei valori della batisonda, ha infine indicato un diverso comportamento tra quelle soprastanti i canyons e quelle laterali ad essi: in queste ultime la stratificazione segue lo schema sopra descritto mentre in quelle lungo l'asse dei canyons, soprattutto per quanto concerne il Bisagno (Fig. 2A), si nota una risalita. Le sezioni trasversali (es. Fig. 2B) mostrano, per i primi 500 m, una diversa influenza dei due canyons sulle acque sovrastanti.

RISULTATI SPERIMENTALI

I campionamenti effettuati nel 1978 e nel 1979 nelle acque superficiali del Mar Ligure hanno mostrato valori di materiale particellato totale (TP) variabili tra 0,5 e 7 mg/l, con la massima frequenza di valori compresa tra 1 e 2 mg/l (Pierce, J. W., S. Tucci, G. Fierro, 1981). Le analisi effettuate nell'estate del 1980 (Tab. 1) presentano valori generalmente alti e variabili tra 1,5 e 9 mg/l, con oltre il 50% dei campioni contenente da 3 a 4 mg/l. I campioni con valori elevati e superiori a 6 mg/l sono localizzati lungo l'asse dei due canyons e non si manifesta alcun apporto evidente da costa; la carta di distribuzione superficiale mostra inoltre come le linee di isoconcentrazione seguano di massima l'andamento delle isobate evidenziando una relazione tra morfologia del fondo e quantità di materiale sospeso. Una sorgente di materiale è osservabile solo nella zona immediatamente prossima al porto, ma non si notano chiare tracce di diffusione verso il largo; i valori massimi sono localizzati lungo l'asse dei canyons a circa 5 km da riva.

Le carte di distribuzione relative alle profondità di 50, 100 e 200 m (Fig. 3) indicano alti valori di materiale particellato (ca 7 mg/l) solo in corrispondenza del canyon del Bisagno a 10 km da riva. Nella sezione relativa ai 200 m le acque con minor contenuto di materiale sono ubicate al largo e sembrano mostrare una risalita procedendo verso costa nelle carte a batimetrie inferiori, non riuscendo peraltro ad influenzare le acque superficiali arricchite sia dagli apporti da terra che da quelli lungo l'asse del canyon.

Le sezioni trasversali (Fig. 4 - I/II/III/IV), costruite a varia distanza da riva, indicano come la massa d'acqua soprastante il canyon del Polcevera (Staz. A3 - A4 - A5) sia molto ricca in materiale solo in superficie ed al largo (Staz. A5 della Sez. III), mentre le sezioni prossime a riva presentano valori inferiori. Al contrario, per le acque soprastanti il canyon del Bisagno (Staz. C3 - C4 - C5 - C6) risulta elevato il valore superficiale nella Sez. II rispetto a quelli delle sezioni circostanti I e III. L'è-

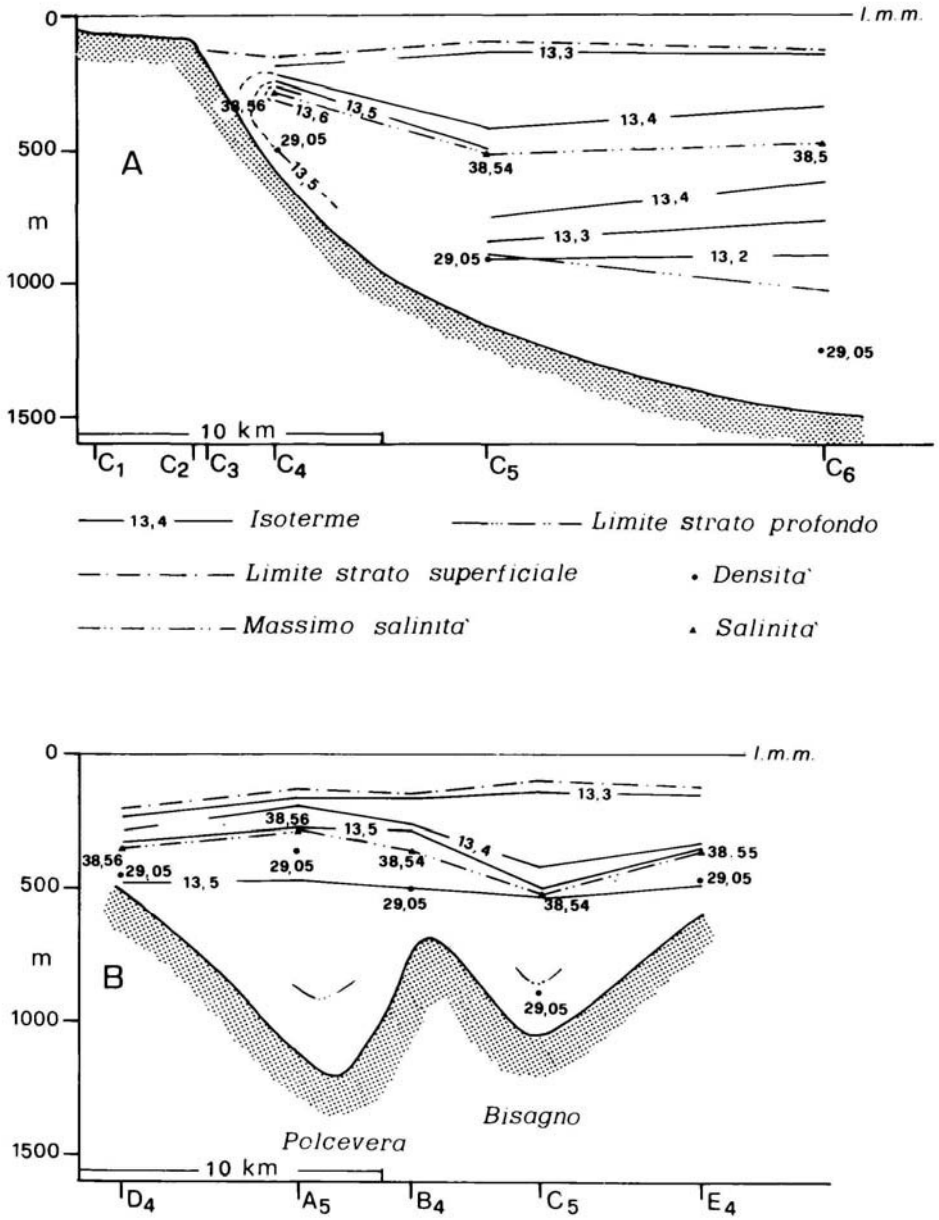


Fig. 2 - A) Sezione idrologica lungo l'asse del Bisagno
B) Sezione idrologica trasversale ai due canyons a circa 13 km da riva

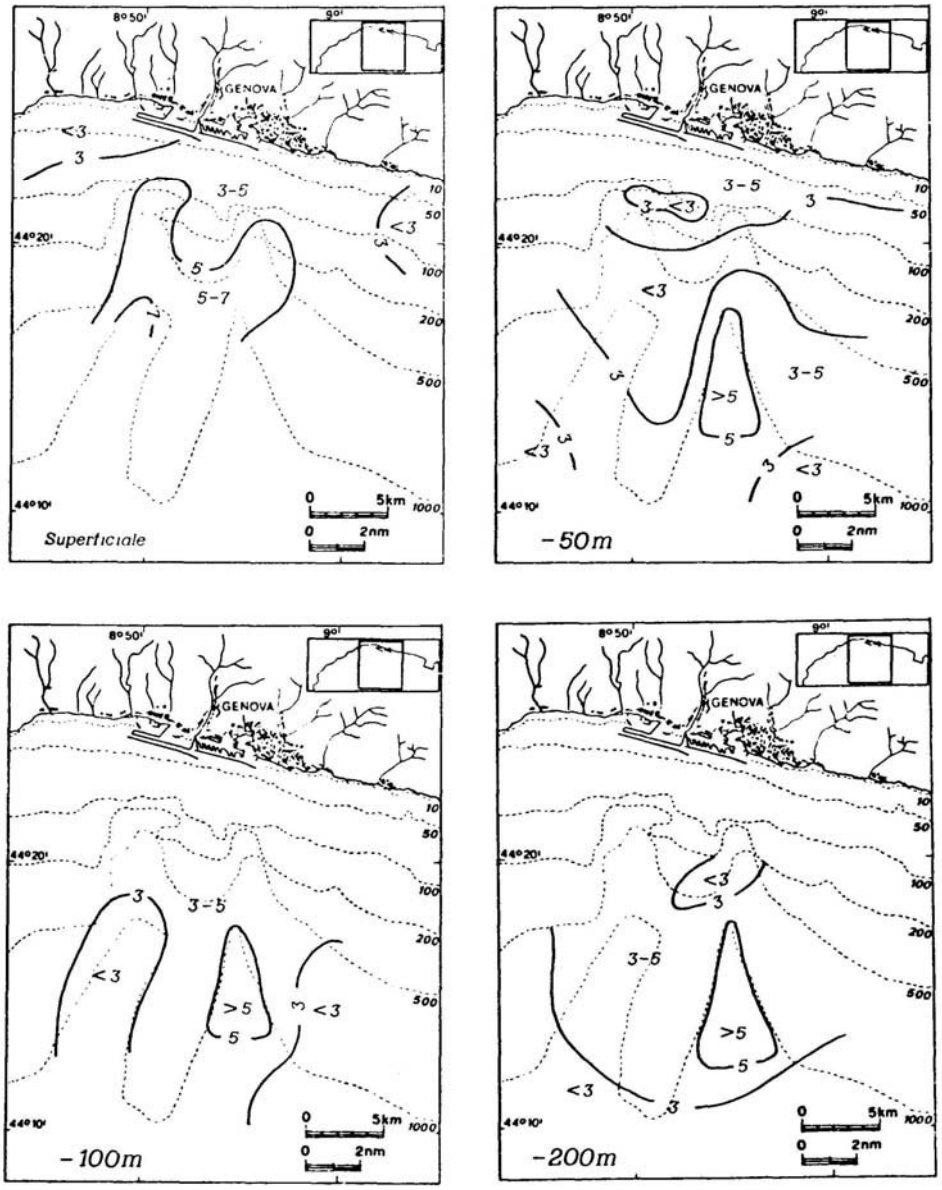


Fig. 3 - Carta della distribuzione areale del materiale particolato totale (TP) in superficie, a -50 m, a -100 m ed a -200 m. I valori sono espressi in mg/l.

	Lat.	Long.	Prof. m	t °C	S ‰	σ_t	%T/m	TP mg/l	MP mg/l	OP mg/l	% MP	% OP
A1 Sup.	44°24'.0	08°50'.9	50	23.17	38.14	26.28	71	2.57	0.53	2.04	20.2	79.8
A1 20				22.09	38.07	26.54		2.15	0.28	1.87	13.0	87.0
A1 40				16.94	37.96	27.82		2.24	0.38	1.86	17.1	82.9
A2 Sup.	44°22'.5	08°50'.2	100	23.22	38.14	26.26	77	4.39	1.06	3.33	24.1	75.9
A2 25				21.10	38.05	26.75		4.82	0.88	3.94	18.2	81.8
A2 50				15.00	37.96	28.27		3.72	0.34	3.38	9.1	90.9
A2 80				13.65	38.06	28.64		4.34	0.68	3.66	15.6	84.4
A3 Sup.	44°21'.6	08°50'.0	190	23.23	38.13	26.26	69	6.87	1.71	5.16	24.9	75.1
A3 25				21.01	37.85	26.67		3.02	0.78	2.24	25.8	74.2
A3 50				14.75	37.95	28.32		2.57	0.66	1.91	25.6	74.4
A3 100				13.30	38.15	28.79		3.71	1.30	2.41	35.0	65.0
A3 160				13.31	38.30	28.90		3.09	0.63	2.47	20.3	79.7
A4 Sup.	44°21'.4	08°50'.0	480	23.25	38.16	26.27	80	4.78	0.91	3.87	19.0	81.0
A4 10				23.25	38.14	26.26		3.99	0.52	3.47	13.0	87.0
A4 35				18.19	38.00	27.54		3.74	0.55	3.19	14.8	85.2
A4 135				13.27	38.24	28.86		4.02	0.64	3.36	16.1	83.9
A4 435								4.01	0.82	3.19	20.5	79.5
A5 Sup.	44°17'.4	08°49'.4	1063	24.79	38.07	25.74	79	9.02	1.71	7.31	19.0	81.0
A5 25				19.47	38.07	27.26		2.90	0.53	2.43	18.0	82.0
A5 50				15.48	37.99	23.18		2.75	0.64	2.11	23.2	76.8
A5 100				13.31	38.13	28.77		2.81	0.53	2.28	19.0	81.0
A5 200				13.42	38.40	28.95		3.00	0.70	2.30	23.3	76.7
A5 500				13.50	38.56	29.06		2.49	0.46	2.03	18.4	81.6
A5 1000				13.11	38.49	29.09		3.00	0.54	2.46	18.1	81.9
A6 Sup.	44°16'.0	08°46'.6	1360	23.86	38.20	26.13	80					
A6 25				19.18	38.03	27.31		3.14	0.72	2.42	22.9	77.1
A6 50				14.46	37.91	28.35		3.32	0.73	2.59	22.1	77.9
A6 100				13.28	38.14	28.78		2.66	0.52	2.11	19.6	80.4
A6 200				13.32	38.35	28.94		3.20	0.73	2.47	22.8	77.2
A6 500				13.42	38.52	29.04		3.44	0.70	2.74	20.3	79.7
A6 1000				13.18	38.46	29.05		4.26	0.87	3.39	20.4	79.6
A6 1350				13.07	38.45	29.07		2.51	0.57	1.94	22.8	77.2
B1 Sup.	44°23'.9	08°52'.8	55	23.42	38.11	26.18	65	4.41	1.07	3.36	24.3	75.7
B1 20				22.24	38.10	26.52		3.70	0.52	3.18	14.1	85.9
B1 40				19.70	38.00	27.15		3.52	0.81	2.71	23.0	77.0
B2 Sup.	44°21'.4	08°53'.0	100	23.37	38.18	26.25	76	4.42	1.13	3.29	25.6	74.4
B2 25				22.73	38.06	26.35		3.24	0.83	2.41	25.7	74.3
B2 50				15.15	37.94	28.22		2.98	0.59	2.39	19.7	80.3
B2 95				13.67	38.07	28.65		2.69	0.49	2.20	18.2	81.8
B3 Sup.	44°20'.6	08°52'.0	250				80	3.02	0.79	2.23	26.3	73.7
B3 25								3.23	0.70	2.53	21.8	78.2
B3 50				14.84	37.97	28.31		3.16	0.65	2.51	20.5	79.5
B3 100				13.61	38.20	28.68		3.22	0.58	2.64	17.9	82.1
B3 180				13.33	38.33	28.92		3.68	0.65	3.03	17.7	82.3
B4 Sup.	44°18'.5	08°52'.3	510	23.70	38.17	26.15	81	5.37	1.50	3.87	27.9	72.1
B4 25				17.89	37.98	27.60		2.93	0.52	2.41	17.6	82.4
B4 50				14.59	37.95	28.35		2.71	0.53	2.18	19.5	80.5
B4 100				13.65	38.05	28.63		3.26	0.68	2.58	20.8	79.2
B4 200				13.35	38.32	28.90		3.00	0.86	2.14	28.6	71.4
B4 450				13.53	38.54	29.04		2.29	0.63	1.66	27.5	72.5
B5 Sup.	44°12'.3	08°51'.2	798	23.49	38.17	26.21	79	3.55	0.87	2.68	24.6	75.4
B5 25				19.23	38.10	27.35		3.40	0.71	2.69	21.0	79.0
B5 50				14.65	37.99	28.37		3.06	0.64	2.42	20.8	79.2
B5 100				13.24	38.20	28.84		3.84	0.85	2.99	22.1	77.9
B5 200				13.37	38.37	28.94		3.23	0.76	2.47	23.6	76.4
B5 500				13.47	38.52	29.04						
B5 750				13.27	38.50	29.06		2.66	0.60	2.06	20.2	79.8
C1 Sup.	44°23'.0	08°55'.0	65	23.41	38.13	26.20	73	3.93	0.92	3.01	23.3	76.7
C1 20				22.73	38.10	26.38		3.01	0.67	2.34	22.2	77.8
C1 40				20.35	38.06	27.02		3.12	0.71	2.41	22.6	77.4
C2 Sup.	44°21'.3	08°55'.5	97	23.39	38.25	26.30	79	3.45	0.81	2.64	23.4	76.6
C2 25				21.83	38.13	26.67		3.52	0.76	2.75	21.7	78.3
C2 50				15.22	37.96	28.22		3.42	0.60	2.82	17.6	82.4
C2 90				13.42	38.10	28.72		3.42	0.90	2.52	16.2	73.8
C3 Sup.	44°21'.1	08°55'.0	224	23.80	38.19	26.14		4.21	0.93	3.28	32.9	67.1
C3 25				18.52	38.04	27.48		3.40	0.65	2.75	20.1	79.9
C3 50				15.41	37.96	28.18		3.23	0.64	2.59	18.6	81.4
C3 100				13.39	38.12	28.74		2.93	0.73	2.20	17.3	82.7
C3 180				13.29	38.25	28.87		2.72	0.55	2.17	19.3	80.7

Tab. 1 - Stazioni di campionamento con quota di prelievo, ubicazione e profondità del fondale; dati idrologici, valori di trasmissione di luce, contenuto in materiale particolato totale (TP), inorganico (MP) ed organico (OP), percentuale di MP e di OP.

	Lat.	Long.	Prof. m	t °C	S ‰	σ_t	%T/m	TP mg/l	MP mg/l	OP mg/l	% MP	% OP
C4 Sup.	44°19'.8	08°55'.8	552	23.76	37.94	25.96	80	6.56	2.16	4.40	33.0	67.0
C4 25				18.59	38.04	27.46		2.65	0.53	2.12	20.1	79.9
C4 50				15.12	37.95	28.23		2.90	0.54	2.36	18.6	81.4
C4 100				13.56	38.07	28.67		3.58	0.62	2.96	17.2	82.7
C4 200				13.30	38.31	28.91		2.54	0.49	2.05	19.3	80.7
C4 480				13.51	38.55	29.05		3.51	0.81	2.70	23.1	76.9
C5 Sup.	44°15'.9	08°55'.0	1020	23.38	38.20	26.27	80	3.98	0.74	3.24	18.6	81.4
C5 25				18.16	37.97	27.52		2.53	0.52	2.01	20.5	79.5
C5 50				14.51	37.98	28.39		7.04	2.52	4.52	35.8	64.2
C5 100				13.27	38.15	28.80		6.65	2.45	4.20	36.9	63.1
C5 200				13.33	38.35	28.94		7.65	2.11	5.54	27.6	72.4
C5 500				13.50	38.53	29.04		4.82	0.91	3.91	18.9	81.1
C5 950				13.17	38.48	29.07		5.73	1.35	4.38	23.6	76.4
C6 Sup.	44°10'.0	08°54'.0	1450	23.28	38.17	26.27	80	3.67	0.81	2.86	22.0	78.0
C6 25				17.33	38.02	27.77		3.24	0.62	2.62	19.1	80.9
C6 50				13.91	38.01	28.55		3.37	0.60	2.77	17.9	82.1
C6 100				13.28	38.19	28.82		3.87	0.59	3.28	15.2	84.8
C6 200				13.33	38.40	28.97		2.93	0.64	2.28	22.0	78.0
C6 500				13.46	38.52	29.04		3.15	0.53	2.62	16.9	83.1
C6 1000				13.14	38.45	29.05		3.40	0.49	2.91	14.3	85.7
C6 1400				13.04	38.44	29.06		3.55	0.65	2.90	18.3	81.7
D1 Sup.	44°24'.0	08°44'.3	58	22.90	38.13	26.35	69					
D1 25				19.53	38.04	27.22						
D1 50				15.85	37.98	28.09						
D2 Sup.	44°21'.7	08°44'.3	85	23.04	38.23	26.38	79	3.49	0.99	2.50	28.4	71.6
D2 25				18.84	38.04	27.40			0.42			
D2 50				15.27	37.95	28.20			0.86			
D2 75				14.14	37.98	28.47			0.65			
D3 Sup.	44°19'.0	08°43'.5	300	23.28	38.18	26.28	79					
D3 25				17.95	37.94	27.55						
D3 50				14.82	37.94	28.31						
D3 100				13.53	38.08	28.69		3.30	0.63	2.67	19.0	81.0
D3 250				13.47	38.45	28.98		3.97	0.67	3.30	17.0	83.0
D4 Sup.	44°17'.1	08°45'.2	514	23.55	38.15	26.18	81	3.31	0.87	2.44	26.3	73.7
D4 25				19.01	38.00	27.32		3.21	0.77	2.44	23.9	76.1
D4 50				14.29	37.96	28.42		3.46	0.63	2.83	18.2	81.8
D4 100				13.32	38.10	28.75		3.28	0.81	2.47	24.7	75.3
D4 200				13.23	38.27	28.89		2.95	0.79	2.16	26.9	73.1
D4 450				13.51	38.54	29.05		2.94	0.68	2.26	23.0	77.0
D5 Sup.	44°12'.4	08°45'.2	980	23.79	38.21	26.15	80	3.34	0.88	2.46	26.3	73.7
D5 25				18.98	37.96	27.31		3.16	0.70	2.46	22.0	78.0
D5 50				14.32	37.99	28.44		2.78	0.51	2.27	18.2	81.8
D5 100				13.25	38.17	28.81		3.11	0.67	2.44	21.4	78.6
D5 200				13.39	38.39	28.95		2.86	0.53	2.33	18.6	81.4
D5 500				13.45	38.53	29.04		3.43	0.55	2.88	15.9	84.1
D5 930				13.16	38.47	29.06		2.70	0.62	2.08	22.9	77.1
E1 Sup.	44°21'.7	09°02'.6	57	23.66	38.16	26.15	79	3.00	0.87	2.13	29.0	71.0
E1 25				18.74	38.05	27.43		3.24	0.72	2.52	22.2	77.8
E1 50				15.50	37.97	28.16		3.18	0.81	2.37	25.4	74.6
E2 Sup.	44°24'.9	09°01'.1	108	23.60	38.15	26.16	78	2.90	0.78	2.12	26.8	73.2
E2 25				18.77	38.04	27.42		2.64	0.65	1.99	24.6	75.4
E2 50				16.45	37.97	27.94		2.50	0.64	1.86	25.6	74.4
E2 100				13.65	38.06	28.64		3.58	0.93	2.65	26.0	74.0
E3 Sup.	44°18'.3	09°00'.5	260	23.51	38.15	26.19	79	3.10	0.75	2.35	24.1	75.9
E3 25				19.24	38.05	27.30		1.29	0.27	1.02	21.2	78.8
E3 50				15.80	37.90	28.04		2.50	0.53	1.97	21.3	78.7
E3 100				13.46	38.11	28.72		3.00	0.78	2.22	26.1	73.9
E3 230				13.38	38.36	28.93		3.14	0.75	2.39	23.9	76.1
E4 Sup.	44°16'.0	08°59'.1	560	23.59	38.14	26.16	83	3.20	0.72	2.48	22.4	77.6
E4 25				19.37	37.96	27.20		2.84	0.63	2.21	22.1	77.9
E4 50				15.25	37.94	28.20		3.59	0.70	2.89	19.4	80.6
E4 100				13.30	38.12	28.76		2.23	0.72	1.51	32.4	67.6
E4 250				13.47	38.42	28.96		3.46	0.83	2.63	24.1	65.9
E4 500				13.50	38.55	29.05		2.75	0.60	2.15	21.9	78.1
E5 Sup.	44°11'.5	08°57'.6	1060	23.63	38.21	26.20	81	3.00	0.63	2.37	21.0	79.0
E5 25				17.25	37.85	27.66		3.14	0.63	2.51	20.2	79.8
E5 50				14.41	37.97	28.41		2.83	0.53	2.30	18.8	81.2
E5 100				13.43	38.22	28.81		2.92	0.66	2.26	22.7	77.3
E5 200				13.33	38.42	28.99		2.98	0.63	2.35	21.2	78.8
E5 500				13.48	38.53	29.04		3.43	0.74	2.69	21.7	78.3
E5 1000				13.14	38.45	29.05		2.85	0.55	2.30	19.2	80.8

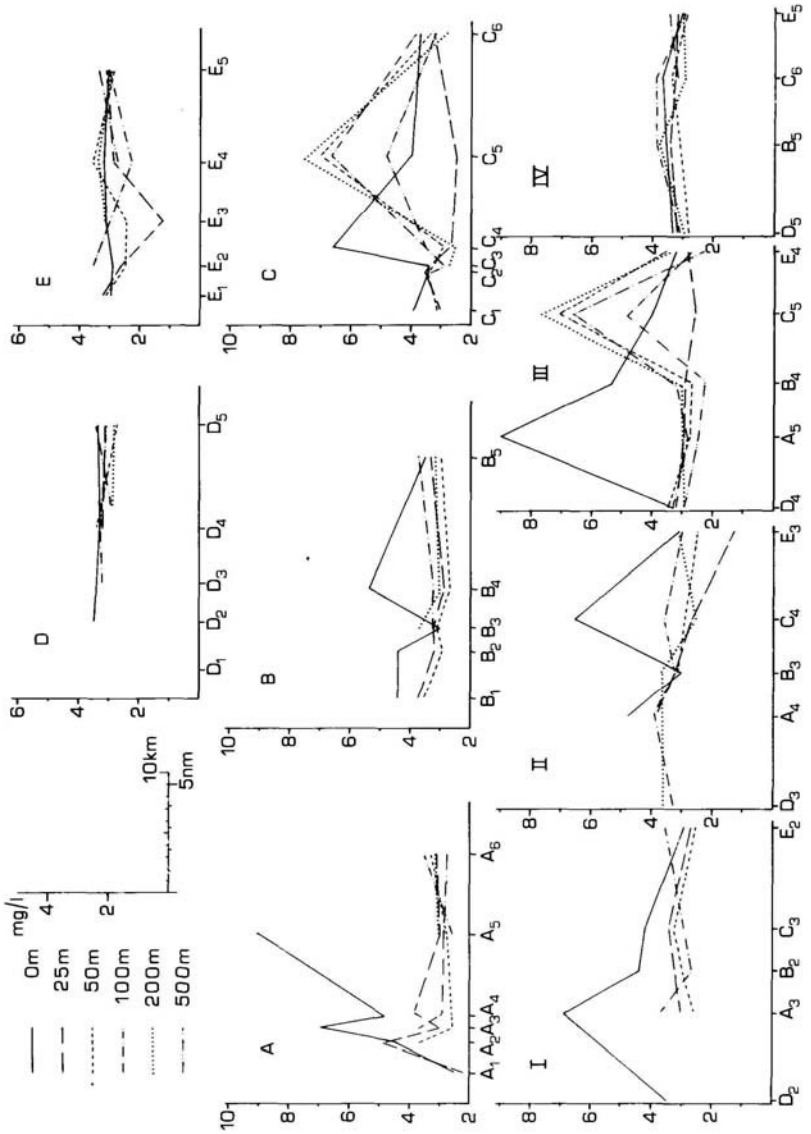


Fig. 4 - Concentrazione di materiale particolato totale (TP) lungo le cinque linee di campionamento perpendicolari alla costa (A - canyon del Polcevera; B - scarpata tra i due canyons; C - canyon del Bisagno; D - Ovest del canyon del Polcevera; E - Est del canyon del Bisagno) e secondo sezioni trasversali a diversa distanza da riva (I - 6 km ca; II - 8 km ca; III - 13 km ca; IV - 20 km ca).

sarne dei dati relativi ai campioni profondi indica una notevole quantità di materiale presente tra i 25 ed i 200 m nella sezione III, immediatamente al largo delle acque presentanti il massimo superficiale. Tale situazione sembra confermare la risalita di acque già evidenziata dai dati idrologici.

L'esame delle sezioni longitudinali (Fig. 4: A-B-C-D-E) conferma, per quanto concerne quelle lungo i canyons, gli apporti superficiali (Sez. A) e profondi (Sez. C), già sopra evidenziati ed indica inoltre valori omogenei nelle sezioni laterali, soprattutto per quanto si riferisce alla sezione D. La zona compresa tra i due canyons (Sez. B) risente sensibilmente degli apporti solo per le acque superficiali.

La determinazione della quantità di materiale inorganico ed organico mostra una netta prevalenza di quest'ultimo (in media 80 % del totale) (Tab. 1) ed anche esaminando separatamente la distribuzione del materiale inorganico ed organico non si evidenziano linee di apporto superficiali, mentre trovano conferma gli arricchimenti dovuti alle acque profonde per il canyon del Bisagno. La componente organica mostra infine valori costanti sia ad est che ad ovest dei due canyons, chiarendo quale possa essere la situazione della zona e confermando valori già riscontrati nelle analisi relative alle precedenti Campagne (Pierce, J. W., S. lucci, G. Fierro, 1981); ricordiamo inoltre che campioni superficiali prelevati nel 1978 e nel 1979 nella zona dei canyons mostravano valori elevati e non correlati ad alcun apporto superficiale da riva.

INDAGINI AL COULTER COUNTER ED AL MICROSCOPIO ELETTRONICO

L'indagine granulometrica compiuta mediante Coulter Counter nell'intervallo compreso tra 2,7 e 60 /µm su 106 dei 140 campioni ha mostrato la presenza di due intervalli granulometrici preferenziali: il primo compreso tra 15 e 30 µm ed il secondo tra 2,7 e 7,6 µm; sono inoltre risultati più frequenti campioni bimodali ed anche trimodali (60 % del totale) rispetto a quelli unimodali. L'analisi quantitativa effettuata mediante il rapporto tra numero di particelle e volume d'acqua (Shideler, G. L., 1979) ha mostrato valori elevati nelle acque superficiali, per le stazioni più prossime a riva, e forti concentrazioni in corrispondenza dei canyons nelle stazioni A3 - A4 - C4, in una fascia compresa tra i 100 ed i 500 m.

40 campioni, selezionati dal totale, sono stati studiati al microscopio elettronico a scansione al fine di fornire un ulteriore apporto all'indagine granulometrica e di classificare il materiale particellato sospeso secondo le varie tipologie presenti.

Si è evidenziata la prevalenza di aggregati rispetto ai granuli singoli, da imputare principalmente a processi quali la flocculazione elettrochimica e l'adsorbimento di composti in soluzione al-

la superficie di particelle inorganiche (Riley, G. A., 1963; Sutcliffe, W. H., E. E. Baylor, D. W. Menzel, 1963; Kranck, K, 1981). L'indagine ha permesso di identificare e differenziare:

- aggregati di particelle sia organiche che detritiche con rivestimento organico;
- particelle singole di natura organica ed inorganica con rivestimento organico;
- granuli detritici.

I primi due gruppi, nettamente preponderanti, presentano dimensioni elevate e sono in genere nell'intervallo granulometrico tra 15 e 30 µm; l'altro gruppo nell'intervallo compreso tra 2,7 e 7,6 µm. I campioni di acqua superficiale contengono, nelle zone vicine a riva, materiale sospeso di dimensioni variabili, consistente per lo più di singole particelle detritiche ed aggregati terrigeni; al largo diminuisce la dimensione ed aumentano i carbonati e le argille. Nelle acque profonde vi è una estrema variabilità dimensionale e tipologica. La presenza di alti contenuti di argille e di particelle singole detritiche senza copertura organica nei campioni prossimi al fondo alla testata del canyon del Bisagno e l'estrema variabilità dimensionale e tipologica delle particelle sospese nelle strato intermedio sono un ulteriore conferma di una situazione dinamica.

MISURE DI TRASMISSIONE DI LUCE

Nelle stazioni superficiali sono state effettuate misure di assorbimento di luce mediante un trasmissometro a fotoestinzione; i valori espressi in % T/m sono risultati abbastanza omogenei con variazioni comprese tra 65 e 83, indicando in linea di massima acque con assorbimento medio e medio basso. I valori inferiori sono tutti ubicati in prossimità del porto di Genova e ad ovest dello stesso, mentre altrove i valori sono uniformi (78 - 83 % T/m (Tab. 1). La relazione tra dati di trasmissione di luce (% T/m) e concentrazione di materiale totale (mg/l) mostra alcune particolarità (Fig. 5):

- i campioni prossimi a costa (A1 - B1 - C1) presentano il massimo assorbimento di luce nonostante il contenuto di materiale sia nel complesso poco elevato;
- i campioni situati nella zona di risalita e diffusione delle acque (A4 - A5 - B5 - C4) mostrano bassi valori di assorbimento malgrado contengano le più alte quantità di particelle;
- gli altri campioni sono caratterizzati .da una relazione tra assorbimento di luce e contenuto, nonostante, come già detto, l'assorbimento di luce sia in realtà molto uniforme.

Quanto visto evidenzia una diversa tipologia del materiale particellato sospeso con una netta differenza tra quello presente nel

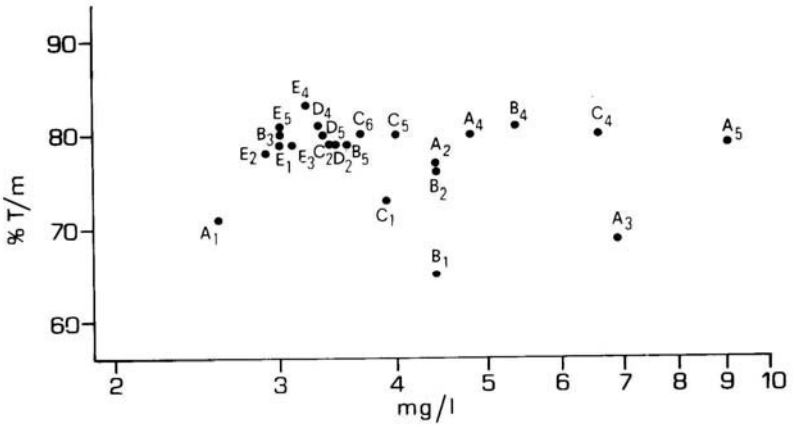


Fig. 5 - Correlazione tra quantità di materiale particolato totale e % T/m.

le acque antistanti il porto e quello delle stazioni in cui si è maggiormente notata la risalita delle acque. L'analisi al microscopio elettronico (Baracco, C., N. Corradi, J. W. Pierce, S. lucci, in corso di stampa)mostra, nelle stazioni A4, A5, B4 e C4, granuli singoli ed aggregati di dimensioni superiori rispetto a quelli presenti alla stessa distanza da riva nelle altre stazioni; le dimensioni elevate potrebbero giustificare i bassi valori di assorbimento: ricordiamo infatti che in strumenti di questo tipo la variabilità della risposta è influenzata, oltre che dalla natura delle particelle e dalla presenza di pigmenti, anche dalle dimensioni, con valori massimi di assorbimento per particelle di dimensioni <10 µm (Drake, D. E., 1974; Gibbs, R. J., 1974; Corradi, N., P. Manfrinetti, M. Piccazzo, S. Tucci, 1981).

CONCLUSIONI

Le indagini fin qui compiute hanno mostrato come la distribuzione di particelle nelle acque possa essere adottata come indicatore di fenomeni fisici e come sia caratterizzante di masse d'acqua diverse. Si è infatti evidenziata una stretta corrispondenza tra gli studi idrologici, che hanno mostrato una risalita di acque lungo i canyons, e le concentrazioni elevate di materiale nelle zone stesse di-upwelling. Tale situazione è suffragata da una serie di con-

siderazioni su dati di diversa origine:

- la distribuzione di materiale particellato sospeso totale, organico ed inorganico non evidenzia un apporto da riva tale da giustificare gli elevati valori in alcuni campioni;
- la relazione tra TP e % T/m conferma, con il diverso comportamento delle particelle al passaggio della luce, la presenza di tipologie diverse di materiale nelle acque vicino a riva ed alla testata dei canyons;
- le carte di distribuzione in profondità e le sezioni evidenziano le elevate concentrazioni indipendenti dai valori superficiali, soprattutto per quanto concerne il canyon del Bisagno;
- l'indagine per classi dimensionali al Coulter Counter e quelle al microscopio elettronico confermano, con differenze dimensiona li tra i materiali sospesi, l'esistenza di movimenti;
- lo studio quantitativo condotto con il Coulter Counter ha confermato valori elevati di concentrazione tra 100 e 500 m lungo gli assi dei canyons.

Il materiale particolato è principalmente sotto forma di aggregati con forte copertura organica e dimensioni comprese mediamente tra 15 e 30-Ajm mentre le argille sono difficilmente individuabili a causa della copertura organica. La presenza nei campioni prossimi al fondo di particelle singole detritiche e argille senza copertura può far pensare ad una situazione dinamica ed a fenomeni di risospensione già da molti AA rilevati lungo l'asse di canyons (Drake, D. E., 1974; Pierce, J. W., 1876; Shideler, G. L., 1981).

Confrontando i dati del 1978, 1979 e 1980 viene infine confermato che la presenza di elevati quantitativi di materiale è costante nell'areale soprastante i canyons.

BIBLIOGRAFIA

Astraldi, M., 1969. Studio delle condizioni idrologiche e meteorologiche del Mar Ligure. C.N.R. Serv. Racc. dati ocean., sez. A, n° 37.

Astraldi, M., G. Manzella, R. Meloni, 1980. Aggiornamento delle conoscenze sulle caratteristiche dinamiche del Mar Ligure, con particolare riguardo alla situazione costiera. Sintesi bibliografica (1969-1979). Ist. Studio Din. Grandi Masse, S. Terenzo-La Spezia.

Austin, R. W., 1973. Problems in measuring turbidity as a water quality parameter. Seminar on methodology for monitoring the marine environment. Seattle, 16-18 ottobre, 23-54.

Baracco, C., N. Corradi, J. W. Pierce, S. Tucci, in corso di stampa. Esoscopic study and grain size analysis on sea-suspended matter in the area of sub marine canyons in front of Genoa.

Bassin, N. J., 1976. Sources and transport of suspended particulates in the Carribean Sea. Marine Geology, 21, 289-310.

Beer, R. M., D. S. Gorsline, 1971. Distribution, composition and transport of suspended sediment in Redondo submarine canyon and vicinity (California). Marine Geology, 10, 153-175.

Corradi, N., P. Manfrinetti, M. Piccazzo, S. lucci, 1981. Verifica in laboratorio dell'applicabilità di un trasmissometro a fotoestinzione per misure di trasparenza in acque marine superficiali. Quad. Ist. Geol. Univ. Genova, 2, 4, 91-104.

Dahme, A., A. Carrara, C. Pedenovi, 1971. The temperature structure within the first 150 m, of depth of the Ligurian Sea and its seasonal variations during the years 1960-1967. SACLANT, A.S.W. Res. Cent., Tech. Mem. 165.

De Maio, A., M. Mordenti, E. Sansone, G. Spezie, M. Vultaggio, 1975. Sulla circolazione superficiale e profonda nel Golfo di Genova. Annali Ist. Univ. Nav. Napoli, XLIII-XLIV, 97-112.

Drake, D. E., 1974. Distribution and transport of suspended particulate matter in submarine canyons off southern California. In "Suspended solids in sea water". Marine Science, 4, 133-153.

Geistdoerfer, P., 1973. Etude granulométrique des particules en suspension dans les eaux de la Mer Méditerranée. Vie milieu, XXIII, In "Suspended solids in water", Marine Science, 4, 3-15.

Harris, J. E., T. R. Mc Kee, R. C. Wilson jr., U. G. Whitehouse, 1972. Preparation of membrane filter samples for direct examination with an electron microscope. Limn. and Ocean., 77, 784-787.

Hela, I., 1965. Surface currents of the Ligurian Sea. Bull. Inst. Océanogr. Monaco, 60, 1-15.

Kranck, K., 1981. Particulate matter grain-size characteristics and flocculation in a partially mixed estuary. Sedimentology, 28, 107-114.

Kullemberg, G., 1974. The distribution of particulate matter in a northwest african coastal upwelling area. In "Suspended solids in water". Marine Science, 4, 195-202.

Pierce, J. W., 1976. Suspended material transport at the shelf break and over the outer margin. In "Marine Sediment Transport and Environmental Management". Ed. Stanley D. J. and J. P.

Swift, 437-458. Pierce, J. W., F. T. Dulong, 1977. Discharge of suspended particulates from Rhode River Subwatersheds. Watershed Research in Easter North America, Vol. II.

Pierce, J. W., F. R. Siegel, 1979. Particulate material suspended in estuarine and oceanic waters. Scan. Elect. Micr. SEM Inc., AMF O'Hare, Il 60666, USA, 555-562.

Pierce, J. W., S. Tucci, G. Fierro, 1981. Assessing variations in suspensates Ligurian Sea (northwestern Mediterranean). Geo Marine Letters, 1, 149-154.

Riley, G. A., 1963. Organic aggregates in seawater and the dynamic of their formation and utilisation. Limn. and Ocean., 8, 372-381.

Shideler, G. L., 1979. Regional surface turbidity and hydrographic variability on the south Texas Continental shelf. Jour. Sed. Petrol., 49, 4, 1195-1208.

Shideler, G. L., 1981. Development of the benthic nepheloid layer on the south Texas Continental shelf, western Gulf of Mexico. Marine Geology, 41, 37-61.

Spencer, D. W., P. L. Sachs, 1970. Some aspects of the distribution, chemistry and mineralogy of suspended matter in the Gulf of Maine, Marine Geology, 9, 117-136.

Stocchino, C., A. Testoni, 1977. Nuove osservazioni sulla circolazione delle correnti nel Mar Ligure. Ist. Idrogr. Marina Genova, F. C. 1076, 13 pp.

Stocchino, C., A. Testoni, 1978. Sulle caratteristiche idrologiche delle acque del Mar Ligure. Ist. Idrogr. Marina Genova, I. I. 3060, 22 pp.

Sutcliffe, W. H., E. E. Baylor, D. W. Menzel, 1963. Sea surface chemistry and Laugmuin circulation. Deep Sea Res., 10, 233-243.

Zabawa, C. F., 1978. Microstructure of agglomerated suspended sediments in Northern Chesapeake Bay estuary, Science, 202, 49-51.

ALCUNE OSSERVAZIONI SULLE CARATTERISTICHE GRANULOMETRICHE DEI FONDALI MARINI SABBIOSI ANTISTANTI IL DELTA DEL PO E DEL TEVERE OTTENUTE CON DIVERSE METODOLOGIE ANALITICHE. (+)

MARIANGELA RAVAIOLI°

° C.N.R. - Istituto di Geologia Marina, Bologna

SUMMARY

The results of grain-size analyses on sands sediments collected in submersed deltas (Po and Tevere) are presented.

Two different analytical methodologies (settling tube and sieves) are compared and date are normalized for the sand contend.

Folk & Ward parameters together with Mz/σ diagrams are used to make a comparison between the two areas.

Two distinct depositional mechanisms are emphasized, due to:
a) textural and mineralogical characteristics of the sediment and, b) different depositional conditions interacting in particularly complex sub-areas.

INTRODUZIONE

Per l'analisi granulometrica della frazione sabbiosa dei sedimenti, finalizzati alla comprensione dei meccanismi di sedimentazione, è da tempo nota la maggiore utilità del tubo di sedimentazione rispetto a quello dei setacci. In realtà il tubo di sedimentazione non può essere pensato come un sostituto dei setacci, ma come un mezzo per valutare la velocità di sedimentazione dei granuli (Sengupta & Veenstra, 1968) anche in base alla loro forma e peso specifico. Questa metodologia, per i sedimenti recenti del mare Adriatico, è stata sperimentata e discussa abbondantemente(Pigorini 1967, Brambati 1971, Brambati, Carobene e Catani 1972, Brambati, Candian e Bisiacchi 1973, Bondesan, Calderoni e Dal Cin,1979).

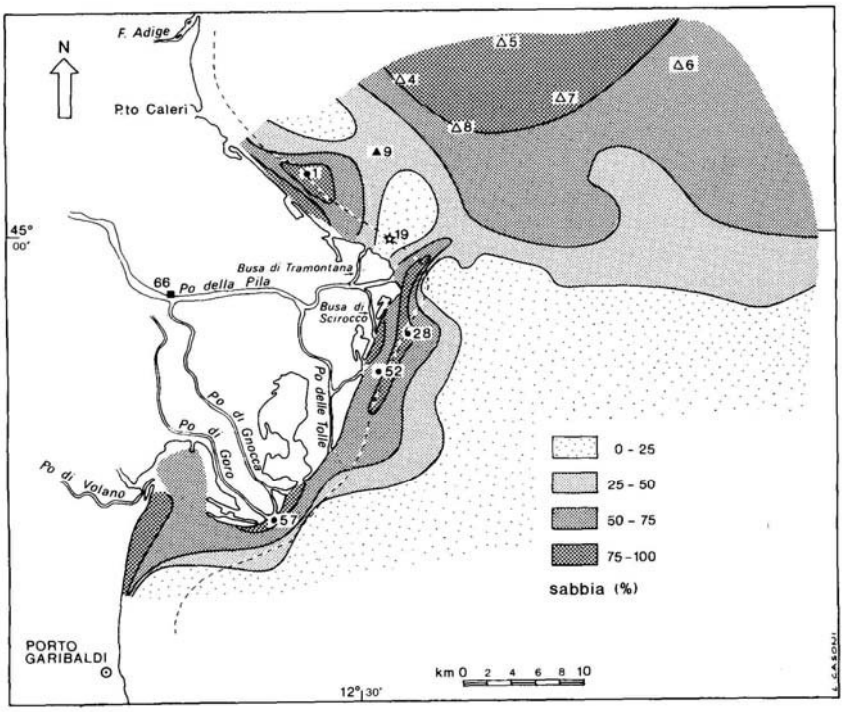
Con la presente nota si vogliono ancora sottolineare gli aspetti positivi sopra ricordati, utilizzando dei gruppi di campioni sabbiosi, di depositi superficiali, raccolti rispettivamente sui delta sommersi del Po e del Tevere e quindi in due contesti abbastanza diversi fra loro. Essendo stati questi campioni prelevati per altri fini (ricerche di carattere ambientale) la loro scelta da un punto di vista metodologico è stata puramente casuale e quindi non predeterminata. A questo aspetto vantaggioso per l'obbiettività dei risultati, si contrappone l'aspetto negativo che spesso non è stato prelevato materiale perfettamente omologo rispetto

(+) Lavoro eseguito nell'ambito dei programmi "Eutrofia dell'IGM.

alle facies deposizionali dei due delta considerati.

CENNI SULLE CARATTERISTICHE DELLE AREE DI CAMPIONAMENTO

L'apparato deposizionale e le caratteristiche dei sedimenti dei due fiumi differiscono sostanzialmente fra loro. Il Po ha un bacino di raccolta molto più ampio, maggiore portata e trasporto solido e un distanza maggiore tra la zona di alimentazione e quella di deposizione; sfocia in un mare poco profondo con entità del moto ondoso e delle correnti in media più bassa. Da un punto di vista morfologico, il delta del Po è fornito di un maggior numero di bocche, è attualmente definibile fra il lobato (Ciabatti e Colantoni, 1967) e il cuspidato (Ricci Lucchi, 1978) e presenta una inclinazione più dolce ed uniforme del fondale nella fascia sotto costiera (l'isobata dei 10 m. è distante circa 2,5 Km dalla costa). Il delta del Tevere ha caratteristiche fra il cuspidato e l'arcuato, con un inclinazione del fondale più elevata (l'isobata dei 10 m. dista circa 1 Km dalla costa).

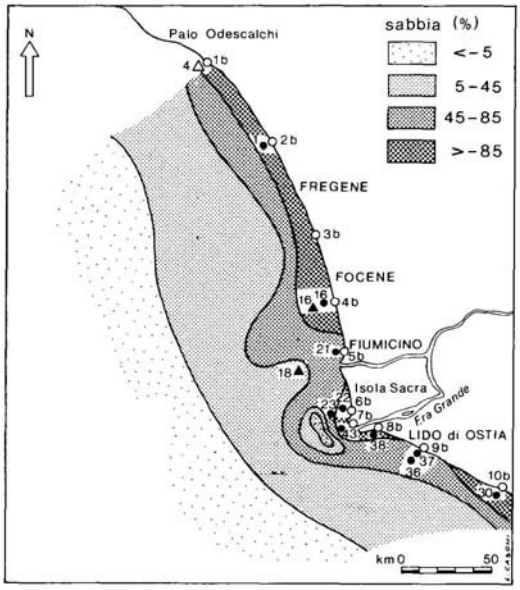


- Fig. 1 - Ubicazione dei campioni e distribuzione areale della fraz. sabbiosa del delta del Po.

Queste definizioni sotto intendono un equilibrio tra energia di trasporto del fiume e la forza del mare che porta, nel caso del Po, alla formazione di barre di foce, che il moto ondoso riesce a rimaneggiare solo il parte, mentre nel caso del Tevere il rimaneggiamento è quasi completo con ridistribuzione degli elementi, ai lati lungo la costa.

DISTRIBUZIONE DELLA FRAZIONE SABBIOSA

La distribuzione areale della fraz. sabbiosa nella parte sommersa dei due delta è visibile alle figg. 1 e 2. Per il Po si può notare una stretta fascia sotto costiera principalmente ai lati delle bocche, poi una zona di caduta (con fraz. più fini) e la ricomparsa di alcuni tratti di sabbia più al largo attorno alla batimetrica di m. 10. Nell'area a Nord circa davanti a Porto Galeri sono presenti sedimenti sabbiosi anche al largo, alla profondità di circa 25 m.; si tratta di una zona, su cui, a causa delle correnti antiorarie (Nelson, 1970) del mare Adriatico non si depositano attualmente limi fluviali, per cui affiorano sabbie di ambiente costiera, e rimaneggiate dal mare durante l'avanzamento della trasgressione flandriana (Pigorini 1967, Colantoni et al., 1980). A Sud si trovano poi silt-sabbiosi e silt-argillosi tipici dell'apporto attuale del delta.



- Fig. 2 - Ubicazione dei campioni e distribuzione areale della fraz. sabbiosa del delta del Tevere.

Il contenuto sabbioso nei sedimenti antistanti il delta del Tevere ha una distribuzione decrescente, sia a Nord che a Sud di Fiumare grande, in senso costa-largo. A Nord la variazione è più lenta. Davanti alla foce di Fiumara grande, dove il "piume" del fiume produce flocculati, si hanno punti con limo fine in posizione batimetrica anomala. Anche nel Po, davanti alla foce di Po di Pila, fra Busa di Tramontana e Busa Dritta, sono presenti zone di limo fine.

CENNI SULLA COMPOSIZIONE DEI SEDIMENTI

Da un punto di vista della composizione tessiturale e mineralogica, i sedimenti sabbiosi del Po presentano grado di maturità più alto di quelli del Tevere. Infatti i sedimenti di spiaggia intertidale del Po sono meno grossolani con Mz di 2-3 Ø (Ciabatti, Frascari e Marabini,1974) contro quelli del Tevere con Mz di 1,5 - 2,5 Ø e hanno elementi più arrotondati e minore contenuto in minerali poco stabili.

Le sabbie del fiume Po, pur mantenendo una notevole percentuale in feldispati (15-20%) e minerali pesanti (10-14%), hanno un elevato contenuto in quarzo, sono presenti anche frammenti di rocce quarzose (8%), calcite (10%) e miche (3%), (Cazzi, Zuffa, Gandolfi e Pa-ganelli,1973). L'associazione tipica dei minerali pesanti, della provincia petrografica padana, è data da granato-epidoto e orne-blenda (Pigorini,1967).

La composizione delle sabbie fluviali concordano con quelle del delta attuale (Cazzi et al, 1973).

Le sabbie del fiume Po presentano una variazione di contenuto mineralogico nelle differenti classi granulometriche. Al crescere della granulometria, aumentano, quarzo, feldispati e fillosilicati, diminuiscono calcite, dolomite e minerali presenti che si trovano maggiormente nelle classi più fini. L'intervallo granulometrico compreso fra 3-4 Ø presenta un elevato contenuto di minerali pesanti del 12% circa (Jobstraibizer e Malesiani, 1973). Le sabbie residuali presentano una costituzione mineralogica similare alle sabbie costiere attuali con la caratteristica associazione granato-epidoto e orneblenda (Pigorini, 1967).

Le sabbie fluviali del Tevere derivano dall'erosione dei terreni mesozoici e terziari del bacino, a cui si aggiungono, verso la foce, materiali del vulcanesimo laziale. Ciò comporta una immissione in mare di prodotti giovanili variabili che contribuiscono, oltre che con quarzo, feldispati, elementi di rocce calcaree e silicee, con granuli cristallini a peso specifico alto (anfiboli e pi-rosseni) e con frammenti di pomice molto leggera (Dragone, Maiano, Malatesta e Segre, 1967).

Lungo il tratto di costa che va da Ladispoli a Maristella è nota la presenza di sabbie ferrifere, con elevato contenuto di mine-

rali femici dovuti ad antichi prodotti di smantellamento sub-aereo (Dragoni et al., 1967, Brondi, Ferretti, Michetti e Sircana, 1971), che si trovano in misura minore nel settore alimentato dagli apporti alluvionali del Tevere.

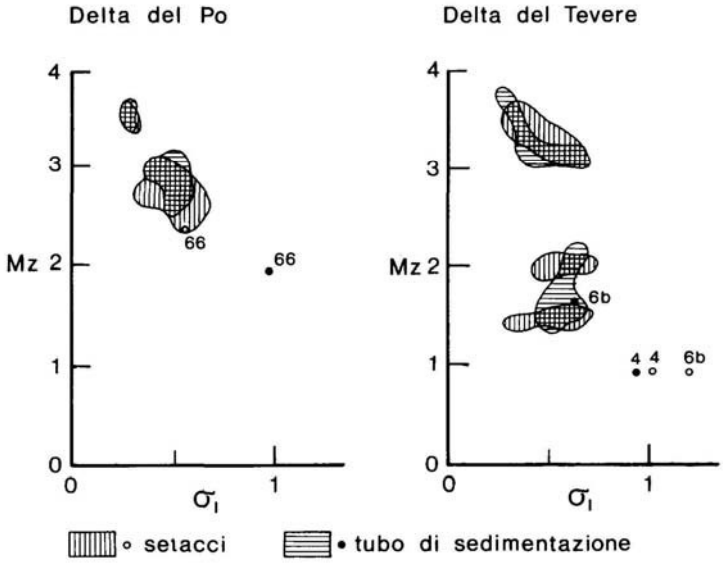
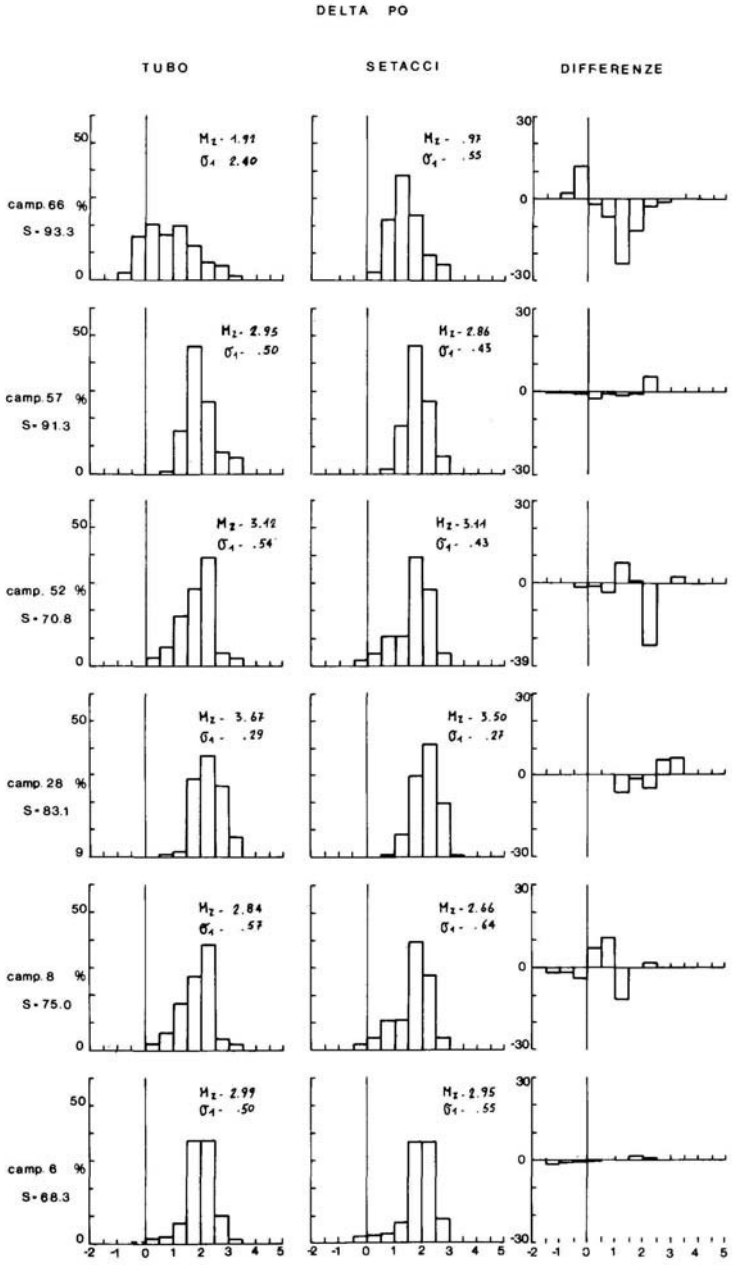


Fig. 3 - Facies deposizionali individuate mediante i rapporti fra Mz e σ.

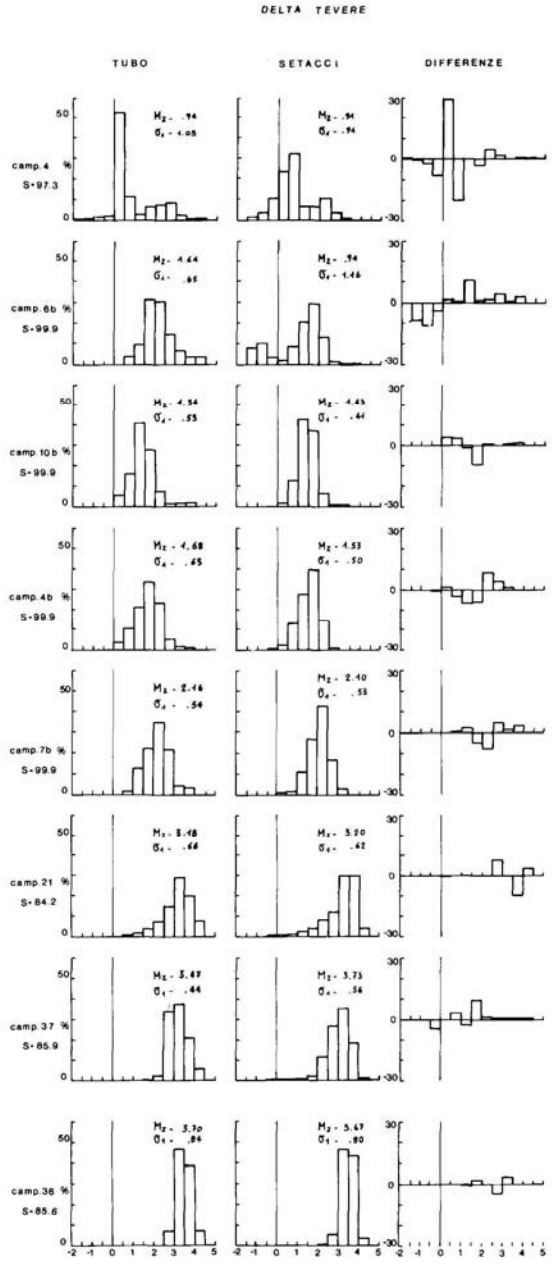
Interessante notare che i minerali pesanti, per dimensioni di origine, tendono ad accumularsi in frazioni granulometriche diverse: pirosseni e granati nelle frazioni più grossolane della sabbia, anfiboli nelle intermedie e epidoti nelle frazioni fini (Pigorini, 1967).

DATI ANALITICI

Le analisi granulometriche con i due metodi (tubo di sedimentazione e setacci) sono state eseguite sui campioni riportati alle figg. 1 e 2. Si tratta, per la maggior parte, di campioni sia di spiaggia intertidale, che di spiaggia sommersa. Alcuni campioni sono stati raccolti vicino alle bocche e risultano inquinati di materiale fine flocculato (camp. 19 del Po, camp. 43 del Tevere). Sono stati analizzati anche alcuni campioni delle sabbie residuali che si trovano al largo del Po (fig. 1). Il contenuto di materiali fini è ovviamente maggiore per i campioni del delta del Po.



- Fig. 4 - Distribuzione di frequenza delle caratteristiche granulometriche di alcuni campioni del Po, rappresentativi rispetto alle facies evidenziate.



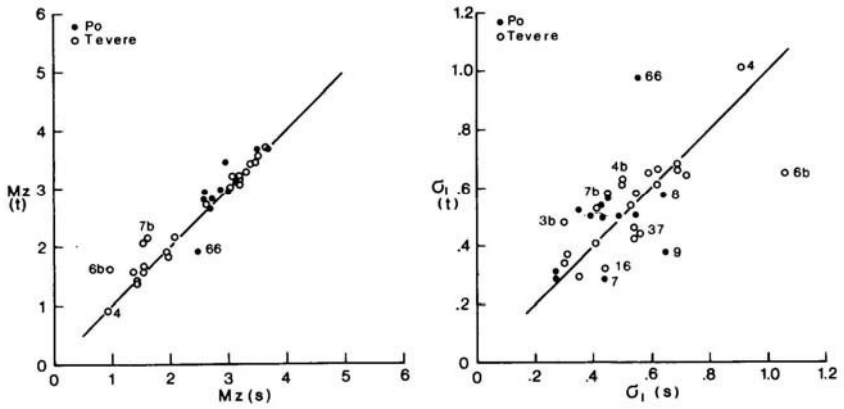
- Fig. 5 - Distribuzione di frequenza delle caratteristiche granulometriche di alcuni campioni del Tevere, rappresentativi rispetto alle facies evidenziate.

A fig. 4, sono riportati gli istogrammi di frequenza dei dati (normalizzati relativamente alla percentuale di contenuto in frazione sabbiosa, indicata a lato) granulometrici di una serie di campioni rappresentativi ricavati con i due metodi. Dalle cumulative di tali dati normalizzati, sono stati ricavati i parametri di Folk e Ward (1957), riportati a fig. 6, 7, 8 e 9. Sulla terza colonna di fig. 4 sono riportati gli istogrammi di frequenza che visualizzano le differenze fra le diverse frazioni.

Andando nei dettagli dei singoli campioni, si possono notare spesso differenze nelle classi laterali piuttosto che in quelle modali. Ciò è testimoniato dai valori SK e Kg che subiscono le variazioni maggiori rispetto agli altri parametri (figg. 6 e 7) .

Per evidenziare alcune caratteristiche delle facies deposizionali dei materiali sabbiosi, si sono costruiti diagrammi binari Mz - σ, ricavati sia dal metodo al tubo di sedimentazione sia ai setacci (fig. 3).

Osservando i raggruppamenti ottenuti con il 1° metodo, per il delta del Po, si verifica che quasi tutti i campioni cadono all'interno di un'area principale compresi quelli di sabbie residuali; si distinguono solo 3 campioni (fig. 3, area superiore) che hanno Mz minori e che sono prelevati nella zona davanti alla foce di Po di Pila (camp. 19 e 28, fig. 1) e al largo nella zona delle sabbie residuali (camp. 7). Il campione 66 (di fiume) invece si scosta notevolmente dagli altri sia come Mz che come σ.

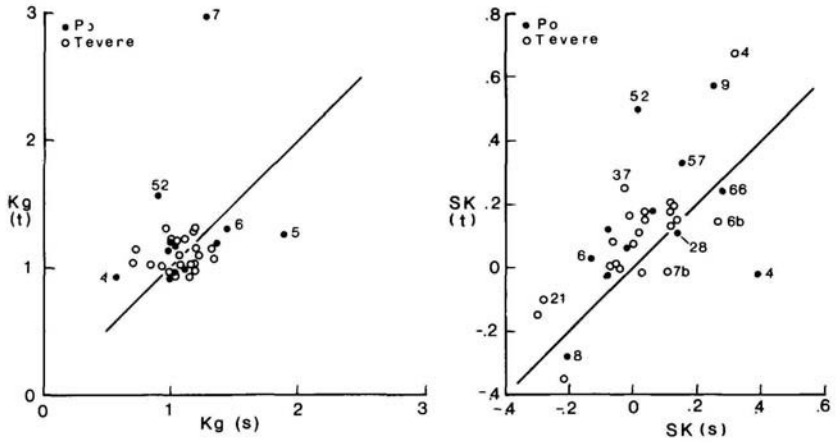


- Figg. 6 e 7 - Confronto fra i valori di Mz e σ, ottenuti rispettivamente con il tubo di sedimentazione e con i setacci.

Confrontando i dati ottenuti con il metodo delle setacciature, globalmente gli spostamenti non sono grandi, anche se si ottiene una maggiore dilatazione dell'area, che indica più ampia eterogeneità dei

risultati; in particolare si hanno Mz più bassi e σ più variabili, a testimoniare sabbie più grossolane e variamente classate. Il solo camp. 66 subisce uno spostamento notevole: esso con il metodo dei setacci risulta classificato nel gruppo dei sedimenti costieri. A fig. 4 si vede che, per questo campione, il metodo dei setacci fornisce un istogramma tendente all'unimodalità originaria della distribuzione, in accordo con le regole deposizionali, frequenti negli ambienti fluviali.

Per il Tevere (fig. 3) i raggruppamenti principali ricostruibili con i risultati del tubo di sedimentazione sono due e separano i campioni di spiaggia intertidale da quelli di spiaggia sommersa. I primi in genere hanno valori di Mz più bassi e sono mal classati. Una variazione particolare rispetto al valore di classazione, si rivela nei camp. 6b e 5b (fig. 7), provenienti da zone ai lati delle due foci. I campioni di spiaggia sommersa hanno valori più alti in genere; riguardo a σ, tendono ad avere valori più alti a Nord della foce principale e più bassi a Sud di essa, dove si ha un maggiore dilavamento delle frazioni fini, testimoniato anche dalla forte erosione in cui si trova questa zona (Belletti e De Luca, 1979).



Figg. 8 e 9 - Confronto fra i valori di SK e Kg, ottenuti rispettivamente con il tubo di sedimentazione e con i setacci.

Oltre ai raggruppamenti descritti, si ha un campione (1) che ha caratteristiche intermedie fra quelli descritti (anche la collocazione batimetrica è intermedia). Pure il campione n. 4 si colloca in modo anomalo, esso si riferisce probabilmente ad un fondale costiero, anticamente emerso, oggi con sabbia di origine sub-aerea, probabilmente rimaneggiate, caratteristico per la ricchezza in minerali femici.

Passando al metodo dei setacci, mediamente le differenze non sembrano molte, anche se le aree dei campioni di spiaggia interti-dale diventano due (fig. 3) e se il processo di dilatazione delle aree dovuto alla variazione di σ è maggiore di quello del Po a causa della minore maturità dei sedimenti.

E' interessante notare come il camp. 6b, localizzato nell'area dei campioni di battigia, dai dati al tubo di sedimentazione, analizzato con i setacci, viene collocato in una zona esterna, simile a quella delle sabbie residuali. La prima collocazione è giusta in quanto questo campione è di spiaggia intertidale e quindi soggetto alle regole deposizionali del moto ondoso costiero, tuttavia poichè contiene granuli pomicei a basso peso specifico, subisce una cernita che da un punto di vista puramente dimensionale risulta bimodale.

Sempre per il Tevere una analisi approfondita dei vari istogrammi e delle loro differenze (figg. 4 e 5) porterebbe, campione per campione, a comparazioni più circostanziate. I campioni scelti sono rappresentati di gruppi di campioni similari sia per la classe modale sia per le differenze riscontrate. Precisamente il camp. 8b, 2b e 1b. Il camp. 4b simile al 5b e 9b mostra una tendenza leggermente diversa da quella degli altri campioni precisamente si ottengono Mz più alti e valori di σ, minori per il tubo di sedimentazione indicando sabbie più fini e più classate. I campioni di spiaggia sommersa hanno due tendenze: quelli localizzati attorno alla batimetrica dei 5 m. hanno le differenze più evidenti nelle classi più grossolane rispetto alla moda (camp. 37 e 21), i campioni attorno alla batimetrica dei 10 m. variano nelle classi più fini rispetto alla moda e comunque le differenze tendono a diminuire.

Per rendere più chiara la natura delle variazioni delle distribuzioni di frequenza i parametri di F. e W. relativi alla sola fraz. sabbiosa ottenuti con entrambi i metodi analitici, sono stati confrontati fra loro (figg. 6, 7, 8 e 9). Questo procedimento è già stato utilizzato da altri Autori (Brambati et al., 1972).

Evidentemente se i risultati fossero simili, i valori si dovrebbero distribuire su di una retta a 45°. In realtà gli scostamenti sono elevati. Per i valori di Mz non appaiono molto alti, cosa statisticamente ovvia per un dato che rappresenta il valore medio. Per il Po, il campione di fiume (66) ha le differenze maggiori, per il Tevere gli scostamenti si hanno nei campioni di spiaggia intertidale (con Mz più alti), cosa legata alla maggiore eterogeneità dimensionale dei granuli e dei pesi specifici.

Riguardo al grado di cernita (σ), fig. 7 per il Po le differenze sono alte (in media i campioni costieri presentano differenze opposte rispetto a quelle delle sabbie residuali e fra i due si ha quasi una separazione), il campione di fiume risulta, come già detto anomalo.

Anche per il Tevere (fig. 7), gli scostamenti sono notevoli; in media si hanno valori di σ più elevati, con il metodo del tubo, per i campioni di spiaggia sommersa e valori più bassi per i campioni di spiaggia intertidale. Il camp. 6b è ovviamente deviante. Le differenze si rispecchiano in modo particolare nei valori di SK e Kg, per entrambi i contesti deposizionali. Alcuni campioni presentano assimetrie opposte. Per un campione del Po la variazione di Kg è enorme (camp. 7).

CONCLUSIONI

Ancora una volta si può verificare che le informazioni di tipo sedimentologico che si possono ottenere con l'uso del tubo di sedimentazione, nell'analisi granulometrica in contesti deposizionali costieri come quelli del Po e del Tevere, sono molto più valide di quelle che si ottengono con i setacci. Ciò è vero soprattutto nel caso in cui il grado di maturità dei sedimenti sia basso (come caratteri tessiturali o mineralogici) o si tratti di aree complesse, in cui interagiscono contemporaneamente, o in tempi alterni, vari tipi di agenti deposizionali.

Oltre a questo si può dire che usando contemporaneamente i due metodi, per un primo approccio analitico in un'area deposizionale poco conosciuta, dalle differenze, si potrebbero trarre diverse informazioni preliminari sia sui punti in cui la complessità dei fenomeni è maggiore, sia sul probabile indice di maturità dei sedimenti di quell'area.

Si ringraziano F. Frascari per il costante aiuto e stimolo dato-mi durante la stesura della nota, P. Gallignani per la lettura critica del testo.

Si ringraziano G. Calderoni, R. Dal Gin e U. Simeoni, dell'Ist. di Geologia di Ferrara, per l'insegnamento datemi all'uso delle tecniche sedimentologiche e loro utilizzo.

Si ringrazia inoltre C. Piccocco per il contributo all'analisi dei dati granulometrici.

BIBLIOGRAFIA ESSENZIALE

Anselmi B., Brondi A., Falchi G e Ferretti O., 1978. Lineamenti granulometrici generali dei sedimenti fluviali e costieri del territorio italiano. Mem. Soc. Geol. It., 19, 307-314.

Belletti P. e De Luca G., 1979. Erosione del litorale del lido di Roma: cause ed effetti. Universo, Ist. Geogr. Militare, Firenze, 6, 1169-1184.

Bondesan M., CalderoniG., Dal Gin R., 1979. Il litorale delle pro-

vincie di Ferrara e di Ravenna (Alto Adriatico): evoluzione morfologica e distribuzione dei sedimenti. Boll. Soc. Geol. It.; 97, 247-287.
Bortoluzzi G., Frascari F., Guerzoni S. Incremona N., Ravaioli M. e Rovatti G., 1982. Some sedimentological and chemical features of the seafloor in front of the Tiber River (Italy). Geogr. Fis. Dinaro. Quat., Com. Glac., 5, 120-128, 10ff, 5 tabb.
Brambati A., 1971. A new sedimentation balance for analysis of sands. Boll. Soc. Geol. It. 90, 173-182.
Brambati A.,Carobene L. e Catani G., 1972. Experimental settling velocity obtained by using artificial sand mixtures at Trieste University sedimentation balance. Boll. Soc. Geol. It. 91, 615-629.
Brambati A., Candian C. e Bislacchi G., 1973. Fortran iV program for settling tube analysis using CDC 6200 computer. Pubbl. Ist. Geol. Paleontol. Trieste, 145.
Brambati A., Bregant D., Lenardon G. e Stolfa D., 1973. Trasport and sedimentation in the Adriatic Sea. Museo Friul. di Stor. Nat. Udine, Pubbl. n. 20.
Brondi A., Ferretti O., Michetti I. e Sircana S., 1971. Studio delle sabbie del litorale Tosco-Laziale. Rend. della Soc. It. di Miner. e Petrol. vol. XXVII, pag. 49-82.
Ciabatti M. e Colantoni P., 1967. Ricerche sui fondali antistanti il delta del Po. Gior. di Geol. serie 2°, vol. 34, 189-220.
Ciabatti M., 1969. Ricerche sull'evoluzione del delta padano. Gior. di Geol., 34, 1-26.
Ciabatti M., Frascari F. e Marabini F., 1974. Application of factor analysis to the sediments of the Basson and Canarin lagoons and the sea-floor in front of the Po river delta (Italy). Gior. di Geol., (2), 39, 551-572.
Colantoni P., Gallignani P. e Lenaz R., 1980. La piattaforma continentale dell'Alto Adriatico dalla foce del Reno a Venezia: evoluzione ed ambienti di sedimentazione tardo-Pleistocenici ed Olocenici. In Prog. Finaliz. Ocean. e Fondi Marini, C. N. R. "Ricerche sulla piattaforma continentale dell'Alto Adriatico", Quader. n 2., 1980, pp., 11-28.
Dal Gin R., 1968. Metodo granulometrico per individuare spiagge in erosione e spiagge in avanzamento. Ann. Univ. Ferrara., Sez. IX, 4, 21'-236.
Drogone F., Maino A., Malatesta A. e Segre A. G., 1967. Note illustrative del F°149 (Cerveteri) della carta geologica d'Italia. Ser. Geol. It.
Folk e Ward W. C., 1957. Brazos river bar: a study in the significance of grin size parameters. Iourn. Sed. Petrol., 27 (1), 3-26.
Gallignani p. e Magagnoli A., 1972. Metodologie e tecniche di sedi-

mentologia fisica. Rapp. tecn. n. 1, CNR Lab. di Geol. Mar. Bologna.
Gazzi P., Zuffa G. G., Candolfi G. e Paganelli L., 1973. Provenienza e dispersione litoranea delle sabbie delle spiagge adriatiche fra le foci dell'Isonzo e del Foglia: inquadramento regionale. Mem. della Soc. Geol. It., 12, 1-37.
Jobstraibizer P. e Malesiani P., 1973. I sedimenti dei fiumi Veneti. Mem. della Soc. Geol. It. 12, 411-452.
Nelson B.W., 1970. Hydrography, sediment disposal, and recent historical development of the Po River delta, Italy. Deltaic Sedimentation, Modern and Ancient, J. P. Morgan Editor, Soc. of Econ. Paleont. and Mineral. Spec. Pub. No. 15, 151-158.
Pigorini B. 1967. Aspetti sedimentologici del mare Adriatico. Mem. della Soc. It. Se. Nat. XVI, Fase. III.
Piciocco C., 1981. Confronti tra le analisi granulometriche della fraz. sabbiosa di campioni antistanti la foce del Tevere, eseguite con il tubo di sedimentazione e con i setacci. Tesina sperimentale. Ist. di Geol. Univ. di.Bologna.
Ricci Lucchi F., 1978. Ambienti sedimentari e facies. III, Coop., Lib., Univ., di Bologna.
Sengupta S. e Veenstra H. J., 1968: On sieving and settling techniques for analysis. Sedimentology, 11 (1/2) 83-98.
Shepard F. P., 1954. Nomenclature based on sand-silt-clay ratios. Journ. Sed. Petrol., 24 (3), 151-158.

CHIMISMO DELLE PRECIPITAZIONI ATMOSFERICHE: NOTE METODOLOGICHE E RISULTATI

G. TARTARI, R. MOSELLO

C.N.R. - Istituto Italiano di Idrobiologia, Pallanza

SUMMARY

At the Istituto Italiano di Idrobiologia - CNR - Pallanza we started studying the chemical composition of the atmospheric precipitation in 1975, and continued in 1976 and 1980. The data we obtained allow us to examine the methodology of collection and Storage of the samples as well as to determine the variability of the chemical characteristics. In order to reduce the analytical work, the concentrations of monthly samples were com-pared with the volume weighted mean concentrations of the single meteorological events of the month. Those results and the effect of Storage on the chemical characteristics are discussed.

The concentrations showed a low variability in the three years of study: pH was very close 4.3, showing a considerable mineral acidity; in the ionic balance sulphate appears to be the most important anion, while the hydrogen ion and ammonia are the prevailing cations.

INTRODUZIONE

Nell'ultimo decennio in Italia si è assistito ad un progressivo aumento dell'interesse nei riguardi delle caratteristiche chimiche delle precipitazioni atmosferiche (Palmieri, 1973; Brocco, Di Palo e Possanzini, 1974; Fusari, Murri e Scuterini, 1974; Liberti, Brocco e Canuti, 1974; Cittaglia, 1975; Pantani, Legittimo Cellini, Racanelli e Sigg, 1977; Dettori, 1979; Rocchi e Mosello, 1979; Fusari, Caldarelli e Murri, 1980), mentre nei Paesi europei e nord americani gli effetti indotti sull'ambiente dalle mutate caratteristiche chimiche delle acque meteoriche, in conseguenza delle immissioni nell'atmosfera di inquinanti gassosi (O.E.C.D., 1977), sono da tempo oggetto di numerosi studi a carattere nazionale ed internazionale (Cowling, 1980; Drablos and Tollan, 1980; Haines, 1981).

Presso il nostro Istituto le indagini sulle precipitazioni atmosferiche sono iniziate nel Gennaio 1975 (Mosello e Tartari, 1979), come parte di una ricerca più ampia di idrochimica lacustre, mentre nell'anno successivo (1976) le indagini sono prose-

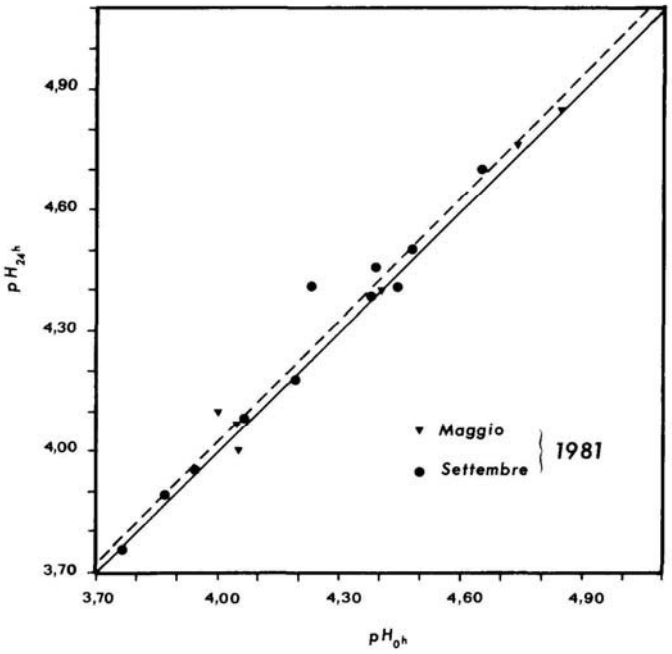


Fig. 1 - Confronto fra valori di pH misurati al termine delle precipitazioni (pH_0) e dopo ventiquattro ore (pH_{24}).

	Conservazione (giorni)	t. ambiente R_{NF}	t. = 4°C R_{NF}	R_F
Conducibilità	88	1,04	0,99	0,97
pH	88	1,00	1,01	1,01
$N\text{-}NH_4^+$	89	1,19	1,16	1,12
$N\text{-}NO_3^-$	79	1,03	1,02	1,02
TP	83	0,92	0,92	0,95

$R = \frac{1}{n} \sum \frac{\text{concentrazione finale}}{\text{concentrazione iniziale}}$; NF campioni non filtrati;

F campioni filtrati.

Tab.1 - Effetto della conservazione sulle caratteristiche idrochimiche.

guite allo scopo di verificare i risultati ottenuti nella precedente ricerca. Durante questi primi due anni di campionamento, le analisi sono state condotte su campioni relativi a singoli e-venti meteorici. Successivamente (1980), l'esigenza di pervenire ad una stima della variabilità territoriale del chimismo delle precipitazioni, moltiplicando il numero delle stazioni di prelievo e, conseguentemente, il numero di campioni, ha imposto la necessità di condurre le analisi su campioni mensili, rappresentativi di più eventi meteorici. Si è quindi reso necessario valutare se con questa nuova procedura possono intervenire modificazioni nelle concentrazioni fra il momento della raccolta e quello della analisi.

Ci proponiamo pertanto di illustrare problemi e risultati relativi alle caratteristiche chimiche delle precipitazioni raccolte a Pallanza negli anni 1976 e 1980.

CAMPIONAMENTO

I principali meccanismi di rimozione delle sostanze atmosferiche sono: il trasferimento diretto aria-superficie terrestre dei componenti gassosi, la deposizione per gravita e per impatto del materiale particellato e degli aerosol, le precipitazioni umide (pioggia, neve, grandine, rugiada, brina e nebbia).

I primi due processi vengono solitamente indicati con il termine "dry deposition", mentre il terzo viene definito "wet deposition" (Flower, 1980). La maggior parte delle informazioni sperimentali disponibili riguardano la "wet deposition". Quelle relative alla "dry deposition" sono generalmente ottenute per differenza tra la "bulk precipitation" (Whitehead and Feth, 1964) e la "wet deposition"; la prima definibile come il totale delle sostanze determinabili nelle acque meteoriche prelevate con un raccoglitore costantemente esposto, mentre nel caso della "wet deposition" i campioni sono prelevati con raccoglitori che si aprono automaticamente all'inizio di ciscuna precipitazione e non comprendono quindi il particellato secco.

I risultati riguardanti le caratteristiche chimiche delle precipitazioni di Pallanza sono relativi alla "bulk precipitation".

Attualmente il campionamento viene effettuato utilizzando un sistema di raccolta costituito da un imbuto pluviometrico di 0,1 m^2 di superficie, collegato ad un recipiente di polietilene da dieci litri. Il sistema imbuto-recipiente è alloggiato in una struttura metallica che consente l'innalzamento dell'imbuto a una altezza superiore ad un metro dal suolo e la stabilità dell'apparato. Il punto di raccolta è situato in un ampio spazio erboso, lontano più di venticinque metri da edifici o vegetazione di alto fusto.

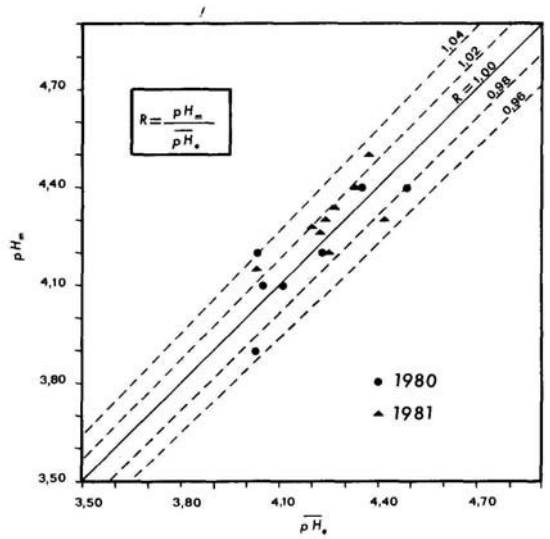


Fig. 2 - Confronto fra valori medi mensili ponderati del pH (pH_e) e valori mensili (pH_m).

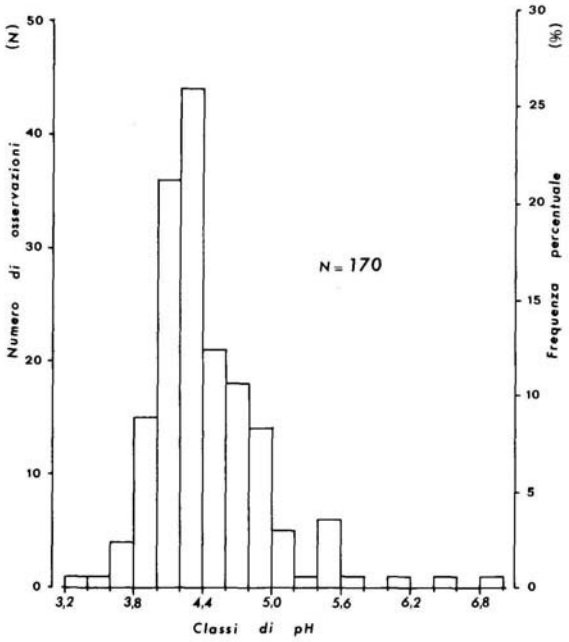


Fig. 3 - Distribuzione di frequenza delle misure di pH effettuate negli anni 1975, 1976 e 1980.

La raccolta viene eseguita al termine di ciascun evento meteorico, provvedendo ogni volta alla manutenzione dell'apparato. Su un'aliquota di campione vengono immediatamente determinati il pH e la conducibilità riferita a 18°C, mentre una frazione proporzionale alla quantità di precipitazione è conservata al buio ed alla temperatura di 4°C. Tutti i campioni vengono cumulati di volta in volta nello stesso recipiente. Al termine di ciascun mese, il campione medio ottenuto viene filtrato, utilizzando carta da filtro Whatman 41 che trattiene il particellato di dimensioni superiori a 10 µm di diametro (Kember, 1972), ed è inviato all'analisi.

La differenza tra questa metodologia e quella adottata negli anni 1975 (Mosello e Tartari, 1979) e 1976, risiede essenzialmente nel fatto che precedentemente le analisi venivano condotte su ciascun evento meteorico, e le medie mensili venivano calcolate come media ponderata sulle quantità delle singole precipitazioni.

Le metodiche analitiche adottate per il campionamento 1980 sono quelle riportate in Mosello, Calderoni e De Giuli (1981), mentre quelle relative all'anno 1976 sono indicate in Calderoni e Mosello (1976).

EFFETTO DELLA CONSERVAZIONE

La valutazione dell'effetto della conservazione sulle caratteristiche idrochimiche delle precipitazioni è stata effettuata su campioni relativi a sei eventi meteorici raccolti nei mesi primaverili ed autunnali, nei quali a Pallanza si registra la massima piovosità (Arca e Barbanti, 1979).

Ciascun campione è stato suddiviso in tre aliquote di volume superiore a 1,5 1, delle quali una filtrata con carta da filtro Whatman 41, oggetto, delle stesse determinazioni analitiche. Il pH e la conducibilità sono state misurate immediatamente dopo la raccolta, mentre entro quarantotto ore veniva determinato il contenuto di azoto ammoniacale e nitrico ed il fosforo totale, ripetendo in triplo ogni analisi. Le tre aliquote, contenute in analogo recipiente chiuso di polietilene, sono state quindi conservate per circa tre mesi. Una non filtrata è stata tenuta a temperatura ambiente, mentre le altre due sono state conservate al buio ed alla temperatura di 4°C. Durante la conservazione pe-riodiche misurazioni del pH e della conducibilità non hanno evidenziato sostanziali variazioni rispetto ai valori iniziali, per cui l'intero ciclo di analisi è stato ripetuto solo al termine dei tre mesi.

In Tabella 1 sono riportati i valori medi dei rapporti tra le

	Campione n°	Precipitazioni mm	pH	Cond µS cm^{-1}	Ca mg l^{-1}	Mg mg l^{-1}	Na mg l^{-1}	K mg l^{-1}	SO_4 mg SO_4 l^{-1}	Cl mg Cl l^{-1}	SiO_2 mg Si l^{-1}	N-NH_4 mg N l^{-1}	N-NO_3 mg N l^{-1}	TIN mg N l^{-1}	RP µg N l^{-1}	TP µg P l^{-1}
1976																
GEN	-	12	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
FEB	3	57	4,4	55	0,3	0,0	0,4	0,1	-	-	0,07	0,20	0,34	0,54	12	13
MAR	2	20	4,0	65	0,7	0,1	0,6	0,1	-	-	0,24	0,84	1,00	1,85	20	27
APR	4	130	4,5	30	0,9	0,3	0,1	0,0	-	-	0,20	1,16	0,57	1,74	9	15
MAG	7	58	4,3	46	1,2	0,1	0,2	0,1	-	-	0,74	1,32	0,63	1,96	16	18
GIU	4	23	4,7	47	3,1	0,9	0,2	0,1	-	-	0,64	2,36	1,13	3,50	21	34
LUG	10	50	4,6	39	2,4	0,6	0,2	0,1	-	-	0,17	1,14	0,87	2,01	5	25
AGO	7	276	4,2	40	0,6	0,1	0,1	0,0	-	-	0,02	1,24	0,51	1,75	3	8
SET	6	422	4,2	40	0,8	0,1	0,3	0,0	-	-	0,04	1,80	0,81	2,61	12	16
OTT	9	655	4,5	20	0,1	0,0	0,0	0,0	-	-	0,01	0,26	0,19	0,46	4	7
NOV	6	260	4,3	30	0,1	0,0	0,2	0,0	-	-	0,01	0,33	0,05	0,39	2	4
DIC	1	40	4,3	41	3,1	0,6	0,3	0,0	-	-	-	0,65	-	-	6	12
ANNO	**59**	**2003**	**4,35**	**32,2**	**0,57**	**0,11**	**0,16**	**0,02**	-	-	**0,07**	**0,88**	**0,43**	**1,31**	**6,6**	**10,7**
1980																
GEN	6	49	4,1	47	0,4	0,1	0,1	0,1	5,0	0,4	0,08	0,20	0,57	0,78	4	25
FEB	-	20	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
MAR	5	197	4,1	49	0,2	0,1	0,2	0,1	5,0	0,6	0,32	0,61	0,89	1,51	2	6
APR	1	1	3,8	119	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
MAG	10	193	4,2	47	0,5	0,1	0,2	0,1	5,0	0,5	0,23	0,57	0,76	1,33	4	14
GIU	6	289	4,4	33	0,3	0,0	0,2	0,1	5,9	0,7	0,00	0,66	0,46	1,12	13	14
LUG	8	147	4,2	54	0,8	0,2	0,4	0,2	-	0,9	0,12	0,98	0,84	1,82	7	24
AGO	4	88	4,7	29	0,9	0,1	0,1	0,1	5,5	0,3	0,02	1,22	0,68	1,90	3	12
SET	3	25	4,5	47	1,6	0,2	0,2	0,2	-	-	0,11	0,72	0,70	1,42	16	31
OTT	6	182	4,4	30	0,7	0,1	0,3	0,1	3,7	-	0,03	0,38	0,51	0,89	2	8
NOV	5	32	3,9	69	1,3	0,2	0,5	0,2	10,8	-	0,20	0,72	1,36	2,08	6	14
DIC	1	3	4,0	105	7,2	1,2	0,7	0,6	-	-	-	-	-	-	-	-
ANNO	**55**	**1224**	**4,29**	**41,7**	**0,55**	**0,10**	**0,24**	**0,12**	**5,2**	**0,6**	**0,12**	**0,66**	**0,68**	**1,34**	**6,1**	**13,7**

Tab. 2 - Caratteristiche chimiche delle precipitazioni atmosferiche di Pallanza negli anni 1976 e 1980

concentrazioni finali ed iniziali. Essi indicano che il pH, la conducibilità e l'azoto nitrico non subiscono apprezzabili modifiche nel corso della conservazione, mentre l'azoto ammoniacale ed il fosforo totale mostrano una variazione contenuta rispettivamente nel +20% e nel -10%. La prima modifica è verosimilmente determinata dalla trasformazione in azoto ammoniacale di composti inizialmente presenti come azoto organico, in quanto la metodica utilizzata (Koroleff, 1970) è specifica per l'ammoniaca. Per quanto riguarda il fosforo, la sua diminuzione è probabilmente dovuta all'adsorbimento sulle pareti dei contenitori di materiale plastico (Annet and D'Itri, 1973).

Le minori variazioni sono mostrate dai campioni filtrati e conservati alla temperatura di 4°C, condizioni che corrispondono a quelle utilizzate per la conservazione dei campioni raccolti secondo l'attuale metodologia.

Le modeste variazioni riscontrate sono in accordo con quanto già indicato da Galloway e Likens (1976), e possono essere spiegate con una limitazione dei processi biologici in conseguenza della elevata acidità minerale delle acque meteoriche.

Nel corso dello studio è stata inoltre stimata la variazione dei valori di pH e conducibilità nell'arco delle ventiquattro ore successive il termine di ciascun evento. Questo confronto è stato effettuato su 17 campioni raccolti nel periodo primaverile ed autunnale, rappresentativi complessivamente del 35% delle precipitazioni annue.

I risultati relativi al pH sono illustrati in Figura 1, mentre per la conducibilità è sufficiente affermare che si comporta sostanzialmente come il pH.

I valori di pH cadono nell'intervallo compreso tra 3,7 e 4,9 nel quale, durante gli anni 1975, 1976 e 1980, si è osservata una frequenza di misure superiore all'85% (Fig. 3). I pH determinati dopo ventiquattro ore mostrano valori mediamente superiori di sole 0,02 unità rispetto a quelli registrati immediatamente dopo la raccolta. Tale differenza può quindi ritenersi compresa negli errori analitici comuni a queste determinazioni (Galloway, Cosby and Likens, 1979).

CONFRONTO FRA VALORI MENSILI E MEDIE MENSILI PONDERATE DEL pH E DELLA CONDUCIBILITA'

Le informazioni ricavate dall'indagine condotta sulla conservazione dei campioni fanno ritenere trascurabile la differenza tra le misure effettuate al termine di ciascun evento meteorico e quelle sui campioni cumulati mensilmente.

La metodologia di raccolta attualmente adottata, che prevede

la misura immediata del pH e della conducibilità, ha consentito una parziale verifica diretta della validità dei risultati ottenuti sui campioni mensili. Nella Figura 2 è confrontato il pH rilevato su questi con i valori ottenuti dalla media dei valori dei singoli eventi raccolti nel 1980 e 1981. Si può constatare che la maggior parte dei valori di pH è compresa in un intervallo del ±4% rispetto al rapporto unitario, con una leggera predominanza dei valori sovrastimati. Anche per quanto riguarda la conducibilità i risultati mostrano un andamento simile a quello del pH.

RISULTATI

Le concentrazioni medie mensili ed annuali, ponderate sulle quantità di precipitazioni, determinate nel 1976 e 1980 sono riportate in Tabella 2. I risultati non si discostano sostanzialmente tra loro né da quelli rilevati nel corso del 1975 (Mosello e Tartari, 1979) nonostante le diverse quantità di precipitazioni registrate nei tre anni. Nel 1975 la quantità annua di precipitazioni (1719 mm) è risultata molto prossima al valore medio registrato a Pallanza nel periodo 1951-1977 (1759 mm, Arca e Barbanti, 1979), mentre i valori del 1976 (2003 mm) e del 1980 (1224 mm) si discostano sensibilmente dalla media pluriennale.

La stessa indicazione di limitata variabilità delle concentrazioni misurate nei due anni si rileva anche dai bilanci ionici (Tab. 3). I solfati e i nitrati, fra gli anioni, 1'idrogenione, l'ammonio e il calcio, fra i cationi, sono le specie chimiche preponderanti. La presenza dell'ammonio fra i principali cationi è caratteristico delle acque meteoriche (Lermann, 1979; Charlson and Rhode, 1982), e solitamente costituisce la componente più rilevante di azoto inorganico (Tab. 2). Anche la presenza dello ione idrogeno è caratteristica delle precipitazioni atmosferiche (Odén, 1976; Henriksen, 1980), ed è determinata essenzialmente dal contenuto di acidi minerali. Si può infatti osservare che la concentrazione degli anioni di acidi forti (SO_4^{2-}, NO_3^-, Cl^-) è superiore a quella dei cationi (NH_4^+, Ca^+, Na^+, K^+) se si esclude 1'idrogenione. Tale fatto si riflette sui valori di pH che, nei due anni, assumono costantemente valori medi mensili compresi tra 3,8 e 4,7 e valori annuali molto prossimi a 4,3, coincidenti con quello rilevato nel 1975. Ciò consente di affermare che il tenore medio di acidità delle precipitazioni di Pallanza non è mutato durante il quinquennio 1975-1980.

La Tabella 2 mostra inoltre che la maggior parte delle concentrazioni delle specie chimiche non evidenziano sensibili variazioni nel corso dell'anno, ad eccezione dell'azoto inorganico e del pH. Le maggiori concentrazioni di azoto inorganico (1,1-

3,5 mg N l^{-1}) si rilevano nel periodo Marzo-Settembre e sono prevalentemente dovute ad un aumento nelle concentrazioni della componente ammoniacale. Per quanto riguarda il pH, mediamente i valori più bassi (3,9-4,4) si registrano nel periodo Novembre-Marzo, mentre i più elevati (4,5-4,7) si osservano tra la fine dell'estate ed i primi mesi autunnali. Tali differenze, che necessitano di ulteriore verifica, potrebbero essere messe in relazione all'uso di combustibili fossili per il riscaldamento domestico.

Utilizzando i risultati del pH dei singoli eventi meteorici registrati nel triennio, è possibile descrivere la distribuzione di frequenza delle misure di pH, allo scopo di valutare la dispersione dei valori. L'istogramma di Figura 3, relativo a 170 eventi meteorici, mostra che le massime frequenze si collocano sensibilmente al di sotto di pH 5,6, il valore relativo alle soluzioni acquose in equilibrio con il biossido di carbonio atmosferico. Infatti oltre il 93% degli eventi presenta un pH compreso tra 3,6 e 5,2, e solo nel caso di quattro eventi si sono misurati valori superiori a 5,6.

Questi risultati confermano la presenza nelle acque delle precipitazioni meteoriche di elevate concentrazioni di acidi forti che, sulla base dei risultati analitici, si possono identificare essenzialmente nell'acido solforico e nell'acido nitrico.

BIBLIOGRAFIA

Annet, C.S. and F.M. D'Itri. 1973. Preservation of total soluble phosphorus. Proc. of the 16th Conference on Great Lakes Research: 221-232.

Arca, G. e L. Barbanti. 1979. Annuario 1978 dell'Osservatorio Meteorologico di Pallanza. Mem.Ist.Ital.Idrobiol., 37:329-411.

Brocco, D., V. Di Palo e M. Possanzini. 1974. L'inquinamento atmosferico e le precipitazioni. Rassegna Chimica, 6:344-353.

Calderoni, A. e R. Mosello. 1976. Apporti chimici al Lago Maggiore attraverso il Fiume Toce. Mem.Ist.Ital.Idrobiol., 33: 125-159.

Charlson R.J. and H. Khode. 1982. Factors controlling acidity of natural rainwater. Nature, 295:683-685.

Cittaglia, L. 1975. Costituzione della rete O.M.M. per il controllo dell'inquinamento atmosferico di fondo. Rivista di Meteorologia Aeronautica, 38:236-239.

Cowling, E.B. 1980. An historical résumé of progress in scientific and public understanding and its biological consequences. SNSF-Project, FR 18/80, 29 pp.

Dettori, B. 1979. First observations on the saline content of

the precipitations in some stations in Sardinia (Italy). Ann.Fac.Agr., Università di Sassari, 27:82-97.
Drablos, D. and A. Tollan (Eds.). 1980. Ecological impact of acid precipitation. Proc.Internat.Conf., Sandefjord, Norway, March 11-14, 383 pp.
Flower, D. 1980. Removal of sulphur and nitrogen compounds from the atmosphere in rain by dry deposition. Proc.Internat.Conf. Ecol.Impact Acid Precip., Sandefjord, Norway, March 11-14: 22-32.
Fusari, R., P. Caldarelli e A. Murri. 1980. Caratteristiche fisiche e chimiche delle precipitazioni in relazione ad eventi meteorologici. (Versante medio Adriatico). Inquinamento, 22: 77-83.
Fusari, R., A. Murri e C. Scuterini. 1974. Studio delle caratteristiche chimicofisiche delle precipitazioni sul versante Adriatico dell'Italia centrale. Inquinamento, 16:16-19.
Galloway, J.N., B.J. Cosby and G.E. Likens. 1979. Acid precipitation: measurement of pH and acidity. Limnol.Oceanogr., 24: 1161-1165.
Galloway, J.N. and G.E. Likens. 1976. Calibration of collection procedures for determination of precipitation chemistry. Water, Air, and Soil Pollution, 6:241-258.
Haines, T.A. 1981. Acid precipitation and its conseguences for aquatic ecosystems: a review. Transactions of the American Fisheries Society, 110:669-707.
Henriksen, A. 1980. Acidification of freshwaters: a large scale titration. Proc.Internat.Conf.Ecol. Impact Acid Precip., Sandefjord, Norway, March 11-14:68-74 pp.
Kember, N.F. (Ed.). 1972. Manual of laboratory filtration. W. & R. Blaston Ltd., Maidstone, 110 pp.
Koroleff, F. 1970. Direct determination of ammonia in natural waters as indophenol blue. In: Information on techniques and methods for seawater analysis. I.C.E.S. (Int. Council Explor. Sea). Interlaboratory Report n. 3:19-22.
Lermann, A. 1979. Geochemical processes. Water and sediment. Environments. J. Wiley and Sons. New York, 480 pp.
Liberti, A., D. Brocco e V. Canuti. 1974. Valutazione dell'inquinamento atmosferico dovuto a materiali di trasporto. Inquinamento, 16:12-15.
Mosello, R., A. Calderoni e E. De Giuli. 1981. Bilancio chimico del Lago Maggiore nel 1978. Mem.Ist.Ital.Idrobiol., 39:7-29.
Mosello, R. e G. Tartari. 1979. pH e caratteristiche chimiche delle acque meteoriche di Pallanza. Mem.Ist.Ital.Idrobiol., 37:41-49.
Odén, S. 1976. The acidity problem: an outline of concepts.

Water, Air, and Soll Pollution, 6:137-166.
Palmieri, F. 1973. Sulla variabilità della composizione chimica delle precipitazioni atmosferiche. Ann.Fac.Sci.Agr., Università di Napoli, Serie IV, 7: 16 pp.
Pantani, F., P. Legittimo Cellini, E. Racanelli e G. Sigg. 1977. Composizione chimica dell'acqua di pioggia nel comprensorio fiorentino. Inquinamento, 17:51-59.
Rocchi, G. e R. Mosello. 1979. Inquinamento dell'aria e caratteristiche dell'acqua piovana in città lacustri dell'Italia settentrionale: il caso di Como. III° Congresso Internazionale su "Deterioramento e conservazione della pietra". Venezia, 24-27 Ottobre: 175-181.
Whithehead, H.C. and J.H. Feth. 1964. Chemical composition of rain, dry fallout and bulk precipitation at Menlo Park, California. 1957-1959. J.Geophys.Res., 69:319-333.

Tab. 3 - Bilanci ionici (meq l^{-1}).

	1976	1980
H^+	0,048	0,055
NH_4^+	0,063	0,047
Ca^{2+}	0,028	0,028
Mg^{2+}	0,009	0,008
Na^+	0,007	0,010
K^+	0,000	0,003
CATIONI	0,155	0,151
SO_4^{2-}	-	0,109
NO_3^-	0,131	0,048
Cl^-	-	0,017
ANIONI	-	0,175
TOTALE	-	0,326

NEOFORMAZIONE DI Mg-CALCITE COME CEMENTO DI "BEACHROCKS" (GOLFO DI VENEZIA, MARE ADRIATICO SETTENTRIONALE) (+)

F. VENIALE°, A. STEFANON°°, M. SETTI°, F. CAUCIA°

° Istituto di Mineralogia e Petrografia, Università di Pavia
°° Istituto di Biologia del Mare - CNR, Venezia

SUMMARY

Samples of "beachrocks" from gulf of Venice, outside of Venice and Grado lagoons (norlrn Adriatic Sea) are cemented by Mg-calcite (12-13 mole % $MgCO_3$: X-ray diffraction and microprobe analyses). SEM observations have shown various stages of Mg-calcite neoformation, growing on the outer surface of detrital beach grains, filling voids and forming intergranular cement. Occurrence conditions seem to suggest that the Mg-calcite cement could be neoformed (precipitated) at lower temperature (temperate environment) than in tropical and subtropical areas; thus, mainly controlled by other physico-chemical factors (evaporation and degassing, salt spray) occurring in the intertidal zone by air exposure and mixing of fresh ground table/saline marine waters, probably also influenced by organic catalyzers.

INTRODUZIONE

I fondali dell'Alto Adriatico sono caratterizzati dalla presenza di molteplici affioramenti rocciosi (fig. 1) per lo più di medie e piccole dimensioni (da 50 a 150 cm, talora 2-3 m), sparsi un po' ovunque (Stefanon 1979). Litologicamente essi possono essere distinti (Newton e Stefanon 1976) in due categorie principali:
a) formazioni clastiche di ambiente litorale (beachrocks,etc.);
b) formazioni di scogliera algale.

Dal punto di vista morfologico la maggior parte degli affioramenti rocciosi è legata e rilievi batimetrici positivi, di aspetto duniforme, la cui struttura (messa in evidenza da microsismica ad alta risoluzione) rivela trattarsi per lo più di relitti strutturali, sopravvissuti a quei fenomeni di erosione che hanno modellato (fig. 2) i fondali dell'Alto Adriatico.

(+) Programma Finalizzato CNR "Oceanografia e Fondi Marini. Sottoprogetto 4: Piattaforma Continentale Adriatica".

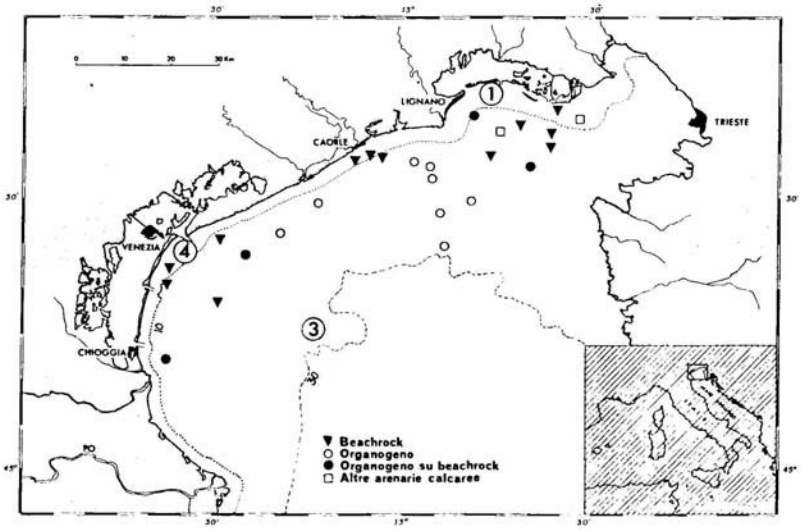


Fig. 1 - Zone a fondo roccioso dell'Alto Adriatico, con indicazioni del tipo litologico presente. I numeri entro i circoletti si riferiscono ai campioni studiati ed indicano la zona di prelievo.

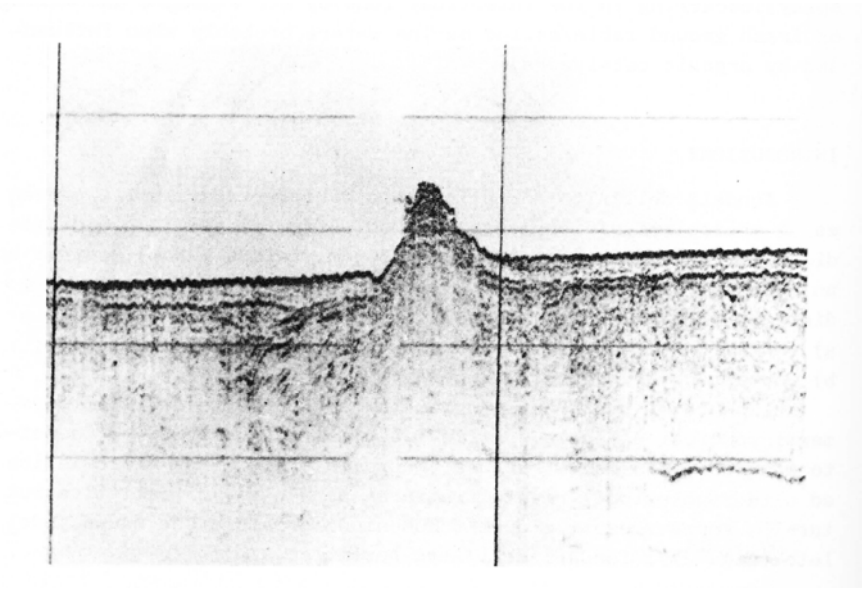


Fig. 2 - Tipico profilo microsismico ad alta risoluzione (UNIBOOM) di un affioramento roccioso ("tenute di Chioggia"). Si noti come la copertura rocciosa risulti di spessore quasi irrilevante, e come le radici del rilievo siano sepolte sotto ad una coltre di sedimenti (preolocenici) spessa circa m 1,2. Le linee di scala (orizzontali) sono spaziate di m 4 circa mentre i "fix" (linee verticali) di circa 775 metri. La profondità è di m 20 circa.

Le formazioni clastiche si presentano per lo più sotto forma di lastre dovute alla cementazione di sabbia calcarea più o meno conchigliare. Sono stati inoltre individuati piccoli blocchi colonnari praticamente privi di stratificazione e di macroresti di organismi marini (Newton e Stefanon 1976). Se in molti casi le lastre rocciose sono attribuibili a formazioni di tipo "beachrock", in altri la struttura dei reperti pone numerosi interrogativi sulla loro origine. In alcuni di questi ultimi è evidente trattarsi di un ambiente di sedimentazione ad energia nettamente inferiore a quello di spiaggia, mancando non solo il tipo di struttura di tali sedimenti, ma essendo anche state incontrate delle tanatocenosi a gasteropodi e lamellibranchi (Bittium reticulatum, Cerastoderma glaucum, Pecten sp., Ostrea sp., etc.) in cui sono mescolate specie di ambiente litorale e lagunare, ove prevale nettamente una orientazione casuale delle valve. I maggiori interrogativi riguardano però le formazioni non stratificate, mai incontrate sino ad ora in immersione e conosciute solo attraverso i reperti portati a riva da pescatori, che in essi avevano impigliato le reti. Sarà pertanto necessario individuare almeno un affioramento di tali rocce ed ivi approfondire le indagini e le campionature necessarie.

Il presente lavoro si propone di offrire un primo contributo alle conoscenze sul cemento e la composizione mineralogica delle formazioni rocciose di tipo beachrock dell'Alto Adriatico. A tal fine sono stati scelti tre affioramenti già noti (Stefanon 1979), diversi tra loro quanto a localizzazione e profondità, ma simili dal punto di vista litologico.

MATERIALI E METODI

Il campione 1 è stato raccolto in immersione alla profondità di circa m 9, a qualche centinaio di metri dall'imboccatura del canale che attraversa la laguna di Grado collegando Porto Buso al mare. Proviene da una serie di piccoli affioramenti (alti pochi decimetri) di rocce lastriformi di limitata ampiezza areale, che presentano notevoli fenomeni di erosione (Stefanon 1969-70). Litologicamente si tratta di una sabbia carbonatica da moderatamente a ben cementata, localmente ricca di gusci di molluschi marini (Braga e Stefanon 1969-70) per lo più bivalvi. Datazioni effettuate con il C^{14} sui detti bivalvi hanno dato valori discordi, tra i 2.000 ed i 3.000 anni B.P., attribuibili sia a fenomeni di rimaneggiamento che di "ringiovanimento" per scambio ionico, rendendo incerta l'età di tali formazioni.

Il campione 3 è stato raccolto in immersione alla profondità di circa 28 m, ed a circa 36 chilometri dalla laguna di Venezia. La roccia, di tipo lastriforme, è stata localizzata alla base di un gros

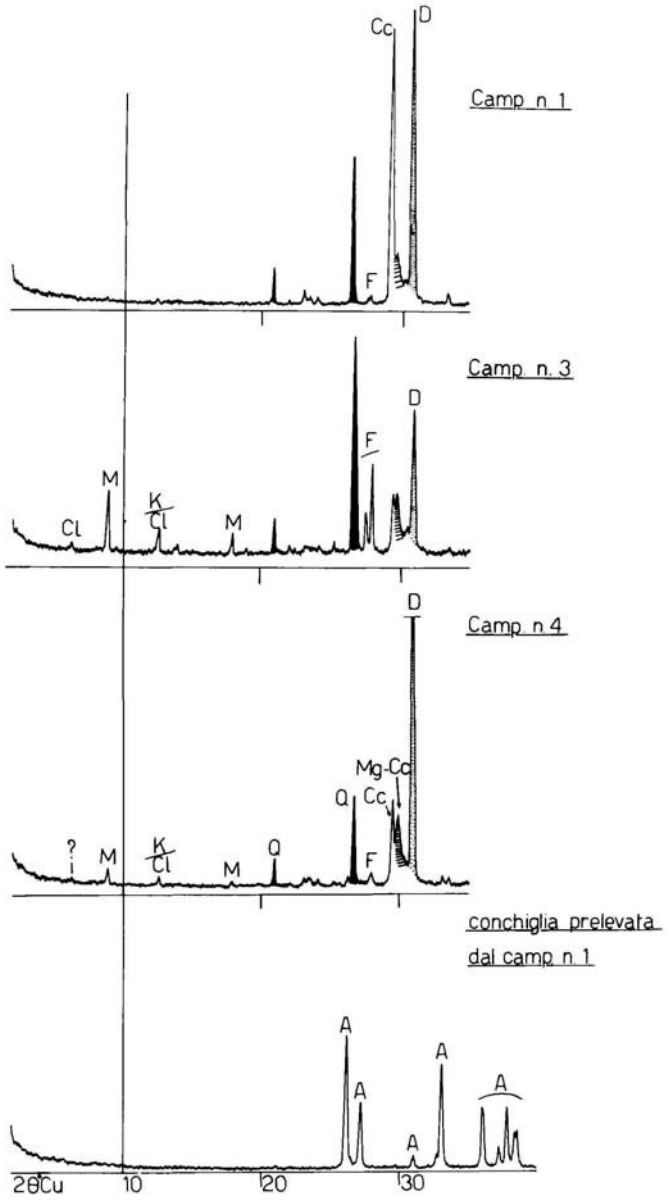


Fig. 3 - Diffrattogrammi X dei camp. 1, 3, 4 (tout venant) dopo separazione dei frammenti di conchiglie (di questi ultimi viene pure riportato un diffrattogramma X rappresentativo).

so affioramento organogeno (scogliera algale, Newton e Stefanon 1976) del quale forma il substrato. Data l'abbondante copertura è stato possibile raccogliere solo campioni di limitate dimensioni, con pochi resti macroscopici di organismi marini.

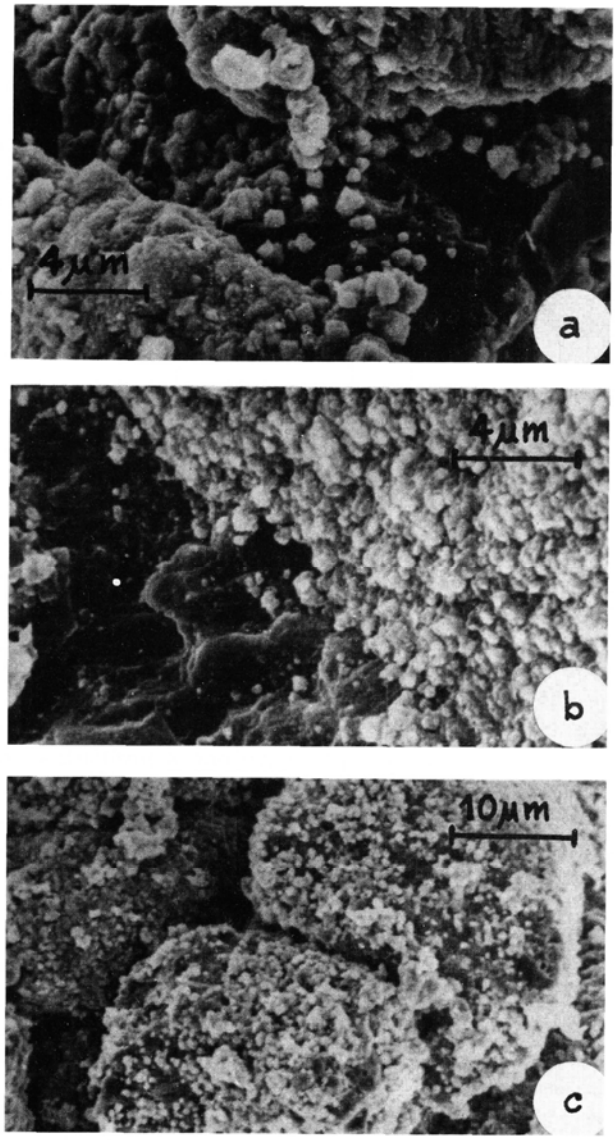
Il campione 4 è stato raccolto in immersione alla profondità di circa m 10, ad una distanza di circa m 300 dalla testata a mare della diga Sud del Porto di Lido (Venezia). L'affioramento è formato da una serie di lastre di roccia clastica ben cementata, di spessore variabile da pochi centimetri a qualche decimetro, e superficie massima di qualche metro quadrato. Le lastre sono appoggiate direttamente sul fondo molle, e sono sparse in un'area di circa un migliaio di metri quadrati. Litologicamente si tratta di sabbia carbonatica ben cementata, localmente ricca di gusci di molluschi marini .

I tre campioni presi in esame sono stati analizzati mediante diffrattometria ai raggi X e microscopia elettronica a scansione, associata a microsonda. I diffrattogrammi X dei diversi materiali (fig. 3) si riferiscono al tout-venant, dopo separazione dai resti di organismi; questi ultimi sono stati analizzati a parte.

RISULTATI

Il campione 1 risulta costituito da calcite e dolomite prevalenti, associate a quarzo e scarsi feldspati. E' evidente il riflesso a 3,00 Å imputabile alla Mg-calcite (12 mole % $MgCO_3$). Nel campione 3 predominano invece quarzo, feldspati, kaolinite e miche, mentre dolomite e calcite sono subordinate; in tracce è presente anche la clorite. Più intenso che nel camp. 1 e il riflesso a 3,00 Å della Mg-calcite (12 mole % $MgCO_3$). Nel campione 4 predomina nettamente la dolomite, mentre subordinate sono calcite e quarzo; feldspati, mica e clorite/kaolinite (?) sono presenti in quantità piuttosto scarsa. Il riflesso a 2,99 Å della Mg-calcite (13 mole % $MgC0_3$) è di intensità paragonabile a quello registrato nel camp. 3. I frammenti di organismi sono risultati costituiti unicamente da aragonite (vedasi diffrattogramma X riportato in fig. 3).

Superficie di frattura dei tout-venant sono state osservate al microscopio elettronico a scansione ed è stato possibile evidenziare la deposizione di minuti cristalli di Mg-calcite (talora ad abito romboedrico perfetto) sulla superficie esterna dei granuli detritici (Tav. l, a); essi possono essersi sviluppati in quantità tale da ricoprire come una pellicola continua la superficie esterna dei granuli (Tav. l, b - a destra). La crescita di Mg-calcite di neoformazione è anche proseguita fino a stadi ove si ha il ricoprimento completo dei granuli detritici e riempimento degli interspazi, così da costituire un cemento fra i granuli (Tav. l, c). Numerosi tests, ese



Tav. 1 - Microfoto al microscopio elettronico a scansione (SEM): a, b, c rappresentano stadi crescenti di neoformazione del cemento (Mg-calcite).

guiti mediante microsonda elettronica sui piccoli cristalli accre-sciutisi su granuli detritici, hanno indicato una composizione prevalentemente calcica con quantità subordinate di magnesio, confermando la loro natura di Mg-calcite.

DISCUSSIONE

I processi di precipitazione e cementazione dei carbonati nella zona intertidale delle spiagge sono caratterizzati da grande rapidità e complessità, dovute sia all'impatto tra acqua dolce (quasi sempre presente in lenti) e marina, sia agli scambi gassosi con l'atmosfera. In letteratura (Alexandersson 1972, Alexandersson & Milliman 1981, Bathurst 1975, Hanor 1978, Maclntyre 1977, Milliman 1974) è ampiamente riportata la presenza di cemento ad Mg-calcite in molte beachrocks di ambienti tropicali e subtropicali, ma resta tuttora aperta la discussione sui processi di genesi di tale cemento, fatto risalire dai diversi Autori a diagenesi dei carbonati preesistenti, a precipitazione (neoformazione) per miscelazione di acque diverse e degasamento, con interventi catalitici di materia organica, etc.; quindi, a seconda delle condizioni, con un controllo cristallo-chimico da parte del carbonato "ospite", oppure indipendente da esso.

Gli esempi qui presentati producono evidenza diretta che si è in presenza di un cemento di neoformazione con varie fasi di accrescimento. Infatti (vedasi Tab. 1), da una iniziale precipitazione di cristalli isolati di Mg-calcite, accollati alla superficie esterna dei granuli detritici costituenti il sedimento di spiaggia (matrice carbonatica da frammenti di organismi marini, più granuli di dolomite, con associati altri clasti di quarzo, feldspati, miche, kaolinite e clorite), si passa via via a ricoperture sempre più ampie della superficie esterna dei granuli detritici, sino ad arriva re al riempimento degli spazi, formando cosi il cemento legante i singoli elementi del deposito sabbioso.

Gli affioramenti presi in considerazione (Fig. 1, camp. 1-3-4) si differenziano fra loro sia per localizzazione che profondità, senza voler entrare nel merito della diversa composizione mineralogica dei clasti. Due di essi (camp. 1 e 4) si trovano circa alla medesima profondità (m 9-10) e distanza da riva, e pertanto possono essere considerati coevi. Il terzo (camp. 3) dista, rispettivamente, circa 35 e 70 chilometri dai precedenti, e giace a circa 28 metri di profondità; pertanto esso è indubbiamente da attribuirsi ad un diverso periodo di formazione.

Generalmente le beachrocks sono limitate a climi tropicali e subtropicali, ossia più caldi di quello attuale dell'Alto Adriatico. Ricerche palinologiche nella laguna di Venezia (Horowitz 1966) indicano la presenza di un periodo più secco e più caldo dell'attua-

le, centrato in epoca pre-etrusca (circa 5.000 anni B.P.) e pertanto le "beachrocks" 1 e 4 difficilmente potrebbero trovare una loro giustificazione genetica legata alla temperatura. Ancora più difficile appare la situazione per l'affioramento più al largo (camp. 3) attribuibile, data la sua attuale profondità, a circa 10-12.000 anni B.P., quando il clima non era certamente caldo. Sorge pertanto l'interrogativo se la neoformazione della Mg-calcite nelle zone di formazione della beachrock non sia condizionata tanto dalla temperatura, quanto piuttosto pilotata da altri fattori chimico-fisici (fenomeni di degasamento, evaporazione, spray di sali; probabilmente, con l'intervento anche di catalizzatori organici), connessi più specificamente alla interfaccia d'impatto tra acque diverse (meteorica, di falda e salata) ed alla esposizione all'aria, che si verificano nella zona intertidale di spiaggia. Per confronto e contributo alla discussione, si ritiene di citare gli affioramenti di beachrock presso Finale Ligure (Fierro, Piacentino & lucci 1974).

BIBLIOGRAFIA

Alexandersson, E.T. 1972. Mediterranean beachrock cementation: marine precipitation of Mg-calcite. In Stanley, D.J. (ed.) The Mediterranea Sea. Dowden, Hutchinson & Ross, Stroudsburg Pa., p. 203-223.

Alexsandersson, E.T. and J.D. Milliman. 1981. Intragranular Mg-calcite cement in Halimeda plates from the Brazilian Continental shelf. Jour.Sed.Petrology, 51: 1309-1314.

Bathurst, R.G.C. 1975. Carbonate sediments and their diagenesis (2^ ed.). Elsevier, New York, 658 pp.

Braga, G. and A. Stefanon. 1969. Beachrock ed Alto Adriatico: aspetti paleogeografici, climatici, morfologici ed ecologici del problema. Atti Ist. Beneto Sci., 127: 351-361.

Fierro, G., G.B. Piacentino and S. Tucci. 1974. Caratteri morfologici e litogenetici di una "beachrock" nella Liguria occidentale. Atti Soc. Toscana Sci. Nat. Mem., 81: 89-102.

Hanor, J.S. 1978. Precipitation of beachrock cements: mixing of marine and meteoric waters versus CO_2-degassing. Jour. Sed. Petrology, 48: 489-501.

Horowitz, A. 1966-67. Palynological studies in the lagoon of Venice. Mem. Biogeogr. Adriatica, 7: 17-27.

Maclntyre, I.G. 1977. Distribution of submarine cements in a modern Caribbean fringin reef, Galeta Point, Panama. Jour. Sed. Petrology, 47: 503-516. Vedasi anche discussione di Alexandersson, E. T. 1978, Jour. Sed. Petrology, 48: 665-668; replica di Maclntyre, I.G.,ibidem, 669-670.

Milliman, J.G. 1974. Marine carbonates. Springer, New York, 375 pp.

Newton, R.S. and A. Stefanon. 1976. Primi risultati dell'uso simul taneo in Alto Adriatico di side-scan sonar, sub-bottom profiler ed ecografo. Mem. Biogerogr. Adriatica, 9, suppl.: 33-66

Stefanon, A. 1969-70. The role of beachrock in the study of the evolution of the north Adriatic Sea. Mem. Biogeogr. Adriatica, 8: 79-87.

Stefanon, A. 1979. Gli affioramenti rocciosi dell'Alto Adriatico: considerazioni sulla loro distribuzione, struttura ed evoluzione, nel contesto della problematica del bacino. Atti Convegno Sci. Naz. Progetto Finalizzato CNR "Oceanografia e Fondi Marini", 1233-1242.

LA MIGRAZIONE DELL'ALOSA, ALOSA FALLAX NILOTICA (I. GEOFFR.), ATTRAVERSO IL DELTA DEL PO (+)

R. VITALI°, M. PESARO°°, G. GANDOLFI°°

° ENEL - DCO - Laboratorio Centrale, Piacenza
°° Università di Parma, Istituto di Zoologia

SUMMARY

The migration of twaite shad, Alosa fallax nilotica, through the river Po delta was studied in spring 1979 and 1980. The statistical analysis of the principal meristic data does not show signs of reproduction segregation. The penetration into freshwater of this species in this area occurs in april - may and the males b£ gin to go up the river before the females. The principal migration course runs through the Levante Branch. The twaite shads get near the delta after spring flood and go up the river when flow gets to its normal level again, stimulated also by the seasonal increasing of temperature. At the end of spring, some twaite shads, after spawning, return already through the delta into the sea. Comparing the data collected during 1979 and 1980, no difference is observed in the intensity of migration and in the structural and dynamic parameters considered.

(+) Ricerca svolta nell'ambito delle indagini ambientali nell'area interessata dalla Centrale Termoelettrica di Porto Tolle (RO), con il coordinamento dell'ENEL - CRTN di Milano.

Ramo del Po	D	P	V	A	SPV	SPV'	BI
Levante	18.8±0.81	14.7±0.56	8.9±0.24	21.4±1.10	21.8±0.70	15.0±1.68	21.7±1.20
Maistra	18.8±0.92	14.8±0.37	9.0±0.23	21.3±1.20	21.8±0.63	15.5±0.61	21.8±0.76
Pila	19.0±0.71	14.9±0.46	8.9±0.32	21.2±1.20	21.9±0.82	15.5±0.64	21.9±1.01
Tolle	19.0±0.67	14.8±0.48	8.9±0.25	21.5±1.01	21.6±0.69	15.1±0.61	21.5±0.97
Donzella	18.6±0.52	14.9±0.35	8.8±0.46	21.1±1.60	21.0±1.60	15.1±1.36	22.1±0.64
Goro	19.4±0.46	14.9±0.42	8.9±0.31	21.2±0.98	21.8±0.78	15.1±0.59	21.8±1.05

Tab. I - Media e deviazione standard dei caratteri meristici delle alose del Po: raggi nelle pinne dorsale (D), pettorale (P), ventrale (V) ed anale (A); scaglie nella carena pre - ventrale (SPV) e post - ventrale (SPV); branchiospine inferiori nella prima arcata branchiale (BI).

INTRODUZIONE

I corsi d'acqua delle coste adriatiche sono interessati dalla migrazione anadroma dell'aiosa, Alosa fallax nilotica. La via principale di accesso alle acque interne è senza dubbio costituita dal delta del Po; in questo ambiente, la risalita dell'alesa è stata studiata nel periodo primaverile degli anni 1979 e 1980. Scopo della ricerca è stato di determinare il calendario della fase migratoria e l'entità relativa dell'afflusso di alose nei sei principali rami del delta. La risalita è stata considerata anche in rapporto alle variazioni di alcuni parametri ambientali che, in ipotesi, possono influenzare la migrazione. Inoltre, sono state analizzate le principali caratteristiche strutturali e dinamiche della popolazione nella sua fase riproduttiva. Alcuni caratteri meristici delle alose catturate sono stati esaminati per mezzo di una tecnica di analisi multivariata per verificare, attraverso 1'eventuale presenza di differenze tra gruppi, l'ipotesi di una tendenza allo "homing" da parte di questi migratori.

MATERIALE E METODI

I punti di prelievo sono stati collocati su sei rami principali del Po (Levante, Maistra, Pila, Tolle, Donzella e Coro) a distanze equivalenti dal mare e su tratti di sponda il più possibile simili. Nel 1980 una seconda stazione di prelievo è stata aggiunta nel Po di Pila. I campionamenti sono stati svolti settimanalmente usando in ogni stazione un tramaglio di 20 m con maglie di 46 mm. La rete era lasciata in opera per una notte, ancorata a riva e stesa diagonalmente verso valle; questa collocazione permetteva di sbarrare la risalita ai migratori, che percorrono di preferenza rotte adiacenti alla sponda, dove la velocità di corrente è minore.

Su ogni pesce catturato sono stati rilevati la lunghezza totale (LT), il peso corporeo (W), il peso delle gonadi (Wg), il numero di raggi delle pinne dorsale, pettorale, ventrale ed anale, il numero delle branchiospine inferiori nella prima arcata branchiale, il numero degli scudi pre- e post-ventrali. I dati sono stati utilizzati anche per il calcolo del fattore di condizione ($K = W\text{-}100/LT^3$) e dell'indice gonado - somatico (GSI = Wg-100/W). I campionamenti sono stati svolti da aprile a giugno nel 1979, da marzo a giugno nel 1980.

RISULTATI

Caratteri meristici

I valori dei caratteri meristici da noi rilevati non differi

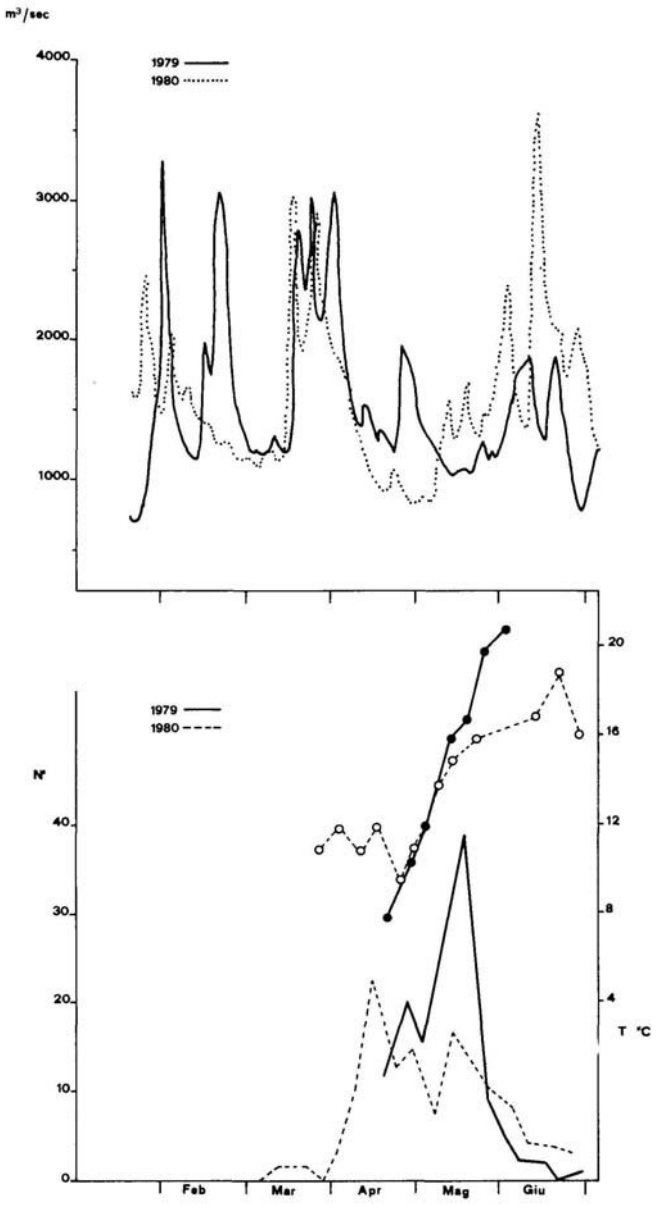


Fig. 1 - Variazioni della portata del Fiume Po a Pontelagoscuro (m^3/sec), della temperatura media dell'aria al suolo a Porto Tolle (°C) e del numero di alose catturate nei campionamenti del 1979 e del 1980.

scono da quelli precedentemente riportati da Tortonese (1970) e da Quignard e Kartas (1977) per questa sottospecie. All'analisi statistica monovariata sui dati numerici raccolti (analisi della varianza per carattere) le differenze rilevabili tra stazioni (Tab. I) non sono significative. Allo stesso modo, l'analisi multivariata (analisi delle componenti principali sull'intera serie dei dati meristici), svolta per verificare se i gruppi di migratori catturati nei diversi rami differissero per la combinazione dei caratteri anziché per i loro singoli valori numerici, non evidenzia particolari segregazioni.

Distribuzione spazio-temporale del flusso migratorio

In entrambi gli anni il periodo di maggiore intensità migratoria si è verificato dopo le piene primaverili del Po, cioè tra la metà di aprile e la fine di maggio (Fig. 1). Nel 1979 il movimento delle alose si è concentrato in maggio, mentre nel 1980 si è distribuito in un arco di tempo più lungo.

La distribuzione spaziale della migrazione (Fig. 2) mostra una evidente disomogeneità: in entrambi gli anni le catture sono state maggiori nel ramo più settentrionale (Po di Levante), dove è stata campionata poco meno della metà degli esemplari considerati in questa ricerca (64 su 134 nel 1979 e 51 su 130 nel 1980).

Influenze ambientali

Le modificazione di alcuni fattori ambientali hanno influito in modo diverso sull'afflusso di alose nei due anni. Nel 1979 i prelievi sono stati svolti in un periodo a regime idrologico poco variabile (Fig. 1), mentre la temperatura ha subito un sensibile aumento progressivo; per questo motivo, la temperatura (x) emerge come fattore influenzante altamente significativo nel determinare Variazioni di flusso delle alosa (y), almeno durante le prime cinque settimane di campionamento ($\log y = 0.71 + 0.05 x$; $P<0.01$). Nel periodo successivo la relazione non sussiste più per il progressivo esaurimento dello stock di riproduttori in transito. Al contrario, le forti variazioni di portata del Po nel 1980 hanno consentito di evidenziare una correlazione negativa altamente significativa tra questo fattore (x) e l'abbondanza di catture ($\log y = 5.30 - 1.4 \log x'$; $P < 0.01$); nello stesso anno la temperatura, già al di sopra di 20°C a marzo e con incremento meno netto e regolare nel periodo seguente, non mostra di influire in modo rilevante .

Né la marea né la fase lunare hanno mostrato di condizionare in qualche modo la migrazione attraverso il delta. Caratteristiche strutturali e dinamiche della popolazione in rimonta

Circa i due terzi degli esemplari campionati sono compresi tra

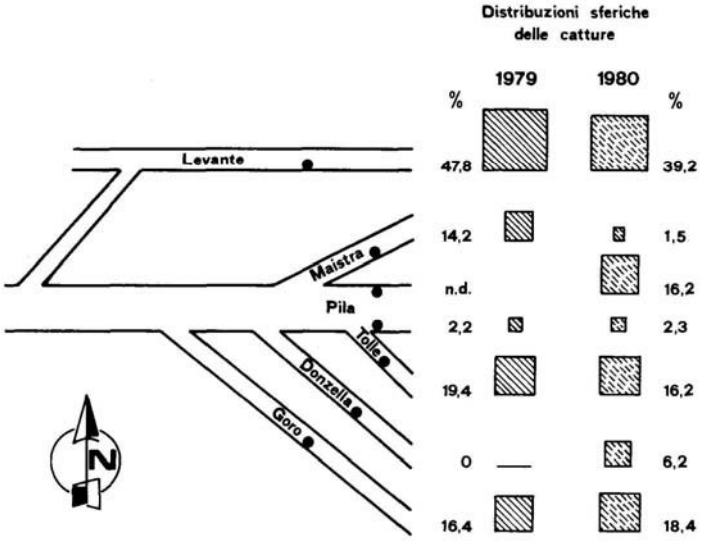


Fig. 2 - Ubicazione delle stazioni di campionamento e distribuzione spaziale delle catture.

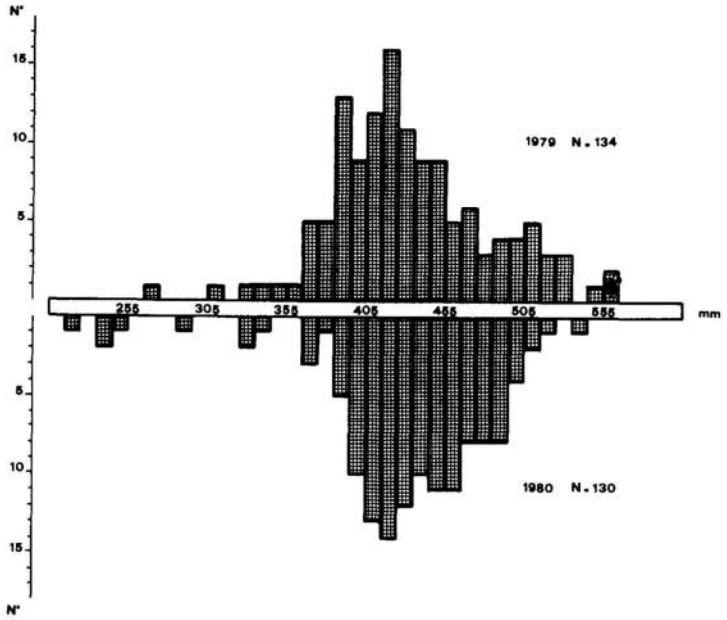


Fig. 3 - Distribuzione per classi di lunghezza totale (mm) delle alose catturate nei due anni di campionamento.

400 e 500 mm di LT, senza differenze sostanziali tra i due anni (Fig. 3). La scarsità di individui di piccola taglia non è probabilmente dovuta alla selettività della rete, essendo presumibile che essi non partecipino alla migrazione riproduttiva.

Il rapporto tra i sessi è in favore delle femmine nel 1979 (maschi = 40.7 ± 9%; M/F = 0.69) e dei maschi, sia pure in modo non significativo, nel 1980 (maschi = 55.4+ 9%; M/F=1.24). L'andamento stagionale delle frequenze dei due sessi indica, in entrambi gli anni, prevalenza di maschi nella fase iniziale; verso la fine della stagione il rapporto si inverte decisamente (1979) o tende ad equilibrarsi (1980). Si può ritenere che l'arrivo anticipato dei maschi, che tra l'altro rende ragione della relativa scarsità di questo sesso nel 1979 per l'inizio ritardato dei prelievi, sia dovuto ad una più rapida maturazione delle gonadi ed a un anticipo della migrazione.

La taglia media degli esemplari catturati non varia significativamente nei due anni (Figg. 3 e 4). Lo stesso si verifica per il fattore di condizione e per l'indice gonado – somatico (Fig. 4). Durante le prime fasi della migrazione i branchi in transito risultano composti da femmine di dimensioni superiori a quelle dei maschi; con il procedere della stagione le differenze si attenuano e perdono di significatività. Un'osservazione simile vale anche per l'indice gonado – somatico, mentre le variazioni del fattore di condizione si distribuiscono nel tempo in modo casuale. Nel corso di entrambe le stagioni si è notata una progressiva diminuzione dell'indice gonado – somatico, del fattore di condizione e del peso medio, con evidenza maggiore nelle femmine. Analizzando statisticamente questo andamento, risulta che la correlazione delle medie di questi parametri con il tempo raggiunge alti livelli di significatività (Tab. II).

CONCLUSIONI

L'uniformità di situazioni relative ai caratteri meristici consente di attribuire le alose del Po ad un'unica popolazione morfologicamente omogenea, non avvalorando l'ipotesi di un possibile isolamento riproduttivo fra quelle che risalgono il Po di Levante, che è collegato con il sistema idrico Tartaro - Canalbianco, e quelle che risalgono gli altri rami. Non vi sarebbe quindi una tendenza allo "homing" dimostrabile su queste basi, come segnalato da Cottiglia (1969) per le alose di alcuni corsi d'acqua della Sardegna e da Carscadden e Legget (1975) per A. sapidissima delle coste atlantiche del Canada.

La rimonta delle alose nel delta del Po inizia in marzo, con prevalenza di maschi nei branchi che per primi giungono nelle ac—

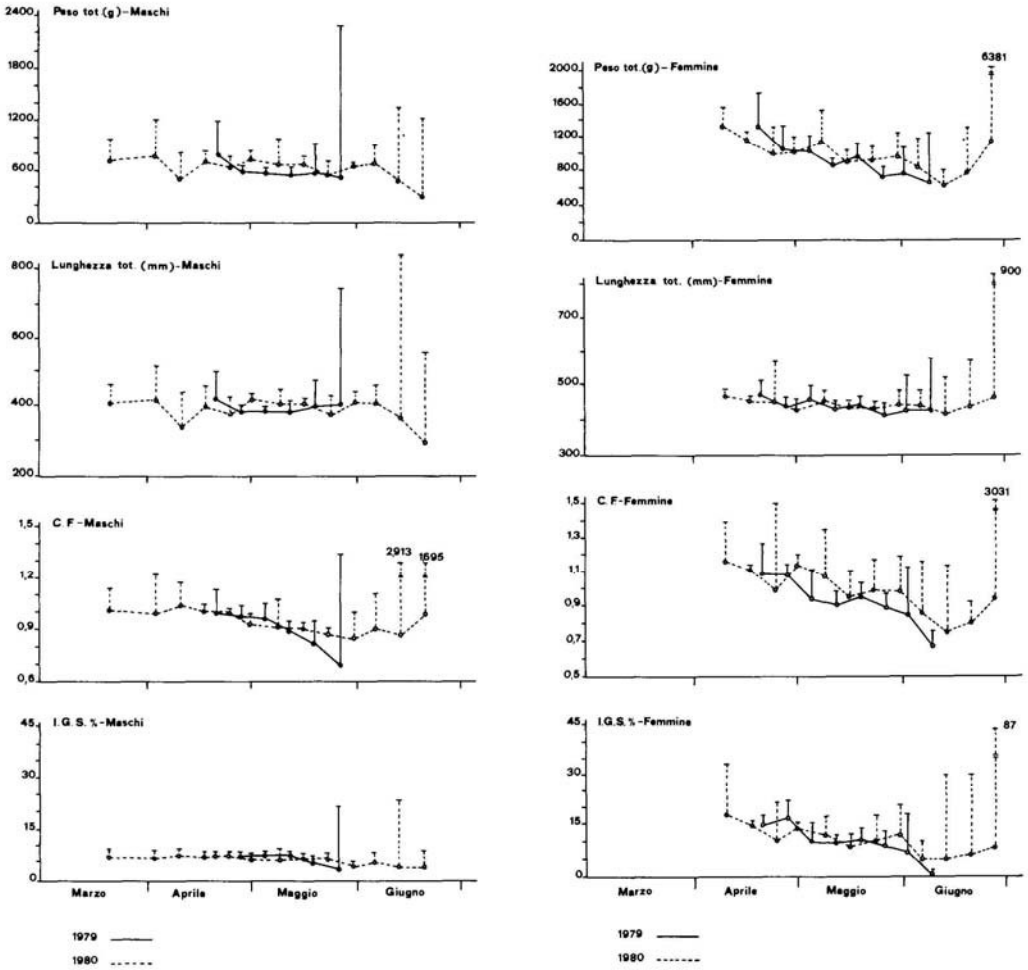


Fig. 4 - Andamento temporale della media (con limiti di confidenza per P < 0.05) del peso e della lunghezza totali, del fattore di condizione (CF) e dell'indice gonado-somatico (GSI) delle alose campionate.

que interne; il massimo afflusso di femmine è in aprile. L'intensità della risalita cala nettamente dopo la metà di maggio. Questo calendario corrisponde, in generale, con quello indicato da D'Ancona (1928) per le alose del Tevere. Secondo Cottiglia (1965) la rimonta di alose in Sardegna è più precoce (febbraio - aprile).

La rotta principale di accesso è il Po di Levante. La preferenza per questo ramo è probabilmente dovuta a caratteristiche particolari delle sue acque, che provengono in massima parte dal Tartaro e dal Canalbianco, costituendo un sistema idrico solo parzialmente collegato con il vero e proprio bacino del Po.

La portata del fiume condiziona la migrazione anadroma: le piene primaverili hanno 1' effetto di richiamare le alose verso il delta e la risalita nei rami del fiume ha luogo quando le condizioni di portata tornano alla normalità.

La progressiva diminuzione del peso medio, dell'indice gonade-somatico e del fattore di condizione, indica che con il procedere della stagione compaiono nei campioni, con frequenza sempre maggiore, individui che già si sono riprodotti e che stanno tornando verso il mare.

Il confronto tra i due anni pone in evidenza una certa costante dell'intensità di afflusso nei vari rami, come pure dei valori medi e dell'evoluzione temporale dei principali parametri biologici considerati.

RINGRAZIAMENTI

I dati idrologici e mareografici sono stati cortesemente forniti dall'ENEL- CRIS di Mestre (Venezia).

BIBLIOGRAFIA

Carscadden, J. E. and W. C. Leggett. 1975. Meristic differences in spawning populations of American shad, Alosa sapidissima: evidence for homing to tributaries in the Saint John River, New Brunswick. J. Fish. Res. Bd Canada,32: 653 - 660.

Cottiglia, M. 1965. La distribuzione dell'ittiofauna dulciacquico la in Sardegna. Riv. Idrobiol. Piscic., Perugia, 7: 63- 116.

Cottiglia, M. 1969. Nuovi dati sulla biologia e sulla sistematica di Alosa fallax Lac. della Sardegna. Rc. Semin.Fac. Sci. Univ. Cagliari, 39: 351-365.

D'Ancona, U. 1928. La biologia dell'alosa del Tevere in confronto a quelle di altre regioni. Int.Rev.Hydrobiol., Leipzig , 20: 430- 455.

Quignard, J.P. et F. Kartas. 1977. Les Aloses fintes Alosa fallax (Lacepède, 1803) Poissons Clupéiformes de l'Atlantique nord-est

et de la Méditerranée. Etude des caractères numériques. Bull.Mus.nation.Hist.nat., Paris, no. 501, Zool., 350: 1241-1256.
Tortonese, E. 1970. Ostheichthyes, Pesci Ossei, pt. I. Fauna d'Italia, vol. X, Calderini, Bologna.

Tab. II

		1979	1980
maschi	LT	n.s.	n.s.
	W	$P < 0.05$	n.s.
	CF	$P < 0.01$	$P < 0.01$
	GSI	$P < 0.05$	$P < 0.001$
femmine	L	$P < 0.05$	n.s.
	W	$P < 0.001$	$P < 0.05$
	CF	$P < 0.01$	$P < 0.001$
	GSI	$P < 0.001$	$P < 0.001$

Tab. II - Livello di significatività della tendenza stagionale alla diminuzione dei principali parametri biologici: lunghezza totale (LT), peso totale (W), fattore di condizione (CF) e indice gonade - somatico (GSI).

RELAZIONI TRA LE MISURE PONDERALI DI BIOMASSA ZOOPLANCTONICA (ACQUE COSTIERE DEL MAR LIGURE) (+)

T. ZUNINI SERTORIO°, S. ROVIDA°°, A. BOGLIOLO°

° Istituto di Scienze Ambientali Marine dell'Università di Genova
°° Istituto di Statistica Medica e Biometria dell'Università di Genova

SUMMARY

Relationships between wet weight, dry weight and ash free dry weight of total zooplankton collected in the Ligurian coastal waters, over two years, at two stations -inshore and offshore- nave been established.

High correlation exists between all pairs of biomass measures; relationships between biomass measures ratios have different variations for surface and water column samples (Test U, Mann-Whitney). Therefore different relationships between pairs of biomass measures, estimated using the geometric mean predictive regression (GM), have been established for surface and water columns samples.

The amount of plankton ash content is quite different in the inshore and offshore water columns, but similar at surface in both stations.

The established equations can be used for biomass evaluation on the coastal waters of the Ligurian Sea.

INTRODUZIONE

La biomassa zooplanctonica può venire espressa in modi diversi a seconda dei metodi di determinazione, ciascuno dei quali presenta particolari vantaggi e limitazioni (Beers, 1976).

L'utilità di poter fare confronti tra i dati ottenuti in diverse zone con metodi differenti ha da tempo spinto vari Autori a cercare di determinare fattori di conversione tra le differenti misure, sia per lo zooplancton totale che per i singoli organismi o gruppi di organismi (p.es. Fleming, 1939;

(+) Contributo del "Gruppo di Ricerca Oceanologica - Genova" Contratti di ricerca C.N.R.: 77.01032.88 - 78.01041.88/115.0907

Laevastu, 1957; Cushing, Humphrey, Banse & Laevastu, 1958; Hagmeier, 1961; Wiebe, Boyd & Cox, 1975; Le Borgne, 1975). Comunque va sottolineato che le equivalenze debbono venire usate con prudenza data la variabilità del plancton e gli errori di misura insiti in ciascuna tecnica.

Nel caso di aree localizzate si può ritenere che fattori di conversione se basati su campioni che tengano conto delle variazioni stagionali e se processati con identiche tecniche, possono fornire stime attendibili da potersi applicare all'area stessa. Essi possono anche dare, come afferma Le Borgne (1975), un'indicazione sulle caratteristiche qualitative del plancton della zona.

Lo scopo di questo lavoro è di giungere a definire equazioni di regressione tra le misure ponderali dello zooplancton delle acque costiere liguri onde disporre in futuro, per tale zona, di uno strumento che permetta il passaggio da una misura ponderale all'altra con approssimazione conosciuta. Si potrà avere così il duplice vantaggio di abbreviare i tempi di lavoro e di poter utilizzare gli stessi campioni per ulteriori indagini.

METODI

I campioni sono stati raccolti al largo di Chiavari (Liguria orientale) da ottobre 1977 a ottobre 1979, ad intervalli per lo più quindicinali, su due stazioni poste a diversa distanza dalla costa, una sulla platea (fondale ca. 60 m; 44°17'6 N -09°17'6 E) e l'altra al margine di essa (fondale ca. 250 m; 44°15'1 N - 09°13'6. E) .

In ciascuna stazione i prelievi sono stati effettuati con rete standard modello WP-2, 202 µm, (Unesco, 1968) nella stessa mattinata (°) mediante pescate orizzontali in superficie e pescate verticali dalla superficie alla prossimità del fondo, ottenendo quattro serie di 44 o 45 campioni ciascuna che vengono denominate:

SUP 1; serie di superficie sulla stazione al largo
SUP 2, serie di superficie sulla stazione costiera
COL 1, serie verticale (0-200 m) sulla stazione al largo
COL 2, serie verticale (0-50 m) sulla stazione costiera

Le misure di peso umido (PU), peso secco (PS), e peso secco senza ceneri (PSSC) sono state effettuate su campioni "in toto" dopo aver eliminato il detrito grossolano e gli organismi maggio-

(°) Un solo campione è stato prelevato alle ore 1800

ri di 1 cm. I campioni includono pertanto sia il detrito che il fitoplancton maggiori di 200 µm trattenuti dalle maglie del retino e sarebbe quindi più esatto chiamarli campioni di "plancton da rete" invece che di zooplancton (Matthews & Heimdal, 1980; Alcaraz, 1980).

Le misure ponderali di PU, PS, PSSC sono state eseguite secondo le metodiche proposte da Lovegrove (1966) sui campioni conservati in formalina al 4% almeno due mesi dopo la raccolta. Gli accorgimenti adottati in questo lavoro per il PU, PS e PSSC sono i seguenti.

Per il PU il campione veniva posto in un bicchiere in plastica tarato con il fondo di garza nytal n° 25 TU (luce delle maglie 20 µm) di 45 o 60 mm di diametro, sciacquato con 150 o 300 cc di acqua distillata, a seconda del volume del plancton, e filtrato pochi secondi su pompa a vuoto; l'acqua residua veniva sottratta per mezzo di carta bibula. Per il PS il plancton umido, nello stesso contenitore usato per il PU, veniva posto in stufa a 60°C fino al raggiungimento del peso costante e poi in essiccatore per mezz'ora. Per il PSSC il campione trasferito in un crogiolo tarato, veniva scaldato fino a 800°C e combusto a tale temperatura per 30 minuti quindi posto in essiccatore per altri 30 minuti prima della pesata.

Per le pesate si è usata una bilancia Mettler, H 54 AR, con precisione di ± 0.01 mg.

ANALISI DELLE MISURE PONDERALI

II plancton da rete è costituito oltre che dallo zooplancton anche dal fitoplancton e dal detrito di varia natura nel quale quello terrigeno può avere un'importanza non trascurabile nelle acque costiere. I due fattori, composizione del popolamento (°) e detrito, contribuiscono in diverso grado a determinare le stime planctoniche in relazione alla vicinanza della costa. Nel nostro caso era necessario accertare se le relazioni tra misure

---

(°) La composizione media annuale del popolamento zooplanctonico tra Ott. 1977 ed Ott. 1978 è risultata la seguente:

	SUP 1	SUP 2	COL 1	COL 2
	%	%	%	%
Copepodi	43.5	50.2	75.4	66.9
Cladoceri	29.2	24.5	4.4	8.0
Tunicati	11.3	14.1	7.9	11.5
Sifonofori	6.2	4.1	4.3	4.9
Larve meroplanct.	5.1	3.6	2.1	4.5
Altri	4.7	3.5	5.9	4.5

di biomassa erano differenti per il plancton prelevato al margine della platea e quello più propriamente costiero, campionato su fondale di ca. 60 m.

In ogni serie di campioni è stata innanzitutto verificata l'esistenza della correlazione tra le misure ponderali mediante il coefficiente "r" di Bravais-Pearson. I valori ottenuti sono risultati alti e significativi: le correlazioni tra PS e PSSC sono altissime in tutte le serie ("r" compreso tra 0.97 e 0.99), mentre tra PS e PU e tra PSSC e PU sono più alte in superficie (0.94 f 0.97) che sulle colonne (0.83 -7 0.93) (Tab. l).

Tabella 1. Rapporti percentuali tra le diverse misure di biomassa per metro cubo (media di due anni) per le quattro serie di campioni e coefficienti di correlazione "r" di Bravais-Pearson.

		m	±	s	Max	Min	r
PS/PU	SUP 1	11.59	±	5.46	37.65	3.25	0.96
	SUP 2	10.93	±	2.41	19.35	6.03	0.97
	COL 1	13.75	±	6.42	48.91	4.85	0.84
	COL 2	17.13	±	12.93	73.23	7.48	0.93
PSSC/PU	SUP 1	9.12	±	2.51	14.25	2.64	0.97
	SUP 2	9.00	±	2.20	12.39	3.34	0.94
	COL 1	11.55	±	4.99	37.62	3.82	0.83
	COL 2	13.63	±	10.65	56.86	5.60	0.90
PSSC/PS	SUP 1	83.00	±	13.10	94.24	27.62	0.99
	SUP 2	81.82	±	10.58	94.06	55.34	0.99
	COL 1	84.23	±	7.42	93.85	65.46	0.98
	COL 2	78.83	±	8.30	93.68	61.19	0.97

Calcolati i rapporti che legano le diverse misure di biomassa in ogni serie, si è proceduto ad esaminare la significatività del le differenze delle variazioni di tali rapporti mediante il test non parametrico "U" di Mann-Whitney, per verificare se le quattro serie potevano considerarsi omogenee,confrontandole a due a due.

I risultati indicano che le due serie di superficie sono omogenee per tutti i rapporti che legano le varie misure di biomassa. Per contro esistono differenze significative tra le due serie verticali nel rapporto PSSC-PS ($P<0.01$) ed ancora per le serie di superficie e di colonne nei rapporti PS-PU e PSSC-PU ($P<0.01$ e $P<0.001$), di superficie e COL 2 nel rapporto PSSC-PS (Tab. 2).

In base a questi risultati per determinare le relazioni tra coppie di misure si sono sempre uniti i campioni della serie di

superficie. Per le serie verticali si sono uniti i campioni di COL 1 e COL 2 quando nel rapporto interviene il PU e si sono trattati separatamente i campioni di ciascuna colonna per le relazioni PSSC-PS.

Tabella 2. Significatività (P) dei confronti effettuati mediante il test "U" di Mann-Whitney nella variazione dei rapporti che legano le diverse misure di biomassa nelle quattro serie di campioni, confrontate due a due (*P<0,05, **P<0,01, ***P<0,001).

		SUP 2	COL 1	COL 2
PS/PU	SUP 1	0.78 (NS)	0.0026**	0.00014***
	SUP 2		0.0006***	0.00006***
	COL 1			0.29 (NS)
PSSC/PU	SUP 1	0.79 (NS)	0.0010***	0.0016**
	SUP 2		0.0003***	0.0014**
	COL 1			0.79 (NS)
PSSC/PS	SUP 1	0.34 (NS)	0.65 (NS)	0.0010***
	SUP 2		0.52 (NS)	0.0466*
	COL 1			0.0014**

Le relazioni esistenti tra le coppie di misure ponderali di biomassa sono state definite mediante là regressione geometrica (GM) che rappresenta la migliore relazione tra caratteri soggetti sia a variabilità naturale che ad errori di misura (Ricker; 1973; Laws & Archie, 1981) (°).

Allo scopo di normalizzare la distribuzione è stata fatta la trasformazione logaritmica dei dati riferiti al metro cubo (°°).

Per le relazioni PS-PU sono state calcolate due equazioni di regressione, una per i campioni di superficie, la seconda per i campioni delle colonne unendo le serie COL 1 e COL 2 perché omoge

(°) La regressione GM chiamata funzionale da Ricker (1973) è stata applicata per le relazioni tra misure di biomassa zooplactonica da Wiebe et al. (1975) al cui lavoro ci siamo riferiti nella presente indagine. La regressione GM è stata applicata da Blackburn (1966) e da Le Borgne (1981) per le relazioni tra biomasse planctoniche.

(°°) I dati originali compaiono in due Rapporti Tecnici della Cattedra di Idrobiologia dell'Università di Genova (Della Croce, Fabiano, Zunini Sertorio, 1979, 1980).

nee. Nello stesso modo si è proceduto per le relazioni PSSC-PU. Per PSSC-PS sono state stabilite tre equazioni, una per la superficie, una per COL 1 ed un'altra per COL 2 poiché le serie verticali non sono risultate omogenee per questo rapporto (Tab. 3). Nella tabella 4 figurano i dati necessari per la previsione delle Y e delle X d'accordo a quanto indicato in Appendice.

Tabella 3. Equazioni della regressione GM per coppie di misure ponderali di biomassa: PU, peso umido; PS, peso secco; PSSC, peso secco senza ceneri.

	N	r^2	varianza della inclinaz.	limiti fiduciali per la inclinazione
Superficie				
log(PS) = -0.8086 + 0.8850 log(PU)	89	0.961824	0.000344	0.8487 ÷ 0.9229
log(PSSC) = -0.9096 + 0.8927 log(PU)	89	0.965679	0.000314	0.8579 ÷ 0.9289
log(PSSC) = -0.0939 + 1.0087 log(PS)	89	0.979070	0.000245	0.9782 ÷ 1.0401
Colonna 1 e Colonna 2				
log(PS) = -0.5362 + 0.7783 log(PU)	90	0.730861	0.001363	0.6972 ÷ 0.8689
log(PSSC) = -0.5905 + 0.7537 log(PU)	90	0.811361	0.002492	0.6607 ÷ 0.8598
Colonna 1 (0-200 m)				
log(PSSC) = -0.0728 + 0.9910 log(PS)	45	0.974795	0.000575	0.9437 ÷ 1.0406
Colonna 2 (0-50 m)				
log(PSSC) = -0.0938 + 0.9860 log(PS)	45	0.963125	0.000834	0.9276 ÷ 1.0443

Le formule per calcolare i dati statistici della regressione GM sono date da Ricker (1973,1975); il test usato per la significatività delle differenze delle inclinazioni è quello di Clarke (1980).

REGRESSIONI PESO SECCO - PESO UMIDO

Tra le misure ponderali quella del PU è la più soggetta ad errore data la difficoltà insormontabile di eliminare tutta l'acqua interstiziale senza intaccare l'acqua all'interno degli organismi; essa ha d'altra parte il vantaggio indiscutibile di non distruggere i campioni e di venire determinata in tempo relativamente breve e può quindi essere di grande utilità. Il PS, ottenuto dopo la eliminazione dell'acqua dall'interno degli organismi,offre minor margine di errore nella sua determinazione.

Il rapporto PS/PU dipende pertanto da fattori tecnici relati-

vi alle misurazioni e dipende inoltre dalla quantità di acqua negli organismi ossia dalla composizione del campione; il rapporto è basso in presenza di organismi gelatinosi e di masse mucillaginose, è più alto in presenza di crostacei e di organismi con conchiglia. Da notare che nei campioni di zooplancton "in toto" la presenza di abbondante fitoplancton e di detrito terrigeno influiscono sul rapporto in modo diverso.

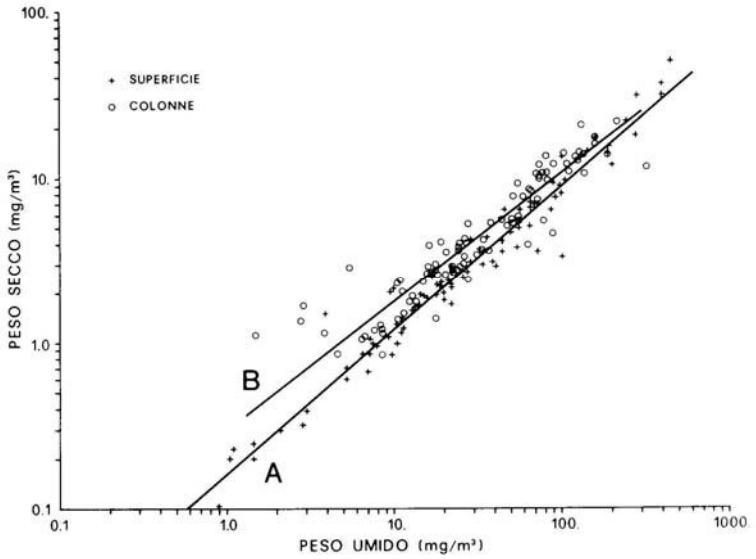


Figura 1. Rette di regressione GM del Peso secco e del Peso umido relative a campioni di zooplancton prelevati in superficie (A) e sulle colonne d'acqua (B).

E' stato osservato che il. rapporto PS/PU è funzione della dimensione del campione (Wiebe et al., 1975; Le Borgne, 1981); tale dipendenza si osserva anche nelle nostre serie, sia di superficie che di colonna, ed è messa in evidenza dall'inclinazione delle rispettive rette di regressione, in entrambi i casi diversa da 1.0 (°).

Nelle nostre serie esistono correlazioni alte e statisticamente significative tra le misure di PS e PU. Però le rette di regressione hanno inclinazioni significativamente diverse ($P < 0.02$) se riferite alla superficie o alle colonne (Fig. l) e diver-

(°) Contrariamente a quanto osservato da Wiebe et al. (1975) per campioni dell'Atlantico, nelle nostre serie la percentuale di PS/PU diminuisce con l'aumentare del campione umido.

sa è pure la variabilità delle misure (Tab.4). Queste differenze, tenuto conto dell'uniformità delle tecniche usate e considerando che le serie di campioni includono le variazioni stagionali, devono riflettere differenti composizioni del plancton da rete in superficie e sulle colonne, già peraltro riscontrate nell'analisi qualitativa dei popolamenti zooplanctonici.

La variabilità è maggiore sulle colonne e ciò determina maggior margine di errore nelle stime dei valori del PS dato il PU rispetto alla superficie.

Tabella 4. Dati statistici per il calcolo dei valori di X e di Y nelle equazioni della Tabella 3.

		Previsione delle Y			Previsione delle X		
	$t_{n-2;0.05}$	$\bar{X}$	Σx^2	s^2_{yx}	$\bar{Y}$	Σy^2	s^2_{xy}
Superficie							
PS e PU	1.98	1.4133	32.8361	0.011292	0.4422	25.7185	0.014408
PSSC e PU	1.98	1.4133	32.8361	0.010323	0.3521	26.1683	0.012954
PSSC e PS	1.98	0.4422	25.7185	0.006301	0.3521	26.1683	0.006193
Colonna 1 e 2							
PS e PU	1.98	1.4936	19.7948	0.036671	0.6263	11.9918	0.060532
PSSC e PU	1.98	1.4936	19.7948	0.049328	1.5352	11.2441	0.086840
Colonna 1							
PSSC e PS	2.02	0.4004	2.8405	0.001635	0.3240	2.7895	0.001664
Colonna 2							
PSSC e PS	2.02	0.8522	4.5581	0.003892	0.7465	4.4363	0.003996

REGRESSIONI PESO SECCO SENZA CENERI - PESO SECCO

II PSSC, determinato sottraendo le ceneri al PS, è la misura ponderale più interessante poiché rappresenta la qualità di materiale organico disponibile. Il suo rapporto con il PS dipende in gran parte dalla composizione dei popolamenti zooplanctonici dato che la quantità di ceneri varia ampiamente negli invertebrati acquatici. Il rapporto è tuttavia influenzato dalla presenza del fitoplancton (°) e del detrito terrigeno

(°) La percentuale di ceneri sul peso secco varia notevolmente nelle diverse alghe fitoplanctoniche. Parsons, Stephens & Strickland (1961) trovano per le forme allevate in coltura, in condizioni simili, valori delle ceneri tra 28.0 e 57.0% per tre differenti specie di Diatomee, 36.4% per un Coccolitoforide, 8.3 e 14.1% per due specie di Peridinee.

se con alta frazione minerale. Generalmente le misure di peso secco e di peso secco senza ceneri sono strettamente correlate nei campioni di zooplancton.

Nelle nostre serie di campioni i coefficienti delle regressioni per la superficie e per ciascuna colonna hanno valori molto vicini a 1.0 (Tab. 3) il che significa che in ogni serie il PSSC è una percentuale quasi costante del PS. Le intercette sono diverse e riflettono le differenti quantità medie delle ceneri che risultano 18.7% del PS in superficie, 16.1% su COL 1 e 21.6% su COL 2. La marcata differenza delle ceneri sulle due colonne, che non sembra imputabile solo alla composizione dei popolamenti zooplanctonici, può essere interpretata in parte come l'effetto di una maggiore presenza di detrito terrigeno, oltre che di fitoplancton, sulla stazione costiera.

La variabilità delle osservazioni è maggiore in superficie rispetto alle colonne; le stime del PSSC per valori noti di PS hanno possibilità dì variare circa del 38% in superficie, del 30% su COL 2 e del 20% su COL 1.

REGRESSIONI PESO SECCO SENZA CENERI - PESO UMIDO

Per le serie di campioni di superficie e delle colonne i coefficienti di regressione delle equazioni PSSC-PU (Tab. 3) sono molto simili a quelli ottenuti per PS-PU e ciò riflette il fatto che nelle regressioni PSSC-PS tale coefficiente è vicino ad 1.0. Cambia però la variabilità delle misure, confermando l'osservazione di Le Borgne (1975) che vi può essere attenuazione od aumento di variabilità quando si correlano a due a due differenti parametri.

CONCLUSIONI

La presente indagine concerne l'analisi statistica dei rapporti tra le misure ponderali di biomassa in relazione alla profondità ed alla distanza dalla costa, indipendentemente dall'esame qualitativo e quantitativo dei popolamenti zooplanctonici espresso come numero di organismi per metro cubo.

Le relazioni del PS con il PU fanno ritenere che il plancton possa considerarsi della stessa natura in superficie, vicino e lontano da costa, e diverso da quello raccolto sulle colonne d'acqua sia in costa che al largo confermando quanto rilevato con l'esame qualitativo dei popolamenti zooplanctonici (Zunini Sertorio, Salemi Picene & Della Croce, 1980).

Le relazioni del PS con il PSSC hanno messo in evidenza quantità relativa di ceneri maggiore nel plancton della colonna d'acqua costiera, minore nel plancton di superficie in costa ed

al largo, ed ancora più bassa nel plancton della colonna d'altura. La variabilità del rapporto PSSC/PS sulle colonne d'acqua è maggiore in costa che al largo, ed ancora maggiore è la variabilità di tale rapporto in superficie, sia in costa che al largo. La maggiore uniformità di valori per la colonna del largo denuncia una maggiore "stabilità" del mezzo ambiente studiato e posto ai margini esterni della platea continentale. In base alla variabilità osservata in superficie vicino e lontano da costa, non è da escludere l'influenza di apporti costieri, tenuto conto della composizione qualitativa del plancton.

I valori delle biomasse considerate in questo studio, se espresse in peso umido, sono comprese tra 0.94 e 425.72 mg/m^3 in superficie e tra 1.54 e 328.14 mg/m^3 sulle colonne d'acqua. Nessuno dei rapporti tra le varie misure ponderali ha mostrato variazioni riconducibili ad un andamento stagionale e tali da giustificare relazioni diverse per differenti periodi dell'anno. Questo fatto rende applicabili in tutte le stagioni le regressioni PS-PU, PSSC-PU, e PSSC-PS per le colonne d'acqua in costa ed al largo, e per le acque di superficie della platea continentale ligure, ottenuti in base ai campioni raccolti nel corso dei due anni della ricerca.

RINGRAZIAMENTI

Siamo grati al Prof. N. Della Croce per aver discusso con noi i risultati. Ringraziarne il Sig. A. Arpicelli per l'esecuzione del grafico.

BIBLIOGRAFIA

Alcaraz, M. 1980. Evoluciòn y distribuciòn vértical de la biomasa de zooplancton expresada en carbone y nitrogeno orgànicos,relaciòn C/N y carbone detrìtico, en una zona marina afectada" por aguas residuales procedentes de la ciudad de Barcelona. Inv. Pesq., 44(2): 265-274

Barnes, H. 1952. The use of transformations in marine biological statistics. J.Cons.Perm.int.Expl.Mer, 18:61-71.

Bartlett, M.S. 1949. Pitting a straight line when both variables are subject to error. Biometrics, 5(3): 207-212.

Beers, J.R. 1976. Determination of zooplankton biomass. In: "Zooplankton fixation and preservation". H.F. Steedman ed., The Unesco Press, Paris, 35-84.

Bogliolo, A., G. Cevasco, N. Della Croce e T. Zunini Sertorio. 1979. Composizione qualitativa e quantitativa dello zooplancton (Chiavari): Ottobre 1977-Ottobre 1978. Catt.Idrob.Pescic.Univ.Genova, Rapp.Tecn., 9:14pp.

Blackburn, M. 1966. Relationships between Standing Crops at Three Successive Trophic Levels in the Eastern Tropical Pacific. Pacif.Sci., 20: 36-59.

Clarke, M.R.B. 1980. The reduced major axis of a Bivariate sample. Biometrika, 67: 441-446.

Cushing, D.H., G.F. Humphrey, K. Banse & T. Laevastu. 1958. Report of the Committee on terms and equivalents. Rapp.Proc.-Verb.,Cons.Perm.int.Explor.Mer., 144: 15-16.

Della Croce N., M. Fabiano e T. Zunini Sertorio. 1979. Biomassa planctonica, sali nutritivi, parametri idrologici (Chiavari): Ottobre 1977-Ottobre 1978. Catt.Idrob.Pescic.Univ.Genova, Rapp.Tecn., 8: 14pp.

_____ 1980. Biomassa planctonica, sali nutritivi, parametri idrologici (Chiavari): Ottobre 1978-Ottobre 1979. Ibid., ll:14pp.

Fleming, R.H. 1939. The composition of plankton and units for reporting populations and production. Sixth Pacific Sci.-Congr.,Calif.,1939, Proc., 3: 535-540

Hagmeier, E. 1961. Plankton-Aquivalente. Kiel Meeresforsch, 17: 32-42.

Laws, E.A. and J.W. Archie. 1981. Appropriate use of regression analysis in marine biology. Mar.Biol., 65: 13-16.

Laevastu, T. 1957. Review of the metods used in plankton research and conversion tables for recording the data and recommendations for standardization. Food and Agriculture Organization Pubb., 7/44/72, 39pp.

Le Borgne, R. 1975. Equivalences entre les mesures de biovolumes, poids secs, poids secs sans cendre, carbone, azote et phosphore du mesozooplancton de l'Atlantique tropical. Ch.O.R.S.T.O.-M.,sér.0ceanogr., 13(3): 179-196.

Le Borgne, R. 1981. Relationships between the hydrological structure, chlorophyll and zooplankton biomass in the Gulf of Guinea. Journal of Plankton Research, 3: 577-592.

Lison, L. 1979. Statistica applicata alla Biologia Sperimentale. Casa Editrice Ambrosiana, Milano.

Lovegrove, T. 1966. The determination of the dry weight of plankton and the effect of various factors on the value obtained. In: "Some contemporany studies in Marine Science". H. Barnes ed. George Allen and Unwin Itd., London, 429-467.

Matthews, J.B.L. and B.R. Heimdal. 1980. Pelagic productivity and food chains in fjord systems. In "Fjord Oceanografy", Freeland H.J., Farmer D.M. and Levings C.D. ed., Plenum Press, New York and London, 377-398.

Parsons, T.R., K. Stephens and J.D.R. Strickland. 1961. On the chemical composition of eleven species of marine phyto-plankters. J.Fish.Res.Bd.Can., 18: 1001-1016.

Ricker, W.E. 1973. Linear regressions in fishery research. J.Fish.Res.Bd.Can., 30: 409-434.

Ricker, W.E. 1975. A note concerning Professor Jolicoeur's comments. J.Fish.Res.Bd.Can., 32: 1494-1498.

Siegel, S. 1956. Non-parametric statistics for the behavioural sciences. McGraw Hill pub. New York.

Tessier, G. 1948. La relation d'allometrie: sa signification statistique et biologique. Biométries, 4: 14-53.

Unesco. 1960. Zooplankton sampling. Monog.Oceanogr.Method., 2, 174 pp.

Wiebe, P.H., S. Boyd and J.L. Cox. 1975. Relationships between zooplankton displacement volume, wet weight, dry weight and carbon. Fishery Bulletin, 73: 777-786.

Zunini Sertorio, T., P. Salemi Picone e N. Della Croce. 1983. Aspetti stagionali dello zooplancton lungo le coste liguri. Atti 4° Congr. A,I.O.L., Chiavari 1-3 Dicembre 1980, 52, 1-12.

- APPENDICE -

Calcolo delle misure ponderali di biomassa mediante le equazioni di regressione GM.

L'equazione della regressione GM può essere usata sia per determinare i valori di Y conoscendo la X che, viceversa, i valori di X conoscendo la Y. Tale regressione viene espressa da una retta calcolata da Tessier (1948) che minimizza la somma dei prodotti delle distanze verticali ed orizzontali dei punti dalla retta stessa, la cui equazione è

$$Y = u + vX \qquad (1)$$

L'inclinazione "v" è una statistica che rappresenta la media geometrica delle inclinazioni delle rette di regressione lineare di Y su X e di X su Y, ed è data dalla formula

$$v = \pm\sqrt{\frac{\sum y^2}{\sum x^2}} \qquad (2)$$

in cui y = $Y - \overline{Y}$ e x = $X - \overline{X}$.

In questa formula compaiono soltanto le sommatorie dei quadrati degli scarti dalla media delle X e delle Y e non vi sono prodotti reciproci di X e di Y, pertanto la retta mantiene la sua inclinazione 'sia considerando Y in funzione di X che X in funzione di Y.

E' anche da osservare che la retta può venire espressa dalla formula

$$X = u' + 1/v\ Y \qquad (3)$$

La varianza di ogni singolo valore di Y per una dato valore di X è data dalla formula (Ricker, 1973, pag. 411)

$$Var\hat{Y} = s_{yx}^2\left[1 + \frac{1}{N} + \frac{(P-\overline{X})^2}{\sum x^2}\right] \qquad (4)$$

dove s_{yx}^2 è la varianza delle osservazioni nella direzione verticale; N è in numero di paia di misure; P è il valore di X per il quale si desidera il corrispondente valore di Y; $\overline{X}$ è la media delle X; $\sum x^2$ è la sommatoria dei quadrati degli scarti delle X dalla media $\overline{X}$. Il valore cercato di Y è dato da

$$\hat{Y} \pm t_{n-2;0.05\sqrt{Var\hat{Y}}} \qquad (5)$$

La varianza delle X è data da una formula analoga alla (4) nella quale ad ogni Y va sostituito X come segue:

$$Var\hat{X} = s_{xy}^2\left[1 + \frac{1}{N} + \frac{(P-\overline{Y})^2}{\sum y^2}\right] \qquad (6)$$

<u>Esempio</u>. Dato un peso umido, ad esempio 50 mg/m^3, la stima del peso secco corrispondente si ottiene nel seguente modo:

1) si trasforma in log il valore del peso umido: $\log_{10} 50=1.6989$

2) mediante una delle equazioni di Tab. 3, ad es. la prima nel caso di un campione di superficie, si ottiene

$$\log(PS) = 0.6949 \text{ e } PS = 4.95 \text{ mg/m}^3$$

che rappresenta il valore medio della stima.

3) i limiti fiduciali, utilizzando le (4), (5) ed i dati forniti nella Tab. 3, sono:
   limite inferiore log (PS) =0.4839 pari a 3.05 mg/m^3
   limite superiore log(PS) =0.9061 pari a 8.06 mg/m^3

ELABORAZIONE DEI DATI GEOGRAFICI IN CARTOGRAFIA AUTOMATICA

L. DE FLORIANI, G. DETTORI, B. FALCIDIENO, C. PIENOVI

Istituto per la Matematica Applicata del C.N.R., Genova

INTRODUZIONE

La rappresentazione di una superficie mediante curve di livello è una tecnica largamente utilizzata non solo in cartografia, che costituisce la sua più classica applicazione, ma anche nello studio di dati sperimentali o rilevamenti, e cioè ogni volta che si vuole rappresentare l'andamento di un campo di valori noto in un insieme discreto di punti. Lo sviluppo di tecniche automatiche. di elaborazione dei dati avvenuto nell'ultimo decennio ha porta to ad un sempre crescente utilizzo del calcolatore per la creazione di mappe, permettendo di trattare anche grandi quantità di dati in tempi molto più brevi di quelli richiesti per la costruzione a mano dalla cartografia tradizionale, e ottenendo risultati altrettanto validi sia come precisione sia come qualità estetica del prodotto (De Floriani, Dettori, Falcidieno, Gianuzzi e Pienovi, 1981). Questo processo di elaborazione automatica si articola in tre fasi successive. Innanzitutto si devono organizzare i dati in una opportuna struttura informativa, dipendente dal grado di regolarità dei dati, che consenta di sfruttare nel modo più efficiente possibile tutte le informazioni a disposizione, limitando però al massimo l'occupazione di memoria richiesta. La seconda fase consiste nel calcolo vero e proprio delle curve di livello desiderate, sulla struttura precedentemente costruita. In fine si passa alla rappresentazione su plotter o altro strumento grafico, premettendo al tracciamento una ulteriore regolarizzazione dei risultati ottenuti.

In questo lavoro, svolto nell'ambito del Progetto Finalizzato Conservazione del Suolo, illustriamo le tre fasi del problema, anche per mezzo in un esempio grafico, e presentiamo diverse tecniche utilizzabili per la loro risoluzione.

ORGANIZZAZIONE DEI DATI

La scelta di una struttura informativa adeguata per la memorizzazione dei rilevamenti è di fondamentale importanza per la rap

---

Comunicazione presentata alla Tavola Rotonda "Ruolo di alcune tecniche quantitative in oceanografia e limnologia", tenutasi a Roma il 14 dicembre 1981.

presentazione di una superficie topografica mediante curve di Livello (De Floriani, Dettori, Falcidieno e Pienovi, 1980 a). Il tipo di reticolo che viene costruito e il metodo di elaborazione usato dipendono dalle caratteristiche della distribuzione dei rilevamenti, che possono essere specificati in una varietà di forme a seconda della particolare applicazione. La situazione più conveniente si presenta quando i dati corrispondono ai nodi di un reticolo a maglie rettangolari; tuttavia i dati di tipo geografico sono generalmente distribuiti in modo irregolare, anche se talvolta, come ad esempio nel caso dei grafici di campagna relativi a rilevamenti batimetrici, è possibile ravvisare una parziale regolarità di distribuzione.

La struttura più semplice è il reticolo a maglie rettangolari, che offre vantaggi quali la semplicità della struttura dati usata per la sua rappresentazione interna, la limitata occupazione di memoria e l'efficienza degli algoritmi di ricerca su tale struttura. Se i dati originali sono irregolarmente distribuiti, la memorizzazione di una superficie sotto forma di reticolo regolare implica una perdita di informazione durante il processo di interpolazione, una difficoltà di aggiornamento della struttura, in quanto ogni modifica dei dati originali rende necessaria una nuova generazione del reticolo. La costruzione di un reticolo a maglie triangolari si rivela più conveniente se si vuole una rappresentazione che tenga conto della densità variabile della distribuzione dei dati e che si adatti a differenti dettagli di rappresentazione e alle variazioni locali della superficie (De Floriani, Falcidieno e Pienovi, 1981).

Un reticolo a maglie triangolari consiste in una suddivisione della regione piana su cui sono distribuiti i rilevamenti, e costituisce perciò una struttura primaria con il massimo contenuto di informazione. Infatti conserva la geometria della regione e mantiene le relazioni di vicinanza. Una struttura a triangoli risulta inoltre facilmente aggiornabile, permettendo 1'inserimento e la cancellazione di punti. Una triangolazione di un insieme di punti usata come base per processi di interpolazione deve soddisfare al vincolo di equilateralità, vale a dire che tra le varie triangolazioni possibili se ne sceglie una in cui il massimo numero di triangoli contiene il suo circocentro, in modo da minimizzare le distanze di ciascun punto interno ad un triangolo dai suoi lati. Tale triangolazione viene detta di Delaunay e può essere ottenuta applicando tecniche automatiche che utilizzano approcci diversi. In base al tipo di approccio al problema i metodi di triangolazione automatica si distinguono in metodi che costruiscono la struttura partendo da un triangolo iniziale e incrementalmente aggiungono un punto per volta (bottom-up), e me

todi che suddividono una regione in sottoregioni che vengono trattate separatamente (top-down).

Il problema della costruzione di una rete a maglie triangolari si presenta più complesso nel caso che la regione piana da suddividere sia non convessa e molteplicemente connessa. Perciò è stato sviluppato un algoritmo che permette di trattare regioni di complessa forma geometrica, mediante un inserimento a posteriori della frontiera in base alla quale viene poi ritagliata la triangolazione di Delaunay preesistente (De Floriani, Falcidieno e Pienovi, 1979). L'algoritmo è perciò indipendente dal metodo usato per la triangolazione dell'involucro convesso dell'insieme di punti dati.

IL PROBLEMA DEL CONTOUR MAP

II problema della rappresentazione di una superficie, nota in un insieme discreto di punti, mediante curve di livello (De Fioriani, Dettori, Falcidieno e Pienovi, 1980 b) può essere definito in forma generale nel modo seguente:
data una funzione di due variabili w(x,y) definita su R^2, nota nei nodi di un reticolo -regolare o non- si richiede di tracciare n linee di livello

$$w(x,y) = C_K \qquad K = 1,..., n.$$

Per la soluzione del problema è necessario operare due interpolazioni successive. Si calcolano innanzitutto i punti di intersezione della curva di livello con la maglia del reticolo, mediante una interpolazione lineare sui lati della maglia. I due punti così trovati vengono poi uniti interpolando la linea all'interno della maglia stessa.

Le curve di un certo livello C_K possono essere prodotte in due modi. Un primo metodo consiste nell'esaminare ciascuna maglia del reticolo e nel calcolare la parte di curva di livello C_K che giace in quella maglia. Un secondo metodo considera come segmento di partenza di una curva di livello C_K il primo tratto trovato e segue la curva spostandosi da una maglia alla sua adiacente, fino ad arrivare ai confini della regione o fino alla chiusura della linea su se stessa. Si continua il procedimento cercando il punto di partenza di un'altra eventuale curva dello stesso livello. Mentre i metodi del primo tipo non richiedono la presenza in memoria di tutto il reticolo, poiché ricercano gli n livelli con temporaneamente, e le maglie vengono esaminate ordinatamente ed una sola volta, con algoritmi del secondo tipo è necessario avere l'intero reticolo in memoria poiché la ricerca avviene seguendo le linee e non in ordine predefinito. In entrambi i casi i punti così calcolati possono essere tracciati direttamente o memorizzati per successive elaborazioni e tracciamenti. Gli algorit

mi che utilizzano un approccio del primo tipo sono molto efficienti nel caso che si richieda soltanto una immediata visualizzazione, ma richiedono un notevole lavoro per il collegamento dei frammenti di curva qualora sia necessaria la loro memorizzazione e il loro riconoscimento. I metodi del secondo tipo, che determinano curva per curva, sono perciò i più usati.

Durante la creazione di una curva di livello C_K possono presentarsi alcune situazioni degeneri, cioè casi di ambiguità sull'andamento della curva in un nodo o in una maglia del reticolo. La prima ambiguità è costituita da un nodo degenere, cioè un punto di rilevamento la cui altezza è esattamente quella del livello richiesto.

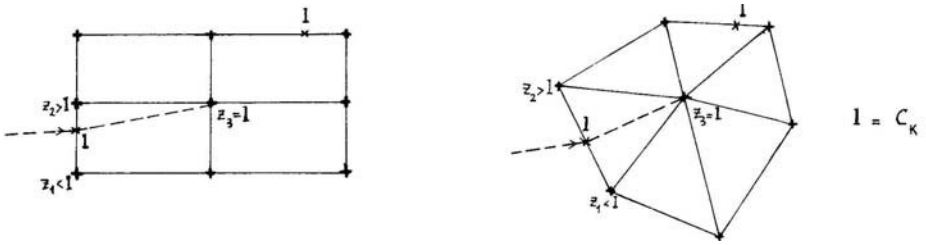


Fig. 1 - Nodo degenere nel caso di griglia rettangolare o triangolare.

La risoluzione di questo problema può essere effettuata o alterando leggermente la coordinata z del nodo degenere, oppure cercando il punto successivo della curva di livello nelle maglie contenenti il nodo degenere (v. fig. 1). Il secondo tipo di ambiguità è costituito da una cella degenere, cioè una maglia in cui i lati sono tutti intersecati dal livello C_K. Questo problema capita soltanto con reticoli rettangolari e non triangolari (v. fig. 2).

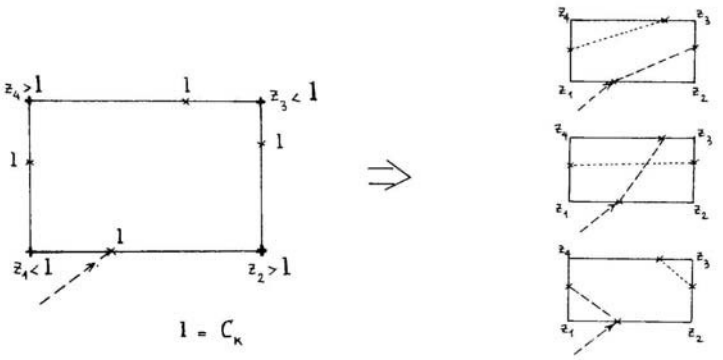


Fig. 2 - Maglia degenere e sue possibili interpretazioni

Quando si giunge a considerare una maglia di questo tipo, tutti e tre i lati rimanenti possono costituire una via di uscita per la curva di livello in costruzione. Questo significa che un'altra curva dello stesso livello attraversa la stessa maglia. L'ambiguità sull'andamento delle due curve viene risolto in modo diverso dai differenti algoritmi esistenti.

RIDUZIONE E RETICOLO REGOLARE

Nel caso di distribuzione irregolare dei dati, oltre al metodo di elaborazione diretta già descritto, è possibile una risoluzione indiretta del problema, che consiste nella costruzione di un reticolo regolare intermedio, e nella successiva determinazione delle curve di livello su questa nuova struttura anziché sui dati originali (De Floriani, Dettori, Falcidieno e Pienovi, 1980 e).

Le tecniche di riduzione a reticolo regolare, indicate generalmente in letteratura come gridding, si suddividono in due classi: tecniche globali, che calcolano il valore della funzione in ogni nodo del nuovo reticolo in base a tutti i dati di rilevamento, e tecniche locali, che considerano invece per ogni nodo della griglia solo un numero limitato di rilevamenti vicini. Le tecniche locali sono in genere preferibili a quelle globali, perché, sebbene richiedano la conoscenza delle derivate nei punti dati, utilizzano risorse di calcolo più limitate, e permettono una maggiore facilità interattiva.

La costruzione di un reticolo regolare si rivela vantaggiosa quando si desidera determinare un modello digitale di una superficie, o nello studio di dati sperimentali, poiché consente anche di estrapolare al di fuori dell'insieme dei dati, sottolineando così l'andamento ai bordi del fenomeno considerato. Si rivela invece svantaggiosa quando è richiesta solo la costruzione di curve di livello, poiché richiede tempo di calcolo ed occupazione di memoria elevati, e comporta una perdita di aderenza alle informazioni originali, dovuta in ogni caso al passo di interpolazione eseguito nel costruire il reticolo (De Floriani, Dettori, Falcidieno e Pienovi, 1981).

RAPPRESENTAZIONE GRAFICA DELLE CURVE DI LIVELLO

Gli algoritmi di contour map determinano le curve di livello come successioni di punti variamente distanti tra di loro. Questo fatto può portare a risultati grafici poco soddisfacenti, se questi insieme di punti vengono utilizzati direttamente per il tracciamento. Infatti le curve assumono l'aspetto di spezzate poligonali quando i punti sono più distanti tra di loro, oppure risultano tremolanti quando sono troppo vicini in rapporto allo sposta

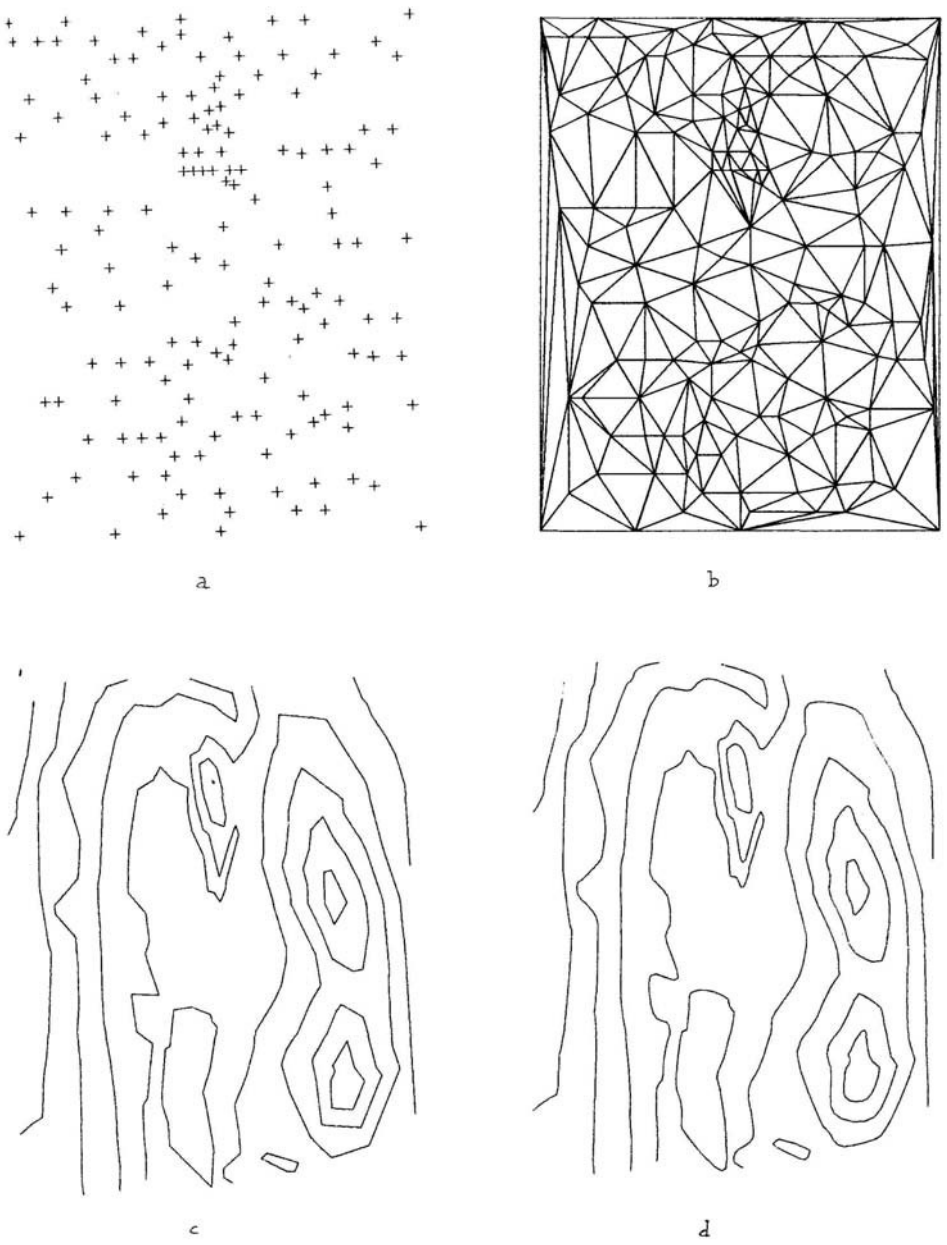


Fig. 3 - Esempio di elaborazione automatica: a) distribuzione dei dati; b) triangolazione; c) curve di livello elaborate sul reticolo triangolare; d) curve di livello regolarizzate.

mento minimo dello strumento grafico utilizzato, come succede quando la scala in cui viene riprodotta una carta è molto minore di quella originale. Per ovviare a questi inconvenienti è bene premettere al tracciamento le fasi di selezione dei punti e di regolarizzazione. Nella prima di queste vengono eliminati tutti e solo i punti che risultano quasi coincidenti o quasi allineati ai fini del tracciamento, conservando quindi inalterato l'aspetto finale delle curve (Dettori, Falcidieno, 1981). Gli algoritmi di questo tipo, basati su di una tolleranza assegnata dall'utente, per mettono anche di calcolare la caricatura di una curva, selezionando solo i punti che si rivelano più significativi per descriverne l'andamento. Questa operazione viene comunemente eseguita per il tracciamento della linea di costa nelle carte batimetriche (Dettori e Falcidieno, 1980). La riduzione di punti consente inoltre una minore occupazione di memoria per la memorizzazione di una mappa ed una maggiore velocità di calcolo e di tracciamento.

La regolarizzazione delle curve viene effettuata per mezzo di opportuni algoritmi di interpolazione, che permettono di produrre curve dall'apparenza liscia e naturale, cioè prive di punti angolosi e nello stesso tempo strettamente aderenti alle informazioni a disposizione (Dettori, 1980). Poiché nel caso di linee molto vicine tra loro un passo di interpolazione potrebbe dar luogo ad intersezioni tra curve diverse, è opportuno l'utilizzo di algoritmi locali con tensione, che permettono, semplicemente aumentando il valore del parametro tensione, di appiattire la curva sulla spezzata di base nei soli tratti critici, ed eliminando così eventuali intersezioni senza che si debbano ricalcolare interamente le curve interessate.

L'applicazione di queste due fasi, peraltro molto semplici e veloci, prima del tracciamento, fa sì che le mappe ottenute risultino pienamente soddisfacenti, senz'altro paragonabili come qualità a quelle tracciate da un buon cartografo. Infine, a richiesta dell'utente, è possibile completare la carta introducendo interattivamente i valori delle quote e quei simboli speciali che vengono comunemente impiegati per facilitarne la lettura.

BIBLIOGRAFIA

De Floriani, L., B. Falcidieno e C. Pienovi. 1979. Un metodo di triangolazione di regioni piane non convesse. Quaderni IAC, serie III, n. 107.

De Floriani, L., G. Dettori, B. Falcidieno e C. Pienovi. 1980 a. Rapporto tra distribuzione dei dati e metodo di elaborazione per il tracciamento automatico di carte. Boll. dell'Associazione Italiana di Cartografia, n. 48-49: 249-288.

De Floriani, L., G. Dettori, B. Falcidieno e C. Pienovi. 1980 b. Processi di elaborazione per rilevamenti e dati sperimentali. XXVII Congr.Internat. per l'Elettronica, Roma.

De Floriani, L., G. Dettori, B. Falcidieno e C. Pienovi. 1980 c. Alcuni metodi di riduzione a reticolo regolare per la cartografia automatica. XVI Congresso A.I.C., Bari.

De Floriani, L., G. Dettori, B. Falcidieno, V. Gianuzzi and C. Pienovi. 1981. A graphical system for geographical data processing in a minicomputer environment. Signal Processing, 3: 253-257.

De Floriani, L., B. Falcidieno and C. Pienovi. 1981. Triangulated irregular networks in geographical data processing. Proc. IFIP Conference on ESAM, Roma.

De Floriani, L., G. Dettori, B. Falcidieno and C. Pienovi. 1981. Gridding in digitai terrain model construction. Proc. IASTED Symposium, Cairo.

Dettori, G. 1980. Interpolation for CAD using curves with tension. II Internat.Congress on Numerical Methods for Engineering, Paris.

Dettori, G. e B. Falcidieno. 1980. Un algoritmo per la caricatura della linea di costa. Pubblicazioni dell'Istituto Idrografico della Marina, F.C. 1102.

Dettori, G. and B. Falcidieno. 1981. An algorithm for selecting main points on a line. Computer & Geosciences, vol. 8 n. 1.

Falcidieno, B., C. Gambaro e C. Pienovi. 1978. Un'applicazione per il trattamento interattivo di linee e simboli in cartografia. Pubblicazioni dell'I.M.A., n. 37, Genova.

ATTI

DELL'ASSOCIAZIONE ITALIANA

DI OCEANOLOGIA E LIMNOLOGIA

(A.I.O.L.)

dal 1° Gennaio 1981 al 31 Dicembre 1982

Nell'atto di mandare in stampa questo volume abbiamo appreso che il 3 Ottobre 1983 si è spento il

Prof. RAIMONDO SELLI

1° Presidente dell'A.I.O.L., Ordinario di Geologia presso la Facoltà di Scienze dell'Università di Bologna.

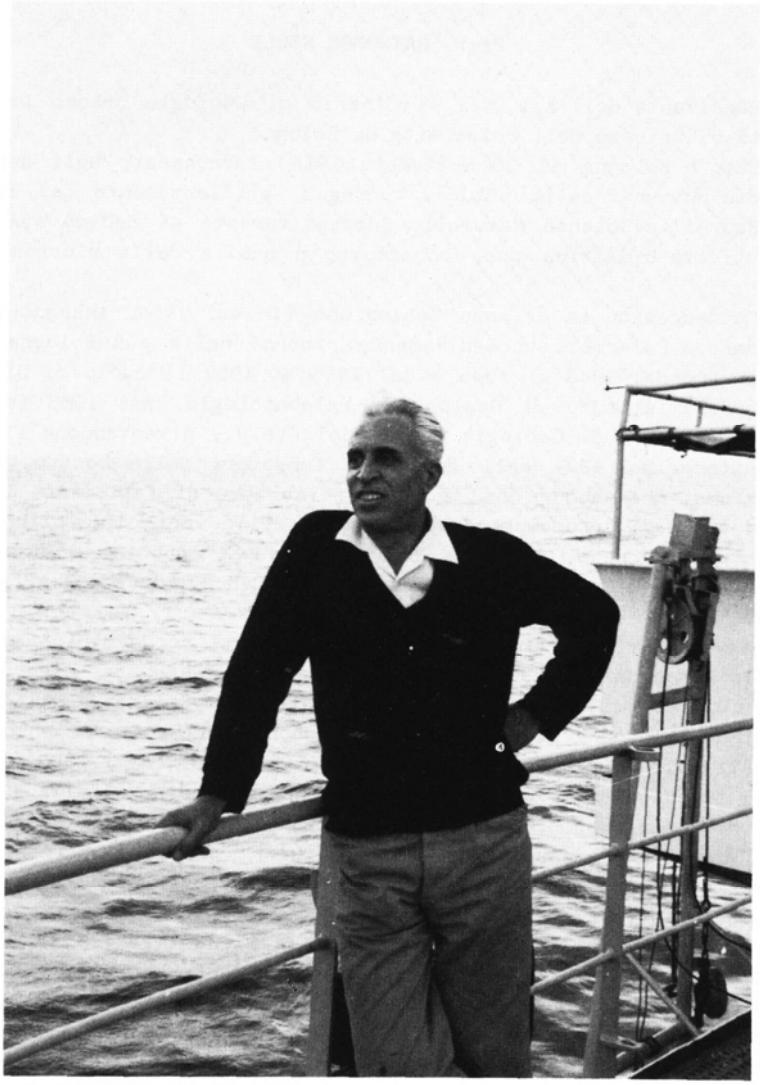
Nato a Bologna il 30 Settembre 1916, interessato agli aspetti più mutevoli della natura, conseguì brillantemente nel 1940 la Laurea in Scienze Naturali. Successivamente si dedicò sia all'attività didattica che, soprattutto, a quella della ricerca pura.

Cattedratico in Scienze Geologiche fin dal 1954, insegnò per un anno a Palermo; successivamente ritornò nella sua Bologna dove occupò dal 1943 al 1945 e dal 1955 al 1969 il ruolo di Direttore dell'Istituto di Geologia e Paleontologia. Nel 1968 fondò il Laboratorio di Geologia Marina del C.N.R., diventandone il 1° Direttore. Nel 1974 egli fu tra i fondatori della nostra associazione, che nacque con la sua precisa idea di facilitare l'interscambio di conoscenze fra i cultori delle varie discipline ambientali marine e lacustri. Nel 1976 assunse anche la carica di Direttore del Progetto Finalizzato del C.N.R. "Oceanografia e Fondi Marini".

Numerosissimi i titoli ed i riconoscimenti accademici e scientifici assegnatigli: fra i più prestigiosi è doveroso ricordare che fu Accademico dei Lincei, Accademico delle Scienze degli Istituti di Bologna e Torino, Dottore "Honoris Causa" in Scienze Naturali dell'Università di Bordeaux. Tra il 1967 ed il 1980, inoltre, fu consulente e rappresentante del Governo Italiano all'O.N.U. per i problemi marini ed oceanologici ad uso pacifico. Fu "Visiting Professor" e "Guest Lecturer" presso numerose Università Europee ed Americane (Aahrus, Bordeaux, Miami, San Diego, Berkeley, Princeton, Halifax, ecc.).

Presidente della Società Geologica Italiana (1962-1963) e membro del Comitato Geologico d'Italia. Presidente della International Sub-Commission on the Neogene e del Committee on the Mediterranean Neogene, Vicepresidente del Comitato di Geologia e Geofisica Marina del C.I.E.S.M.. Membro delle Commissioni Internazionali per la Stratigrafia, per il Lessico Tettonico, per la Carta Geologica del Quaternario Europeo, per le Linee di Riva Quaternarie (INQUA), per il Limite Plio-Pleistocenico, per il Lirnite Silurico-Devonico.

Fu Direttore e Redattore delle Riviste "Giornale di Geologia" e "Grotte d'Italia".



Il Prof. Raimondo Selli sulla N/o Bannock nel 1971

Ebbe molto a cura gli Istituti presso i quali svolgeva la Sua opera con instancabile ed incredibile alacrità: a Lui è dovuto il rifacimento dell'Istituto di Geologia e Paleontologia (1962), e la ristrutturazione del Museo Geologico e Paleontologico "G. Capellini", uno tra i più conosciuti d'Europa, e la già ricordata fondazione nel 1968 del Laboratorio di Geologia Marina di Bologna, il primo sorto in Italia avente come scopo statutario lo studio dei fondali marini.

Tra la Sua abbondante produzione rimangono, fulgide testimonianze del Suo lavoro scientifico, le grandi sintesi sull'interpretazione tettonica ed evolutiva delle Alpi Orientali, dell'Appennino Meridionale e del Bacino Tirrenico.

Né trascurò la ricerca applicata in vari settori quale quello degli idrocarburi, dei rischi geologici e sismici.

Tra gli altri, è da ricordare il Suo contributo, estremamente particolareggiato, necessario alla progettata realizzazione del ponte sullo Stretto di Messina.

Contribuì notevolmente a portare la Geologia Italiana a livello mondiale come testimoniato dalla Sua partecipazione ai numerosissimi Convegni, Seminari e Congressi svoltisi in tutto il mondo.

La perdita del Prof. Raimondo Selli, fra i più insigni Geologi Italiani di questo secolo, e che fra i primi in Italia capi e promosse anche la necessaria ricerca in mare, lascia un enorme vuoto nelle discipline naturalistiche e tra tutti coloro che per molti anni collaborarono con Lui, Lo apprezzarono e beneficiarono del Suo insegnamento.

BIBLIOGRAFIA

Selli, R. 1938. Faune dell'Anisico inferiore della Vallarsa (Trentino). Giorn.Geol., (2), vol. XII: 1-86, tt. I-II, tabb. I-II. Bologna, 1938.

— 1940. Sulla struttura della "Cristellaria serpens" Seguenza. Giorn.Geol., (2), vol. XIV: 83-91, ff. 1-2, t. I. Bologna, 1940.

— 1941. Ciottoli con Foraminiferi paleogenici nel subapennino emiliano. Giorn.Geol., (2), vol. XV : 31-43, tt. I-II. Bologna, 1941.

— 1942. Rilevamenti geologici nell'Alto Bacino dell'Isonzo. La Conca di Versenico e la zona di Nascali a oriente di Plezzo (Gorizia). Atti R. Ist. Veneto, vol. CI, p. II: 649-666, 1 f., t. XXII e XXXIII. Venezia, 1942.

— 1944. I caratteri e le affinità delle Malacofaune quaternarie del M. Rosso. Giorn.Geol., (2), vol. XVII: 5-22. Bologna, 1944.

Selli, R. 1944. Una microfauna eocenica inclusa nelle argille scagliose del Passo dell'Abbadessa (Ozzano-Bologna). Giorn.Geol., (2), vol. XVII: 33-91, tt. I-II. Bologna, 1944.

— 1946. La stratigrafia di un pozzo profondo perforato presso Pontelagoscuro (Ferrara). Giorn.Geol., (2), vol. XVIII: 53-72, f. 1. Bologna, 1946.

— 1946. Appunti geologici sul gruppo del M. Avanza (Carnia occidentale). Giorn.Geol., (2), vol. XVIII: 73-87, f. 1 t. V. Bologna, 1946.

— 1946. Il primo giacimento italiano di Glauconite utilizzabile come materiale naturale a scambio di base. Giorn.Geol., (2), vol. XVIII: 33-51, ff. 1-2. Bologna, 1946.

— 1947. Sopra alcune Dimorphinae. Atti Soc.It.Sc.Nat., vol. LXXXVI, n. 3-4: 127-134, 10 f. Milano, 1947.

— 1947. La struttura della Glandulina glans d'Orb. e la posizione sistematica del genere. Riv.It.Pal. vol. LIII, n.3: 79-98, f. 1, t. III. Milano, 1947.

— 1948. La struttura del genere Angulogerina Cushman 1927. Atti Soc.It.Sc.Nat., vol. LXXXVII, n. 1-2 :40-87, 7 ff. Milano, 1948.

— 1948. Una sabbia vulcanica oligocenica nel subappennino bolognese. Rend. Acc. Naz. Lincei, CI.Sc.fis.mat.nat., (VIII), vol. IV: 88-93. Roma, 1948.

— 1949. In risposta a una recente nota della Prof. Montanaro Gallitelli. Giorn.Geol., (2), vol. XX: 15-18.

— 1949. Smottamenti costieri avvenuti durante il Siciliano al margine dell'Appennino bolognese. Atti XIV Congr.Geogr.It.,: 387-388, 1 f. Bologna, 1949.

— 1949. Il Pliocene e il Postpliocene dell'Emilia. Giorn.Geol., (2), vol. XX: 1-14. Bologna, 1949. (in coll. con Ruggieri). Presentato a: Int.Geol.Congress, Report 18a Sess., Great Britain 1948, Part IX: 85-93. London, 1950.

— 1949. Le conoscenze geologiche sul Quaternario gassifero del Polesine e del Ferrarese settentrionale. Atti VI Conv.Naz.Metano., pp. 515-535, 1 f. Padova, 1949.

— 1950. Cenni geologici sull'alto Appennino Tosco-Emiliano. In: G. Bortolotti "Guida dell'Alto Appennino bolognese, modenese e pistoiese", pp. 89-98, 1 f. Bologna, 1950.

— 1950. Carta Geologica delle Tre Venezie. Foglio 16, Tarvisio. Scala 1:100.000. Uff.Idrografico Magist. Acque di Venezia. Firenze, 1950. (in coll. con Gortani, M. e Colbertaldo, G.).

— 1951. I caratteri geologici della regione marchigiana. Giorn.Geol., (2), vol. XXI, 99-125, t. III. Bologna, 1951.

Selli, R. 1952. Su un livello-guida nel Messiniano romagnolo-marchigiano. Atti VII Conv.Naz.Met.Petr., Vol. I: 195-198, 1 f. Taormina, 1952.
— 1952. La geologia marchigiana nei riguardi degli idrocarburi. Atti VII Conv. Naz .Met .Petr., Vol. I: 199-206. Taormina, 1952.
— 1952. Carta Geologica d'Italia. Foglio 116. Gubbio. Scala 1:100.000. "Servizio Geologico d'Italia", Roma, 1952 (in coll. con altri AA.)
— 1952. Nuove ricerche sul Fermo-carbonifero Pontebbano. "La Ricerca Scientifica", anno 22°, n. 11: 2158-2163. Roma, 1952.
— 1954. La limite plio-pleistocene dans les environs d'Ancona (Marche). Congr.Geol. Interen. C.R. XIX Sess., Alger 1952, fase. XV: 241-247, 4 ff. Alger, 1954.
— 1953. La geologia dell'Alto Bacino dell'Isonzo (Stratigrafia e Tettonica). Giorn.Geol., (2), Vol. XIX: 1-153, ff. 1-13, tt. I-VIII. Bologna, 1953.
— 1954. Il Bacino del Metauro. Descrizione geologica, risorse minerarie, idrogeologia. Giorn.Geol., (2), Vol. XXIV: 1-268, ff. 1-4, tt. I-XIII. Bologna, 1954.
— 1954. Fossili mesozoici dell'Alto Bacino dell'Isonzo. Giorn.Geol., (2), vol. XXV: 1-43, tt. I-II. Bologna, 1954.
— 1954. Relazione sul rilevamento delle tavolette III-NE (Mondolfo), II-NO (S. Costanzo), IV-SO (Fano) del Foglio Senigallia 110. Boll.Serv.Geol.It., vol. LXXV: 833-836. Roma, 1954.
— 1957. Sulla trasgressione del Miocene nell'Italia meridionale. Giorn.Geol., (2), Vol. XXVI: 1-54, t. II, tabb. I-II. Bologna, 1957.
— 1957. Necessari chiarimenti sui fenomeni di affondamento della zona del Delta Padano. Padova, 1957, 15 pp. (in coll. con Boaga, Morelli e Puppo).
— 1959. Recensioni critiche. Giorn.Geol., (2), Vol. XXVII: 215-242. Bologna, 1959.
— 1960. Il Messiniano Mayer-Eymar 1867. Proposta di un neostratotipo. Giorn.Geol., (2), Vol. XXVIII: 1-33, ff. 1-2. Bologna, 1960.
— 1960. La frana di Capodimonte (Ancona). Origini e rimedi secondo un geologo. Rivista di Ancona, anno III, n. 3: 38-42, 3 ff., 2 tt. Ancona, 1960.
— 1960. Recensioni critiche. Giorn.Geol., (2), Vol. XXVIII: 229-239. Bologna, 1960.
— 1961. Le risorse idriche per uso potabile della Provincia di Pesaro. Camera Comm.Industr. e Agric. di Pesaro, 99

pp., 10 ff., carta idrologica. Pesare, 1961.
Selli, R. 1961. Paleotemperature analysis of the Plio-Pleistocene Section at Le Castella, Calabria, Southern Italy. Geol.Soc. of America Bull., Vol. 72, n. 5: 679-688, ff. 1-2. New York, 1961 (in coll. con Emiliani e Mayeda).
— 1962. Il Paleogene nel quadro della geologia dell'Italia meridionale. Mem.Soc.Geol.It., vol. III, :737-789, f. 1, 1 carta geologica. Pavia, 1962.
— 1962. Le Quaternaire marin du versant Adriatique Jonien de la Peninsule italienne. Quaternaria, VI: 391-413, ff. 1-4, 1 tav. Roma, 1962.
— 1962. Recensioni critiche. Giorn.Geol., (2), Vol. XXIX: 389-401. Bologna, 1962.
— 1963. Schema geologico delle Alpi Carniche e Giulie occidentali. Giorn.Geol., (2), vol. XXX: 1-121, tt. I-VII. Bologna, 1963.
— 1963. Guida alle escursioni. LXII Adunanza estiva della Società Geologica Bologna-Carnia Settembre 1963, pp. 11-17; 18-24; 30-33. Bologna, 1963.
— 1963. Centro Nazionale per lo studio geologico e petrografico delle Alpi, Sezione VIII, Bologna. Attività scientifica svolta nel biennio 1961-62. La Ricerca Scientifica, Anno 33, Suppl. Vol. 2, n. 3, Serie 2: 246-249. Roma, 1963.
— 1963. Recensioni critiche. Giorn.Geol., (2), Vol. XXX, pp. 415-427, Bologna, 1963.
— 1964. Cenni stratigrafici e tettonici sulle Alpi Carniche e Giulie occidentali. Boll.Soc.Geol.It., Vol. LXXXIII, n. 3: 349-363, 1 t. Roma, 1964.
— 1964. The Mayer-Eymar Messinian 1867, Proposal for a neostratotype. Internal.Geol.Congr. XXI Sess., Norden, 1960, Part XXVIII, General Proceed., pp. 311-333, 2 ff., Copenhagen, 1964.
— 1964. El Mesinense. Instituto Lucas Mallada, C.S.I.C. (Espana) Cursillos y conferencias, IX, pp. 63-70. Madrid, 1964
— 1964. Cenozoica Era. Enciclopedia del Petrolio e del Gas Naturale, Vol. II: 428-433. Roma, 1964.
— 1964. Southern Apennines and Umbria. In: Guidebook of International Fiel Institute, Italy/1964. American Geological Institute, 29 pp, 14 ff. Washington, 1964.
— 1964. La Frana del Vaiont. Giorn.Geol. (2), vol. XXXII, n. 1: 1-68, ff. 1-13, tt. I-XVIII. Bologna, 1964 (in coll. con L. Trevisan).

Selli, R. 1964. Recensioni critiche. Giorn.Geol. (2), XXXII: 689-703. Bologna, 1964.

— 1965. Centro nazionale per lo studio geologico e petrografico delle Alpi. Attività scientifica svolta nel biennio 1963-1964 dalla Sezione VIII, Bologna. La Ricerca Scientifica, Anno 35, suppl. vol. 4, n. 5 Serie 2: 404-409. Roma, 1965.

— 1965. Gruppo di Ricerca per la Geologia dell'Appennino Settentrionale e della Toscana, Sezione III Bologna. Attività scientifica svolta negli anni 1962-1964. La Ricerca Scientifica, Anno 31, Suppl. vol. 4, n. 14 Serie 2: 472-477. Roma, 1965.

— 1965. Carta Geologica d'Italia. Foglio 110 Senigallia. II ed. Scala 1:100.000. Servizio Geologico d'Italia. Roma. 1965. (in coll. con altri A.A.)

— 1966. Ricordo di Michele Gortani. Natura e Montagna, anno VI, n. 1: 1-6, 1 f. Bologna, 1966.

— 1966. La partecipazione italiana al 7° Congresso Internazionale del Quaternario (INQUA) - Denver-Boulder, Col. (U.S.A.), 30 agosto - 5 settembre 1965. La Ricerca Scientifica anno 36, n. 12: 1-9. Roma, 1966. (in coll. con S. Venzo).

— 1966. Carta Geologica d'Italia, F. 117. Jesi. II ed. (Scala 1:100.000). Servizio Geologico d'Italia. Firenze, 1966 (in coll. con altri A.A.).

— 1966. Recensioni critiche. Giorn.Geol. (2), vol. XXXIII: 703-713. Bologna, 1966.

— 1967. The Pliocene-Pleistocene Boundary in Italian Marine Sections and its relationship to continental stratigraphics. Progress in Oceanography, vol. IV: 67-86, f. 1, tt I-II. Oxford, 1967.

— 1967. L'opera scientifica di Michele Gortani. Giorn.Geol., (2) vol. XXXIV, n. 1: 1-28, f. I. Bologna, 1967.

— 1967. Centro Nazionale per lo Studio Geologico e Petrografico delle Alpi. Attività scientifica svolta nel biennio 1965-1966 dalla Sezione VIII, Bologna. La Ricerca Scientifica, Anno 37, n. 5 Suppl.: 80-84. Roma, 1967.

— 1967. Guida alle escursioni del IV Congresso del Comitato del Neogene Mediterraneo, 171 pp, 46 ff. Bologna,1967. (In coll. con altri A.A.).

— 1968. Michele Gortani - Discorso commemorativo pronunciato nella seduta ordinaria del 10 Febbraio 1968. Accademia Naz. Lincei, Celebrazioni Lincei, n. 9: 23 pp. Roma, 1968.

— 1968. Recensioni critiche. Giorn.Geol., (2) Vol. XXXIV: 683-697. Bologna, 1968.

Selli, R. 1969. Report on the Working Group on Terminal Miocene. Giorn.Geol., (2) vol. XXXV, n. 4: 1-2. Bologna, 1969.

— 1969. Carta Geologica d'Italia. Foglio 155, San Severo II ed. (Scala 1:100.000). Servizio Geologico d'Italia, Napoli, 1969. (in coll. con altri A.A.)

— 1969. Carta Geologica d'Italia. Foglio 109, Pesaro, II ed. (Scala 1:100.000). Servizio Geologico d'Italia. Bergamo, 1969. (in coll. con altri A.A.).

— 1969. Carta Geologica d'Italia. Foglio 107, Monte Falterona. II ed. (Scala 1:100.000). "Servizio Geologico d'Italia". Firenze, 1969 (in coll. con altri A.A.).

— 1969. Carta Geologica d'Italia. Foglio 99, Faenza. II ed. (scala 1:100.000). Servizio Geologico d'Italia. Firenze 1969 (in coll. con altri A.A.).

— 1969. Note illustrative della Carta Geologica d'Italia alla scala 1:100.000, Foglio 155. San Severo. Servizio Geol. d'Italia: 1-46. Ercolano (Napoli), 1969. (in coll. con altri A.A.).

— 1969. Codice Italiano di Nomenclatura Stratigrafica - Commissione Stratigrafica del Comitato Geol. d'Italia. Boll.Serv.Geol.It., vol. LXXXIX: 1-22, f. 1. Roma, 1969. (in coll. con A. Azzardi e M.B. Cita).

— 1968-70 (Ed.). Committee on Mediterranean Neogene Stratigraphy. Proceedings of the fourth Session in Bologna, 19-30 September, 1967. 4 volumi di circa 1500 pp. Bologna, 1968-1970.

— 1970. Recensioni critiche. Giorn.Geol. (2), vol. XXXVI pp. 777-792. Bologna, 1970.

— 1970. Geological Interpretation of the Seismicity of the Northern Apennines with Particular Reference to the Brasimone Area (Castiglione dei Pepoli - Bologna). Comitato Naz. Energia Nucleare. RT/ING (70) 10: 39 pp., 2 F, 6 t. Bologna, 1970.

— 1970. Carta Geologica d'Italia. Foglio 98. Vergato. II ed. (Scala 1:100.000). Servizio Geologico d'Italia. Napoli, 1970. (in coll. con altri A.A.)

— 1970. Carta Geologica d'Italia. Foglio 156; San Marco in Lamis. II ed. (Scala 1:100.000). Servizio Geologico d'Italia. Salerno, 1970. (in coll. con altri A.A.)

— 1970. Les Institutions géologiques italiennes et la nouvelle Carte géologique d'Italie. Ann.Inst.Geol.Pubi.Hunga rici., vol. LIV, fase. 1: 223-235. Budapest, 1970.

— 1970. (Ed.). Ricerche geologiche preliminari nel Mar Tirreno. Crociera CST 68 del laboratorio di Geologia Marina

del C.N.R.- Bologna. Giorn.Geol. (2) Vol. XXXVII (1969), I: 1-249, tav. I-XXVI. Bologna, 1970.
Selli, R. 1970. I. Cenni morfologici generali sul mar Tirreno, in: Selli, R. (Ed.). "Ricerche geologiche preliminari nel Mar Tirreno". Giorn.Geol. (2), vol. XXXVII, 1: 5-24, tav. II. Bologna, 1970.
— 1970. III. Profili magnetometrici. in: Selli, R. (Ed.) "Ricerche geologiche preliminari nel Mar Tirreno". Giorn.Geol. (2), vol. XXXVII, 1: 43-54, t. I e VII. Bologna, 1970.
— 1970. IV. Campioni raccolti, in: Selli, R. (Ed.) "Ricerche geologiche preliminari nel Mar Tirreno". Giorn.Geol., (2), vol. XXXVII, 1: 55-72, t. I e VII-XIV. Bologna, 1970.
— 1970. XIII. Discussione dei risultati e conclusioni, in: Selli, R. (Ed.) "Ricerche geologiche preliminari nel Mar Tirreno". Giorn.Geol. (2), fase. I: 201-250. Bologna, 1970.
— 1970. Report on the Absolute Age. Giorn.Geol. (2), XXXV, I: 51-59, f. 1-2. Bologna, 1970.
— 1971. Carta Geologica d'Italia. Foglio 13 Ampezzo. II ed. (Scala 1:100.000) Servizio Geologico d'Italia. Bergamo 1971. (in coll. con altri A.A.).
— 1971. Carta Geologica d'Italia, f. 221 Castrovillari. II ed. (Scala 1:100.000). Servizio Geologico d'Italia. Roma, 1971. (In coll. con altri A.A.).
— 1971. Note illustrative della Carta Geologica d'Italia (Scala 1:100.000). Fogli 4c-13. Monte Cavallino-Ampezzo. Servizio Geologico d'Italia, : 7-108, ff. 7. Roma, 1971. (In coll. con altri A.A.).
— 1971. Note illustrative della Carta Geologica d'Italia. (Scala 1:100.000). Fogli 109-110-117. Pesaro-Senigallia-Jesi. Servizio Geologico d'Italia: 9-62, f. 1. Roma, 1971. (in coll. con altri A.A.).
— 1971. Note illustrative della Carta Geologica d'Italia (Scala 1:100.000). Foglio 156. S. Marco in Lamis. Servizio Geologico d'Italia: 4-66, f. 3. Roma, 1971 (in coll. con altri A.A.).
— 1971. Isole Tremiti e Pianosa. "Carta Geologica d'Italia" Foglio 156.S. Marco in Lamis: 5-22, f. 1 cartina 1. Roma, 1971.
— 1971. Sabbie "Enciclopedia del Petrolio e del Gas Naturale". Vol. VIII: 665-666. Roma, 1971.
— 1971. Sedimentologia "Enciclopedia del Petrolio e del Gas naturale". Vol. VIII: 687-719, ff. 30. Roma, 1971. (in coll. con Ricci Lucchi, F.)
— 1971. Stratigrafia. "Enciclopedia del Petrolio e del

Gas Naturale"'. Vol. VIII: 1005-1022, 22 ff., 1 tab. Roma,1971. (in coll. con Castellarin, A.)

Selli, R. 1971. Tyrrhenian: a Pliocene deep sea. Accademia Naz. Lincei: Rendiconti della Classe di Scienze fis.mat. e nat. Serie VIII, Vol. L, fase. 5 Roma, 1971.(in coll. con Fabbri, A.)

— 1971. Silurian and Devonian biostratigraphy in the Carnic Alps. "Trudy of the 3rd Intern.Symposium on the Silurian-Devonian boundary". Leningrad, 1971. (in coll. con G.B. Vai)

— 1971. Calabrian. Giorn.Geol., (2) Vol. XXXVII, 2 p. 55 -64, f. 11-12. Bologna, 1971.

— 1971. Serravallian. Giorn.Geol., (2) Vol. XXXVII, 2: 181-188, f. 33-34. (in coll. con Boni, A.)

— 1971. Messinian. Giorn.Geol. (2) Vol. XXXVII, 2: 121- -133, f. 23-24. Bologna, 1971.

— 1971. Tabìanian. Giorn.Geol. (2) Vol. XXXVII, 2: 191- -198 f. 35-37. Bologna, 1971. (in coll. con F. Barbieri)

— 1971. Report of the discussion during the Session on the Stratotypes in Bologna. Giorn.Geol. (2) Vol. XXXVII, 2: 245-266, f. 45-46. Bologna, 1971. (in coll. con Carloni, G.C.)

— 1971. Laboratorio per la Geologia Marina, Bologna. Attività scientifica svolta nel 1970. Ric.Scienti. anno 41, n. 4-6: 155-172. ff. 1-6. Roma, 1971.

— 1972. Ricerche geologiche nel Golfo di Pozzuoli. 0.N.R. Quaderni de la "Ricerca Scientifica", n. 83: 26-71, ff. 24,t. 4. Roma, 1972 (in coll. con altri A.A.).

— 1972. The Structure and Stratigraphy of the Tyrrhenian Sea. "The Mediterranean Sea". D.I. Stanley (Ed.), : 75-81, ff. 1-4. Stroudsburg, Pa., U.S.A., 1972. (in coll. con Fabbri, A.)

— 1973. Ricerche preliminari sul contenuto in mercurio totale nei sedimenti del mare Adriatico. "3° Convegno sui problemi della pesca". Tavola rotonda sui problemi giuridico sanitari relativi alla contaminazione da metalli tossici dei prodotti ittici, Cesenatico, 3-4 giugno 1972. Forlì, 1973.

— 1973. Il Mediterraneo nel Miocene superiore: un mare sovrasalato. Le Scienze Edizione italiana di Scientific American, Vol. X, anno VI, numero 56: 20-29, 8 ff. Milano.

— 1973. Premières données sismiques et géologiques sur la structure et l'évolution de la mer Tyrrhenienne. Rapp.Comm.int.Mer Médit., 21,11: 883-888, 6 fig. Monaco, 1973. (in coll. con Fabbri, A).

— 1973. New Geological Data on the Tyrrhenian Sea. CIESM. Rapports et procès verbaux des réunions, Vol. 22, fasc. 2a: 75-79. Monaco, 1973.

Selli, R. 1973. The mercury content in the sediments of the Adriatic and the Tyrrhenian. C.I.E.S.M. Journées d'études sur les pollutions marines, Athenes 3-4 novembre 1972. Monaco, 1973. (In coll. con altri A.A.).

— 1973. An outline of the italian Messinian. "Messinian events in the Mediterranean". Koninklijke Nederlandse Akade mie van Wetenschappen: 150-171, ff. 1-10. Amsterdam, 1973.

— 1973. Molluschi quaternari di Massaua e di Gibuti. Accademia Nazionale dei Lincei. Missione geologica dell'AGIP nella Dancalia meridionale e sugli Altipiani Ararini, 1936-1938. Vol. IV, parte seconda. Documentazione Paleontologica. Roma, 1973.

— 1973. Attività del Laboratorio di Geologia marina durante l'anno 1971. Lab.Geol.Marina del C.N.R., pubbl. vol. 5: 1-32. Bologna, 1973.

— 1973. Paleozoico Inferiore. In: Desio A. "Geologia dell'Italia": 69-122. ff. 14 n.T. UTET. Torino, 1973.

— 1974. Miocene. In: Desio A. "Geologia dell'Italia": 538-637. UTET. Torino, 1974.

— 1974. Pleistocene Marino. In: Desio A. "Geologia del l'Italia": 677-717. ff. 19. UTET. Torino, 1974.

— 1973. Recensioni critiche. Giornale di Geologia (2) Vol. XXXIX: 599-605. Bologna, 1973.

— 1974. Appunti sulla Geologia del Mar Tirreno. "Paleografia del Terziario sardo nell'ambito del Mediterraneo occidentale". Suppl. ai "Rendiconti del Seminario della Facoltà di Scienze dell'Università di Cagliari": 327-351, ff. 1-8, 1 tab. Cagliari, 1974.

— 1974. Preliminary Data on the Geology of the Balearic Sea. XXIV Congrès-Assemblée plenière de Monaco, 6-14 décembre 1974. (In coll. con altri A.A.).

— 1974. Trace heavy metals in the Adriatic sediment of the Italian coast from Pesaro to the Po Delta. XXIV Congrès-Assemblée plenière de Monaco, 6-14 dicembre 1974. (In coll. con altri A.A.).

— 1974. The main geologic features of the Jonian Sea. XXIV Congrès-Assemnlée plenière de Monaco, 6-14 décembre 1974. (In coll. con Rossi, S.).

— 1974. Marine Geological Researches on the Messina strait area. XXIV Congrès-Assemblée plenière de Monaco, 6-14 décembre 1974. (In coll. con altri A.A.).

— 1974. Laboratorio di geologia marina, Bologna Attività svolta nel 1973. La Ric. Scient. anno 44, n. 6: 992-931. Roma, 1974.

Selli, R. 1975. Laboratorio di Geologia Marina, Bologna Attività scientifica svolta nel 1974. La Ric. Scient., vol. 45, n. 6: 1070-1081. Roma, 1975.

— 1975. Laboratorio di Geologia Marina. Attività svolta nel 1974. Giorn.Geol., (2) vol. XL, n. 1: 1-20. Bologna, 1975

— 1975. The Neogene-Quaternary Boundary. II Symposium Bologna, October 6-15, 1975. Excursion Guide-book, 74 pp, 27 ff. International Geological Correlation Program Project n. 73/1/41. Bologna, 1975. (In coll. con altri A.A.).

— 1976. Atti 1° Congresso della Associazione Italiana di Oceanologia e Limnologia, Bologna 5-6 novembre 1974. Giorn.geol., (2) vol. XL, fase. II, 233 pp. Bologna, 197P.

— 1976. Sullo stato della oceanologia italiana. Giorn.Geol., (2) vol. XL, n. 2: 23-30. Atti 1° Congr. A.I.O.L. Bologna, 1976.

— 1976. Prospettive minerarie nei fondi marini italiani. Giorn.Geol., (2), vol. XL, n. 2: 69-84. Atti 1° Congr. A.I. O.L. Bologna, 1976.

— 1976. Appunti di geologia marina dello stretto di Messina. Giorn.Geol., (2) vol. XL, n. 2: 151-154. Atti 1° Congr. A.I.O.L. Bologna, 1976. (In coll. con altri A.A.).

— 1976. The Prospects for Mineral Resources of the Italian Sea Floor. Review of the Economic Conditions in Italy, vol. XXX, n. 3: 193-206, 1-6 ff.

— 1976. Laboratorio di Geologia Marina, Bologna. Attività scientifica svolta nel 1975. La Ric. Scient., vol. 46, n. 6: 1430-1438. Roma, 1976.

— 1976. Raimondo Selli. In: Biografia e Bibliografia degli Accademici Lincei. Roma, 1976.

— 1976. A dieci anni dalla scomparsa. Ricordo di Michele Gortani. Rassegna teorica del Friuli-Venezia Giulia, XXVII, 2-3: 46-49. Udine, 1976.

— 1976. L'abbassamento del suolo a Ravenna. Atti del Convegno sull'abbassamento del suolo ravennate. Boll.Economico, anno XXXI, n. 9, 1976: 709-713, ff. 1-4. Ravenna, 1976.

— 1977. (Ed.). Proceedings II Symposium on Neogene-Quaternary Boundary. Giorn.geol, XLI. Bologna, 1977.

— 1977. The Neogene: Quaternary Boundary in the italian marine formations. Giorn.Geol. (2), vol. XLI, n. 1-2: SI-105, ff. 1-4. Bologna, 1977.

— 1977. L'abbassamento del suolo della zona litoranea ravennate. Giorn.Geol., (2), vol. XLII, n. 1: 1-47, ff. 1-14, tabb. 1-8. Bologna, 1977. (in coll. con Ciabatti, M.).

— 1977. Inquinamento dei sedimenti marini. Convegno: Aspetti scientifici dell'inquinamento dei mari italiani. Atti

Convegni Lincei, 31: 169-192, 6 f. Roma, 1977. (in Coll. con altri A.A.).
— 1977. Dati geologici, petrochimici e radiometrici sui vulcani centrotirrenici. Giorn.Geol., (2), vol. XLII: 221-246, 6 f, t. XV. Bologna, 1977. (In coll. con altri A.A.).
— 1977. The Vrica section (Calabria, Italy). A potential Neogene/Quaternary Boundary stratotype. Giorn.Geol. (2), vol. XLII, n. I: 181-201, ff. 1-9, t. 1. Bologna, 1977. (In coll.)
— 1977. Giulio Pisa. Giorn.Geol., (2), vol. XLII: 247-249. Bologna, 1977.
— 1978. Ricerche geologiche sulla zona del relitto della nave Cavtat (canale d'Otranto). Consiglio Naz. Ricerche, Lab. Geol.Marina, Rapporto Tecnico n. 8: 1-31, ff. 1-14. Bologna, 1978. (In coll. con altri A.A.),.
— 1977. L'état actuel des connaissances sur la limite plio-pleistocene. Geologie méditerranéenne (in stampa).
— 1978. Marine geological investigation on the Messina Strait and its approaches. Giorn.Geol., (2), vol. 42, 2: 1-66, 9 figg., 22 tavv., Bologna, 1978. (In coll. con altri A.A.).
— 1979. Geologia e sismotettonica dello Stretto di Messina. Acc.Naz. dei Lincei - Atti del Convegno, n. 43: 119-154, 15 figg. Roma, 1979.
— 1979. I depositi manganesiferi del SE Tirreno. Atti Convegno sc. Naz. "Programma finalizzato Oceanografia", II: 821-839, 1 fig. Roma, 1979.
— 1980. Giacimenti manganesiferi nel mar Tirreno. Seminario sui placers marini. Trieste 26-27 giugno, 1980, 11 pp. 1 fig. Trieste, 1980. (in coll. con altri A.A.).
— 1980. Le risorse mineriarie del Mediterraneo. Atti dell'Accademia Nazionale dei Lincei, XL. Roma, 1980. (in stampa).
— 1980. A large-scale tectonic model of the Tyrrhenian Sea. 1980. XXVII Congres-Assemblée Plenaire de la CIESM. Cagliari, 1980. (In press).
— 1981. Considerations on the Neogene-Quaternary Boundary. Tulsa, 1981. (in press).
— 1980. Thoughts on the Geology of the Mediterranean Sea 1981. Sedimentary basins of Mediterranean margins, 13 pp., 5 figg. Urbino, 1980.
— 1984. The Tectonic evolution of the Tyrrhenian Sea: In: "Geological evolution of the Mediterranean". F.L. Wezelx, and D.J. Santely (eds.). Plenum Press-New York. Atti Congresso NATO Advanced Research Institute (Erice, 19-27 novembre 1982).

Manoscritto a cura del Socio Sergio Rossi

Bologna, 15 Ottobre 1983

Verbale della riunione del Consiglio di Presidenza tenutosi il 24 febbraio 1981 a Pallanza, presso l'Istituto Italiano di Idrobiologia.

Alla riunione, che inizia alle ore 10, sono presenti: D. Bregant, F. De Strobel, S. Rossi, R. de Bernardi (Presidente) e R. Bertoni (Segretario). Sono assenti: E. De Domenico per motivi familiari e personali, R. Frache, in missione sul Mar Ligure e P. Malanotte Rizzoli in missione all'estero.

Constatato che il numero di Consiglieri presenti non raggiunge il numero legale, si decide tuttavia di passare alla discussione dell'ordine del giorno con la riserva di sottoporre le eventuali decisioni alla ratifica del successivo Consiglio di Presidenza.

Il Presidente riferisce sulla riunione alla quale ha preso parte a Milano presso il Comitato Nazionale di Scienze Ambientali, al quale l'AIOL potrebbe associarsi. Questa opportunità viene discussa ma le perplessità emerse sulle origini e le motivazioni del Comitato Nazionale di Scienze Ambientali portano alla decisione di attendere ancora prima di richiedere l'adesione dell'AIOL a tale Comitato.

Viene poi discusso il problema della formazione di un archivio dei volumi degli Atti. Si decide che tale archivio sarà, per ora, costituito a Pallanza presso l'Istituto Italiano di Idrobiologia e che in esso dovrà essere conservato un numero minimo di 20 copie per ciascun volume di Atti pubblicato.

Per quanto riguarda l'ulteriore diffusione degli Atti, si valuta che circa 100 volumi possano essere distribuiti a destinatari diversi dai Soci. I Consiglieri presenti si impegnano a reperire, per il prossimo Consiglio di Presidenza, indirizzi di Enti, Biblioteche, gestori di Abstracts, Società Scientifiche, ecc. in modo da approntare un mailing list sulla scorta della quale sia possibile realizzare una più estesa diffusione degli Atti dell'AIOL.

Si passa quindi a discutere del problema della stampa degli Atti del 4° Congresso e del reperimento dei fondi per il 5° Congresso. Come possibile strada per ridurre l'onere finanziario della stampa degli Atti, si valuta l'opportunità di stamparli in off set. Il Presidente da lettura delle lettere di richiesta di fondi che intende indirizzare all'ENEL e al CNR, Comitati di Biologia e Medicina, Chimica, Fisica e Geologia e Tecnologico. I Consiglieri si impegnano a redigere, per il prossimo Consiglio di Presidenza,

un elenco degli Enti che potrebbero fornire fondi all'AIOL. Kos; si propone poi di dotare di copyright gli Atti dell'AIOL.

In seguito si discute della prossima Assemblea Generale per la quale si propone come data il mese di dicembre 1981 e come sede il CNR di Roma. Si decide, al fine di incentivare la partecipazione dei Soci a tale Assemblea, dì affiancare ad essa due tavole rotonde: una sulla intercalibrazione delle metodologie fisiche e chimiche (De Strobel e Bregant) ed una sul corretto uso della statistica in Oceanologia e Limnologia, proposta dal Socio F. Argentesi.

Infine si prende in considerazione l'organizzazione del prossimo Congresso per il quale il Presidente propone il maggio 1982 come data ed il Palazzo dei Congressi di Stresa come sede. Il Consiglio di Presidenza, dopo un'ampia discussione sull'opportunità di anticipare il Congresso a maggio per sfasarlo dal Congresso CIESM, accetta la proposta del Presidente. De Strobel e Rossi sonderanno comunque la possibilità di tenere il 5° Congresso in altre sedi in modo da avere, per ogni evenienza, altre possibilità. Si decide di preparare un "call for papers" bilingue ed estero, da inviare anche a colleghi stranieri e si fissano i mesi di maggio e di settembre per l'invio della prima e seconda circolare.

Si decide di porre una quota di iscrizione al congresso fissata in Lit. 15.000 per i Soci e Lit. 30.000 per i non soci, così da sopperire agli oneri finanziari dell'Associazione pur senza modificare la quota annuale di iscrizione. Inoltre si decide di incrementare, per il 5° Congresso, l'esposizione di apparecchiature da parte delle Ditte specializzate.

Nel. corso della riunione viene anche sollevato il problema della corretta sistemazione fiscale dell'AIOL; il Presidente e il Segretario si incaricano di assumere le necessarie informazioni. Da ultimo si decide di provvedere alla stampa dello Statuto e del Regolamento, dopo aver verificato la disponibilità dei fondi necessari.

La seduta termina alle 13,15 con l'accordo di convocare il prossimo Consiglio di Presidenza per fine aprile - inizio maggio a Trieste, presso l'Istituto Sperimentale Talassografico.

Verbale della riunione del Consiglio di Presidenza tenuto si il 7 maggio 1981 a Montecatini, presso l'Hotel Bellavista

Alla riunione, che inizia alle ore 9,30, sono presenti D. Bregant, F. De Strobel, R. Frache, S. Rossi, R. de Bernardi (Presidente) e R. Bertoni (Segretario). Sono assenti E. De Domenico, per motivi familiari, e P. Malanotte Rizzoli, in missioni all'estero.

In apertura di seduta il Presidente, constatato che i presenti raggiungono il numero legale, chiede la ratifica di quanto emerso dal Consiglio precedente e l'approvazione del verbale relativo.

Il Consiglio unanime approva.

Passando poi a discutere degli argomenti all'ordine del giorno, si prende in esame una lettera della Prof. Malanotte Rizzoli, inviata il 31-1-81 al Presidente, ove veniva proposto per una relazione ad invito al 5° Congresso AIOL il seguente tema: "Approccio modellistico all'ecosistema marino". Bregant propone in alternativa il tema: "Oceanografia dell'alto e medio Adriatico", e ciò anche in vista del Convegno iugoslavo che si terrà, su tale argomento, nell'ottobre prossimo. Dalla discussione che segue emerge che la proposta di Bregant introduce un criterio geografico, che costituisce una logica prosecuzione del tema trattato nel Congresso precedente ("Stretti e canali del Mediterraneo") e che potrebbe essere seguito nei futuri congressi, sviluppando progressivamente un esame degli altri mari del Mediterraneo.

Rossi propone, per sollecitare l'interesse della stampa e dell'opinione pubblica nei confronti dell'AIOL, di dare un taglio di maggior attualità alla relazione orientandola, per esempio, verso l'esame delle potenzialità energetiche dei fondali marini Italiani. Tuttavia a questa proposta, ripresa e caldeggiata da De Strobel, viene abbandonata. Ciò perché una approfondita discussione in proposito evidenzia la difficoltà di fare questa problematica oggetto di una relazione ad invito. Si decide invece di promuovere sull'argomento una tavola rotonda di una mezza giornata durante il 5° Congresso AIOL. Viene perciò accettato il tema proposta da Bregant e si avanzano i nomi di Acerboni, Franco e Malanotte Rizzoli quali possibili relatori.

de Bernardi propone poi di chiedere a De Maio di presentare al 5° Congresso la relazione che gli fu impossibile presentare a Chiavari; tutti i Consiglieri sono d'accordo nell'accettare questa proposta. Per quanto riguarda la terza relazione ad invito il Presidente suggerisce che essa verta su "Ciclo del carbonio organico ne

gli oceani e nei laghi" e che sia invitato quale relatore il Prof. P.J. Wangersky, Direttore del Department of Oceanography della Dalhousie University di Halifax, Canada. Poiché si rileva l'interesse di tale tema e si ritiene che esso possa essere gradito sia agli oceanologi che ai limnologi, anche questa proposta viene accettata.

Come sede del 5° Congresso AIOL viene accettato il palazzo dei Congressi di Stresa, dopo aver esaminato le possibilità offerte da altre sedi, possibilità esplorate dai Consiglieri Bregant (per Grado) e Rossi (per il Lago di Garda). Per quanto riguarda le date si decide che il Congresso si terrà dal 3 al 6 Maggio 1982.

Si prevede una mezza giornata di intervallo a metà Congresso; R. de Bernardi comunica di aver chiesto ed ottenuto dall'Amministrazione Borromeo l'ingresso gratuito alle Isole Borromee per i congressisti in tale data. Si passa poi alla stesura di una bozza della prima circolare, che sarà stampata in 500 copie ed inviata quanto prima. Si decidono anche i tempi e le modalità di consegna dei riassunti dei lavori che, si sottolinea ancora, saranno sotto posti a "referees".

Si passa quindi ad esaminare la possibilità di offrire una litografia, a soggetto inerente all'associazione, per la quale R. de Bernardi ha ottenuto l'offerta del disegno da parte di un noto pittore. R. de Bernardi si incarica di assumere informazioni sui costi del rame e della stampa. Rossi riferisce sul preventivo, da lui ottenuto, per medaglie commemorative in bronzo: i costi, per 400 pezzi, sono di L. 8.000 a L. 18.000 per medaglie di 30 e 50 mm di Ø, rispettivamente. La prima misura, poi, costa L. 20.000 coniata in argento e L. 300.000 in oro.

I Consiglieri forniscono inoltre altri indirizzi di Ditte interessate ad esporre strumenti scientifici al Congresso, che si aggiungono a quelle che già hanno assicurato una adesione di massima. De Bernardi e Bertoni si incaricano di valutare lo spazio disponibile per l'esposizione strumenti al Palazzo dei Congressi di Stresa in modo da poter formulare per tempo una proposta di disponibilità di spazio e di costi alle Ditte interessate.

R. de Bernardi riferisce poi sulle assicurazioni finora avute di erogazioni di fondi per il 5° Congresso e per la stampa degli atti da parte di Ditte (Amoco, Cariplo) e di Enti (ENEL, CNR). Precisa che i Comitati di Chimica e di Fisica non hanno dato al cuna risposta. Vengono poi proposti nomi di altre Ditte o Enti che potrebbero erogare fondi per il Congresso e si decide altresì che le Ditte che contribuiranno saranno elencate e ringraziate con un

cartoncino che sarà inserito nella cartelletta contenente il prò gramma del Congresso e i riassunti delle comunicazioni.

Per quanto riguarda l'invio del "call for papers" ai colleghi stranieri, si decide di effettuarlo solo dopo aver verificato se le norme statutarie non impediscono la pubblicazione di lavori presentati da parte di non soci.

Si passa poi a discutere della prossima Assemblea Generale, che si decide di tenere a Roma, presso il CNR, nei primi giorni di Dicembre. L'Assemblea, che si prevede durerà mezza giornata, sarà inserita tra due tavole rotonde: una verterà su "L'uso della statistica in Oceanologia e Limnologia" e sarà coordinata da F. Argentesi (EURATOM, Ispra) e l'altra sull'intercalibrazione delle metodologie in Oceanografia fisica (De Strobel) e chimica (Bregant). De Domenico chiede, tramite Frache, che si provveda alla stampa dei risultati scaturiti dalle tavole rotonde. Si decide però di rinviare ogni decisione in proposito a quando saranno disponibili maggiori informazioni sui costi di stampa e sulle disponibilità di un testo.

Per quanto concerne la definizione della situazione fiscale dell'AIOL riferiscono R. de Bernardi e R. Bertoni, che hanno assunto le necessarie informazioni. Poiché l'AIOL non ha fini di lucro è sufficiente che si provveda a far assegnare all'Associazione il codice fiscale dal competente Ufficio di Bologna, sede legale della Associazione. Rossi si incarica di espletare questa formalità.

Si passa poi a discutere della stampa degli Atti del 4° Congresso AIOL. De Strobel dichiara la disponibilità del SACLANT ad offrire la preparazione delle matrici per la stampa in offsett e comunica di aver reperito anche delle persone disposte a ribattere i testi. Frache presenta il preventivo che ha ottenuto da una tipografia genovese per la stampa in offsett. Poiché emerge la necessità di chiarire meglio i dettagli tecnici inerenti alla preparazione delle matrici in funzione delle esigenze della tipografia, Frache e De Strobel decidono di tenersi in contatto per approfondire insieme la questione.

La seduta termina alle ore 13 con l'accordo di tenere il prossimo Consiglio di Presidenza verso la fine di Settembre o inizio Ottobre a Trieste.

Verbale della riunione del Consiglio di Presidenza tenutosi il 25 settembre 1981 a Trieste presso l'Istituto Talassografico

La riunione inizia alle ore 9,30 con il seguente ordine del giorno :
1 - Organizzazione del 5° Congresso AIOL
2 - Organizzazione dell'Assemblea generale del dicembre pressi mo e della tavola rotonda sul l' "Uso della Statistica in Oceanologia e Limnologia"
3 - Ring test in preparazione della tavola rotonda sull' "Intercalibrazione delle metodologie analitiche chimiche"
4 - Stampa del volume degli atti del 4° Congresso AIOL
5 - Situazione finanziaria dell'Associazione
6 - Varie ed eventuali.

Sono presenti: D. Bregant, E. De Domenico, R. De Strobel, R. Frache, S. Rossi, R. de Bernardi (Presidente) e R. Bertoni (Segretario). E' assente P. Malanotte Rizzoli, in missione all'estero.

In apertura di seduta il Presidente, constatato che i presenti raggiungono il numero legale, chiede ed ottiene l'approvazione del verbale relativo al precedente Consiglio di Presidenza.

Si passa poi a discutere gli argomenti all'ordine del giorno. Il Presidente, riferendo in merito all'organizzazione del 5° Congresso AIOL, comunica che sono state spedite circa 350 copie della prima circolare a Soci e non Soci. Informa inoltre il Consiglio dell'avvenuta spedizione degli inviti a partecipare alla "Mostra di Apparecchiature per la ricerca Oceanologica e Limnologica" a 40 Ditte del settore. Frache suggerisce di rinnovare l'invito alle Ditte con una ulteriore lettera.

De Bernardi comunica di aver avuto contatti col pittore Raciti, che eseguirà una litografia da offrire ai partecipanti al Congresso.

De Bernardi rende noto che il prof. De Maio ha accettato di presentare al 5° Congresso una relazione su "Stato dell'arte e prospettive della Oceanografia Fisica in Italia". Comunica inoltre che il Prof. Wangersky ha accettato di presentare una relazione dal titolo "Present day concepts on the cycle of organic carbon in natural waters".

Bregant riferisce di aver preso contatti col dr. P. Franco, che ha accettato di presentare una relazione su "Ricerche Oceanografiche nell'alto e medio Adriatico".

Viene letta la lettera che Malanotte Rizzoli ha inviato al Presidente e ad alcuni Consiglieri, comunicando il suo punto di vista a riguardo del 5° Congresso. In particolare si esamina la proposta di Malanotte Rizzoli di invitare i colleghi Iugoslavi. Dall'ampia discussione che segue, questa proposta risulta essere per ora inattuabile. In particolare Bregant fa osservare che la diffusione dei dati scaturiti dalla Convenzione Italo-Iugoslava deve essere autorizzata dal Ministero.

Si passa poi a discutere il programma di massima del 5° Congresso, preparato da de Bernardi. Si prevedono 55 comunicazioni a sessione unica per ciascuna delle quali saranno disponibili 15 minuti per la presentazione e 5 per la discussione. Ci saranno inoltre 3 relazioni ad invito della durata di 45' ciascuna ed una tavola rotonda di 3 ore. De Domenico sottolinea l'importanza di evitare, se possibile, di fare sessioni parallele.

Si prende poi in considerazione il 2° punto all'ordine del giorno. Dalla Discussione emerge che la data più opportuna per l'assemblea Generale è in dicembre, immediatamente prima o immediatamente dopo la "Relazione agli Utenti" del P.F. Oceanografia. Ci si riserva comunque di fissare definitivamente la data quando sarà reso noto il giorno della riunione del P.F. Oceanografia. Si stabilisce che l'Assemblea Generale si terrà alle ore 10 del giorno prescelto ed avrà il seguente ordine del giorno:

1 - Organizzazione 5° Congresso AIOL
2 - Stampa atti: "situazione attuale e prospettive future"
3 - Accettazione nuovi Soci
4 - Varie ed eventuali.

L'Assemblea Generale sarà seguita da una Tavola rotonda su "Uso della statistica in Oceanografia e Limnologia" che avrà inizio alle ore 15.00. La Tavola rotonda sarà organizzata dal dr. F. Argentesi; e ad essa prenderanno parte la dr. De Floriani (Genova), la dr. Carbognini (Venezia) ed il dr. Di Cola (Parma).

Per quanto riguarda il terzo punto all'ordine del giorno de Bernardi comunica di aver parlato col Dr. Muntau, del CCR Euratom di Ispra, che ha gratuitamente messo a disposizione dei Soci i campioni necessari ad effettuare un "ring test", quale atto preparatorio per la Tavola rotonda su "Intercalibrazione delle metodologie analitiche chimiche in Oceanografia". La discussione che segue mette in luce l'opportunità del "ring test" e della tavola ro

tonda che ne seguirà e che sarà effettuata durante il 5° Congresso. Si decide comunque di attendere una lettera ufficiale del dr. Muntau prima di comunicare ai Soci le modalità di esecuzione del "ring test".

Frache e De Strobel riferiscono sulla stampa degli atti del 4° Congresso, dei quali si stanno preparando presso il SACLANT le matrici con il "word processor". Si decide che il volume sarà stampato in un formato più grande del 16°, prima utilizzato, poiché il formato più vicino al 16°, ottenibile dalle matrici preparate con il "word processor",.risulta essere troppo piccolo.

De Bernardi ha quindi elencato i fondi erogati fino ad ora dai Comitati per la stampa degli atti del 4° Congresso. Il Comitato di Biologia e Medicina e il Comitato Tecnologico hanno fatto pervenire all'AIOL 2 e 3 milioni rispettivamente, mentre il Comitato di Geologia ha assegnato circa 3 milioni all'Associazione. I Comitati di Chimica e di Fisica non hanno invece offerto alcun contributo per la stampa degli atti. Inoltre l'ENEL, probabilmente, assegnerà la somma di 2 milioni.
Frache comunica poi le disponibilità attuali, che ammontano a 5 milioni ai quali si devono aggiungere 3 milioni offerti dalla Cassa di Risparmio di Genova.

Da ultimo De Strobel propone di dedicare una serata, nel corso del 5° Congresso, alla proiezione, seguita da una discussione, di un filmato sulla biologia dei tonni.

Viene anche sottolineata l'opportunità di tenere, durante il 5° Congresso, una conferenza stampa allo scopo di rendere nota ai giornalisti l'esistenza dell'AIOL che, con le competenze che raccoglie, può costituire un punto di riferimento per una corretta informazione sulle problematiche relative alla Oceanografia e alla Limnologia.

Questo fatto viene considerato di notevole importanza poiché, si rileva, l'opinione pubblica è spesso male informata su tali problematiche per la scarsa attendibilità o per la parzialità delle fonti dalle quali i giornalisti attingono le informazioni che poi divulgano.

Si ritiene che far conoscere ai giornalisti l'esistenza e gli scopi dell'AIOL, nonché il bagaglio di competenze che l'Associazione raccoglie, possa costituire l'inizio di una più documentata informazione dell'opinione pubblica. D'altro canto questa funzione pubblica dell'Associazione è, come vien fatto notare, prevista e sottolineata dallo Statuto.

La seduta termina alle ore 13,30 con l'accordo di tenere il prossimo Consiglio di Presidenza nel prossimo dicembre a Roma, in concomitanza con l'Assemblea Generale.

Verbale della riunione del Consiglio di Presidenza tenutasi il 14 dicembre 1981 a Roma presso il C.N.R.

La riunione inizia alle ore 9.00 con il seguente ordine del giorno :
1 - preparazione dell'Assemblea Generale
2 - vaglio domande nuovi soci
3 - varie ed eventuali.

Sono presenti: D. Bregant, F. De Strobel, R. Frache, S. Rossi, R. de Bernardi (Presidente) e R. Bertoni (Segretario). Sono assenti E. De Domenico e P. Malanotte Rizzoli.

In apertura di seduta il Presidente, constatato che i presenti raggiungono il numero legale, chiede ed ottiene l'approvazione del verbale relativo al precedente Consiglio di Presidenza.

Si passa poi a discutere gli argomenti all'ordine del giorno.

R. de Bernardi presenta la relazione sull'attività dell'AIOL nel 1982 che intende presentare alla Assemblea Generale e che è riassunta nel verbale dell'Assemblea stessa.

R. Frache e F. De Strobel riferiscono sullo stato di avanzamento della stampa degli Atti del 4° Congresso e sui problemi incentrati. Si vagliano poi le domande di associazione pervenute che saranno poi sottoposte all'esame dell'Assemblea Generale.

Da ultimo il Presidente comunica che, a causa di un errore della Direzione del Palazzo dei Congressi di Stresa, che ha assegnato le sale del Palazzo stesso all'AIOL e ad un'altra organizzazione per lo stesso periodo, si è costretti a cambiare le date del 5° Congresso o, volendo mantenere la data 3-6 maggio 1982, a tenerlo in altra sede. Viene data lettura della lettera di scuse inviata dal Presidente dell'Organizzazione del Palazzo dei Congressi di Stresa all'AIOL e delle proposte alternative in essa formulate.

Dalla discussione che segue emerge l'opportunità di mantenere come sede del 5° Congresso il Palazzo dei Congressi di Stresa spostando però le date al 19 - 22 maggio.

La riunione termina alle ore 10.00 con l'accordo di tenere il prossimo Consiglio di Presidenza nella seconda settimana del marzo 1982, in una sede da concordare in seguito.

Verbale dell'Assemblea Generale dei Soci tenutasi a Roma nella Sala Marconi presso il Consiglio Nazionale delle Ricerche il 14 dicembre 1981.

L'Assemblea è legalmente costituita, in seconda convocazione, alle ore 10.15. L'Ordine del giorno è il seguente:

1 - Comunicazioni del Presidente
2 - Bilancio dell'Associazione
3 - Stampa degli Atti
4 - Organizzazione del 5° Congresso
5 - Ammissione nuovi Soci
6 - Varie ed eventuali.

Il Presidente, R. de Bernardi, apre i lavori con una relazione sull'attività dell'AIOL nel corso del 1981.

In particolare riferisce sul meeting NATO - AIOL, tenutosi a Nervi nel novembre 1981, sul tema "Trace elements speciation in surface water and its ecological implication".

De Bernardi sottolinea il ruolo avuto dall'Associazione in tale meeting, ove 7 dei 30 partecipanti erano Soci AIOL.

Ricorda inoltre che gli Atti del meeting saranno disponibili a prezzo ridotto per i Soci. De Bernardi informa poi gli intervenuti sulla possibilità di associare l'AIOL al "Comitato Nazionale per le Scienze Ambientali e Territoriali", nonché sull'invito espresso dal prof. A. Moroni ad una maggior collaborazione della AIOL con la "Società Italiana di Ecologia".

In seguito il Presidente illustra ai Soci la situazione della Organizzazione del 5° Congresso AIOL, che dovrà essere posticipato al 19-22 maggio 1982. Questo cambiamento di date è determinato da un errore, emerso agli inizi di dicembre, commesso dalla Direzione del Palazzo dei Congressi di Stresa che ha assegnato le sale a due congressi contemporaneamente, e ciò nonostante tale Direzione avesse inviato il 21-8-81 conferma scritta al Presidente delle date concordate. Tra le possibili soluzioni lo slittamento di due settimane è sembrato, al Consiglio di Presidenza, quella meno dannosa, visto che, tra l'altro, non inficiava la partecipazione del relatore straniero e delle Ditte intenzionate a prendere parte all'esposizione strumenti che è stato possibile contattare.

Il Presidente comunica che la prima circolare è stata inviata anche ad alcuni non Soci allo scopo di promuovere ulteriormente la diffusione dell'AIOL ed espone il programma provvisorio del 5° Congresso nonché le norme per la presentazione delle comunicazioni da parte dei Soci e non Soci.

Il Presidente riferisce poi sulla campagna di intercalibrazione delle metodologie chimiche che ha avuto inizio nel mese di ottobre con l'invio a tutti i Soci di una scheda di adesione e con l'offerta gratuita ai Soci stessi di campioni certificati di plancton e di sedimenti, messi a disposizione dal dr. Muntau del CCR-EURATOM di Ispra.

De Bernardi sollecita la partecipazione dei colleghi e ricorda che sarà garantito l'anonimato dei laboratori partecipanti alla campagna di intercalibrazione.

Su questi argomenti si apre una proficua ed approfondita discussione in seguito alla quale l'Assemblea approva la relazione del Presidente.

Il Segretario, R. Bertoni, da quindi lettura del bilancio dell'Associazione per il 1981, che presenta un saldo attivo di Lit. 14.840.000, delle quali 6.846.000 sono depositate presso la Cassa di Risparmio delle Province Lombarde di Pallanza e Lit. 8.000.000 sono depositate presso R. Frache, che ne farà uso per coprire le spese di stampa degli Atti del 4° Congresso. Le quote associative versate al 14-12-1981, arretrate e relative al 1981, sono state pari a Lit. 840.000. Il bilancio viene approvato all'unanimità.

R. Frache, riferendo sullo stato di avanzamento della stampa degli Atti del 4° Congresso, comunica che, per contenere i costi della stampa, quest'ultima sarà effettuata in "off set" e che già una trentina di comunicazioni sono state scritte con il "word processor" che il Saclant Center, grazie all'interessamento di F. De Strobel, ha messo a disposizione.

Si prevede che gli Atti del 4° Congresso saranno pronti per il maggio 1982.

Da ultimo vengono esaminate le nuove domande di associazione e vengono accettati come Soci attivi i Dottor A. Artegiani, R. Azzolini, G. Barbato, R. Baudo, C. Callieri, M. Cotifa Ramusino, E. De Giuli, G. Izzo, P. Madoni, M. Manca, G. Marengo, M. Muntau, E. Paschini, G. Premazzi, S. Rabitti, P. Salemi Picene, G. Tartari G. Zurlini. Come associati vengono accolti i Dottori B. Colombo, G. Cotugno, G. Giazzi mentre la Dr. N. Arcamene entra a far parte del l'A.I.O.L. come juniores.

L'Assemblea si conclude alle ore 13.00.

Verbale della riunione del Consiglio di Presidenza tenutosi il 15 aprile 1982 a Genova presso l'Istituto di Chimica Generale ed Inorganica.

La riunione inizia alle ore 14.00 con il seguente ordine del giorno:
1 - Preparazione 5° Congresso
2 - Esame riassunti 5° Congresso
3 - Revisione manoscritti 4° Congresso
4 - Varie ed eventuali.

Sono presenti: D. Bregant, F. De Strobel, R. Frache, S. Rossi, R. de Bernardi (Presidente) e R. Bertoni (Segretario). Sono assenti E. De Domenico e P. Malanotte Rizzoli.

In apertura di seduta il Presidente, constatato che i presenti raggiungono il numero legale, chiede ed ottiene l'approvazione del verbale relativo al precedente Consiglio di Presidenza.

Dopo la revisione di alcuni manoscritti relativi al 4° Congresso, si prendono in considerazione gli altri punti all'ordine del giorno.

Per quanto riguarda il 1° punto, R. de Bernardi e R. Bertoni ragguagliano il Consiglio di Presidenza sul numero dei partecipanti al 5° Congresso, sul numero di riassunti e lavori finora pervenuti alla Segreteria, nonché sulle Ditte che hanno confermato la partecipazione alla "Mostra Strumenti" che si terrà in concomitanza con il 5° Congresso.

In particolare alla data odierna risultano iscritti al 5° Congresso 102 Soci e 69 non Soci; sono pervenuti alla segreteria 74 riassunti e 26 lavori.

Inoltre sette Ditte hanno confermato per lettera la partecipazione al Congresso, mentre per le altre cinque si è in attesa di conferma scritta; tre Ditte hanno già inviato la quota prevista.

Viene inoltre esaminata la situazione finanziaria della Associazione, che presenta un saldo attivo di Lit. 13.600.000, alle quali vanno aggiunte Lit. 4.278.000 + 3.000.000 (in corso di riscossione dalla Cassa di Risparmio di Chiavari) a disposizione di R. Frache per la stampa degli Atti del 4° Congresso.

De Strobel suggerisce che il programma dei lavori venga invia

to ai partecipanti prima del Congresso. Comunica inoltre di avere a disposizione un filmato sulla scoperta di nuove forme di vita presenti a profondità abissali nella zona delle Galapagos, realizzata dalla WHOI. Si decide di proiettare il film in una serata del Congresso facendolo eventualmente seguire da un rinfresco. De Strobel si offre anche di presentare il filmato con Cinelli e Colantoni.

Per quanto riguarda la Tavola rotonda sul l'intercalibrazione dei metodi chimici, Bregant, che ne sarà il moderatore e sarà affiancato da Frache, De Domenico, Franco e Muntau, comunica la sua intenzione di fare in quella sede un discorso generale ai soci invitandoli a considerare l'importanza delle intercalibrazioni e a discutere le problematiche connesse.

Viene poi da tutti sottolineata l'opportunità di tenere durante il Congresso una conferenza stampa per presentare gli scopi e le attività dell'AIOL nonché per fare il punto sulla situazione della ricerca oceanologica e limnologica in Italia. Si decide a questo proposito di accertare la disponibilità a questa iniziativa di De Maio, Fierro, Franco e Tonolli. Se la conferenza stampa non sarà realizzabile si decide comunque di preparare un "comunicato stampa" sul 5° Congresso AIOL.

Si prendono poi in esame i riassunti a tutt'ora pervenuti e, in seguito, si valutano i criteri per i "referees" e la stampa dei lavori accettati. Si decide di accelerare il più possibile i "referees" e di fornire agli Autori degli esempi per migliorare l'uniformità di battitura dei lavori per la stampa in off set. Si riconferma inoltre che la stampa delle pagine eccedenti le prime dieci sarà a carico degli Autori, come già prefissato nella 2° Circolare.

Da ultimo si prepara l'Ordine del Giorno dell'Assemblea Generale dei Soci che si terrà durante il Congresso, e che si articolerà nei seguenti punti:

1 - elezione dei revisori dei conti
2 - relazione del Presidente
3 - relazione finanziaria
4 - revisione quota sociale
5 - accettazione nuovi soci
6 - elezione del Presidente e del Consiglio di Presidenza per il biennio 83-84, motivando l'anticipazione nella lettera di convocazione che sarà spedita a tutti i Soci.

La seduta termina alle ore 18,30 con l'accordo di tenere il prossimo Consiglio di Presidenza nel maggio prossimo a Stresa, in concomitanza con il 5° Congresso AIOL.

Verbale della riunione del Consiglio di Presidenza tenutosi a Stresa il 21 maggio 1982, presso il Palazzo dei Congressi

La riunione inizia alle ore 14.00 con il seguente ordine del giorno:
1 - Preparazione dell'Assemblea Generale
2 - Vaglio delle domande di associazione all'AIOL
3 - Esame del bilancio dell'associazione
4 - Varie ed eventuali.

Sono presenti: D. Bregant, E. De Domenico, F. De Strobel, R. Frache, S. Rossi, R. de Bernardi (Presidente) e R. Bertoni (Segretario). E' assente P. Malanotte Rizzoli.

In apertura di seduta il Presidente, constatato che i presenti raggiungono il numero legale, chiede ed ottiene l'approvazione del verbale relativo al precedente Consiglio di Presidenza. Si passa quindi ad esaminare l'ordine del giorno dell'Assemblea Generale e, in particolare, il Presidente illustra brevemente la relazione che intende presentare. Il Segretario aggiorna poi i membri del Consiglio di Presidenza sulla situazione finanziaria dell'Associazione e presenta i bilanci, definitivo per il 1981 e provvisorio per il 1982, che sottoporrà all'Assemblea.

Da ultimo vengono vagliate le domande di associazione all'AIOL pervenute alla segreteria, che saranno poi sottoposte all'Assemblea Generale.

La riunione termina alle ore 15.30.

Verbale dell'Assemblea Generale tenutasi presso il Palazzo dei Congressi di Stresa il 21 maggio 1982.

L'Assemblea Generale si apre con la relazione del Presidente, R. de Bernardi, che, dopo aver illustrato brevemente le attività dell'Associazione nel 1981 e nei primi mesi del 1982, spiega come si sia giunti alla decisione di anticipare di sei mesi l'Assemblea Generale e il Congresso AIOL per sfasare quest'ultimo di un anno dal Congresso SIBM, mediante due successive anticipazioni di sei mesi.

Il presidente apre poi la discussione sul suo discorso di apertura del Congresso, nel quale aveva sottolineato la necessità di un rilancio dell'Associazione in termini di "professionalità", così da rendere l'AIOL un punto di riferimento obbligato per lo studio e la gestione degli ambienti acquatici italiani. Ne segue un vivace ed approfondito dibattito al quale partecipano, tra gli altri, i soci Mendia, Franco, Della Croce, Fierro, De Maio, Cava Ieri. Pur con sottolineature diverse tutti gli intervenuti concordano sul fatto che l'Associazione possa e debba svolgere un ruolo più incisivo e qualificato nella realtà italiana, affidando al Consiglio di Presidenza uscente ed a quello che verrà eletto durante l'Assemblea Generale il compito di studiare le modalità più opportune per il raggiungimento di tali scopi. Nel contesto di questa discussione i soci Tonolli, Della Croce e Mendia sono anche intervenuti in merito al documento per l'Oceanografia nell'Alto Adriatico, redatto a cura di Brambati per la Commissione Oceanografia, esprimendo un parere generalmente positivo sul documento nel suo complesso, pur senza entrare nel merito dei singoli aspetti del contenuto. Veniale chiede che il documento Brambati venga discusso e diffuso ai soci AIOL.

Il Presidente, R. de Bernardi, ritenuto che il documento in questione sia riservato alla Commissione Oceanografia e costatando che esso non è stato né ufficialmente né ufficiosamente presentato al Consiglio di Presidenza e che, inoltre, la stragrande maggioranza dei soci ne ignora il contenuto, reputa opportuno non passare alla sua discussione almeno finché una richiesta in tal senso non venga avanzata dall'estensore del documento stesso o dalla Commissione Oceanografia. Il Presidente, tuttavia, a titolo personale auspica che, accanto al riordinamento delle ricerche oceanologiche in Italia, si venga in futuro ad attuare un parallelo e concorde riordinamento delle ricerche di carattere limnologico. A seguito di alcune considerazioni, emerse dalla discussio

ne, sull'insoddisfacente situazione attuale della ricerca oceanologica e limnologica, causata dal disinteresse dimostrato dal CNR e dai Ministeri competenti e dalla conseguente mancanza di adeguati finanziamenti dopo la cessazione del primo quinquennio di Progetti Finalizzati in materia, l'Assemblea Generale approva alla unanimità la seguente mozione che viene inviata per telex al Presidente del CNR, prof. Ernesto Quagliarlello.

"Gli oceanologi ed i limnologi italiani esprimono la loro profonda preoccupazione per il disinteresse dimostrato dal CNR, con la conclusione dei progetti finalizzati in questi settori di ricerca, per le ricerche fondamentali ed orientate nel campo della oceanografia e della limnologia. Urge un'azione energica e concreta per un consistente rilancio delle ricerche in questi settori assolutamente prioritari per non abbassare il livello scientifico italiano al di sotto di quello dei paesi arretrati."

R. Frache illustra poi la situazione degli Atti del 4° Congresso, ancora in fase di stampa poiché tutti i lavori hanno dovuto essere ribattuti presso il SACLANT Center, grazie all'interessamento di De Strobel. La ribattitura dei lavori, che ha causato il ritardo insieme alla scarsa sollecitudine dei referees e degli autori stessi, era tuttavia necessaria per poter provvedere alla più economica stampa in offset. Il Segretario sottopone poi alla Assemblea il bilancio definitivo per il 1981 e quello preventivo per il 1982, riservandosi di presentare il bilancio definitivo entro il 31/12/1982. Vengono eletti due revisori dei conti (Zunini Sertorio e Capelli) che controllano ed approvano il bilancio 1981 ed esaminano il bilancio preventivo 1982. Su indicazione dei revisori dei conti, l'Assemblea unanime approva il bilancio.

Il Presidente, prendendo spunto dagli elementi di bilancio consuntivo e preventivo presentati dal Segretario, sottolinea come, verosimilmente, la forma di stampa in offset sia destinata a divenire definitiva per il futuro. Inoltre ricorda che le pagine eccedenti le 10 gratuite per ciascun articolo saranno stampate a carico degli autori e che tutti i lavori presentati saranno, a garanzia di maggior rigore e serietà, sottoposti ad una commissione di referees prima di essere accettati per l'inclusione negli atti del 5° Congresso. Sempre prendendo spunto dalla situazione finanziaria dell'AIOL viene proposto di istituire permanentemente la quota di iscrizione al Congresso, così da non dover ritoccare le quote associative. A questo proposito il Segretario sottolinea come, a tutt'oggi, vi siano numerosi soci che devono all'AIOL quote sociali arretrate per un periodo superiore ai due

anni che, a norma di regolamento (art. 6), costituiscono il ritardo massimo consentito, superato il quale si decade automatica mente dalla condizione di socio. Ne segue una vivace discussione al termine della quale la maggioranza dei presenti, verificata attraverso votazione palese per alzata di mano, decide di demandare al Consiglio di Presidenza il compito di sollecitare per un'ultima volta i soci morosi e, allo stesso tempo, di verificare, mediante votazione con lettera a tutti i soci in regola con il pagamento delle quote sociali o che avranno regolarizzato la loro posizione, se la maggioranza dei soci sia o no favorevole ad una modifica del regolamento dell'Associazione che porti da due a quattro gli anni di morosità tollerati prima del decadimento dallo stato di socio.

In seguito si esaminano le domande di associazione pervenute. Su proposta del Consiglio di Presidenza e valutate le singole domande di associazione, vengono accettati come soci attivi: V. Albergoni, A. Bergamasco, C. Barghigiani, L. Bertotti, P. Cordella, N. Corradi, M. de Magistris, T. De Pippo, S. Fonda Umani, E. Piccinini, R. Ferrara, B. Rossaro, A. Seritti, M. Specchi, R. Trevisan; come associati: G.B. Castiglioni, D. Chiapperini, A. Contu, M. Schintu, V. Teresio; come juniores: M. Visckanic.

Si passa quindi alla votazione per scrutinio segreto del nuovo Consiglio di Presidenza per il biennio 1983-1984.

Sono risultati eletti:

R. Frache	con voti	73	Presidente
R. Bertoni	" "	67	Consigliere
L. Mendia	" "	62	"
S. Rossi	" "	62	"
F. Fanucci	" "	59	"
P. Franco	" "	57	"
F. De Strobel	" "	53	"

Infine il Presidente uscente dichiara chiusa l'Assemblea Generale dell'AIOL.

Verbale del Consiglio di Presidenza tenutosi, in sessione congiunta, a Genova presso l'Istituto di Chimica dell'Università il 26 ottobre 1982.

Presenti:

C.d.P. uscente - Bregant, de Bernardi, De Strobel, Frache.

C.d.P. entrante - Bertoni, De Strobel, Fanucci, Frache, Franco.

Il Presidente neoeletto, Frache, in apertura di seduta comunica che il dr. Fabiano ha accettato l'incarico di Segretario del l'AIOL per il biennio 1983-1984.

De Strobel e Frache, analizzando il loro lavoro di editing degli Atti del 4° Congresso AIOL, comunicano di aver incontrato grosse difficoltà nella normalizzazione dei testi, nella preparazione delle formule, nella correzione degli abstracts. Ritengono, in conclusione, che la stampa in offset sia una metodologia corretta a condizione che la stampa diventi la fotografia delle pagine scritte e corrette dall'Autore.

De Bernardi sottolinea che questo obbiettivo può essere raggiunto solo essendo severi nei tempi e nei criteri di preparazione del manoscritto da parte degli Autori. Si decide di stampare 300-350 copie del volume degli atti del 4° Congresso.

De Bernardi illustra poi una proposta per la stampa degli Atti del 5° Congresso formulata dalla rivista "Acqua e Aria". Questa testata si offrirebbe di stampare gli Atti e di curarne la distribuzione, vendendone un certo numero di copie all'AIOL. De Bernardi propone di richiedere comunque agli Autori i testi pronti per la stampa in offset e di fare una scelta una volta sentite le condizioni che "Acqua e Aria" intenderebbe praticare.

Franco, esprimendo preoccupazione per il fatto di agganciarsi ad una testata, propone la pubblicazione di una rivista AIOL, che tra l'altro, costituirebbe una notevole qualificazione per l'Associazione.

De Bernardi fa notare che una rivista implicherebbe una complessa struttura amministrativa che l'AIOL non è attualmente in grado di sostenere.

Franco invita a valutare, come soluzione alternativa, la possibilità di affidare la stampa di una eventuale rivista AIOL ad un Editore che la commercializzerebbe cedendo un certo numero di

copie all'Associazione.

De Strobel sottolinea la difficoltà di conciliare le esigenze di continuità di una struttura editoriale con la mutabilità del Consiglio di Presidenza AIOL.

Dalla discussione sulla stampa degli Atti emerge come i problemi di stampa siano in gran parte legati alla struttura attuale del Congresso AIOL che, come molti fanno notare, inizia a rivelarsi inadeguata alle dimensioni dell'Associazione.

Dall'ampia discussione che segue sui diversi modi possibili di strutturare il Congresso AIOL in futuro, nasce la proposta che il prossimo congresso sia articolato in due giornate di relazioni ufficiali, una giornata dedicata ad una tavola rotonda ed una giornata di poster session.

Queste modalità renderebbero il Congresso più snello eliminando l'inconveniente delle sessioni parallele; sarebbe inoltre possibile un miglioramento qualitativo delle comunicazioni poiche i pochi Autori invitati dovrebbero fornire per tempo i lavori rendendo così possibile il referee del C.d.P. Infine la Tavola rotonda e la poster session darebbero a tutti i Soci la possibilità di esprimere le proprie idee. I riassunti estesi dei posters sarebbero poi più facilmente sottoponibili a referee e pubblicabili.

Sull'ipotesi sopra illustrata tutti i presenti si impegnano a riflettere in modo da verificarne la realizzabilità, da correggere i difetti e, eventualmente, da preparare proposte alternative per i prossimi C.d.P.

Viene quindi affrontato il problema dei costi che gli Autori dovranno sostenere per stampare sul volume degli Atti del 5° Congresso le pagine eccedenti le 10 consentite. Si decide che le prime due pagine eccedenti siano fatte pagare Lit. 25.000 e le altre Lit. 50.000.

Bertoni illustra poi la situazione finanziaria dell'AIOL impegnandosi a fornire per il prossimo C.d.P. il bilancio al 31-12-82 della gestione de Bernardi - Bertoni.

Passando poi ad esaminare le prospettive future dell'AIOL, si conferma l'opportunità di tenere il 6° Congresso nella primavera 1984 e la prossima Assemblea Generale nell'autunno del 1983.

Per quanto riguarda le azioni volte a qualificare professionalmente l'Associazione ed a salvaguardare la professionalità dei Soci, si decide che il C.d.P. dell'AIOL segnali, con comunicati stampa all'ANSA o con altri mezzi, le ingerenze di non professio

nisti nei diversi settori di competenza scientifica che l'AIOL rappresenta. Ci si impegna inoltre a cercare opportuni contatti politici in modo da far sì che l'AIOL sia presente quando si creano commissioni di studio pubbliche su problemi inerenti l'Oceanografia e la Limnologia.

De Bernardi segnala che l'AIOL è stata inserita nell'elenco delle "Major Professionel Ecological Organizations" e che gli Atti del 3° Congresso AIOL sono stati recensiti nell'ASFA (Aquatic Sciences and Fisheries Abstracts).

Passando poi ad esaminare la situazione dei Soci, si invita il Segretario a sollecitare l'invio delle quote di associazione sottolineando ai Soci morosi da oltre un biennio che, in caso di mancata regolarizzazione della loro posizione, decadranno a norma di Statuto dalla qualifica di Socio.

Infine De Strobel propone che si istituisca un "Certificate of Appreciation" da offrire ai precedenti dirigenti del l'Associazione a riconoscimento dell'attività da loro svolta a favore della AIOL.

In assenza del numero legale i presenti, in conclusione di seduta, decidono di chiedere al prossimo C.d.P. la ratifica di quanto deciso e l'approvazione del presente verbale.

ASSOCIAZIONE ITALIANA
DI OCEANOLOGIA E LIMNOLOGIA

BILANCIO FINANZIARIO 1981 - 1982

ENTRATE

Residuo precedente gestione	Lit.	8.583.421
Comitato tecnologico		3.000.000
Comitato geologia		2.000.000
CARIPLO, Intra		500.000
Amministrazione Provinciale di Novara		1.500.000
Quote sociali		1.886.000
Donazione a partita di giro		468.000
Ditte espositrici		8.550.000
Iscrizione 5° Congresso soci e non soci		2.520.000
Donazione a partita di giro		660.000
Donazione a partita di giro		3.750.000
Totale Entrate	Lit.	33.417.421

USCITE

Stampa atti 4° Gong, (carta, composiz.)	Lit.	6.000.000
Fotocopie, viaggi a La Spezia, spese postali		214.770
Spese postali e fotocopie		483.000
Spese per tavola rotonda 14-12-81		70.000
Spese postali		660.000
Incisione pittore Raciti		3.750.000
Cancelleria, noleggio proiettori per 5° Congr.		685.000
Spese viaggio prof. P.J. Wangersky		1.550.000
Spese albergo Ospiti		504.000
Affitto Palazzo Congressi		3.410.000
Autobus per cena sociale		100.000
Cena sociale per Collaboratori e Ospiti		102.000
Fotocopie		328.000
Totale Uscite	Lit.	17.856.770

Totale Entrate	Lit. 33.417.421
Totale Uscite	Lit. 17.856.770
Attivo	Lit. 15.560.651

Finito di stampare nell'Aprile 1984
dalla Tipo-litografia Saccardo Carlo & Figli S.n.c.
28027 Ornavasso (No) Via Jenghi, 10
Tel. (0323) 837.835