ATTI DEL 6° CONGRESSO
DELLA
ASSOCIAZIONE ITALIANA DI OCEANOLOGIA E LIMNOLOGIA

Livorno 12 - 14 Aprile 1984

a cura di

Francesco Cinelli e Mauro Fabiano

E

ATTI
DELL'ASSOCIAZIONE ITALIANA

DI

OCEANOLOGIA E LIMNOLOGIA
(A.I.O.L.)

(dal 1° Gennaio 1983 al 31 Dicembre 1984)

Livorno 1985

20 Miglia edizioni per A.I.O.L.
Via Del Vigna n. 128
57100 Livorno
Tel. (0586) 409511

INDICE

Presentazione…..……..…	pag.	III
Atti del 6° Congresso Nazionale dell'associazione Italiana di Oceanologia e Limnologia…….....	“	V
Elenco degli iscritti al 6 Congresso Nazionale dell'Associazione Italiana di Oceanologia e Limnologia….....	“	VII
Relazioni ad invito		
R. DE BERNARDI, G. GIUSSANI - Problemi e prospettive della Limnologia sperimentale.....	“	1
N. DELLA CROCE - Oceanografia biologica del Mar Ligure ed Alto Tirreno……...	“	9
J.P. REHAULT - Geologie des bassins Ligure et Tyrrhenien.....	“	23
R.I. TAIT - The physical oceanography of the Tyrrenian & Ligurian seas……..…	“	49
Relazioni		
G. ALBERTELLI, M. CATTANEO - Macrobenthos dei fondi molli del Mar Ligure……..	“	87
W. AMBROSETTI, L. BARBANTI, V. LIBERA e A. ROLLA - La dinamica dell'ossigeno nel lago Maggiore….....	“	99
A. ARILLO, P. MENSI - Nitriti nelle acque dolci; tossicità, bioaccumulo, modo di azione e potenziale rischio mutagenetico nei pesci.....	“	111
R. BERTONI, C. CALLIERI, O. ZOLA, R. TOREL-		

LI - Caratterizzazione qualitativa del Carbonio organico particellato presente negli ambienti limnici……..... pag. 121

M. BRONDI, R. GRAGNANI, C. MIGNUZZI e C. ORLANDI - Distribuzione degli elementi in traccia nel Golfo di Taranto. Zn, Cu, Pb, Cd, Cr, V, Mo, Ni, Co, Hg, Mn, Fe, ^{226}Ra ^{210}Po, nelle acque e nel particolato dell'ambiente marino costiero e dei fiumi principali……..... " 131

T. LA NOCE, R. PAGNOTTA, M. PETTINE & A. PUDDU - Inquinamento costiero alla foce del fiume Tevere: risultati di un'indagine interdisciplina……..... " 147

R. MOSELLO, S. CUCCHIARA, G. TARTARI - Meromissi e caratteristiche chimiche del L. Castel (Val Formazza, Alpi Lepontine, 2216 m s;l;m;)…….. " 157

L. PAPA - Un modello numerico tridimensionale per lo studio della circolazione marina e del trasporto e la diffusione di inquinanti nel Mar Ligure……..…... " 167

P. PISTEK, F. de STROBEL, C. MONTANARI - Low-frequency recoverable acoustic swallow floats for measuring mid and deep water circulation…… " 173

Comunicazioni

G. ALBERTELLI, A. BALDOZZI, R. CATTANEO - Analisi strutturale su alcuni popolamenti bentonici lungo il litorale genovese……...……. " 187

W. AMBROSETTI, L. BARBANTI, V. LIBERA e

A. ROLLA - Una introduzione alle sesse del lago di Margozzo……. pag. 195

G. APRILESI, R. CECCHI, G. GHERMANDI e G. MAGNONI - Misure PIXE di metalli nel Golfo di Genova come possibile supporto per l'indagine delle inversioni nella corrente costiera …… " 203

M. ASTRALDI, G.P. GASPARINI – Alcune osservazioni sui campi di pressione e di vento nel bacino ligure…….…….. " 211

T. BAGNARI, F. FRASCARI, M. LANDUZZI e M. RAVAIOLI - Caratteristiche sedimentologiche e minerali argillosi dell'area marina antistante il Tevere…….. " 217

A. BARILLARI, F. BIANCHI, A. BOLDRIN, F. CICCE, A. COMASCHI SCARAMUZZA, S. RABITTI e G. SOCAL - Variazioni dei parametri idrologici, del particellato e della biomassa planctonica durante un ciclo tidale nella laguna di Venezia…… " 227

P. BELLOTTI, P. TORTORA, P. VALERI - Risultati delle indagini preliminari sulla conoide sommersa del delta del Tevere…… " 235

R. BONIFORTI, R. RUGGIERO, R. FERRAIOLI, Dv HELTAI - Distribuzione degli elementi in traccia nel golfo di Taranto. Determinazione di Fe, Ni, Mn, Cu, Co, Cr, Ca, Sr e Ba nella zona antistante la foce del fiume Sinni……. " 241

S. CALVO, R. BARONE, G. GENCHI - Lo stato trofico del lago Scanzano (Palermo)…… pag. 249

A. CARLI, V. BALESTRA, L. PANE, T. VALENTE - Rapporto di composizione degli acidi grassi nel plancton……... “ 257

G. CATALANO, D. BREGANT, D. DEL PIERO - Prova di applicazione a mari poco profondi di metodi oceanici per l'identificazione di tipi d'acqua…….. “ 263

L. CAVALERI, G. GRANCINI, R. TOSI - Extreme waves in the Tyrrhenian sea……. “ 269

M.G. CEVASCO, N. DELLA CROCE - Pontellidae (copepoda) in mar Ligure e Alto Tirreno……. “ 273

E. COCCO, M.A. de MAGISTRIS, T. DE PIPPO, A. PERNA - Dinamica ed evoluzione del litorale campano - laziale: 3.il complesso di foce del fiume Volturno……... “ 279

E. CRISAFI, E. DE DOMENICO, M. DE DOMENICO, L. GENOVESE, R. LA FERIA - Ulteriore contributo alla caratterizzazione delle popolazioni microbiche in acque ioniche e tirreniche…….. “ 289

V. CUOMO, F. VANZANELLA, S. D'ANTONIO, F. CINELLI, G. PARDI - I funghi arenicoli della fascia costiera pisana tra la foce del fiume Arno e quella del fiume Serchio…….. “ 297

M. FABIANO, T. ZUNINI SERTORIO - Aspetti quantitativi della relazione fitozooplancton in mar Ligure…… “ 305

G.P. FANZUTTI, R. MAROCCO - I sedimenti recenti del lago intermorenico di Ragogna (San Daniele del Friuli)…… pag. 311

R. FERRARA, A. SERITTI, C. BARGHIGIANI, A. PETROSINO - Livelli ed origine del mercurio nell'atmosfera sopra il mare aperto (Tirreno centrale e meridionale)…… " 319

I. FERRARI, G. MATTEUCCI, P. MENOZZI - Risalita del cuneo salino e variabilità dello zooplancton nel tratto terminale del Po di Pila… " 323

M. FRIGNANI, M. RAVAIOLI, R.F. BOPP, H. J. SIMPSON - Contribution to the study of pollution and recent marine sedimentation in front of the Tiber river……. " 329

P. GIORDANI, M. ASTORRI - Phosphate chemistry of coastal sediments in relation to eutrophication " 337

U. SALGHETTI-DRIOLI, F. CINELLI - I popolamenti algali delle Formiche di Grosseto: vegetazione infralitorale e circalitorale…… " 343

G. SALMOIRAGHI - Sostanza organica e pigmenti vegetali contenuti nei sedimenti del lago di Massaciuccoli……... " 353

N. SECHI, G.A. TESTONI, M. URBANI - Fitoplancton, nutrienti e stato trofico del lago Cuga (Sardegna settentrionale)…… " 361

N. SECHI, M. MAMELI, G.M. PULINAS, G.M.

ZARA - Fitoplancton e nutrienti algali nel porto di Palau (Sardegna settentrionale)…… “ 367

P. STOJKOVIC, M. TOMASINO - Piattaforma al largo della sacca del Canarin (delta del Po)……. “ 373

Atti dell'Associazione Italaliana di Oceanologia e Limnologia dal 1 Gennaio 1983 al 31 Dicembre 1984 “ 381

A. I. O. L.

CONSIGLIO DI PRESIDENZA
per gli anni 1982-1983

Presidente	ROBERTO FRACHE
Consig1ieri	ROBERTO BERTONI
	FEDERICO DE STROBEL
	FRANCO FANNUCCI
	…PAOLO FRANCO
	LUIGI MENDIA
	SERGIO ROSSI
Segretari	MAURO FABIANO

PRESENTAZIONE

Il presente volume raccoglie gli Atti del 6° Congresso Nazinale ed i documenti amministrativi dell'Associazione Italiana di Oceanologia e Limnologia. Gli Atti riflettono la struttura del Congresso che, quest'anno, e state articolato su un'unica sessione e costituito da Relazioni ad invito, Relazioni e Comunicazioni.

I lavori, pubblicati dopo un attento esame dei referees come e ormai prassi consoli data dell'Associazione, mostrano il buon livello scientifico ed il soddisfacente grado di integrazione interdisciplinare raggiunto daila ricerca oceanologica e limnoiogica.

La soddisfazione per questa constatazione e tanto piu grande se si considerano le difficolta finanziarie ed organizzative in cui la nostra ricerca e vissuta in questi ultimi anni.

E' quindi con piacere che presentiamo questa volume che testimonia appunto della consolidata dignità scientifica e della vitalità della nostra Associazione.

ATTI

del 6° CONGRESSO NAZIONALE

di

OCEANOGRAFIA E LIMNOLOGIA
(A. I. O. L.)

Livorno 12 - 14 Aprile 1984

ELENCO PARTECIPANT1 – 6° CONGRESSO A.I.O.L.

ACCERBONI, E.	Osservatorio Geofisico Sperimentale - Trieste
ALBERTELLI, G.	Ist. Scienze Ambientali Marine - Universita di Genova
AMBROSETTI,W.	Ist. Italiano di idrobiologia - C.N.R. - Pallanza
ARILLO, A.	Ist. di Zoologia - Università di Genova
ARTEGIANI, A.	I.R.P.E.M. - C.N.R.- Ancona
ASTORRI, M.	Ist. di Geologia Marina - C.N.R. - Bologna
ASTRALDI, M.	Ist. Dinamica Grandi Masse - Pozzuolo di Lerici (Spezia)
BAFFI, F.	Ist. di Chimica Generale ed Inorganica - Università di Genova
BARBANTI, L.	Ist. Italiano di Idrobiologia - C.N.R. - Pallanza
BARONE, R.	Ist. e Orto Botanico - Università di Palermo
BELLOTTI, P.	Ist. Geologia e Paleontologia - Università di Roma
BERTONI, R.	Ist. Italiano di Idrobiologia - C.N.R. - Pallanza
BIANCHI, F.	Ist. Biologia del Mare - C.N.R. - Venezia
BONACINA, C.	Ist. Italiano di Idrobiologia - C.N.R. - Pallanza
BONIFORTI, R.	ENEA - Centro Ricerche Energia Ambiente - S. Teresa (Lerici)
BONOMI, G.	Ist. Italiano di Idrobiologia - C.N.R. - Pallanza
BOZZOLI, F.	Comune di Roma - Uff. Speciale Tevere e Litorale Roma
BREGANT, D.	Ist. Talassografico - C.N.R. - Trieste
BRONDI, A.	ENEA - PAS - SCAMS - Laboratorio di Geochimica Ambientale - Roma
CALVO, S.	Ist. e Orto Botanico - Universita di Palermo

CARLI, A.	Ist. Scienze Ambientali Marine - Università di Genova
CATALANO, G.	Ist. Talassografico - C.N.R. - Trieste
CATTANEO, R.	Ist. di Zoologia - Università di Genova
CAVALERI, L.	Ist. Dinamica Grandi Masse - C.N.R. - Venezia
CECCHI, R.	Ist. di Fisica - Università di Modena
CEVASCO, G.	Ist. Scienze Ambientali Marine - Università di Genova
CICERI, G.	C.I.S.E. Spa - Segrate (Milano)
CINELLI, F.	Ist. Biologia Marina - Università di Pisa
CONTARDI, V.	Ist. Chimica Generale ed Inorganica - Università di Genova..
CORRADI, N.	Ist. di Geologia - Università di Genova
CORTESE, G.	Dip. Biologia Animale ed Ecologia Marina - .Università di Messina
CRISAFI, E.	Dip. Biologia Animale ed Ecologia Marina - Università di Messina
DE BERNARDI, R.	Ist. Italiano di Idrobiologia - C.N.R. - Pallanza
DE DOMENICO, E.	Dip. Biologia Animale ed Ecologia Marina - Università di Messina
DELLA CROCE, N.	Ist. Italiano di Idrobiologia - C.N.R. - Pa1lanza
DEL PIERO, D.	Dip. di Biologia - Università di Trieste
DE MAGISTRIS, M.A.	Dip. Scienze delIa Terra - Università di Napoli
DE MORI, A.	DE MORI, A. Milano
DE ROSA, S.	Centro Ricerche Montedison - Barra (Napoli)
DE STROBEL, F.	Saclant Center - La Spezia
FABIANO, M.	Ist. Scienze Ambientali Marine - Università di Genova
FANUCCI, F.	Ist. di Geologia - Università di Genova

FERRARA, R.	Ist. di Biofisica - C.N.R. -Pisa
FERRARI, I.	Ist. di Zoologia - Università di Ferrara
FIRPO, M.	Ist. di Geologia - Università di Genova
FONDA UMANI, S.	Dip. di Biologia - Università di Trieste
FRACHE, R.	Ist. di Chimica Generale ed Inorganica - Università di Genova
FRANCO, P.	Ist. Biologia del Mare - Venezia
FRIGERI, P.	C.I.S.E. Spa - Segrate (Milano)
FRIGNANI, M.	Lab. Geologia Marina - C.N.R. - Bologna
GRAGNANI, R.	ENEA - PAS - SCAMS - Lab. Geochimica Ambientale - Roma
GRAZIOTTI, N.	Idronaut - Milano
GROSSO, F.	Idromar - Genova
LA FERLA, R.	Ist. Talassografico - C.N.R. - Trieste
LUSETTI, C.	Ist. Idrografico della Marina - Genova
MAROCCO, R.	Ist. Geologia e Paleontologia - Università di Trieste
MARENGO, G.	ISPRA - Divisione Fisica - ISPRA
MATTEUCCI, G.	ENEL - C.R.T.N. - Milano
MARZOCCHI, M.	Dip. di Biologia - Università di padova
MELONI, R.	Ist. Dinamica Grandi Masse - Pozzuolo di Lerici (Spezia)
MOSELLO, R.	Ist. Italiano di Idrobiologia - C.N.R. - Pallanza
MURATORI, R.	Ist. di Anatomia Comparata - Università di Genova
PAGNOTTA, R.	Ist. di Ricerche sulle Acque - C.N.R. - ROMA
PAPA, L.	Dip. Scienze Fisiche - Università di Genova
PICCAZZO, M.	Ist. di Geologia - Universita di Genova
PULICANO', G.	Dip. Biologia Animale ed Ecologia Marina -Università di Messina
RABITTI, S.	Ist. Biologia del Mare - C.N.R. - Venezia

REHAULT, J.P.	Laboratoire de Geodynamique Sous-Marine- Villefranche sur mer (France)
ROSSI, S.	Ist. di Geologia Marina - C.N.R. - Bologna
SALGHETTI, U.	Centro Interuniversitario di Biologia Marina Livorno
SALMOlRAGHl, G.	Ist. di Zoologia - Universita di Bologna
SANSONE, E.	Ist. Universitario Navale - Napoli
SECHI, N.	Ist. di Botanica - Università di Sassari
SERTORIO, T.	Ist. Scienze Ambientali Marine - Università di Genova
SOLAZZl, A.	Dip. di Biologia - Universita di Padova
TAIT, R.	"Thie Veg" Bidston Birakenhead - United Kingdom
TOMASINO, M.	ENEL - DSR - Centro Ricerca Idraulica e Strutturale - Mestre
TONOLLI, L.	Ist. Italiano di Idrobiologia - C.N.R. - Pal lanza
VANZANELLA, P.	Ciba-Geigy - Torre Annunziata (Napoli)
VILLETTI, G.	Comune di Roma - Ufficio Spec. Tevere e Litorale - Roma

RELAZIONI AD INVITO

PROBLEMI E PROSPETTIVE DELLA LIMNOLOGIA SPERIMENTALE

R, DE BERNARDI, G. GIUSSANI

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

SUMMARY

The aim of this paper. is to present a synthetic picture of the problematic area investigated by experimental limnology research as an useful tool that, together with classical limnological studies, can improve our knowledge on aquatic ecosystem functioning. The most relevant problems and related techniques, investigated in the framework of this branch of Limnology in the last decades, are presented and discussed together with their perspectives. Particular enphasis will be given to the use of microcosms and natural aquatic structures manipulation considering the perspectives of development they seem to present, both in the scientific field itself and in the recovery of some aquatic environments.

La Limnologia è da ritenersi una Scienza relativamente giovane se, come comunemente accettato, si assume l'anno di pubblicazione del lavoro sul Lago Lemano ad opera di F.A. Forel (1892-1904) quale data ufficiale di inizio dell'attività scientifica attorno a questa disciplina. Così come per molte altre discipline scientifiche i primi anni di attività limnologica furono caratterizzati da ricerche esclusivamente di tipo descrittivo che permisero di identificare le componenti biotiche ed abiotiche dell'Ecosistema Lacustre, nonché la ricorrenza delle stesse nei vari ambienti. Questo ha fatto sì che nell'arco di alcuni decenni si arrivasse ad una identificazione sufficientemente accurata delle componenti ecosistemiche del Limnobio. Va tuttavia ricordato che già lo stesso Forel sottolineava come, nello studio dei laghi, si dovesse superare la fase descrittiva per rivolgersi ad una forma di ricerca sperimentale, superando così la fase di osservazione accidentale che aveva caratterizzato le prime indagini pionieristiche in campo limnologico. Già in Forel, quindi, si avverte la esigenza che accanto all'identificazione ed all'analisi minuta delle strutture si vadano ad indagare i meccanismi che stanno alla base del loro funzionamento, cioè, per usare le parole di Forel stesso: "interrogare la natura, anziché limitarsi ad ascoltarne le lezioni".

Le idee di Forel cominciarono a realizzarsi in maniera concre-

ta quando, pochi decenni dopo, Naumann (1921) introdusse in Limnologia, il concetto di produttività legato agli apporti di sali nutritizi disponibili per il metabolismo della frazione vegetale del popolamento lacustre, nonché 1'importanza che il bacino imbrifero, quale fonte di queste sostanze, riveste per i singoli bacini lacustri. Questa visione dinamica porterà, anche con il contributo del limnologo tedesco Thienemann, alla formulazione di una classificazione dei laghi basata sulla loro produttività. Più tardi, nel 1926, Birge e Juday arrivarono ad una distinzione tra Laghi che subiscono o meno pesanti influenze dal rifornimento di materiale nutritizio dal territorio circostante. Questi sviluppi costituirono un progresso estremamente importante e permisero di giungere alla identificazione di un processo dinamico e funzionale che per la Limnologia rappresenta senza dubbio 1'inizio di un nuovo periodo storico. Infatti, è proprio da questi nuovi interessi che prende avvio la Limnologia Sperimentale vera e propria.

Nello stesso periodo, in Ecologia, Elton (1927) veniva definendo i concetti di piramide trofica che rappresentano il primo tentativo di costruire quantitativamente una catena alimentare. Questi concetti verranno sviluppati ed applicati alla Limnologia da Lindemann (1942), il quale propose una rappresentazione dei rapporti trofodinamici che legano le singole componenti di un ecosistema acquatico da un punto di vista energetico. In questa visione i differenti livelli della piramide eltoniana anziché in termini di densità o biomassa venivano espressi in termini di energia, così come in termini di flussi energetici venivano espressi i rapporti tra i diversi anelli.

Tutte queste ricerche, realizzando quanto aveva auspicato Forel, hanno costituito un primo importante risultato della interazione tra ricerche di Limnologia descrittiva e di Limnologia sperimentale. E' opportuno tuttavia sottolineare che accanto agli studi cui si è appena accennato, al fine di meglio identificare le differenti strutture ecosistemiche e la loro evoluzione temporale, si vennero parallelamente a sviluppare linee di ricerca dirette a studiare, anche in condizioni di laboratorio, i meccanismi interattivi tra le varie componenti, nonché i singoli processi e le funzioni proprie delle differenti strutture. Largo sviluppo, in questo periodo, ebbe 1'aspetto metodologico e tecnologico con il preciso scopo di giungere ad una stima quantitativa dei processi in esame. Esempi in questo senso sono costituiti dalle ricerche per le misure della produzione primaria e dell'attività batterica di mineralizzazione, così come dalle ricerche di dinamica di popolazione e"dei fattori che la regolano; notevoli, relativamente a questo ultimo punto, sono i risultati ottenuti da Ingle, Wood e

Banta (1937). È comunque con l'immediato dopo guerra che prende avvio la Limnologia Sperimentale in forma organica soprattutto per quanto riguarda più direttamente lo studio dei meccanismi di funzionamento dell'Ecosistema; aspetto che trasse notevole vantaggio nel suo progredire dall'introduzione nella ricerca limnologica dell'uso di traccianti radioattivi. Questi, infatti, hanno permesso una migliore definizione nella misura dei processi biologici soprattutto a livello di trasferimento di energia e materia lungo la catena alimentare. Conseguentemente ai primi successi si verificò un notevole ampliamento del campo delle indagini "sperimentali"; questo sviluppo è andato via via affermandosi al punto che,attualmente, si può ritenere che non vi sia alcun settore o componente dell'ecosistema lacustre che non sia oggetto di ricerche di Limnologia sperimentale.

Conviene a questo punto, per quanto arduo possa essere, tentare di delineare con più precisione il campo d'azione di questo approccio sperimentale allo studio dei laghi cosicché possa servire da definizione che, per quanto limitata come tutte le definizioni, ci aiuti a meglio comprendere che cosa si intende per Limnologia Sperimentale. Infatti, se originariamente essa veniva concepita soprattutto come settore della Limnologia orientato allo studio di laboratorio della biologia degli, organismi in funzione delle diverse variabili ambientai i in condizioni controllate, più recentemente il suo campo di azione è andato estendendosi a comprendere la realizzazione di esperimenti diretti in ambienti lacustri naturali, nonché la realizzazione di modelli analogici a grande scala. Si può quindi dire che la Limnologia Sperimentale è quel settore della Limnologia che, attraverso modificazioni controllate di una o più componenti di un ambiente lacustre, direttamente in natura o in laboratorio, si prefigge di porre in luce il ruolo che ciascuna componente svolge nell' ecosistema e di misurare i processi dinamici ad essa collegati.

Si diceva precedentemente che è molto difficile trovare oggi un solo aspetto dell' ecosistema che non sia studiato anche in "termini sperimentali" nel significato poco sopra esposto; è quindi altrettanto arduo, in questa sede, compiere un'analisi il più possibile completa ed esauriente dell'odierno sviluppo di questa branca della Limnologia. Limiteremo quindi la nostra scelta esemplificativa a quegli aspetti che, a nostro parere, possono meglio servire a definire le grandi linee di indagine, attualmente seguite, a livello ecosistemico globale.

L'analisi sperimentale di interi ecosistemi è, evidentemente, una fase della ricerca limnologica che presuppone un'ampia serie di indagini che si riferiscono a singoli processi funzionali rile-

vabili nell'ecosistema acquatico. Se si volesse schematizzare la sequenza delle tappe lungo le quali si sviluppa la ricerca di limnologia sperimentale, questa potrebbe essere:

a - Misura dei singoli processi (ad es. attività fotosintetica,attività di grazing, selettività alimentare, predazione, competizione).

b - Definizione di modelli funzionali; vale a dire di modelli che rappresentino in senso dinamico le varie strutture ecosistemiche e le loro connessioni trofodinamiche.

c - Misura dell'influenza di singole variabili sui differenti processi; sono queste le ricerche che vengono realizzate abitualmente in condizioni controllate di laboratorio e attraverso le quali ci si prefigge di esaminare e valutare le cause che possono portare ad una variazione nell'intensità con la quale determinati processi vengono osservati o misurati.

d - Analisi dell'influenza delle perturbazioni sugli assetti originali. Questa fase, come la precedente, si prefigge 1'analisi di fattori di perturbazione che hanno luogo però in strutture ecosistemiche complesse.

e - Definizione di modelli predittivi.

f - Definizione di modelli gestionali.

Mentre i primi quattro punti ora descritti si riferiscono a caratteristiche più propriamente conoscitive, i due ultimi riassumono nel loro significato quelli che sono gli scopi finali delle indagini di Limnologia Sperimentale.

Ci sembra particolarmente opportuno considerare con maggior dettaglio, tra le fasi operative prima citate, quella che prevede 1'analisi dell'influenza delle perturbazioni che hanno luogo in strutture ecosistemiche complesse (punto; d) in. quanto, questa fase, da una parte rappresenta il compendio e la verifica su scala ecosistemica delle fasi precedenti e dall'altra costituisce la base conoscitiva indispensabile per la formulazione di modelli predittivi e quindi gestionali degli ambienti lacustri.

In relazione ai problemi affrontati, 1'analisi degli effetti di perturbazione a livello ecosistemico fa riferimento a varie tecnologie sperimentali nelle quali, comunque, oggetto di indaga ne sono sempre strutture molto complesse quando non addirittura interi ecosistemi nella loro globalità.

Uno degli approcci più comunemente adottati è quello dello studio di microcosmi sperimentali ottenuti con la separazione fisica di una parte dell'ecosistema lacustre per mezzo di barriere. Si

ottiene in questo modo una parcella più o meno rappresentativa dell'intero ecosistema entro la quale, in condizioni sperimentali controllate, possono venir condotte alterazioni di strutture o processi, così che i risultati ottenuti siano estrapolabili all'intero ecosistema. Questa metodologia di indagine ("enclosures"), pur non essendo nuova, ha ricevuto un'attenzione crescente negli ultimi anni proprio per la molteplicità dei problemi che con essa vengono affrontati. Essa, infatti, si presenta come particolarmente versatile per identificare processi e misurare tassi non facilmente quantificabile nell'intero ecosistema, per manipolare il sistema in esso racchiuso al fine di giungere a predizioni valide per 1'intero ecosistema, per ricampionare la stessa unità sperimentale, per replicare la stessa unità sperimentale. In questo senso l'uso di microcosmi o "enclosures" rappresenta una sorta di compromesso tra sperimentazione in laboratorio e osservazione in natura. Tuttavia, bisogna rilevare che le condizioni sperimentali che si possono ottenere con questo tipo di metodologia sono generalmente solo un'approssimazione delle condizioni naturali, poiché si possono verificare artefatti dovuti all' "enclosure" stessa ("bag effects"). In particolare, tali artefatti possono essere di natura fisica, chimica e biologica. Tra questi possono assumere particolare rilevanza per quanto riguarda gli aspetti fisici, problemi di mescolamento e di turbolenza delle acque che nelle "enclosures" sono normalmente inferiori a quanto si verifica in lago, cosi come ugualmente si possono verificare problemi in relazione alla rata di sedimentazione e alla trasmissione della luce.

Da un punto di vista chimico il fatto che 1'ambiente interno sia completamente isolato dall'ambiente esterno fa si che il primo sia escluso dal trasporto naturale di nutrienti, il che, generalmente, porta in breve tempo ad un impoverimento della concentrazione di nutrienti nell' "enclosures". Da un punto di vista biologico, infine, le strutture racchiuse nell' "enclosure" possono differire da quelle lacustri sia per distribuzione, sia per esclusione di alcune componenti, sia, infine, per il campionamento al quale sono sottoposte che può portare a problemi di diluizione dei popolamenti stessi. Questi inconvenienti connessi alla metodologia fanno sì che generalmente la durata degli esperimenti condotti in "enclosure" sia limitata nel tempo. Tuttavia, è da sottolineare come la maggior parte di questi aspetti negativi può essere eliminata, o quanto meno notevolmente ridotta, con l'uso di "enclosures" di maggiori dimensioni. E' stato osservato che mentre "enclosures" del volume di un metro cubo danno risultati fidabili nei primi dieci giorni, "enclosures" di dieci metri cubi possono arrivare a rappresentare adeguatamente 1'ambiente anche per cinque settimane.

Un' approccio per molti versi simile a quello delle "enclosures" anche se rispetto a queste presenta caratteristiche di maggior artificialità, è quello della costruzione di modelli analogici che ricostruiscano, in scala, interi ecosistemi. E' questa una metodologia che ha trovato maggiore applicazione nello studio di problemi fisici idrologici ed idraulici, ad esempio per lo studio di Estuari o di interi laghi (Lago di Costanza). Gli svantaggi derivanti dall'uso di questa metodologia e che ne limitano l'impiego, oltre agli elevati costi di realizzazione e di gestione, consistono nel fatto che non tutte la componenti ecosistemiche possono essere ridotte in scala o controllate artificialmente (come ad esempio gli organismi vegetali e animali).

Una metodologia di studio che ha dato e può dare eccellenti risultati è senza dubbio quella della manipolazione di un intero sistema lacustre. Come si può facilmente intuire è questo un approccio ottimale in quanto considera 1'intero lago quale unità sperimentale, anche se può risultare di facile realizzazione solamente in quelle regioni del globo ricche di ambienti lacustri e scarsamente popolate. Per queste ragioni ricerche di tale tipo sono state condotte principalmente negli Stati Uniti, nei paesi Scandinavi e soprattutto in Canada nell'Experimental Lake Area. Particolarmente significative in questo contesto sono state le ricerche di Schindler, il quale, per poter analizzare in maggior dettaglio l'evoluzione di ambienti sottoposti a rapida eutrofizzazione,ha arricchito sperimentalmente diversi corpi lacustri con differenti quantità di fosforo e azoto (Schindler, 1974, 1980). Altrettanto importanti sono stati gli studi di Shapiro e collaboratori sull'uso di tecniche di biomanipolazione di catene alimentari acquatiche per il miglioramento delle qualità ambientali (Shapiro, 1978; Lynch e Shapiro, 1981).

Quest' ultimo campo di indagine sembra aprire nuove vie alle ricerche di limnologia sperimentale finalizzate ad una gestione degli ambienti lacustri su basi ecosistemico-biologiche. Il principio fondamentale sul quale si basa questa sperimentazione è che ogni singola unità tassonomica ha sull'ambiente un impatto che le è peculiare, regolato, comunque, da meccanismi interattivi a "feed-back". Ne consegue che l'importanza relativa assunta dalle diverse entità tassonomiche in un particolare ambiente, nonché il tipo e 1'intensità di interazione tra i vari anelli della catena alimentare da esse costituita ha notevoli ripercussioni sulle strutture abiotiche dell' ecosistema. Le ricerche di Limnologia Sperimentale finalizzate a questo campo di indagine (biomanipolazione di catene alimentari acquatiche) si propongono, in sostanza, di

modificare il grado di interazione tra due o più componenti della catena alimentare, aumentandone o deprimendone 1'intensità allo scopo di giungere ad un controllo biologico della densità di una determinata specie o gruppo di organismi accentuando o deprimendo in questo modo il ruolo da essi svolto nell'ecosistema, in altre parole, lo sforzo di ricerca viene così diretto all'individuazione di interventi che, modificando i delicati equilibri tra 1e diverse unità specifiche realizzino tra esse rapporti quantitativamente differenti e tali che permettano il conseguimento di strutture trofiche, 1'attività delle quali agisca a soddisfare determinate richieste poste all'ambiente.

In questo senso le ricerche sulla biomanipolazione si pongono dunque da una parte come compendio di conoscenze dettagliata sulla struttura e sui meccanismi interattivi di funzionamento di un determinato corpo lacustre, dall'altra come modello predittivo e gestionale su base globale.

Come si può osservare anche da questa breve e forzatamente incompleta esposizione dei campi di indagine affrontati dalla Limnologla Sperimentale, l'auspicio di Forel è stato concretamente accolto in ricerche che non solamente possono aiutarci a meglio comprendere il funzionamento degli ecosistemi acquatici, ma, con il loro sviluppo, potranno portare ad una più razionale e scientificamente orientata gestione degli ambienti lacustri.

Altri indirizzi di ricerca, oltre a quelli appena esposti, sono stati avviati; basti citare a titolo di esempio le ricerche volte a studiare gli effetti di un intervento diretto sulle componenti abiotiche dell'ecosistema, quali 1'abbattimento dei sali nutritizi direttamente nell'ambiente lacustre sfruttando meccanismi biologici e chimici. Tutte ricerche queste che risultano accomunate oltre che da una finalizzazione ben precisa anche da un costante stimolo all'ampliamento ed approfondimento delle conoscenze scientifiche sull'Ecosistema Lago.

BIBLIOGRAFIA

Birge and Juday. 1826. Organic content of Lake Water. Bull. of the Bureau Fish., 42 : 185-204.

Elton, Ch. 1927. Animal Ecology. Macmillan, New York.

Forel., F.A. 1892-1904. Le Léman. Monographie limnologique. 3 Vol. Lousanne.

Ingle, L.T., T.R. Wood and A.M. Banta. 1937. A study of a longevity, growth, reproduction and heart rata in Daphnia longispina as influenced by limitations of quality of food. J. Exp. Zool., 76; 325-352.

Lindeman, R.L. 1942. The trophic-dynamic aspect of ecology. Ecology, XXIII: 399-418.

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

Naumann, E. 1930. Grundzüge der regionden Limnologie, in Die Binnengewässer Vol. XI. Stuttgart, pp. 1-176.

Schindler, D.W. 1974. Whole-lake eutrophication experiments with phosphorus, nitrogen and carbon. Verh. Int. Ver. Limnol. 19:3221-3231.

Schindler, D.W. 1980. The effect of fertilization with phosphorus and nitrogen versus phosphorus alone on eutrophication of Experimnetal lakes. Limnol. Oceanogr. 25: 1149-1152.

Shapiro, J. 1978. The need for more bioloey in lake restoration. Contr. n. 183 of the Lininological Research Center, Univ. Minnesota, Minneapolis, Mimeography: 20 pp.

OCEANOGRAFIA BIOLOGICA DEL MAR LIGURE E ALTO TIRRENO

N. Della Croce

Istituto di Scienze Ambientali marine dell'Università di Genova
Gruppo Ricerca Oceanologica - Genova

SUNMARY

The Author briefly points out general concepts about Marine Biology, Ecology and Experimental Biology in relation to Biological Oceanology, Biological Oceanology identifies itself with the integrative processes which lead to study the Ocean as a biological system. In this Country, the study of the marine ecosystem from the biological point of view appears composite but rather disarticulate; moreover reviews dealing with this research field are regularly presented at international meetings (International Commission for the Scientific Exploration of the Mediterranean Sea) as well as, now and then, at national ones (Italian Society for Marine Biology). The A., therefore, instead of reviewing the past, points out some research opportunities for the future in Biological Oceanology. The A. believes that scientists will meet encouraging results in Biological Oceanology through interdisciplinary research, after having realized that studying the marine ecosystem from the biological point of view on individual or small working group scale is not bringing rewarding results anymore. Oceanology, with its branches, has not been progressing so fast in this Country as in others in the last few decades. It has to be said, however, that this Country has finally starter building up a technical, scientific and cultural conscience-know-ledge of the marine system as a whole.

Nel momento stesso in cui ho accettato il gentile invito dell'Associazione Italiana di Oceanologia e Limnologia a presentare questo nostro VI Congresso un quadro retrospettivo sull'Oceanografia biologica nei Mari Ligure e Tirreno, ho pensato che non sarebbe stato facile assolvere il compito. D'altra parte è stata proprio questa percezione di difficoltà che mi ha spinto ad accettare la proposta di un tema che ritengo di estremo interesse.

Le testate delle diverse riviste, la denominazione delle varie Società ed Associazioni, il titolo di numerosi libri sembrerebbero voler recepire per definizione certi aspetti piuttosto che altri della ricerca sugli organismi marini. Questo stato di fatto forse non rispecchia altro che l'intendimento di evidenziare le singole tessere di un mosaico che in realtà non è scomponibile.

ATTI 6° CONGRESSO A.I.O.L – da Pag. 9 a Pag. 22

La maggior parte di noi, assorbita giorno per giorno da qualche specifico problema, anche quando pensa al significato del suo lavoro che si sviluppa articolato su tematiche ben definite, raramente esprime le sue idee in proposito in forma esplicita.

Normalmente, quando si tratta di Oceanologia ci si riferisce a studi di carattere generale sui mari e sugli oceani, perché altrimenti ci si riferisce all' Oceanologia fisica, o chimica o biologica, oppure alla Geologia marina.

Nel caso specifico può essere lecito chiedersi cosa s'intenda per Oceanologia biologica.

Ad esempio, non ritengo appropriato che la Geologia marina "assorba" o comprenda la Sedimentologia; la seconda studia, infatti, i processi di sedimentazione e le relazioni che intercorrono tra questi e la fauna di fondo e il chimismo delle acque e dei fondi sino alla diagenesi delle rocce sedimentarie; la prima studia gli aspetti stratigrafico-strutturali del fondo marino e le sue relazioni con i processi geodinamici. Parimenti, non ritengo appropriato che 1'Oceanologia biologica si appropri della Biologia marina o viceversa, anche se posso anticipare che a mio modo di vedere, in entrambi i casi, ai tratta di espressioni di ricerca complementari l'una all' altra.

A questo punto sarà chiaro che a mio giudizio una certa differenza esiste tra Biologia marina e Oceanologia biologica.

Nella più semplice definizione, la Biologia marina studia 1 fenomeni che riguardano il ciclo biologico degli organismi marini; 1'Oceanologia biologica la biologia dei mari e degli oceani. Personalmente, ritengo che 1'Oceanologia biologica si identifichi nei processi che permettono, per integrazione, di configurare il mare come sistema biologico, avvalendosi - quando necessario delle altre componenti del sistema mare. Il problema è della stessa natura quando ci si riferisce al mare, ad esempio, come sistema fisico o chimico.

In altri termini, esemplificando, lo studio dei fenomeni legati all'accrescimento corporeo di un dato organismo è diverso da quello che, partendo dalla traduzione del suo accrescimento corporeo in biomassa, trasferisce tale biomassa nel sistema acquatico in termini di produzione, disponibilità alimentare, trasferimento di energia, riciclo della biomassa non utilizzata.

Oppure, gli studi delle migrazioni in quanto tali sono diversi da quelli che prendono in esame il trasferimento di biomasse, ed ancora il trasferimento di componenti diverse ai differenti livelli del sistema oceanico con 1'intervento di processi dinamici, di sedimentazione e di speciazione chimica che coinvolgono nel loro insieme il sistema mare, come ad esempio nelle migrazioni legate alla riproduzione ed ai ritmi nictemerali.

In altri termini, la Biologia marina descrive un fenomeno, studia il suo meccanismo fisiologico, biochimico e genetico ma non trasferisce i risultati al sistema oceanico; ovvero non si giunge al processo inteso in senso ambientale, in quanto i risultati non interpretano come, dove e quando il meccanismo "incide" sul sistema o se il sistema interviene in qualche modo sul meccanismo. Inoltre, il meccanismo non viene espresso in termini quantitativi suscettibili di ulteriore elaborazione a livello ambientale (equazioni empiriche, modelli).

Per contro, 1'Oceanologia biologica si esprime anche su basi qualitative: 1'esempio più semplice e più classico è quello degli indicatori biologici i quali, sebbene costituiscano essenzialmente un fenomeno biologico, trovano motivazione nella caratterizzazione delle masse d'acqua da parte del diagramma temperatura/salinità.

Potrà sembrare fuori Luogo insistere su questo argomento, ma non posso trascurare alcune tessere del mosaico biologico, quali l'Ecologia e la Biologia sperimentale.

I riferimenti all'Ecologia e alla Biologia sperimentale, ovviamente, vanno intesi connessi alla cosiddetta Ecologia marina e alla Biologia marina rispetto all' Oceanologia biologica.

L'Ecologia, nella più semplice espressione, può essere definita come lo studio degli organismi in relazione al loro ambiente.

In base alle potenziali interazioni tra organismo e organismo nonché tra organismo e ambiente, l'ecologo deve prendere in esame "assemblaggi" di organismi, ovvero sistemi. Ogni sistema può essere costituito da un certo numero di componenti o variabili, ciascuna delle quali a sua volta può costituire un'entità da un certo numero di vettori o parametri.

La possibilità di chiarire il comportamento di un sistema, pertanto, dipenderà molto dalla scelta di appropriati vettori«san i quali definirlo. Poiché le interazioni prendono consistenza nei sistemi, l'attenzione viene chiaramente rivolta alle loro caratteristiche autoecologiche o sinecologiche.

Pur essendo comunemente accettata, questa definizione di ecologia dà luogo a cedimenti nell'uso di termini diversi (come "Ecologia popolazionistica", "Ecologia del flussi energetici", "Ecologia biocenotica").

Si deve peraltro ammettere che il tentativo di conservare l'apparentemente semplice definizione di Ecologia quanto ne deriva incontra difficoltà di diversa natura. Le difficoltà che presentano i sistemi biologici complessi sono rese più ardue, ad esempio, dai limiti delle competenze dagli interessi scientifici, dalla difficoltà di definire le componenti o variabili e di

scegliere parametri o vettori misurabili e significativi, nonché tali difficoltà concettuali di Integrare i risultati.

Questi problemi, tuttavia, sono comuni a tutti i biologi; peraltro ai deve tenere presente che sono in corso nuovi approcci, come ad esempio quello cibernetico nello studio del sistema nervoso, mentre un'ampia varietà di temi biologici viene ora considerata in termini di modellistica. Ovviamente, nulla vieta che l'attenzione si rivolga a parti specifiche del sistema se ci si rende conto che "sezionando" il sistema, si può giungere solo asserzioni parziali di limitata portata ecologica.

In Biologia sperimentale, nello studio di un determinato organismo, ci si troverà ancora -seppure indirettamente- alle prese con un determinato sistema ed ai problemi di integrazione fenomenologica che ne derivano, quando il comportamento di tale organismo nel suo insieme non sia noto.

L'analisi potrà quindi svilupparsi a diversi livelli di organizzazione di un determinato organismo e prendere direzioni diverse. Ovvero indirizzo fisiologico o biochimico o di comportamento.

Il tentativo di rispondere a problemi concernenti i meccanismi ad esempio, come si sono prodotte le variazioni osservate e quali proprietà delle componenti biotiche le hanno determinate i cosiddetti ecologi sperimentali, la cui attività di ricerca a livello di laboratorio è, in verità, Biologia sperimentale vera e propria.

L'ecologo che imbocca, per motivazioni ecologiche, la strada della ricerca biologica sperimentale viene a trovarsi, tuttavia,in una posizione in qualche modo diversa da quella del biologo sperimentale vero e proprio.

Questi, essendo interessato alle proprietà dell'organismo a livello cellulare o di tessuto ad esempio, o a qualche sua funzione come la respirazione o la fotosintesi, può scegliere un organismi particolarmente idoneo per i suoi scopi scientifici; spesso il successo della sua indagine può essere determinato da questa scelta. Per contro, 1'ecologo giunge a proporre i suoi problemi di Ecologia sperimentale in modo diverso in quanto, partendo dall'ecosistema e dalle sue componenti che prima deve definir» e descrivere nella maniera più accurata possibile, gli organismi sono scelti per lui dall'ecosistema.

L'ecologo, nello studio dei meccanismi, incontra difficoltà pratiche considerevoli, per cui la sua indagine sperimentale dovrà segnare il passo. Se desidera conoscere più a fondo tali meccanismi gli sarà necessario il supporto della Biologia sperimentale inquadrata però nei sistemi ecologici; oppure dovrà provvedere in proprio, sopperendo alle difficoltà di tale esigenza, attraverso la cooperazione, 1'acquisizione di nuove metodolo-

gie e soprattutto attraverso la sua "rieducazione" che non deve però annullare la sua formazione di base sulla quale tale rieducazione si deve innestare.

Al cospetto di questa costellazione piuttosto nebulosa, dove comunque non mancano attuazioni complementari o integrative, si affaccia la nostra ricerca nei Mari Ligure e Tirreno e negli altri mari italiani.

Ognuno di noi -se lo vorrà- potrà considerarsi biologo, ecologo o oceanologo oppure uno e trino, o altro, senza che la Biologia marina sia una dipendenza della Zoologia o della Botanica, o l'Oceanologia biologica una dipendenza dell'Ecologia.

Partendo da questo quadro, mi risulta piuttosto difficile condurre un esame retrospettivo sulle conoscenze acquisite in Oceanologia biologica nei Mari Ligure e Tirreno, anche se sono note le attività di ricerca di diversi Istituti di molte Università (Cagliari, Palermo, Messina, Napoli, Roma, Siena, Firenze, Modena, Pisa, Genova), di altri Enti (Stazione Zoologica di Napoli. Istituto Talassografico di Messina, Centro Studi Ambiente Marino Santa Teresa) o di specifiche forme di associazione (Gruppo Ricerca Oceanologica - Genova, Centro interuniversitario di Livorno).

D'altra parte, i risultati di tali ricerche vengono esposti ogni due anni nell'ambito di quei Comitati a matrice biologica che con altri costituiscono la Commissione Internazionale per l'Esplorazione Scientifica del Mediterraneo e talora anche nell' ambito dei Convegni della Società Italiana di Biologia Marina.

Ritengono piuttosto utile soffermarmi brevemente su alcuni temi di ricerca che a mio avviso trovano sede idonea in Oceanologia biologica e che sino ad oggi abbiamo scarsamente studiato o non abbiano studiato affatto.

Notevoli progressi sono stati fatti nel comprendere le risposte di specie fitoplanctoniche a variazioni ambientali. I risultati ottenuti in diversi laboratori sono assai concordanti, ma il confronto di tali risultati con quelli derivati da osservazioni di campagna non è stato ricco di pari successi.

Molti dettagli del ciclo cellulare del fitoplancton, che le ricerche di laboratorio devono ancora chiarire, sono importanti al fine di potere predire gli effetti di specifiche perturbazioni ambientali sul prodotto finale, ovvero la nuova cellula. Per esempio, incrementi in nutrienti in un sistema a nutrienti limitanti determinano immediati aumenti dei tassi di assunzione e scatenano una sequenza di eventi ritenuti simili a quelli noti per i batteri. Mancano, appunto, solide conoscenze sulla sequenza degli eventi e sulle cinetiche coinvolte che permetterebbero un' analisi approfondita degli effetti sottili della variabilità ambientale naturale e di certi inquinanti sulla crescita delle

singole specie fitoplanctoniche.

Escludendo a priori studi su singole specie, la strategia di sperimentazione può proporre il raggruppamento di specie fitoplanctoniche in gruppi funzionali, intendendo per gruppo funzionali quelle specie che competono nella stessa maniera per una"risorsa" limitante.

Questo concetto può essere applicato, ad esempio, nel comprendere parchi a coma in determinate circostanze il predominio della Diatomee ceda a quello dei Fitoflagellati a viceversa, fatto questo che si riscontra di frequente negli ecosistemi costieri a nelle zona di risalita di acqua profonda, talora con influenze particolarmente negativa sull'ecosistema.

Per comprendere i meccanismi cha scatenano questi eventi sarà necessario indirizzare le ricerche in due direzioni complementari: sperimentazione su grande scala in condizioni controllate che simulano lo spettro dalla condizioni che li accompagnano in natura nella colonna d'acqua a ricerche di campagna in luoghi e tempi che abbiano un' elevata probabilità di fornire al riguardo utili serie di informazioni temporali. Sarà quindi necessario organizzare una strategia che permetta un confronto ravvicinato del lavoro di campagna e di laboratorio sino a giungere ad una realistica soluzione.

Questo problema, cha interessa il meccanismo con il quale il fitoplancton marino "reagisce" in presenza di elevate disponibilità trofiche, ai ripropone in parte in quello piuttosto vicino a relativo ai fattori che contribuiscono a definirà la sequenza delle specie.

La composizione qualitativa di un popolamento, la successione di singole specie e di gruppi funzionali, nonché i tempi in cui si succedono la variazioni qualitative e quantitative sono caratteristiche fondamentali dalla popolazioni naturali, le quali rivestono un ruolo importante nella dinamica dalla rate trofica.

Le variazioni nella composizione qualitativa non costituiscono problemi tassonomici, ma esprimono piuttosto variazioni nei tassi di crescita, del metabolismo, dalla esigenza nutritizie ed energetiche a dal valore della disponibilità alimentare. Ne risulta che la composizione qualitativa regola molti processi importanti per i cicli biologici, il riciclo dei nutrienti, i cicli di produzione, la disponibilità alimentare e il trofodinamismo.

Pertanto, sarebbe necessario quantificare quei fattori cha sono responsabili delle variazioni qualitative, i tassi di variazione e le conseguenze di tali variazioni su problemi trofodinami-

ci quali i tassi di nutrizione, reclutamento, sopravvivenza e di crescita. La ricerca dovrebbe focalizzarsi sul ruolo delle variabili condizioni ambientali - naturali o antropiche- nell'influenzare i cicli fitoplanctonici in natura, la dinamica della comunità a il. comportamento "in situ" di singole specie.

Le comunità mesopelagiche raggiungono sostanziali "standing stocks", sono fonti importanti di alimento per le comunità epipelagiche, per quelle bentoniche profonde e comprendono importanti predatori delle comunità pelagiche.

Nonostante la loro importanza, la nostra conoscenza quantitativa del ruolo delle comunità mesopelagiche nei confronti delle predette comunità è piuttosto frammentario.

Il ruolo degli organismi mesopelagici nello scambio tra superficie e acqua profonde può essere affrontato attraverso 1'esame delle funzioni, in chiave ecologica, a dei processi fisiologici di organismi di base dell'ambiente mesopelagico unitamente a studi sulla dinamica di popolazioni pertinenti. Ad esempio, particolari aspetti dinamici d'interesse sarebbero l'utilizzazione della materia e dell'energia, 1'escrezione, la riproduzione, i tassi di crescita, gli aspetti delle migrazioni, le abitudini alimentari e gli effetti stagionali. Uno studio esauriente di questa sorta darebbe un quadro del funzionamento delle comunità, mesopelagiche e della loro importanza nei confronti di altri livelli della colonna d'acqua.

I flussi di materiali verso il basso, il tasso e la variabilità spaziale dei processi che operano al di sotto dello strato produttivo sono tra i punti critici da superare per comprendere la struttura e la dinamica delle popolazioni e comunità meso e batipelagiche.

I benefici potenziali di un ampio studio sul funzionamento degli ecosistemi mesopelagici sono molteplici: comprensione dell'impatto delle loro popolazioni su comunità di acqua più o meno profonde a di queste ultime su quelle mesopelagicha; comprensione delle esigenze della comunità mesopelagica in materia ed energia, nonché ripartizione di queste risorse nell'ambito di quella comunità; informazioni sulle strategie dei cicli di organismi in un ambiente relativamente stabile e con diversi livelli di disponibilità alimentare; Importanza di questi organismi a livello del minimo di ossigeno.

Le informazioni che si hanno sulla distribuzione spaziale e temporale di molti organismi non sono spesso che delle "micro-determinazioni" nel contesto della distribuzione su grande scala.

D'altra parte, ancora oggi, per esempio, Il fenomeno "patchiness"è poco compreso, eppure influenza la nostra stima di abbondanza degli organismi ed il suo significato ecologico.

Poiché i ritiene che fattori di diversa natura e il comportamento degli organismi contribuiscano nel definire diversi aspetti distributivi, risulta necessaria una migliore comprensione del comportamento individuale e di gruppo, se si desidera interpretare realisticamente, ad esempio, i dati derivati da campionamento,i modelli di comunità, catene alimentari e biomi basati su tali dati.

Una delle maggiori difficoltà nello studiare il comportamento degli organismi consiste nell'identificare lo stimolo comportamentale. Alcuni stimoli (ad esempio, luce, salinità e pressione) sono stati identificati ma relativamente poco è noto su come gli organismi rispondono o attraverso quali meccanismi ricevono e integrano gli stimoli. Quando gli stimoli sono quelli ai quali l' uomo è relativamente insensibile (deboli campi elettrici, composti organici disciolti, vibrazioni subsoniche) il problema diventa ancora più arduo. Tra l'altro, ci si può aspettare che il ruolo dei feromoni (specifiche sostanze organiche che provocano negli organismi specifiche risposte di comportamento) sia importante nel determinare il ruolo delle sostanze disciolte nel controllo della struttura della comunità. Se questo aspetto richiede la collaborazione di chimici organici interessati ai prodotti naturali, non si deve peraltro dimenticare quanto ancora sia necessario raccogliere informazioni sulla storia naturale degli organismi marini.

Per meglio comprendere le componenti biologiche dei vari ecosistemi deve essere chiarito il comportamento di singoli organismi ed in particolare quello delle forme larvali. Questa deve essere messo in relazione a fattori fisici e chimici, dapprima in condizioni controllate su piccola scala e poi su scale via via più grandi con raggiunta di altre componenti del sistema naturale, sino a quando gli organismi possono essere osservati nel sistema naturale o ragionevolmente simulato al fine di predirne le loro interazioni e i loro aspetti distributivi.

Particolare importanza riveste una migliore conoscenza del contributo che il comportamento fornisce alla sopravvivenza delle specie animali ad elevata fecondità e bassa sopravvivenza larvale e nelle quali sottili variazioni ambientali, influenzanti i tassi di sopravvivenza, possono avere un maggiore impatto sull' abbondanza delle popolazioni adulte. La sopravvivenza di una determinata specie può dipendere da alcuni aspetti della struttura della comunità planctonica che influenzano la competizione per

il cibo o il tasso di predazione del plancton.

Una delle cause di maggiore importanza che interviene nelle fluttuazioni dell'ecosistema nell'ambiente marino è il successo o l'insuccesso del reclutamento.

Un reclutamento a elevata variabilità è una delle caratteristiche degli organismi marini: in molte specie pochi adulti possono produrre, un anno, un grande numero di giovani mentre nell'anno successivo un grande numero di adulti può produrre solo un piccolo numero di giovani.

Si ritiene che nella maggior parte degli organismi marini il successo e 1'insuccesso del reclutamento si realizzi nel corso dei primi stadi larvali planctonici dei loro cicli e che il numero di larve sopravviventi di una determinata età può variare sino a 100 volte in anni diversi. Comprendere le cause di questa variazione è una delle più urgenti e pratiche questioni: ovvero quali sono i meccanismi di reclutamento degli organismi marini, come tali meccanismi sono influenzati da cause naturali o antropiche

Comprendere le variazioni di reclutamento non è solo importante per le conoscenze di base del flusso energetico nel sistema e della stabilità delle comunità e degli ecosistemi, ma è anche di grande significato pratico a causa dei suoi effetti sulle risorse marine di importanza commerciale.

Esiste anche una considerevole preoccupazione in merito agli effetti delle perturbazioni ambientali di origine antropica su una molteplicità di aspetti del reclutamento.

Le forme larvali hanno dimostrato di rappresentare test biologici di elevata sensibilità a variazioni "subletali"; ma prima che possano essere determinati accuratamente gli effetti a lungo termine sarà necessario comprendere le cause naturali e gli effetti dei meccanismi che determinano le fluttuazioni osservate nell' ambiente marino. Solo in questo modo si potrà avviare lo studio delle interrelazioni tra variazioni ambientali e fluttuazioni delle biomasse.

In questo contesto, le ricerche sulla sopravvivenza larvale e successivo reclutamento dovrebbero prendere in esame qualità, distribuzione e abbondanza dell' alimento delle larve, nonché delle variabili che determinano variazioni nell'ambito di questi fattori; identificazione del sistema di predazione sulle larve e determinazione dei fattori fisici e chimici che possono influenzare la naturale sopravvivenza larvale su micro e macro scala; sviluppo di test biologici sperimentali assieme a studi di campagna per determinare la grandezza e la dimensione geografica

delle perturbazioni, antropiche. In Oceanologia biologica non si dovrebbero limitare gli studi al reclutamento ittico, poiché è ugualmente importante comprendere i fenomeni che influenzano il reclutamento di tutti gli organismi nell'ambito della corrispondente rete trofica.

Oltre e al di sopra del problema del reclutamento, una varietà di interazioni biotiche interviene nel regolare la struttura delle comunità marine.

Negli ultimi anni il concetto di competizione controllata dal predatore è emerso come uno dei principali fattori determinanti tale struttura. Questa condizione, valida per ambienti diversi (zone di marea a substrato roccioso; fondi molli di acque poco profonde), illustra il legame tra relazioni trofiche e struttura della comunità. Recenti ricerche hanno dimostrato che competizione, esclusione locale di natura competitiva e predazione influenzano la struttura di specifiche comunità.

La stabilità di gruppi di specie componenti una comunità dipende in parte dalla forza di una certo numero di interazioni. Pressioni selettive hanno apparentemente agito sulle strategie alimentari come pure sulle strategie dei cicli biologici nel definire l' "idoneità" di una determinata specie in relazione al suo ambiente. Il risultato è stato una ripartizione tra le specie del cibo, nonché dello spazio e persino del tempo intesi come risorse. Questo influisce direttamente sull'abbondanza relativa e sulle relazioni trofiche di una comunità. Tali processi sono centrali rispetto ai problemi concernenti la diversità delle specie in una determinata area, la stabilità delle comunità e la risposta delle comunità alla variata abbondanza di altre specie.

Il ruolo delle interazioni tra specie nello strutturare le comunità è meglio conosciuto nell'ambiente terrestre ed in quello delle acque interne.

L' Oceanologia biologia si è di frequente interessata ai fattori fisici e chimici, principalmente per la loro influenza sulla produttività intesa come più importante fattore per le comunità dei consumatori. Per contro, fattori biologici da un lato e consumatori o "predatori-chiave" dall'altro svolgono un importante ruolo di regolazione sulle biomasse e di conseguenza sulla produzione dei consumatori di più basso livello.

Questa principale caratteristica di regolazione è stata normalmente trascurata nelle comunità marine, persino nei sistemi dove le maggiori variazioni quantitative nelle forme ittiche sono state determinate dalla pesca o da modificazioni ambientali

indotte dall'uomo. Le interazioni tra specie devono essere comprese concettualmente e quantitativamente per poter abbandonare la presente situazione; gli attuali modelli di pesca si riferiscono, infatti, a popolazioni piuttosto che a comunità, e una teoria a livello di comunità per lo sfruttamento ittico non sembra essere stata sviluppata.

L' approccio ai problemi delle interazioni fra specie è già sviluppato e può essere direttamente trasferito come concetto all' 'Oceanologia biologica dall'Ecologia di base. Nella prospettiva, la ricerca dovrebbe includere stime sull'utilizzazione del cibo, del tempo e dello spazio, esperimenti in sistemi chiusi artificiali o in sistemi naturali all'uopo regolati, nonché studi comparativi sulla struttura della comunità e sulle abitudini alimentari quando le popolazioni delle diverse specie variano nel tempo e nello spazio.

Se queste e altre tematiche danno corpo all'Oceanologia biologica, essa ancora meglio si realizza nella ricerca multidisciplinare e trova più completa ragione di essere nella ricerca interdisciplinare.

In questo senso le prove scientifiche da affrontare non mancano, ne mancheranno.

Ad esempio, dal problema assai vicino dei parchi marini ad un più coerente studio degli inquinanti nell' ecosistema attraverso i meccanismi di trasferimento e gli effetti sugli organismi; all'analisi del fenomeno di risalita di acque profonde anche se non su scala oceanica; agli effetti su larga scala delle condizioni meteorologiche sulle masse d'acqua, in particolare sul collegamento tra circolazione di bacino e di piattaforma e la maniera nella quale questi eventi possono agire sulle fluttuazioni della produttività.

Se mai un giorno si decidesse di partecipare alle ricerche antartiche non si dovrebbero trascurare -sin da oggi- i problemi dell' Oceano Australe. Per 1'Oceanologia biologica si tratta di un oceano insolito caratterizzato da una corta catena alimentare e da elevate concentrazioni di sali nutritivi con un enorme potenziale di pesca. L'Oceanologia fisica e chimica riconoscono la possibilità di mettere in relazione questa produttività con i processi fisici e chimici coinvolti nella formazione delle varie masse d'acqua. Le tre componenti lavorando assieme forse possono acquisire sufficiente comprensione di tale ecosistema nel suo insieme da permettere una effettiva gestione delle risorse.

Per quanto concerne i processi all'interfacies aria-acqua e acqua-sedimenti, un accenno alla seconda. Innanzi tutto è desiderabile conoscere la natura, le grandezze ed i meccanismi di

sedimentazione delle fasi solide; l'aspetto sedimentologico necessita conoscenze dei processi chimici. biologici e fisici che intervengono nella risospensione e trasporto del materiale sedimentato. L'intervento degli organismi bentonici, che si è rilevato particolarmente significativo nel mescolare sedimenti superficiali, agisce; sui tassi delle reazioni chimiche e sui flussi delle sostanze chimiche, mentre l'aspetto fisico all'interfaccia definisce il mescolamento e li il trasporto nel quadro della circolazione su scale diverse.

Non credo di aver prospettato temi di ricerca non già noti a tutti noi; pertanto -semmai- possiamo chiederci quali sono i motivi che ci tengono ancora in buona parte ancorati a certe tematiche -o meglio- al1' impostazione di certe tematiche in forme e modi che possono considerarsi in prevalenza tradizionali, se non negativamente conservativi.

La mia impressione -che mi auguro errata- è che siamo più degli operatori che degli. Innovatori, soprattutto perché ci figuriamo la ricerca in Oceanologia biologica, in termini accessibili alle nostre non ancora integrate "mode" di vedere i problemi; inoltre perchè ancora non è giunto il momento o è scaturito il fattore aggregante, e con essi la constatazione del fatto che un problema ambientale inteso in senso biologico a livello del sistema mare, si pone oggi su una scala che non è più quella agibile da singoli ricercatori o da piccoli gruppi di lavoro.

D'altra parte, non vorrei che questa carrellata creasse in qualche modo 1' impressione. ormai appartenente al passato, di voler considerare l'Oceanologia come applicazione di varie discipline per studiare un comune mezzo ambientale. L'Oceanologia, in realtà, costituisce una scienza vera e propria, anche se giovane.

Oggi risulta evidente che la Scienza del Mare si trova per buona parte all'interfacies delle discipline convenzionali. Anche se gli studi nelle singole discipline continueranno ad avere un ruolo principale, si deve osservare che 1 ' Oceanologia si è mossa dalle fasi "esplorazione" e "descrizione" a quelle di "sperimentazione" e di "ipotesi" e che le interazioni, con la loro complessità costituiscono il nucleo dei fenomeni e dei processi oceanici.

In questa prospettiva, si osserva il passaggio dagli studi multidisciplinari a quelli interdisciplinari dove le conoscenze di una disciplina accrescono o stimolano quelle di un'altra; è proprio nell'ambito di questa situazione che l'Oceanologia biologica trova la sua più matura ragione di essere e di divenire.

In base all' esperienza personale, ritengo che il nostro paese nel campo della ricerca oceanologica -come del resto in tutta la tematica "mare"- abbia superato la fase d' inizio di un periodo di presa di coscienza - conoscienza tecnica, scientifica e culturale.

Il nostro contributo -nonostante le presenti avversità- potrà dare frutti migliori, se saremo capaci di valutare e utilizzare al meglio la nostra potenzialità; potenziante che comunque dovrebbe essere sostenuta e incrementata.

GEOLOGIE DES BASSINS LIGURE ET TYRRHENIEN

-:-:-

J.P. REHAUI.T

Laboratoire de Geodynamique sous - Marine
Villefranche sur mer (France)

Résumé : La Mer Ligure est un bassin marginal dont la partie centrale comporte un espace de croûte océanique créé entre -21 et -18 Ma pendant la rotation du bloc. corso-sarde. La distension des marges ou rifting a commencé des l'Oligocène terminal comme en témoignent les fossés du Golfe du Lion et de la Sardaigne. A l'Est du bloc corso-sarde la Mer Tyrrhénienne s'est ouverte plus récemment : après une première distension héritée de l'évolution de la Méditerranée Occidentale, le rifting principal a débuté vers 10Ma; une accrétion océanique d'extension limitée, restreinte au centre des rifts Magnaghi-Vavilov et Marsili, est intervenue principalement autour de 6Ma.

Les deux bassins se sont ouverts successivement sous l'effet de la subduction de l'Afrique et de l'Apulie sous l'Europe, en arrière de l'arc corso-sarde - blocs Kabyles pour la Méditerranée Occidentale, puis en arrière de l'arc calabro-sicilien pour la Mer Tyrrhénienne. Les séismes profonds sous la Calabre et la Mer Tyrrhénienne témoignent de la poursuite de la subduction de la lithosphère océanique “ionienne”.

Abstract : The Ligucian Sea is a marginal basin where central area is of Oceanic type crust generated between -21 and - 18Ma, during Ihe Corsica-Sardinian block rotation. The rifting was initiated during Upper Oligocene time as attested by the gulf of Lion and Sardinian graben geology. Eastward from Corsica-Sardinia the Tyrrhenian Sea was opened more recently . later than a first distensive phase linked to the Western Mediterranean evolution. The main rifting phase started about 10Ma. A restricted oceanic accretion, located in the central area of the Magnaghi-Vavilov and Marsili rifts occured mainly around 6Ma.

The Ligurian and Tyrrhenian basins were opened successively : by thesubduction ot Africa-Apulia oceanic lithosphere subduciton back of the Corsica-Sardinia - Kabylies are system for the Western Mediterranean, and laterback of the Calabria-Sicilia are system for the Tyrrhenian.

Subduction of the "lonian crust" is Still presently active, attested by the deep earthquakes distribution beneath Calabrian and Tyrrhenian sea.

Contribution n° 317 du CROUPE. D'ETUDE DE LA MARCE CONTINENTALE
(ERA 605 du CNRS)

ATTI 6° CONGRESSO A.I.O.L. – da Pag. 23 a Pag. 48

La Mer Ligure comme la Mer Tyrrhénienne apparaissent comme une déchirure récente dans le système alpin de l'Europe Occidentale. leur ouverture entre l'Europe au Sud de la France et des Alpes occidentales franco-italiennes et Je bloc corso-sarde puis entre ce même bloc et la chaîne plissée des Apennins. de la Sicile et de l'Afrique du Nord s'est produite à deux époques successives: a) de l'Oligocène supérieur au Miocène inférieur pour la Méditerranée Occidentale, jusqu'à la collision de l'arc insulaire avec l'avant-pays dans les Apennins et en Afrique du Nord; b) plus récemment, au Miocène supérieur. au Pliocène et au Quaternaire pour la Mer Tyrrhénienne, en arrière de l'arc calabro-sicilien (fig.1). Les deux bassins ont toutefois une origine semblable: il s'agit de mers marginales créées successivement, en liaison avec la subduction de la lithosphère océanique de la plaque africaine sous la plaque européenne pendant le Néogène et le Quaternaire (ERIKSON, 1970; BOCCALETTI & GUAZZONE, 1972; BOCCALETTI & al., 1976, 1984; BIJUDUVAL &. al., 1977; HORWATH & CHANNEL, 1977; BOCCALETTI & MANETTI, 1978; GRAND-JACQUET & MASCLE, 1978; HSU, 1978; DEWEY & SENGOR, 1979; MOUSSAT, 1983; REHAULT, 1981; BIJU-DUVAL, 1984; REHAULT & al., 1984, 1985). Le phénomène se poursuit d'ailleurs de nos jours au niveau de l'arc calabro-péloritain : les foyers des séismes récents se répartissent sur une surface de Wadati-Benioff très fortement inclinée vers le NW, sous la Mer Tyrrhénienne (angle de plongement voisin de 50°; profondeur maximale des séismes 480km) (PETERSCHMITT, 1956; RITSEMA, 1979; GASPARINI & al., 1982). Un volcanisme calco-alcalin est associé à la subduction, et se développe dans l'arc calabro-sicilien et au Sud du bassin tyrrhénien (Iles Eoliennes) (BARBERI & al., 1973, 1974; KELLER, 1980, 1982; BECCALUVA &: al., 1981) comme il s'était développé en Sardaigne et autour des blocs kabyles (COULON, 1977; BELLON, 1981).

La Mer Tyrrhénienne est donc un bassin marginal jeune, et, pour cette raison, la couverture sédimentaire y est peu épaisse, laissant encore apparaître la morphologie du rift initial au niveau d'une plaine bathyale située à 3500m de profondeur. *Ces* conditions favorisent l'observation par la sismique des structures des marges et des étroits espaces océaniques ou de type océanique du domaine central, tout en permettant le prélèvement d'échantillons rocheux sur les affleurements sous-marins (Carta Litologica e Stratigrafica dei Mari Italiani, 1981 ; GENNESSEAUX & al., 1985).

La Mer Ligure au contraire comporte une puissante série sédimentaire qui témoigne de son évolution subsidente plus longue après l'accrétion océanique. Le contraste s'observe également dans la morphologie de surface beaucoup plus évoluée de la Mer Ligure où les fonds sont situés à -2500m en moyenne pour la plaine bathyale, adoucis par la sédimentation. Cette morphologie témoigne d'un stade d'évolution avancée, avec le développement de grands éventails sédimentaires sous-marins (deep-sea fan du Rhône et deepsea fan du Var par exemple) (fig.1).

Cette puissante série sédimentaire masque les structures profondes des marges et du domaine océanique rendant parfois délicat le tracé de leurs limites (BURRUS, 1984; LE DOUARAN & al., 1984; REHAULT & al., 1984).En effet, la croate continentale est très fortement amincie sur les deux marges de la Mer Ligure, sur une très courte distance. Cette croute très mince, parfois inférieure à 5km d'épaisseur, est d'épaisseur équivalente à une croûte océanique classique et son comportement géophysique est souvent du même type. Ces deux bassins sont de très bons exemples de la structure des marges de type Atlantique où l'on peut étudier en outre la transition entre la croûte continentale amincie et l'étroit domaine océanique situé au centre des bassins.

1 - STRUCTURE ET EVOLUTION DE LA MER LIGURE

1 - Le rifting oligocène

Les traces tectoniques et sédimentaires de la distension crustale qui a précédé l'ouverture océanique du bassin occidental de la Méditerranée sont conservées sur ses marges et dans les régions émergées voisines, notamment dans la basse vallée du Rhône et en Sardaigne.

-Les Golfes de Gênes et de Valence dont le substratum est une croûte continentale amincie sont les restes affaissés et plus ou moins comblés d'un vaste rift continental NE-SW.

-La plate-forme continentale du Golfe du Lion et la plaine de Camargue recouvrent un large système de fossés tectoniques eux aussi orientés NE-SW. Le remplissage sédimentaire de ces fossés comprend à sa base de l'Oligocène terminal et des évaporites. Les failles normales qui les bordent ont cessé d'être actives soit à la fin de l'Oligocène, soit pendant tes dépôts du Miocène inférieur (DEMARCQ, 1970; CRAVATTE & al., 1974; LEFEBVRE, 1980).

-La Sardaigne occidentale est également traversée par un large fossé tectonique allant de Sassari à Cagliari, lui aussi comblé de sédiments oligomiocènes. Ce fossé, en grande partie oblitéré par la chaîne volcanique sarde est aujourd'hui orienté sensiblement N-S; mais, à l'Oligocène terminal, avant l'ouverture du Bassin Ligure, il était parallèle aux structures distensives du Golfe du Lion et probablement dans le prolongement du rift ligure-Golfe de Gênes. La formation de cixeri renferme les séries marines les plus anciennes qui contiennent des projections andésitiques datées de 29Ma (Oligocène supérieur) (CHERCHI & al., 1974; COULON, 1977; CHERCHI & MONTADERT,1982).

-Sur les marges sous-marines les séries les plus anciennes ont été soit observées dans les canyons de Saint-Tropez et des Stoechades (remplissage d'un graben sur plus de 700m par des grès et conglomérats d'âge chattienaquitanien, ESTOCADE, 1977, 1978) soit forées au site DSDP 372 du leg 42A (HSU, MONTADERT & al., 1978) (fig.2).

L'évolution de ce rift est en partie contemporaine d'une intense activité magmatique alcaline et calco-alcaline (COULON, 1977). Comme les fossés tectoniques, les laves alcalines témoignent d'une distension crustale (rifting). Mais les roches calco-alcalines ont été engendrées par la subduction de la plaque africaine sous l'Europe (COULON, 1977). Le rifting et la subduction semblent donc des phénomènes associés dans l'espace et dans le temps. La distension oligocène des marges peut donc être interprétée comme la phase initiale de l'ouverture du bassin marginal méditerranéen.

2 - L'accrétion océanique

-La présence d'une croûte océanique au centre de la Mer Ligure est maintenant clairement démontrée par les données gravimétriques (MORELLI &: al., 1975, de la sismique réfraction (FALHQUIST &: HERSEY, 1969; HIRN &: SAPIN. 1976; MORELLI &: al., 1977; LE DOUARAN &: al., 1984), et la répartition des anomalies magnétiques (BAYER &: al., 1973; GALDEANO &: ROSSIGNOL, 1977; BURRUS, 1984).Une coupe transversale schématique peut résumer la structure du bassin (fig.3) en rassemblant les mesures de sismique réfraction entre la Corse et la Provence. Elle montre que l'espace océanique néoformé est resté étroit.

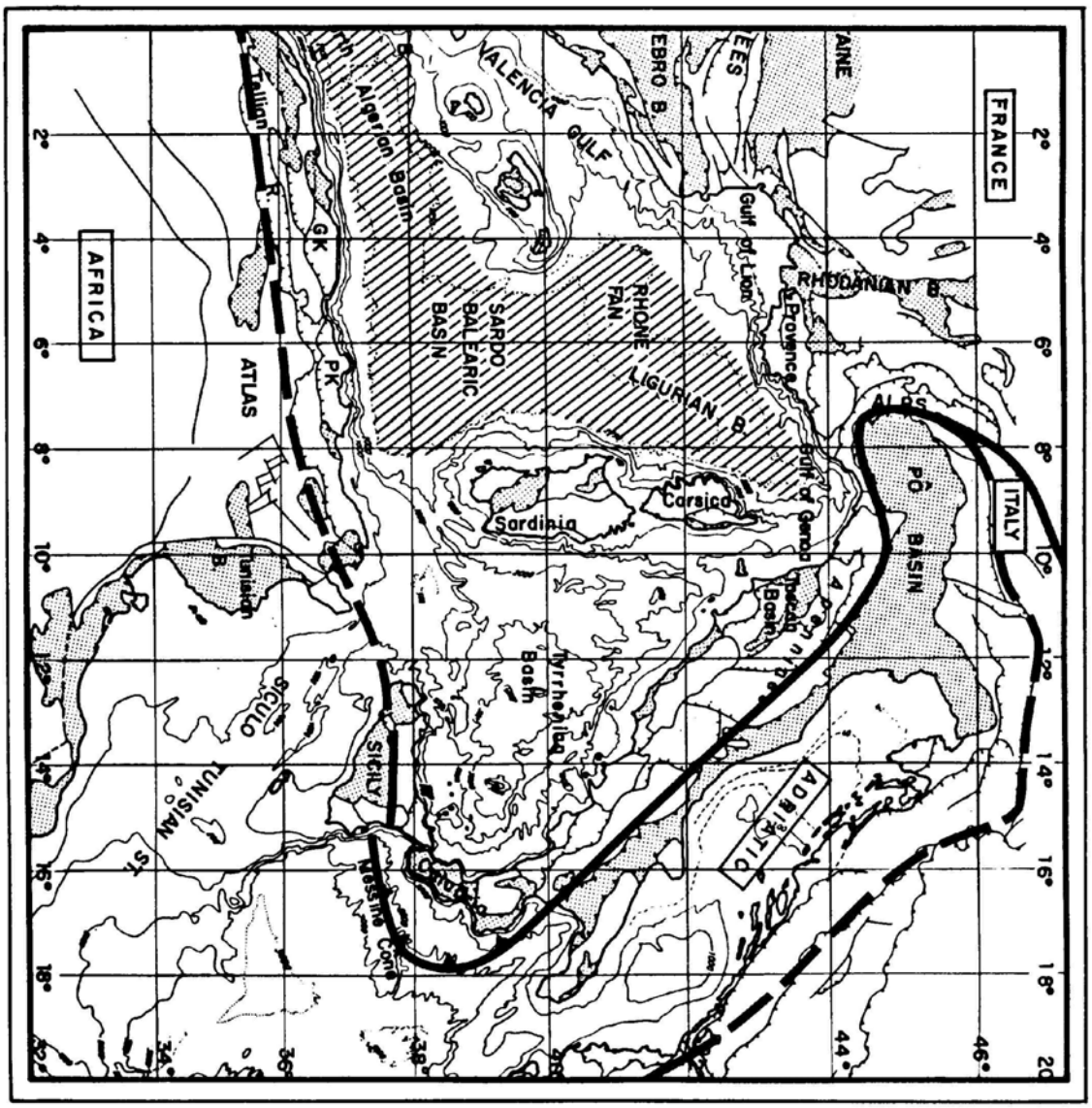

FRANCE
AFRICA
ITALY
VALENCIA GULF
EBRO B.
Algerian Basin
SARDO BALEARIC BASIN
RHONE FAN
LIGURIAN B.
RHODANIAN B.
Gulf of Lion
Provence
Gulf of Genoa
Corsica
Sardinia
Tyrrhenian Basin
Tunisian B.
ATLAS
GK
PK
SICULO TUNISIAN ST.
SICILY
Messina Cone
ADRIATIC
PO BASIN
ALPS
Tellian R.

Fig. 1

Les anomalies magnétiques s'orientent selon la direction N30 à N40 décalées par des directions transversales N130 à N140 interprétées comme des directions transformantes.

-L'âge de l'ouverture océanique est déduit principalement des mesures palèomagnètiques réalisées sur les andésites ca1coalcalines de Sardaigne par EDEL (1980). Il a montré que l'île a subi une rotation en sens inverse des aiguilles d'une montre de 300 entre 21,7 et 17,6 Ma (Aquitanien terminal à Burdigalien inférieur). De même LETOUZEY & TREMOLIERES (1980) ont montré par une analyse microstructurale que les directions de compression de l'Eocène terminal avaient subi une rotation de 30° en Sardaigne avant le Burdigalien supérieur.

-Les mesures de flux thermique réalisées dans le Bassin Ligure indiquent également un âge compris entre 17 et 22 Ma pour la croate néoformée:. En effet le flux thermique est élevé en Mer Ligure (moyenne 105mWm - , REHAULT, 1981; HUTCHISON, 1983; VON HERZEN & al., 1985) et compatible avec une lithosphère océanique de cet âge, malgré quelques anomalies de répartition liées localement aux structures salifères, mais aussi à une cause structurale profonde: le flux thermique est beaucoup plus faible au pied de la marge provençale qu'au centre du bassin ou au pied de la marge corse. Cette partie Est du Bassin Ligure révèle une anomalie thermique positive.

-Un échantillon de tristanite, dragué sur un édifice volcanique appartenant au socle acoustique du bassin Ligure central a été daté de 18 Ma +_ 05 (REHAULT, 1981). Ce volcan situé sur l'anomalie magnétique positive centrale a été actif pendant la phase ultime de l'accrétion océanique, son âge est proche de J'arrêt de cette accrétion et de la fin de la dérive corso-sarde.

3 - Conséquences de l'ouverture océanique

-La conséquence la plus visible pour l'ensemble des géologues dans le domaine péri méditerranéen est la généralisation d'une transgression au Burdigalien, entre -20 et -17 Ma, laquelle résulte de la subsidence thermique des marges et du bassin commencée aussitôt après le début de l'accrétion océanique (DURAND DELGA, 1981; REHAULT & al., 1984). Cette transgression du Burdigalien s'étend beaucoup plus largement que celle de l'Aquitanien (-24 à -22Ma) (BERGGREN &: al., 1985) au caractère également général en Méditerranée mais cependant restreinte aux fossés tectoniques résultant du rifting.

-Une autre conséquence est la collision intervenue au Burdigalien moyen dans les Apennins et en Afrique du Nord (HACQUART, LORENTZ &: GRANDJACQUET, 1972; WEZEL, 1974; CAIRE, 1975; BOURGOIS, 1978; GELARD, 1979) liée à la dérive vers le Sud-Est de l'arc volcanique constitué par la Corse, la Sardaigne, la Calabre, les Massifs Péloritains et les Massifs Kabyles. L'arrêt de cette dérive au moment de la collision de l'arc volcanique avec l'avant pays Africain et Apulien date également la fin de l'ouverture du bassin marginal de Méditerranée Occidentale (environ 18Ma). La subduction se poursuit cependant et entraînera ultérieurement la dérive du seul bloc faisant face encore à l'espace océanique ionien : l'arc calabro-péloritain dont la denve a conduit à l'ouverture de la Mer Tyrrhénienne.

4 - Evolution post ouverture

Après l'ouverture océanique. et la collision de l'arc, le Bassin Ligure n'a plus subi qu'une évolution subsidente normale pour un bassin marginal permettant. le dépôt de puissantes séries du Miocène et du Pliocène et Quaternaire.L'épisode du Messinien lui même s'inscrit parfaitement dans cette évolution thermique d'un bassin jeune avec dépôt des séries salifères au centre d'un bassin profond tandis que les marges subissaient l'érosion aérienne (CLAUZON, 1973; HSU, MONTADERT & al., 1978). L'étude de la subsidence montre que la profondeur du socle corrigé de la surcharge sédimentaire, comprise

entre 4300 et 4800 m n'est que peu supérieure à celle prédite pour le plancher d'un grand océan du même âge (environ 20 Ma) (PARSONS &:SCLATER, 1977; REHAULT, 1981).
On en concluera que cet argument géophysique est compatible avec l'âge proposé de formation d'une nouvelle lithosphère océanique entre 21 et 18 Ma. L'excès de profondeur observé peut résulter soit de la faible épaisseur de la croute, soit de l'incertitude sur la profondeur de mise en place de cette croute océanique dans le bassin marginal ligure. Rappelons que pour LOUDEN(1980) un excès de profondeur du socle est la règle pour les bassins marginaux. L'exemple ligure tend à nuancer cette règle et à considérer le comportement de la lithosphère de Méditerranée comme très proche de la "norme" des grands océans.

5 - Restitution des étapes antérieures

Si l'on admet que l'amincissement de la croûte continentale des marges stables au cours du rifting résulte entièrement de son étirement horizontal il est possible de reconstituer l'état précédant le rifting en prenant pour départ la structure présente de la marge (fig.3) et en réepaississant cette croate continentale jusqu'à lui redonner. son épaisseur initiale, estimée à 30km. Il devra bien entendu être tenu compte des directions structurales.

Pour déterminer la position à la fin du rlftin8 il suffit de supprimer les espaces de croate océanique néoformée qui ont entièrement compensé la divergence des plaques pendant la période d'accrétion (fig.4).

La position des pôles de rotation des plaques pendant le rifting et pendant l'accrétion océanique peut être déduite de la géométrie des accidents distensifs et surtout des directions transformantes, les données stratigraphiques et paléomagnétiques informant sur la chronologie des rotations, sur leur sens et leur amplitude.
Ainsi est-il relativement aisé de proposer deux étapes reconstituées de l'évolution de la Méditerranée (fin du rifting et début du rifting) prenant pour référence la structure à la fin de l'accrétion océanique (fig.4). Une incertitude subsiste cependant sur la cinématique durant la période de rifting. En effet, une rotation de la Sardaigne de l'ordre de 150 est nécessaire pendant le rifting pour réépaissir à 30km la croate des marges de Sardaigne et du Golfe du Lion.

III - STRUCTURE ET ORIGINE DU BASSIN TYRRHENIEN

1 - Structure profonde

Comme pour le Bassin Ligure, le domaine central de la Mer Tyrrhénienne est caractérisé par une croûte très mince, d'environ 5km d'épaisseur, là où le Moho est très haut (10 à 11km) (fig.5). Plus en détail, il s'agit de deux zones à croûte e mince (bassins de Magnaghi-Vavilov et bassin de Marsili) séparées par une région où la croate est plus épaisse (17km environ). La croûte continentale s'épaissit rapidement vers les côtes jusqu'à 30km (MORELLI, 1970; FINETTI &: MORELLI, 1973; CASSINIS & al., 1979; NICOLICH 1981, a et b; STEIN METZ & al., 1983; DUSCHENES, 1983; RECQ & al.,1984, BOCCALETTI & al., 1984).

Ce domaine central est également caractérisé par une forte anomalie gravimétrique positive dépassant 250mgal et par un flux géothermique élevé.comparable au flux émanant d'une croûte océanique très jeune. Les données de la réfraction. de la gravimétrie et du flux géothermique sont ici pratiquement superposables (MORELLI, 1970; ERICKSON. 1970; MORELLI, 1975;MORELLI & al., 1975; HUTCHISON,I., 1983; DELLA VEDOVA & al., 1984;

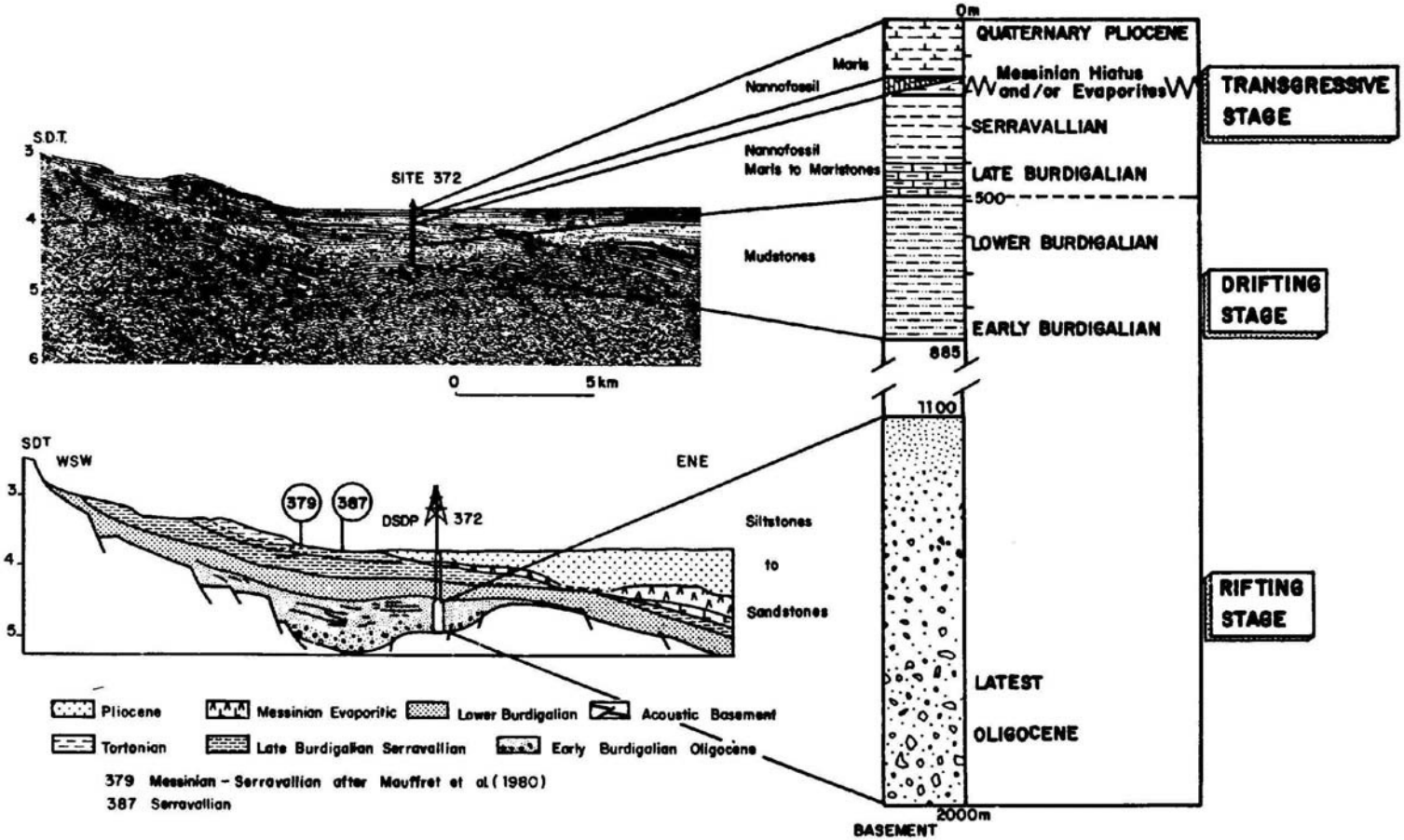

0m
QUATERNARY PLIOCENE
Marls
Nannofossil
Messinian Hiatus
and/or Evaporites
TRANSGRESSIVE
STAGE
SERRAVALLIAN
Nannofossil
Marls to Marlstones
LATE BURDIGALIAN
500
LOWER BURDIGALIAN
Mudstones
DRIFTING
STAGE
EARLY BURDIGALIAN
885
1100
SDT
SITE 372
0
5km
SDT
WSW
ENE
379
387
DSDP
372
Siltstones
to
Sandstones
RIFTING
STAGE
LATEST
OLIGOCENE
Pliocene
Messinian Evaporitic
Lower Burdigalian
Acoustic Basement
Tortonian
Late Burdigalian Serravallian
Early Burdigalian Oligocene
379 Messinian – Serravallian after Mauffret et al (1980)
387 Serravallian
2000m
BASEMENT

Fig. 2

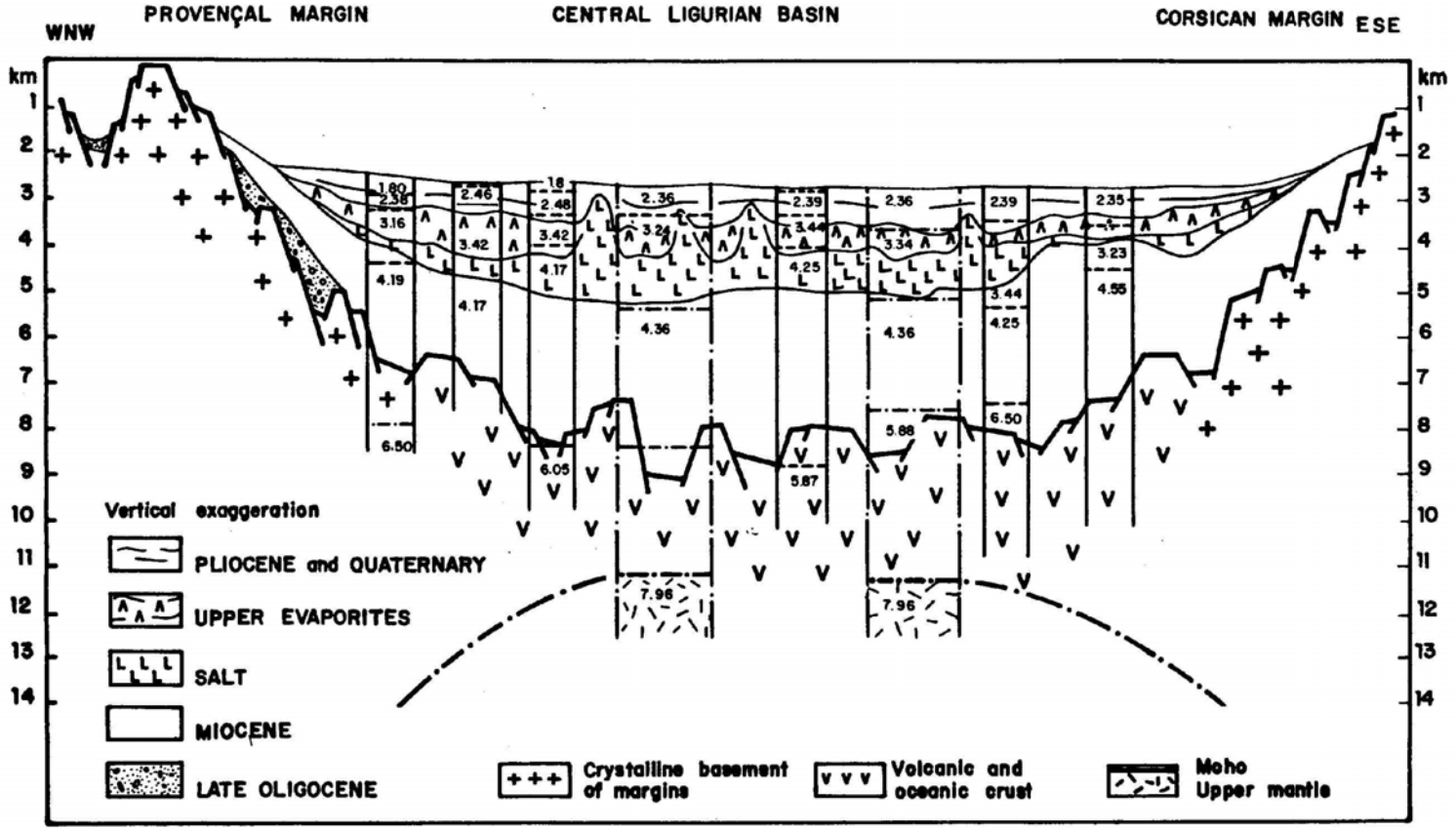

WNW
PROVENÇAL MARGIN
CENTRAL LIGURIAN BASIN
CORSICAN MARGIN ESE
km
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
1.80
2.38
3.16
4.19
6.50
2.46
3.42
4.17
6.05
1.8
2.48
3.42
4.17
2.36
3.24
4.36
7.98
2.39
3.44
4.25
5.87
2.36
3.34
4.36
7.96
239
3.44
4.25
6.50
5.88
2.35
3.23
4.55
Vertical exaggeration
PLIOCENE and QUATERNARY
UPPER EVAPORITES
SALT
MIOCENE
LATE OLIGOCENE
Crystalline basement of margins
Volcanic and oceanic crust
Moho
Upper mantle

Fig. 3

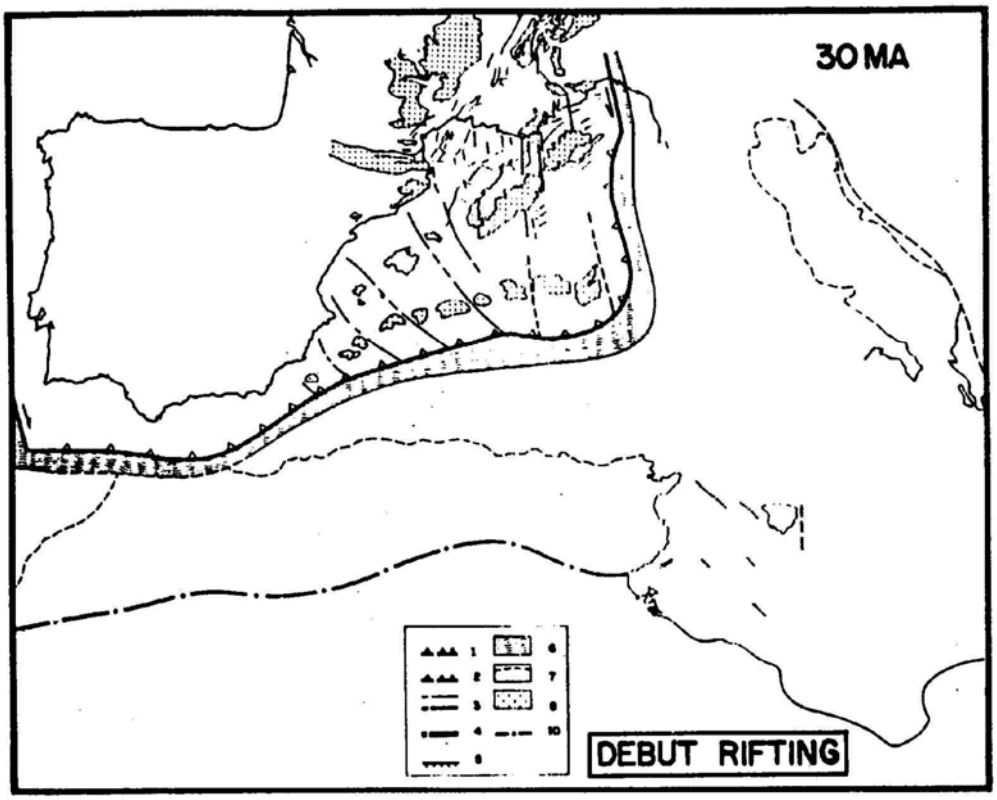


fig. 4a

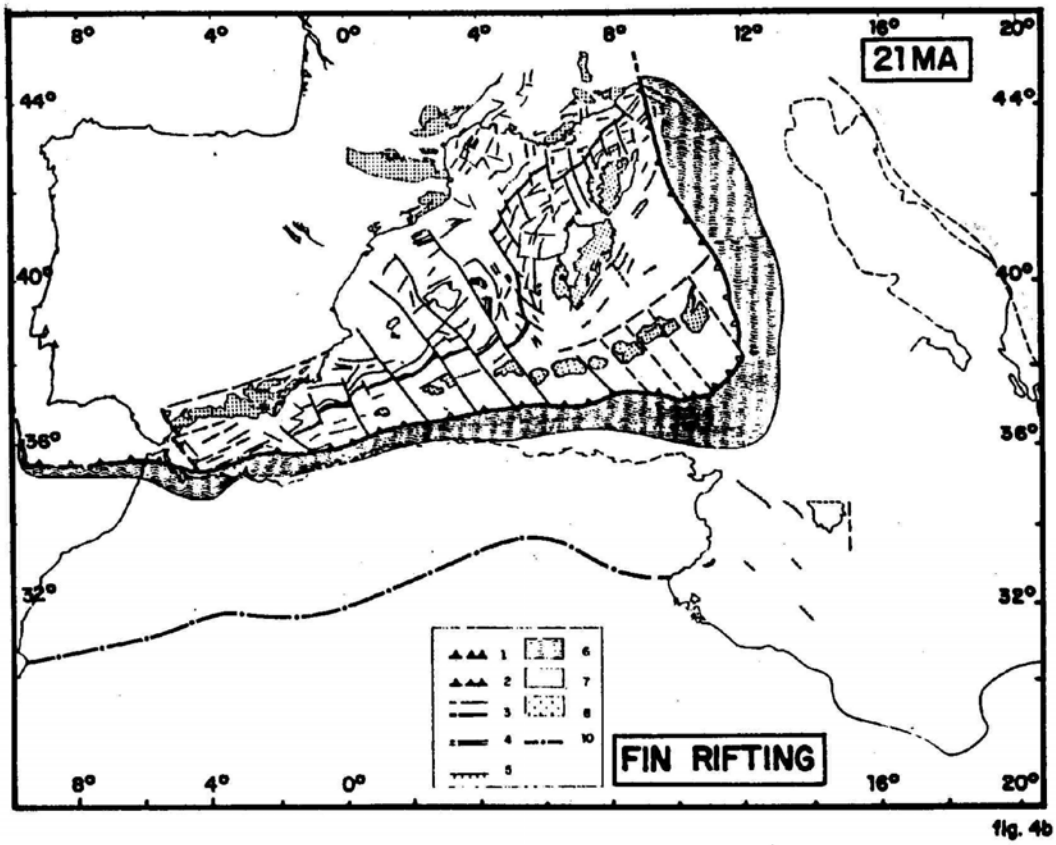


fig. 4b

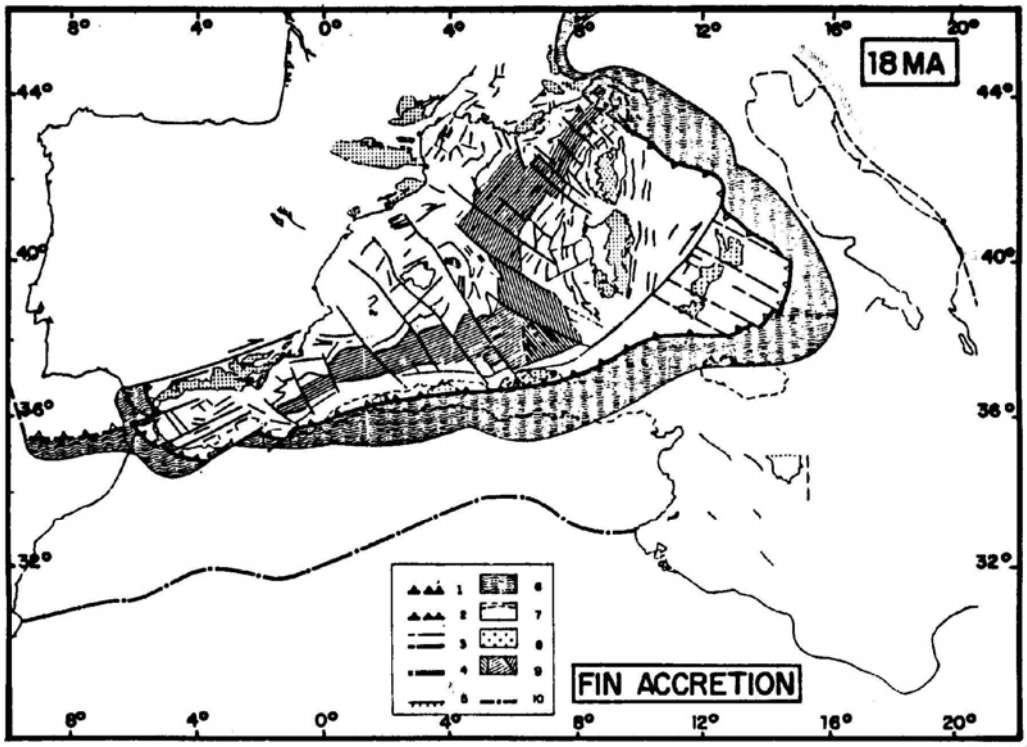


fig. 4C

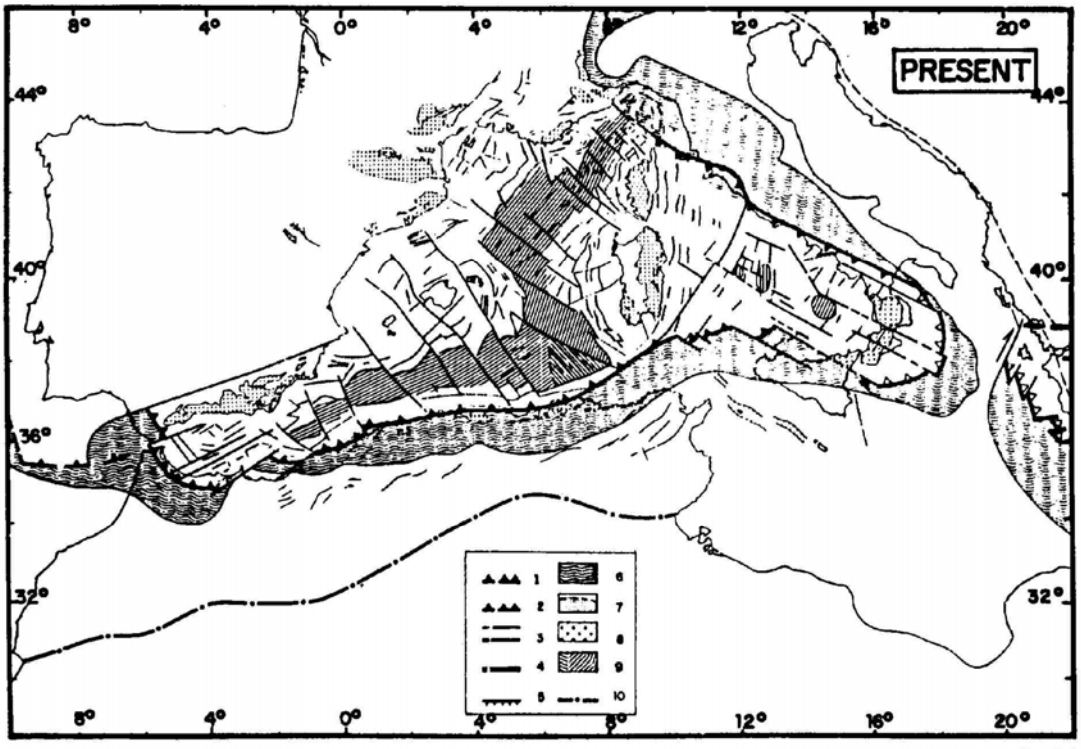
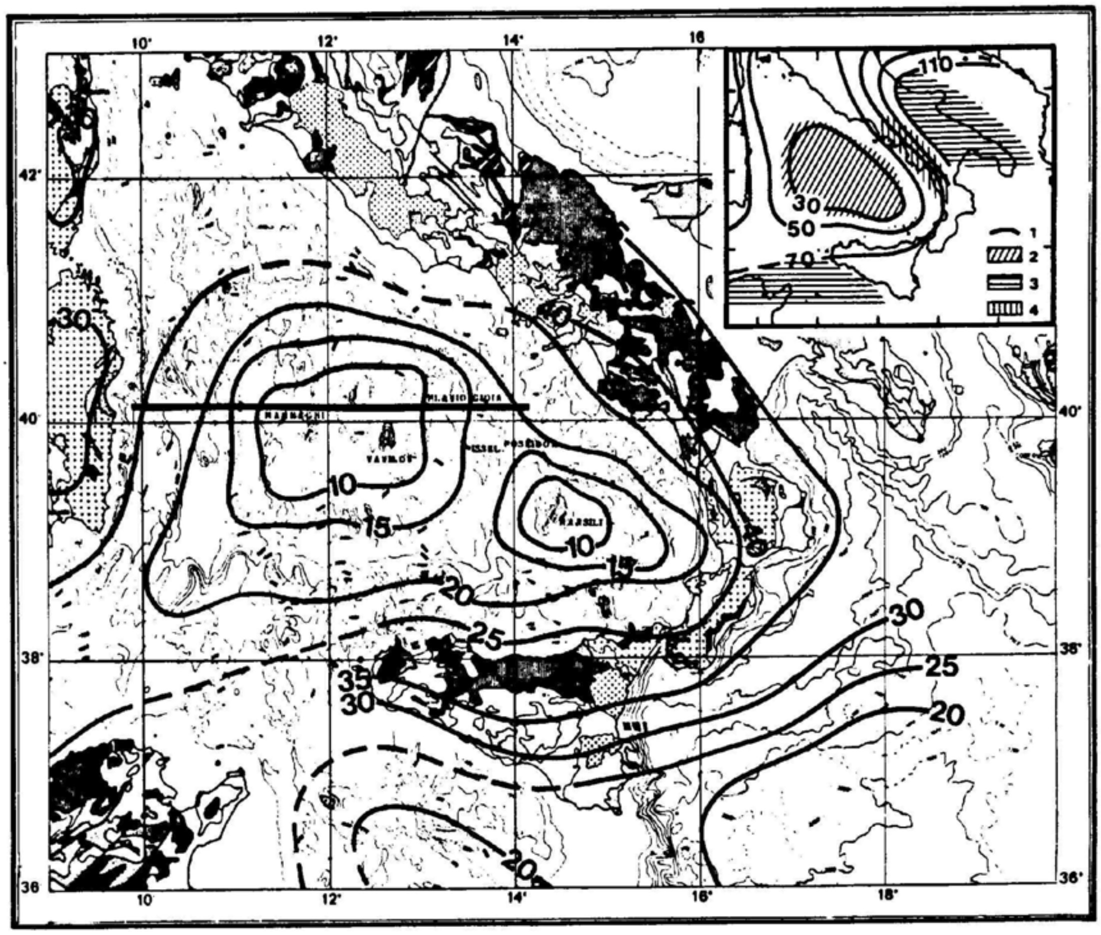
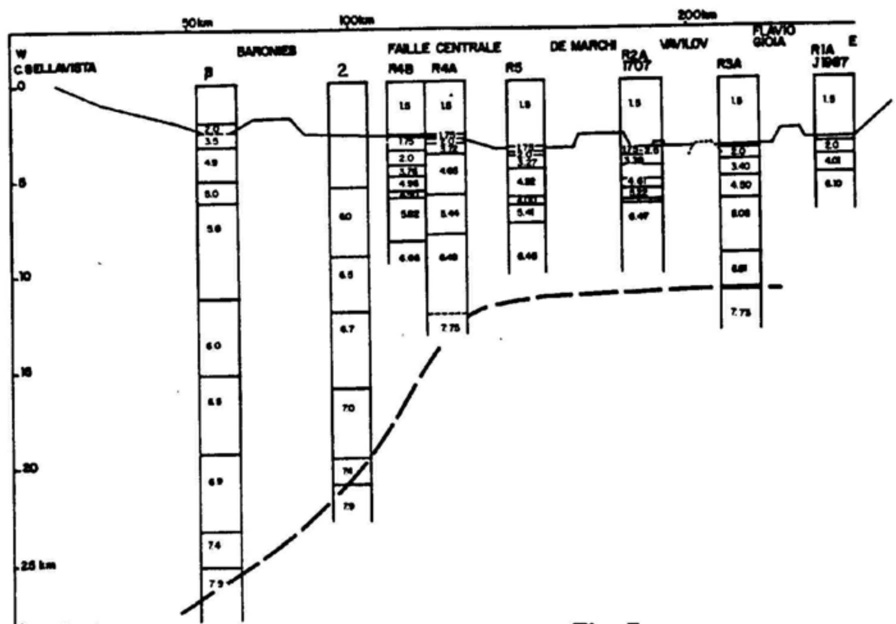


fig. 4d



10°
12°
14°
16
18°
42°
40°
38°
36
36°
30
10
15
20
25
35
50
70
110
1
2
3
4



50km
100km
200km
W
C.BELLAVISTA
BARONIES
FAILLE CENTRALE
DE MARCHI
VAVILOV
FLAVIO GIOIA
E
R4B
R4A
R5
R2A 1707
R3A
R1A J1967
25 km

Fig. 5

HUTCHISON,1985).

C'est aussi dans la seule partie centrale du bassin que les anomalies magnétiques linéaires s'organisent selon la direction N-S à N30E suivant J'axe supposé du rift initial (AGIP, 1981). Ces anomalies sont limitées et décalées par des linéaments N11O à Nl20E qui prennent clairement la signification de failles transformantes.

La limite exacte entre croate continentale et croûte océanique n'est pas encore définitivement tracée. Une interprétation minimale de l'extension des domaines océaniques est fournie sur la figure 6, essentiellement fondée sur une analyse structurale de nombreux profils sismiques, corrélés avec les autres données géophysiques actuellement disponibles (MOUSSA T, 1983). Ainsi, dans les régions axiales, là où la croûte est la plus mince, la structure déduite de la distribution des vitesses sismiques est typiquement celle d'une croûte océanique (RECQ & al., 1984) (fig..5 et 6).

Ailleurs, les vitesses sismiques mesurées suggèrent plutôt une croûte continentale amincie par étirement tectonique. La coupe de la figure 5 est très semblable à celle de la marge armoricaine, pourtant beaucoup plus ancienne et située en bordure de l'Océan Atlantique (MONT ADERT & al., 1979). Une telle similitude suggère que la croûte continentale des marges tyrrhéniennes est parvenue au terme de son étirement et que l'accrétion océanique a probablement commencé au centre du bassin, malgré l'absence de rides bien organisées (fig.6).

2 - Structures superficielles

Deux familles de fractures sont distinguées d'après leur orientation dominante (fig.6) :

- des fractures N-S à N30, à jeu normal. La "Faille Centrale" appartient à ce système (fig.7), comme la plupart des accidents bordant les fossés tectoniques du domaine central.
- des fractures N110 à N120, à jeu normal, localement Nl40 à jeu inverse (Monts des Sirènes), dont les mouvements décrochants décalent les structures précédentes.

a) Les failles N-S à N 30 limitent des blocs de croûte continentale basculés caractéristiques des rifts continentaux et des marges à croûte amincie. A la faveur de ces accidents, le socle s'abaisse vers le centre du bassin et le bascule ment des compartiments de socle détermine une structure en demi graben où la sédimentation syn-rift et post-rift s'accumule de façon privilégiée (fig.7). La morphologie du domaine central révèle cette tectonique distensive (fig.8) : les grands accidents qui bordent le rift Vavilov ou Magnaghi ont leurs miroirs qui s'opposent (la Faille Centrale face à la marge apennine et le Mont de Marchi fait face au Mont Flavio Gioia). Les blocs continentaux basculés sont encore visibles dans la morphologie et sont clairement dissymétriques.

b) Les accidents NilO-N120 qui recoupent les précédents ou les décalent sont interprétés comme des directions transformantes qui ont guidé la distension crustale des marges et l'ouverture de l'étroit domaine océanique central. Leur jeu est senestre au Centre et au Nord du Bassin, il est dextre au Sud, au niveau de la Sicile.

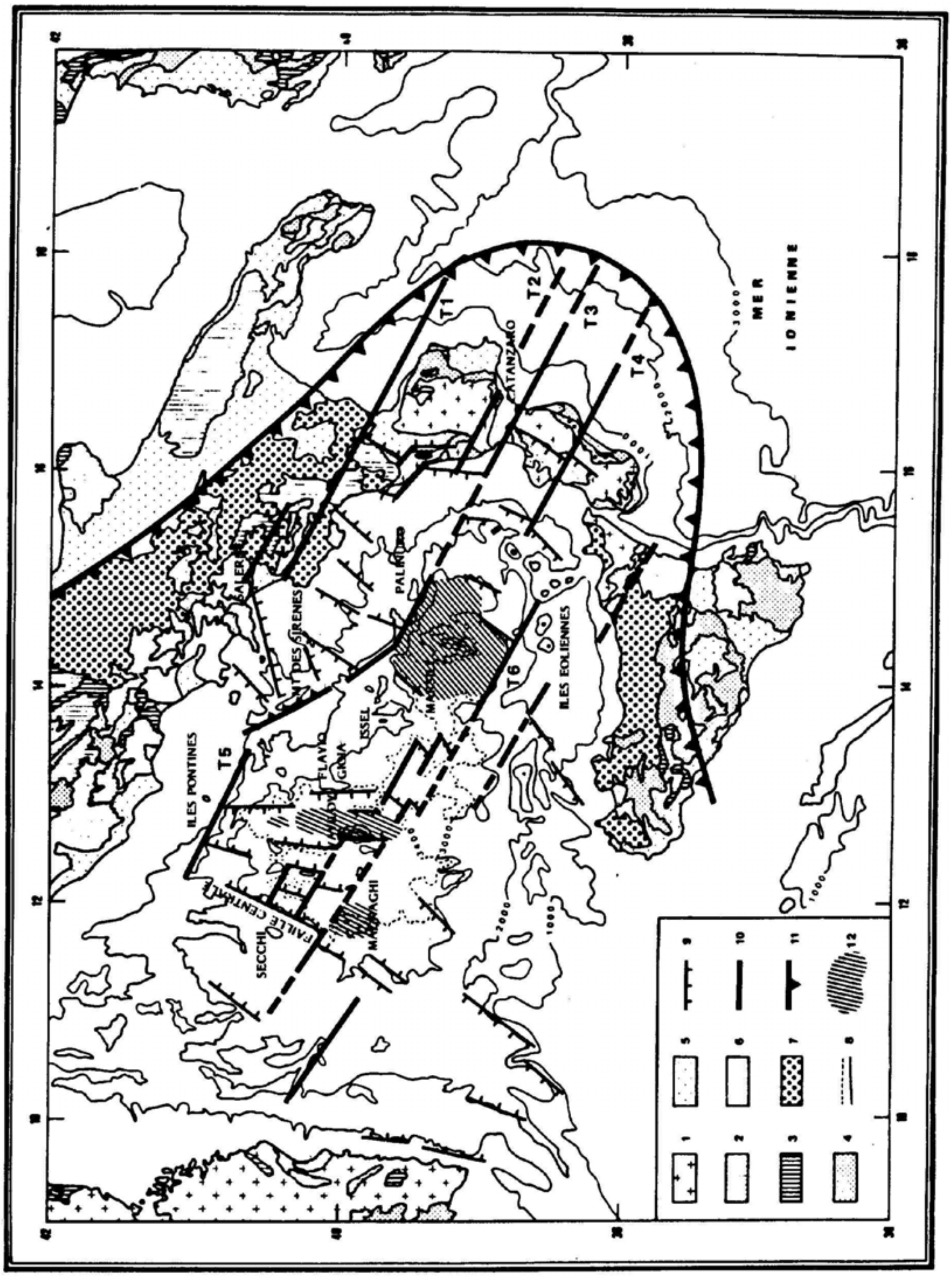

ILES PONTINES
T5
T1
T2
T3
T4
T6
ILES EOLIENNES
ISSEL
CATANZARO
FAILLE CENTRALE
SECCHI
MAGNAGHI
MER
IONIENNE

Fig. 6

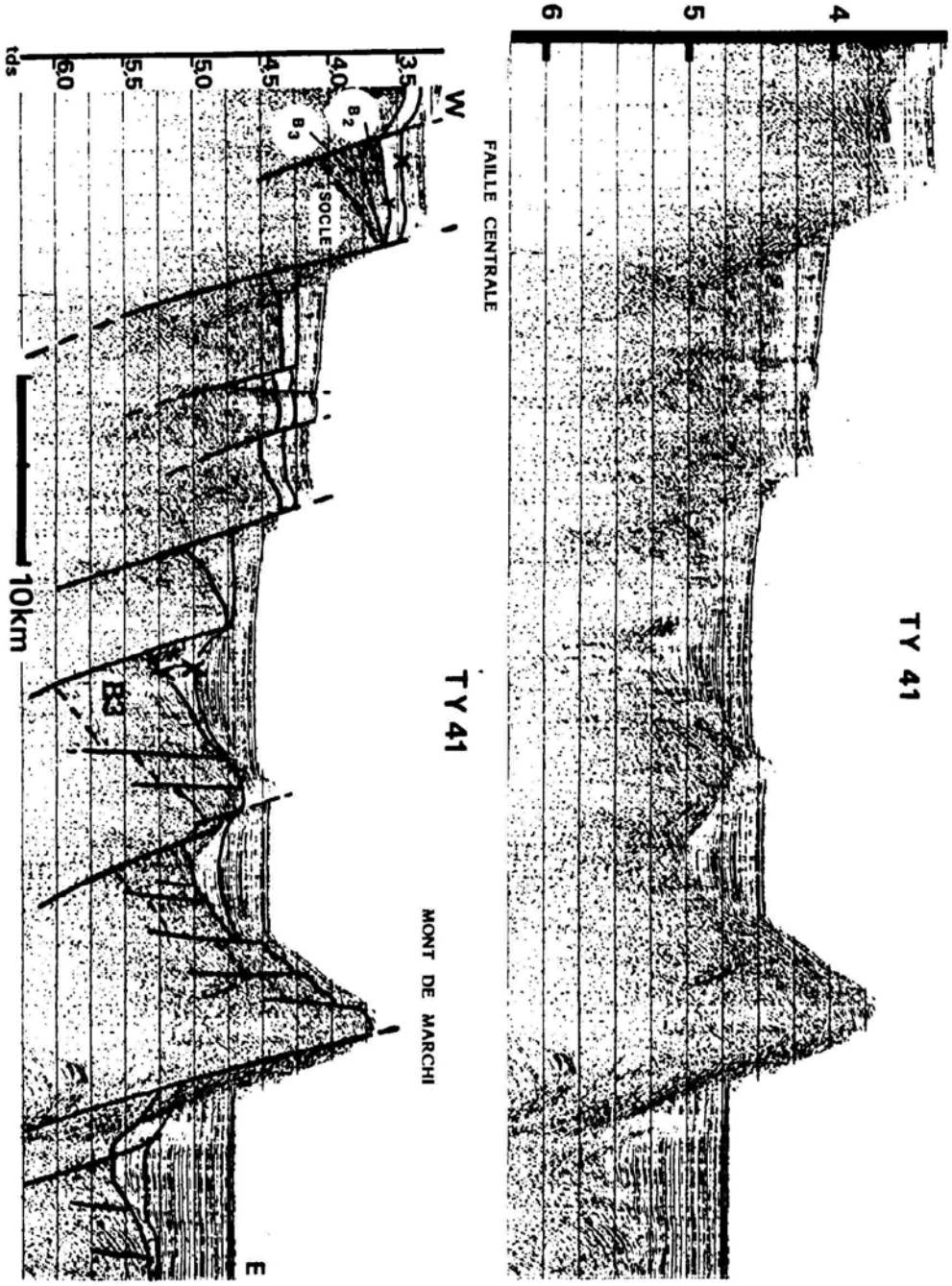

TY 41
4
5
6
FAILLE CENTRALE
TY 41
MONT DE MARCHI
W
E
tds
3.5
4.0
4.5
5.0
5.5
6.0
B2
B3
SOCLE
B3
10km

Fig. 7

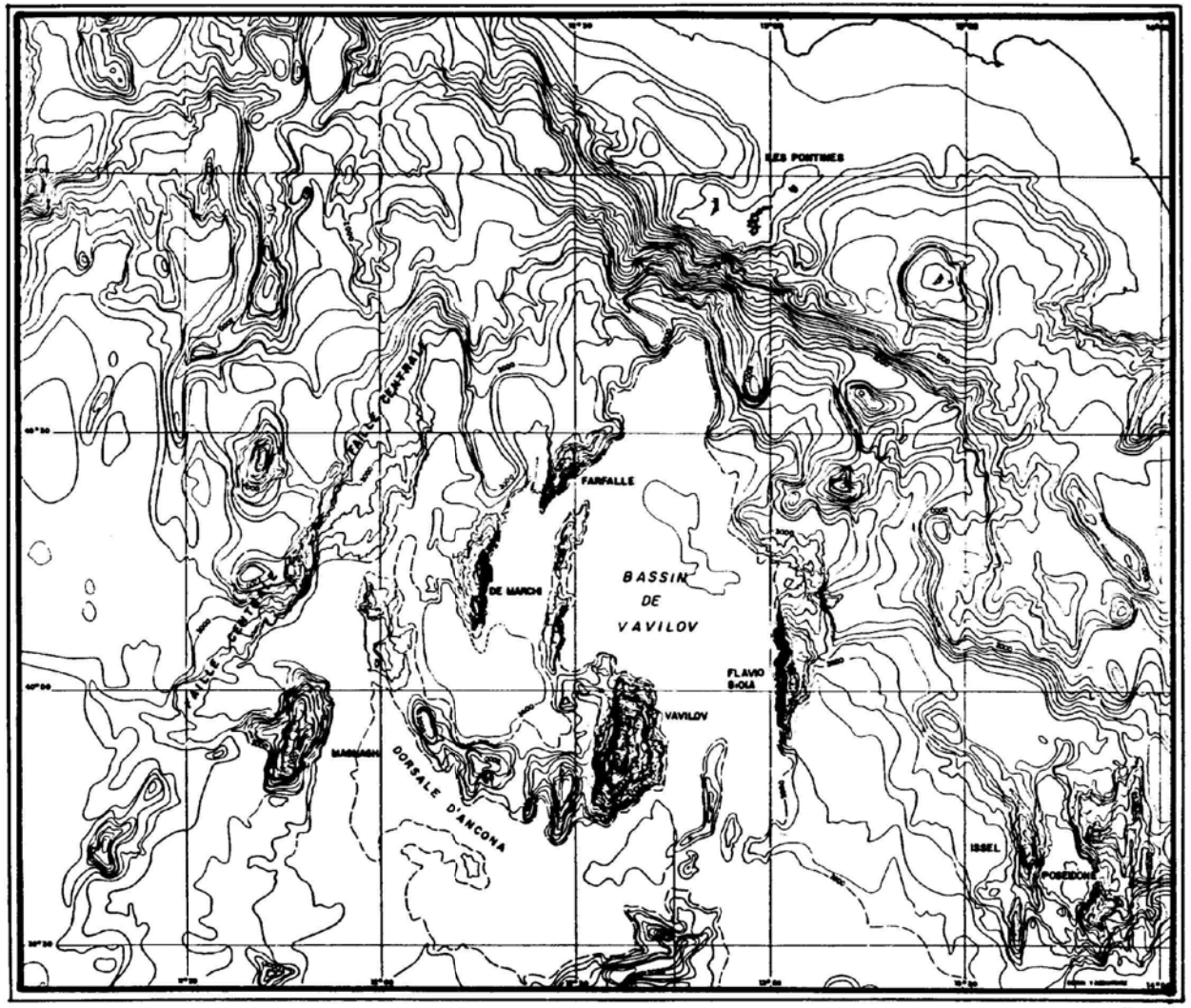

ILES PONTINES
FAILLE CENTRALE
FARFALLE
DE MARCHI
BASSIN
DE
VAVILOV
FLAVIO
BIOLA
VAVILOV
MASSAGHI
DORSALE D'ANCONA
ISSEL
POSEIDONE

fig. 8

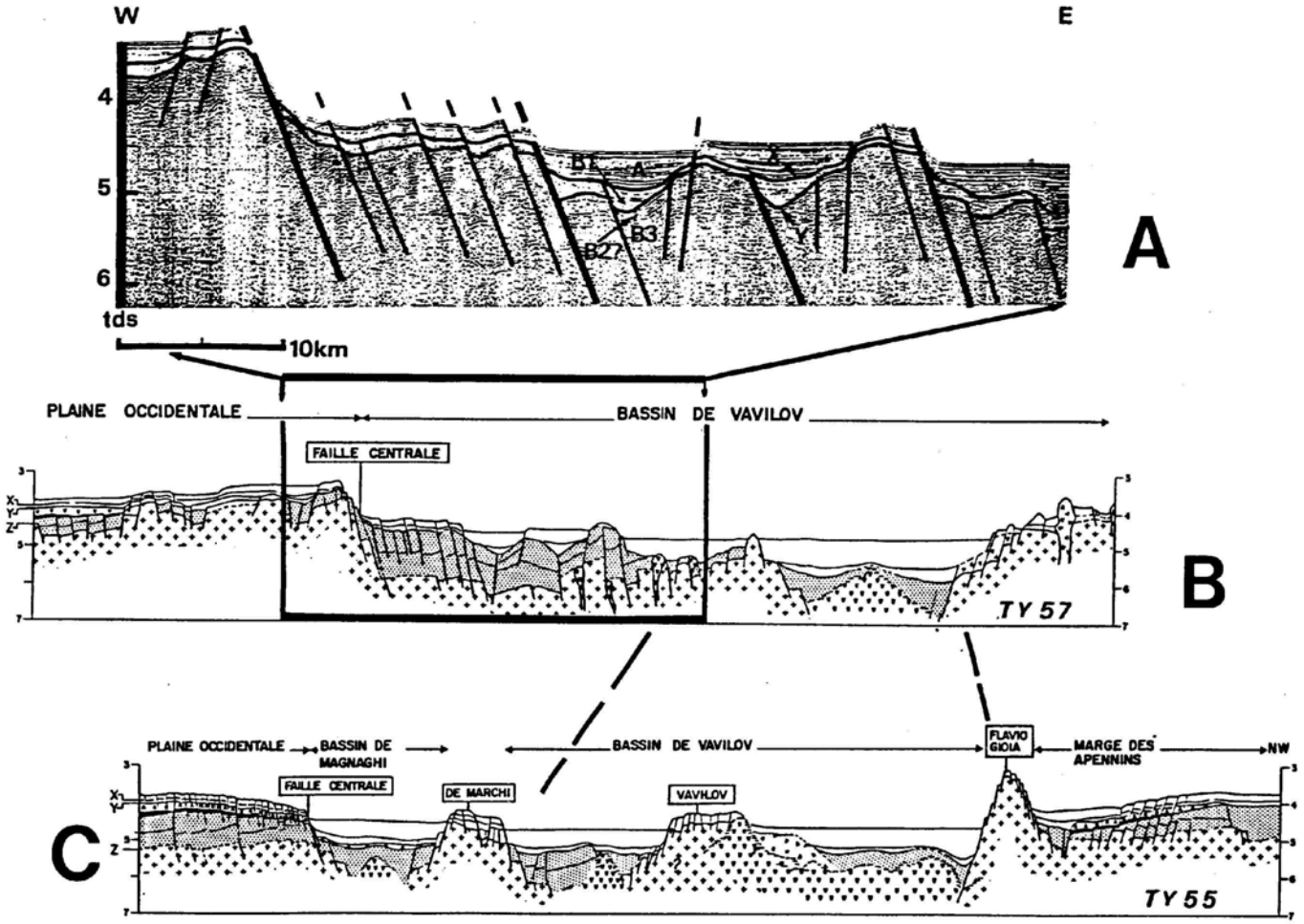

W
E
4
5
6
tds
10km
B1
A
B3
B27
Y
A
PLAINE OCCIDENTALE
BASSIN DE VAVILOV
FAILLE CENTRALE
X
Y
Z
TY 57
B
PLAINE OCCIDENTALE
BASSIN DE MAGNAGHI
BASSIN DE VAVILOV
FLAVIO GIOIA
MARGE DES APENNINS
NW
FAILLE CENTRALE
DE MARCHI
VAVILOV
C
TY 55

Fig. 9

3 - Chronologie de l'ouverture de la Mer Tyrrhénienne

La sédimentation est étroitement contrôlée par la tectonique. L'analyse des profils de sismique réflexion permet une datation relative des discordances et des séquences sédimentaires. L'âge des séries est en outre connu partiellement par les forages DSDP 132 et 373 (RYAN, HSU & al., 1973; HSU,MONTAOERT & al., 1978) et par des dragages et carottages réalisés sur les affleurements sous-marins (Carta Litologica e Stratigrafica dei Mari Italiani, 1981).

-Les séries anté-rift sont celles qui se sont déposées avant la phase principale de distension. Elles résultent de dépôts liés à une subsidence assez forte qui s'est produite durant le Miocène principalement sur les actuelles marges NW et SE du Bassin. L'importance de ces dép6ts (1000 à 2000m) suggère que la distension crustale a commencé avant le Tortonien; ces séries sont basculées avec les blocs crustaux (fig.7 et 9). Les séries ainsi déposées n'ont jamais été atteintes par forage ou par dragage. Elles appartiennent au Miocène inférieur à moyen, et peut-être à l'Oligocène supérieur, certains fossés tectoniques des marges, notamment de Sardaigne, devant également résulter du rifting de la Mer Ligure.

-Les séries syn-rift, contemporaines du jeu principal des failles normales des marges sont d'âge Tortonien supérieur à Pliocène basal. Les sédiments tortoniens n'ont jamais été prélevés non plus. Cependant le Messinien offre un faciès sismique caractéristique de dépôts évaporitiques, ou fait place à une surface d'érosion. Cet horizon repère permet aisément la datation des séries sous ou sus-jacentes.

La répartition de ces séries comparée à celle des séries du Plioquaternaire et a la morphologie montre que la morphologie actuelle du bassin central s'est établie essentiellement juste après le Messinien, parfois même à la suite d'une inversion du relief préexistant, comme dans les régions situées entre la Faille Centrale et le pied de la marge des Apennins, au Nord des volcans Magnaghi-Vavilov. En effet, seule une surface d'érosion marque le Messinien dans le domaine central alors que des séries salifères sont déposées sur les deux marges symétriques (fig.9). Par contre le Pliocène et le Quaternaire comblent la dépression centrale avec une allure syn-rift pour le Pliocène inférieur (fig.? et 9). Toutefois, sur la marge septentrionale, au Nord de la transformante T3, le rifting est encore actif au Pliocène et même au Quaternaire.

-Les séries post-rift scellent la plupart des structures distensives des marges et reposent directement sur le plancher océanique au centre du rift Vavilov où elles sont d'âge Pliocène inferieur à Actuel. Ces séries, toutefois, sont localement affectées par des fractures qui montrent que la tectonique est restée vivante jusqu'à nos jours, surtout au niveau de la marge septentrionale, ce qui est une des particularités du bassin tyrrhénien. En effet, le rifting semble se propager vers le Nord (exemple du rift Vavilov) bien que l'accrétion océanique soit intervenue et ait apparemment cessé dans sa partie méridionale la plus largement distendue.

4 - Cinématique

Toutes ces données peuvent s'interpréter par une migration au Néogène de l'arc calabro-sicilien en direction de l'ESE (N120E) autour d'un pôle de rotation par rapport à la Sardaigne situé à une grande distance angulaire au N-NE de Salerne (MOUSSAT, 1981). L'étude à terre de la néotectonique conduit également à ce résultat (MOUSSA T & al., 1983).

Le taux d'amincissement de]a croûte continentale pendant te rifting peut être estimé d'après la profondeur du Moho et l'épaisseur de la croate, en supposant qu'elle avait initialement une épaisseur normale de 30 km. Ce facteur d'amincissement est de 6 au centre du bassin, là où la marge est la plus profonde. à la limite des domaines océaniques. Cette valeur est en bon

accord avec le flux thermique actuel mesuré dans le bassin (DELLA VEDOVA &.al. 1984) et avec la profondeur du socle. Si l'on admet, comme pour la reconstitution des étapes antérieures de la géologie du Bassin Ligure, que l'amincissement de la croûte continentale résulte entièrement de son etil18,*,t tectonique, il faut aussi admettre que l'écartement en direction de le bloc corso-sarde et l'arc calabrais a atteint environ' 350 km pedant le rifting des marges. Pour apprécier l'ampleur totale du déplacement de 1'arc calabro-sicilien il convient d'ajouter l'espace de lithosphère océanique neoformèe en Mer Tyrrhénienne depuis environ 6 Ma, c'est à dire une largeur de 50 à 70 km selon la direction d'extension, N120.

IV- CONCLUSION

Il y a 18 Ma, le Bassin Occidental de la Méditerranée achevait de s'ouvrir, tandis qu'une collision se produisait dans les Apennins, en Calabre, en Sicile et Afrique du Nord, entre l'Afrique et l'Apulie d'une part, et le bloc corso-sarde, et les blocs péloritains et kabyles d'autre part (REHAUL T &. al., l98l).

A cette époque, une faible distension s'était peut-être déjà produite dans le domaine tyrrhénien (dépôt des séries de l'Oligocène supérieur-Miocène inférieur). Mais nous avons négligé ses effets sur l'épaisseur de la croûte, qui a . été supposée égale à '30 km à cette époque. Le rifting de la Mer Tyrrhénienne a du commencer dès cette période mais la phase d'extension majeure est à situer entre 10 Ma et le Pliocène basal. Ainsi l'amincissement crUstli1 du Bassin Tyrrhénien résulte également d'une distension liée à la dérive d'un arc insulaire, l'arc calabrais.

La cinématique de l'ouverture du Bassin Tyrrhénien, a été guidée par la configuration des continents et des océans dans la région comme l'a été l'ouverture du Bassin Ligure: entre l'Europe et l'Afrique, le seul espace océanique ancien (ou à croate amincie de type océanique) qui subsiste et qui peut encore entrer en subduction est le domaine ionien (GASPARINI &. al.,1982).: C'est vers ce domaine que l'arc calabrais dérive depuis au moins le Tortonien et probablement depuis 18 Ma, ce qui lui impose sa trajectoire N120. De plus, le plonge ment de la lithosphère ionienne s'accompagne du "retrait de la croûte océanique qui se ploie sous son propre poids entre les masses., continentales de l'Apulie et de l'Afrique du Nord et impose cette trajectoireN120E. Tout se passe comme si l'expansion tyrrhénienne était dûe à écoulement gravitationnel analogue à celui de la "plaque égéenne" (ANGELlER, 1979). En outre interviennent épisodiquement des compressions qui concourent à l'accélération du mouvement de l'arc et que l'on peut attribuer à une force induite par le raccourcissement entre l'Afrique et l'Europe (MOUSSAT, 1983).

Finalement, c'est principalement dans le mouvement du rapprochement Europe-Afrique et dans -le processus de subduction de la lithosphère africaine qu'il faut. rechercher la cause de la structure et de l'évolution du Bassin Ligure et de la Mer Tyrrhénienne.

LEGENDE DES FIGURES

-:-:-

Fig.l - Le Bassin Ligure et le Bassin Tyrrhénien dans leur contexte des chaînes alpines au sens large et des bassins tertiaires périméditerranéens (fond de carte d'après BIJU-DUV AL &. al., 1974).

Les hachures obliques soulignent la croûte de type océanique.

Fig.2 - Coupe de la marge des Baléares et forage DSDP 372. A l'Est de Minorque les structures distensives sont comblées par des sédiments anté burdigaliens (stade rift). Les séries de la période de dérive et de la période subsidente sont plus largement transgressives (colonne forée). La colonne du bas est déduite des faciès sismiques (sédiments sableux et conglomératiques probables).' .

Fig.3 - Coupe schématique du Bassin Ligure de la Provence à la Corse, déduite du profil OD10 (MAUFFRET &. al., 1982). Les profondeurs et les vitesses sont déduites de FALHQUIST et HERSEY (1969).

Fig.4 - Reconstitution schématique de la Méditerranée occidentale depuis l'Oligocène supérieur. .

4 étapes successives sont présentées: **Fig.4a.** Début du rifting 30Ma **Fig.4b.** Fin du rifting 21Ma - **Fig.4c**. Fin de l'accrétion océanique 18Ma - **Fig.4d** Situation actuelle: la Mer Tyrrhénienne s'est ouverte.

Légende du cartouche: **1.** Sutures, chevauchements intracontinentaux majeurs et paléo-subductions - **2.** Zones de subduction ou chevauchement actif - **3.** Failles transformantes - **5.** Principales structures distensives - **6.** Zones de déformation intense au front des zones de subduction et de collision - **7.** Front actuel des nappes du Pinde et de leurs équivalents - **8.** Principales zones d'affleurement du socle anté-mésozoique en Méditerranée occidentale - **9.** Surface de croate océanique néogène **- 10.** Limite septentrionale du craton africain stable.

Le mouvement de l'Afrique par rapport à l'Europe est déterminé d'après OLIVET &. al. (1981). .

Fig.5 - Isobathes du Moho en Mer Tyrrhénienne en km, d'après FINETTI & MORELLI (1973), NICOLICH (1981), RECQ & al. (1984), BOCCALETI &. al. (J 984).

En cartouche : épaisseur de la lithosphère en km d'après PANZA &. al.,1980.

1. Courbes d'égale épaisseur - **2.** Lithosphère océanique à faible vitesse – **3**.Lithosphère continentale **4.** Manteau supérieur anormal.

La coupe W-E le long du 400N met clairement en évidence l'amincissement rapide de la croûte continentale de la marge de Sardaigne (RECQ &. al., 1984), vers le centre du Bassin.

Fig.6 - Schéma structural du bassin et de l'arc tyrrhénien. Fond de carte d'après: esquisse géologique du pourtour méditerranéen IFP CNEXO, 1974.

1.Paléozoïque, précambien - **2.** Mésozoïque - **3.** Paléogène - **4** - Miocène **5.** Pliocène et Quaternaire - **6.** Volcanisme - **7.** Nappes de glissement - **8.** Isobathes en mètres - **9.** Principales structures distensives - **10.** Tl à T6, principales structures assimilables à des failles transformantes - **11.** Limite probable entre la plaque apulo-africaine et le domaine tyrrhénien déduite de

la fosse gravimétrique et de la géométrie du front de l'allochtone - **12.** Exension maximum de la croûte océanique déduite des zones dépourvues de blocs basculés de croate continentale, visibles en sismique réflexion.

Fig.7 - Exemple de blocs basculés dans la partie profonde la plus amincie, à continent-océan. Profil canon à air, TY41. Noter la rotation plus derniers blocs (Mont de Marchi).

X. Discordance du Pliocène moyen - **Y**. Discordance de la base du Pliocène sur les évaporites messiniennes ou sur des terrains plus anciens - **B2.** Messinlen - **B1.** Miocène préévaporitique -.

Le basculement principal des blocs est situé dans la période Tortonien supérieur à Pliocène basal comme l'attestent les séries syn-rift.

Fig.8 - Carte bathymétrique détaillée de la laine bath ale centrale et de ses marges (rift Vavilov-Magnaghi). Equidistance des courbes 100 m. Les relèves Sea-Beam permettent une cartographie précise des escarpements de faille et font apparaître très clairement la forme dissymétrique des blocs crustaux basculés jusqu'en bordure du rift central. Noter comme les pentes abruptes des' Monts de Marchi et Flavio Gioia se font face. Les directions transformantes N110 se déduisent du décalage des blocs basculés et des segments du rift dont le taux d'extension est plus fort vers le Sud.

Fig.9 - Deux coupes parallèles W -E du rift Magnaghi-Vavilov.

A et B - Profil sismique TY57 canon à air illustrant la distension de la marge et la rotation des blocs basculés.

X. Discordance du Pliocène moyen - V. Discordance de la base du Pliocène sur les évaporites messiniennes ou sur des terrains plus anciens - Z. Discordance des séries sédimentaires profondes sur le socle.

A. Pliocène supérieur et Quaternaire – **B1.** Pliocène inférieur - **B2.** Messinien - **B3.** Miocène préévaporitique .

Noter la partie centrale étroite du rift Vavilov occupée par une formation volcanique interprétée comme un centre d'accrétion embryonnaire.

C - Schéma interprétatif du profil sismique TY55. Même légende pour les séries sédimentaires. A ce niveau le rift Magnaghi-Vavilov est plus étendu. Remarquer la symétrie parfaite des marges de Sardaigne (plaine occidentale) et des Apennins. Le domaine central s'est effondré principalement après le Messinien peu ou pas représenté dans le fossé. Le centre du rift est occupa par des formations tholeïtiques [9, 10].

REFERENCES

-:-:-:-

ANGELIER, J., 1979. Neotectonique de l'arc égéen. Thèse de Doctorat d'Etat. Univ. P.M. Curie, Paris, 417p.

BARBERI, F., GASPARINI, P., INNOCENTI, F., VILLARI, L., 1973. Volcanism of the southern Tyrrhenian Sea and its geodynamic implications. J.Geophys.Res. v.78, 23, p.5221-5232.

BAYER, R., LE MOUEL, J.L., LE PICHON, X., 1973. Magnetic anomaly pattern ln the Western Mediterranean. Earth Planet. Sci. Lett., 19 : 168-176.

BECCALUVA, L., GABBIANELLI, G., LUCCHINI, F., ROSSI, P.L., SAVELLI, C., ZEDA, O., 1981. Magmatic character and K/Ar ages of vo1canics dredged from the Eolian seamounts (Tyrrhenian Sea). ln : F.C. Wezel (Ed.), Sedimentary Basins of Mediterranean margins. C.N.R. Italian Project of Oceanography, tecnoprint, Bologna, 361-368.

BELLON, H., 1981. Chronologie radiométrique (K-Ar) des manifestations magmatiques autour de la Méditerranée Occidentale entre 33 et 1Ma. ln : F.C. Wezel (Editor), Sedimentary Basins of Mediterranean Margins. Urbino Coll. C.N.R. Italian. Project of Oceanography, Tecnoprint, Bologna, pp.341-360.

BERGGREN, W.A., KENT, D., Van COUVERING, J.A., 1985. Neogene geochronology and chronostratigraphy. Snelling, N.J., Geochronology and the Geologie -Time Scale, Geol. Soc., London, Special paper.Sous presse.

BIJU-DUVAL, B., DERCOURT, J., LE PICHON, X., 1977. From the Thetys ocean to the Mediterranean Sea, ln: B. Biju-Duval et L. Montadert (Eds), Structural history of the Mediterranean Basin, Split 1976, pp.143-164.

BIJU-DUV AL, B., 1984, Les. marges continentales françaises de la Méditerranée, ln : Les marges continentales actuelles et fossiles autour de la France, G. Boillot, L. Montadert, M. Lemoine, B. Biju-Duval, Masson (eds), Paris, p.250-334.

BOCCALETTI, M., GUAZZONE, G., 1972 - Gli archi appennici, il Mar Ligure ed il Mar Tirreno nel quadro della tettonica dei bacini marginali retro-arco. Mem.Soc.Geol.ltal., v.11 (2), p.201-216.

BOCCALETTI, M., HORWATH F., LODDO, M., MONGELLI, F., STEGENA, L. 1976. The Tyrrhenian and Pannonian Basins : a comparison of two mediterranean interarc basins. Tectonophysics, 35 5196), p.45-69.

BOCCALETTI, M., MANETTI, P., 1978. The Tyrrhenian Sea and adjoining regions. ln : Nairn A.E.M. et al., eds., The oceans basins and margins, Plenum Press, N.Y., v.4B, p.149-191.

BOCCALETTI, M., NICOLICH, R., TOR TORICI, L., 1984. The Calabrian Arc and the Ionian Sea in the dynamic evolution of the Central Mediterranean.Mar. Geol., 55, 219-145.

BOURGOIS, J., 1978. La transversale de Ronda (Cordillères Bétiques, Espagne).
Données géologiques pour un modèle d'évolution de l'arc de Gibraltar. Thèse d'Etat de Besançon, 453 pp., 216 fig., VII pl., 1 carte 1/100000 couleur.

BURRUS, J., 1984. Contribution to a geodynamic synthesis of the Provençal Bains (North-Western Mediterranean). Mar. Geol., 55, pp.247-269.

CAIRE, A., 1975. Italy in its Mediterranean setting. ln : C. Squyres (Editor), Geology of Italy. The Earth Sci. Soc. Libyan Arab Republic, pp.11-74, 15 fig.Tripoli.

Carta Litologica e Stratigrafica dei Mari ltaliani, 1981. (COLANTONI, P., FA86RI, A., GALLIGNAGNI, P., SARTORI, R., REHAUL T, J.P.), CNR e Istituto per la Geologia Marina, Bologna, Litografica Artistica Cartografica, Firenze.

CASSINIS, R., FRANCIOSI, R., SCARACIA, S., 1979. The structure of the earth's aust in Italy. A preliminary typology based on seismic data. Boll. Geof. Teor. Appl., 21, 82, p.l05-126.

CHERCHI, A., MAXIA, C., ULZEGA, A., 1974. Evoluzione paleogeografica deI Terziario della Sardegna. ln : Paleografia del Terziaro sardo nell'ambito del Mediterraneo Occidentale. Suppl., Rendiconti del Seminario della Facolta di Seienze dell'Universita di Cagliari, Graficoop, Bologna, pp.73-89.

CHERCHI, A., MONT ADERT, L., 1982. The Oligo-Miocene rift of Sardinia : a model for the early history of the Western Mediterranean Basin. Nature, 298 : 736-739.

CLAUZON, G., 1973. The eustatic hypothesis and the pre-Pliocene cutting of the Rhone Valley. ln : W.B.F. Ryan, K.J. Hsû et al. (Editors), Initial Reports of the DSDP, 13, U.S. Govt. Printing Office, Washington D.C., pp.1251-1256.

COULON, C., 1977. La province calco-alcaline cénozoïque de Sardaigne pétrographie, géochimie et genèse des laves andésitiques et des ignimbrites. Signification géodynamique. Thèse d'Etat, Marseille, 358 p. ,

CRAVATTE, J., DUFAURE, P., PRIM, M., ROUAIX, S., 1974. Les sondages du Golfe du Lion; stratigraphie et sédimentologie. Notes Mem. CFP., 2 : 209-274.

DELLA VEDOVA, B., PELLIS, G., FOUCHER, J.P., REHAULi, J.P., 1984. Geothermal structure of the Tyrrhenian Sea. Mar. Geol., 55, 271-289.

DEMARCQ, G., 1970. Etude stratigraphique du Miocène Rhodanien. Mem. BRGM., 61, 55 pp.

DEWEY, J.F., SENGOR, C.A.M., 1979. Aegean and surrounding regions : complex multiplate and continum tectonics in a convergent zone. Geol. Soc. Amer. Bull., I, v.90, n°l, p.84-92.

DURAND DELGA, M., 1981. Ouvertures océaniques de Méditerranée occidentale et dislocation des chaînes alpines. ln : F.C. Wezel (Editor), Sedimentary Basins of Mediteranean Margins, C.N.R. Italian Project of Oceanography, Tecnoprint, Bologna, pp. 415-431.

DUSCHENES, J., 1983. Aspects of ocean bottom seismology. Phd., Thesis, Univ. of Cambridge, Cambridge, 210p.

EDEL, J.B., 1980. Etude paléomagnétique en Sardaigne. Conséquences pour la géodynamique de la Méditerranée occidentale. Thèse d'Etat, Univ. de Strasbourg, 310 pp.

ERICKSON, A.T., 1970. Heat flow measurements in the Mediterranean. Black and Red Seas. Ph.D., Thesis, Massachussett Institute of Tecnology, Cambridge (unpublished).

ESTOCADE (Groupe), 1977. Etude par submersible des canyons des Stoechades et de Saint-Tropez. C.R. Acad. Sei. Paris, D, 284 : 1631-1634.

ESTOCADE (Groupe), 1978. Messinian subaerial erosion of the Stoechades and Saint-Tropez Canyons: a submersible study. Mar. Geol., 27, 247-269.

FALHQUIST, D.A., &: HERSEY, J.B., 1969. Seismic refraction measurements in the Western Mediterranean Sea. Bull. Inst. Oceanogr. Monaco, 67, 1386, 52 pp.

FINETTI, I., MORELLI, C., 1973. Geophysical exploration of the Mediterranean Sea. Boll. Geofis. Teor. Appl., 1.5, 60: 263-341.

GASPARINI, C., IANNACONE, I., SCANDONE, P., SCARPA, R., 1982. Seismotectonics of the Calabrian Arc, Tectonophysics, 84, p.267-286.

GALDEANO, A., ROSSIGNOL, J.C., 1977. Assemblage à altitude constante des cartes d'anomalies magnétiques couvrant l'ensemble du bassin occidental de la Méditerranée. Bull. Soc. Géol. Fr., (7), XIX, 3 : 461-468.

GENNESSEAUX, M., REHAUL T, J.P., COLANTONI, P., FABBRI, A., LEPVRIER, C., MASCLE, G., POLINO, R., MAUFFRET, A., ROBIN, C., THOMAS, B., VANNEY, J.R., (Groupe Cyrrhène), 1985. Campagne de plongées en submersible Cyana dans le bassin Tyrrhénien central. Résultats préliminaires. Bull.-Soc.Geol. (Sous presse), Séance spécialisée annuelle, Nouvelles Recherches en Géologie Océanique, Paris 3-4 Déc. 1984.

GELARD, J.P., 1979. Géologie du Nord-Est de la grande Kabylie (Un segment des zones internes de l'Orogène littoral maghrebin). Thèse Univ. Dijon, 335 pp.

GRANDJACQUET, C., MASCLE, G., 1978 - The structure of the lonian sea, Sicily, and Calabria-Lucania. ln : Nairn A.E.M &: al., (Eds) : "The Ocean Basins and Margins", v.4.B., Plenum Press, N.Y., p.257-329.

HACQUARD, D., LORENZ, C., GRANDJACQUET, C., 1972. Essai sur l'évolution tectonique de la liaison Alpes-Apennins (de la Ligurie à la Calabre). Mem. Soc. Geol. Italy, IX : 309-341, 10 fig., 1 tab.

HIRN, A., &: SAPIN, M., 1976. La "croûte terrestre sous la Corse: données sismiques. Bull. Soc. Geol. Fr., (7), XXVIII, .5, pp. 1195-1199.

HORWATH, F., CHANNEL, J.E.T., 1977 - Further evidence relevant to the African/ Adriatic promontory as a paleogeographie premise for alpine orogeny. Intern. Symp. Struct. Hist. Medit. Basins. Split (Yougoslavie), 1976. ln : Biju-Duval B. et Montadert L., Eds. Technip, Paris, p.J3.5-142.

HSU, K.J., MONT ADERT, L., &: al.,1978. Site 372 : Menaorca rise. Initial Reports of the DSDP, 42, part 1 : U.S. Govt. Printing Office, Washington D.C., pp.59-l50.

HUTCHISON, I., 1983. Heat Flow studies in the Gulf of Oman and Western Mediterranean Basins. PHD, Thesis, Univ. of Cambridge, Cambridge, 112p.

HUTCHISON, I., VON HERZEN, R.P., LOÜDEN, K.E., SCLATER, J.G., JEMSEC, J., 1985 Heat Flow in the Balearic and Tyrrhenian Basins, Western Mediterranean. J. Geophys. Research, sous presse.

HSU, K.J., 1978. Tectonic evolution of the Mediterranean Basins. ln : NAIRN A.E.M. a: al., Eds., The Ocean Basins and Margins. v.4A, Plenum Press, N.Y., p.29-76.

KELLER, J., 1980. The island of Vulcano. ln : L. Villari (ed.). The Aeolian island80. An active volcanic arc in the Mediterranean Sea. Rend. SIMP., 36 (1), 307-414.

KELLER,J., 1982. Mediterranean island arcs. ln : THORPE R.S., Ed., Andesites. WlLEY J. et sons, Chichester, 307-325.

LE DOUARAN, S., BURRUS, J., AVEDlK, F., 1984. Deep structures of the North-Western Mediterranean Basin: results of a two-seismic survey. Mar. Geol., 55, pp. 325-345.

LEFEBVRE, D., 1980. Evolution morphologique et structurale du Golfe. du Lion. Essai de traitement statistique des données. Thèse 3° Cycle, Univ. de Paris VI., 163 pp., 52 fig., 13 pl.

LETOUZEY, J., TREMOLIERES, P., 1980. Paleo-stress fields around the Mediterraneen since the. Mezosoic derived from microtectonics : comparisons with plate tectonic data. 26° Congr. Geol. Int. ln: C', BRGM (eds) pp.261-273.

LOUDEN, K.E.,1980. The crustal and lithospheric thickness of the Philipine Sea as compared to the Pacific, Earth Planet. Sci. Lett., 50, 275-288.

MONTADERT, L., DE CHARPAL, O., ROBERTS, D.G., GUENNOC, P., SIBUET, J.C., 1979. Northeastern Atlantic passive margins: rifting and. subsidence processes. ln : Maurice Ewing Series 3, Amer. Geophys. Union,Washington, p.154-186

MORELLI, C., 1970. Physiography, gravity and magnetism of the Tyrrhenian Sea. Boll. Geof. Teor. Appl., 12, 48, 275-309.

MORELLI, C., 1975 - The gravity map of Italy. ln : OGNIBEN et al., Eds., Structural Model of Italy, Quad. Ric. Sci., 90, C.N.R., p.427-448.

MORELLI, C., PISANI, M., GANTAR, G., 1975. Geophysical anomalies and tectonics in the Western Mediterranean. Boll. Geof. Teor. Appl., XVII, 67.

MORELLI, C., GIESE, P., CARROZZO, M.T., COLOMBI, B., GUERRA, I., HIRN, A., A.,LETZ, A., NICOLICH, R., PRODEHL, C., REICHERT, C., ROWER, M.,SAPIN, M., SCARASCIA, S., WIGGER, P., 1977 - Crustal and .upper mantle structure of the Northern Apennines, the Ligurian Sea, and Corsica derived from seismic and gravimetric data. Boll.Geof.Teor.Appl., 75-76, p.199-260.

MOUSSAT, E., 1983. Evolution de la Mer Tyrrhénienne centrale et orientale et de ses marges septentrionales en relation avec la neotectonique dans l'arc calabrais. Thèse 3° Cycle, Univ. P.M. Curie, Paris.106p.

MOUSSAT, E., MASCLE, G., ANGELIER, J., 1983.. Recent faulting in northern Calabrian Arc, Rapp.Comm.lnt.MerMeddit., 28, 4 (1983), p.141-142.

NICOLICH, R., 1981a. Il profilo Latina-Pescara e le registrazioni mediante OBS nel mar Tirreno. ln : Atti dei 1° Convegno, G.N.G.T.S., II, Roma.

NICOLICH, R., CITA, M.B., FABBRI, A., FANUCCI, F., TORELLI, L., WEZEL, F.C., 1981b. Bacini sedimentari, ricerche geofisiche e di geologia marina. ln : P.F. Oceanografia e Fondi Marini, S.P. Risorse Minerarie, Rapporto finale. C.N.R., Roma.

PARSONS, B., SCLATER, J.C., 1977. An analysis of the variation of ocean floor bathymetry and heat flow with age. J. Geophys. Research, 82, 5: 803-827

PETERSCHMITT, E., 19.56. Quelques données nouvelles sur les séismes profonds de la Mer Tyrrhénienne. An. Geofis., v.9, p.305-334.

RECQ, M., REHAULT, J.P., STEINMETZ, L., FABBRI, A., 1984. Amincissement de la croûte et accrétion au centre du Bassin Tyrrhénien d'après la sismique réfraction. Mar. Geol., 55, p.411-477.

REHAUL T, J.P., 1981. Evolution tectonique et sédimentaire du Bassin Ligure (Méditerranée Occidentale). Thèse d'Etat, Univ. Paris VI, 138 pp.

REHAUl T, J.P., BOILLOT, G., MAUFFRET, A., 1984. The Western mediterranean basin geological evolution. Mar. Geol. 55, 447-477.

REHAULT, J.P., MASCLE, J., BOILLOT, G., 1985. Evolution de la Méditerranée depuis l'Oligocène. Bull. Soc. Geol. Italia. Sous presse.

RITSEMA, A.R., 1979. Active or passive subduction of the Calabrian Arc. Geol. Mijnbouw v.58, (2), 127-134.

STEINMETZ, L., FERRUCI, F;, HIRN, A., MORELLI, C., NICOLICH, R., 1983. A 550 km long Moho traverse in the Tyrrhenian Sea from O.B.S. recorded Pn waves. Geophys. Res. let., v.10, 6, p.428-431.

VON HERZEN, R.P., REHAUL T, J.P., JEMSEK, J., WILLIAMS, D.L., SCLATER, J., 1985. Testing models of continental rifting and extension: the Ligurian Basin (Mediterranean), soumis à Nature.

WEZEL, F.C., 1974. Flysch successions and the tectonic evolution of Sicily during the Oligocene and early Miocene. ln : C. Squyres (Editor), Geology of Italy, Petrol. Ewpl. Soc. Libya, Tripoli: 1 - 23.

THE PHYSICAL OCEANOGRAPHY OF THE TYRRHENIAN LIGURIAN SEAS

R.I. TAIT
University of Liverpool

SUMMARY

The principal bathymetric and physiographic features of the Tyrrhenian and Ligurian sea basins, which are relevant to the physical oceanography of the region. are described. The general hydrography of the area is then discussed in terms of the temperature-salinity properties of the three main water masses I the surface layer of North Atlantic origin (NAW), the Levantine lntermediate Water (LIW) and the deep water.

An outline is given of the general circulation in the Tyrrhenian and Ligurian seas, with estimates of the boundary fluxes of the superficial and intermediate water masses. The variability of the circulation is discussed on a seasonal basis and also. on a shorter time scale, with reference to some recent work on the effects of wind forcing. The review concludes with a brief account of the deep thermohaline step-layer structure of the Tyrrhenian 8ea. This phenomenon, which appears to he a permanent feature of the oentral Tyrrhenian. indicates that double-diffusion processes are active witbin the vater column.

lNTRODUCTION

The Tyrrhenian and Ligurian Seas constitute the eastern part of the West Mediterranean Basin. The Ligurian Sea, which forms the northerly element of the western Mediterranesn, may be considered as a N.E. extension of the Balearic. or Algero-Provencal, Basin. It lies open to the S.W. and is eleswhere bounded by the continental coasts of France and Italy and the island of Corsica. The Tyrrhenian Sea, lying to the S.E. of the Ligurian, is bounded on the east by the Italian mainland; on the west by the Corsica-Sardinia island chain and on the south by Sicily.

In 1970, The U.S. Nava1 Oceanographic Office published a new bathymetric Carter et al in “the Mediterranean Sea (N 0.310). This chart, discussed by T.G. Carter et al in nThe Mediterranean Sea" ed. D.J. Stanley (Stanley 1972), was based on many earlier charts reflecting the work of several hydrographic institutions and was compied from more precision

ATTI 6° CONGRESSO A.I.O.L. – da Pag. 49 a Pag. 84

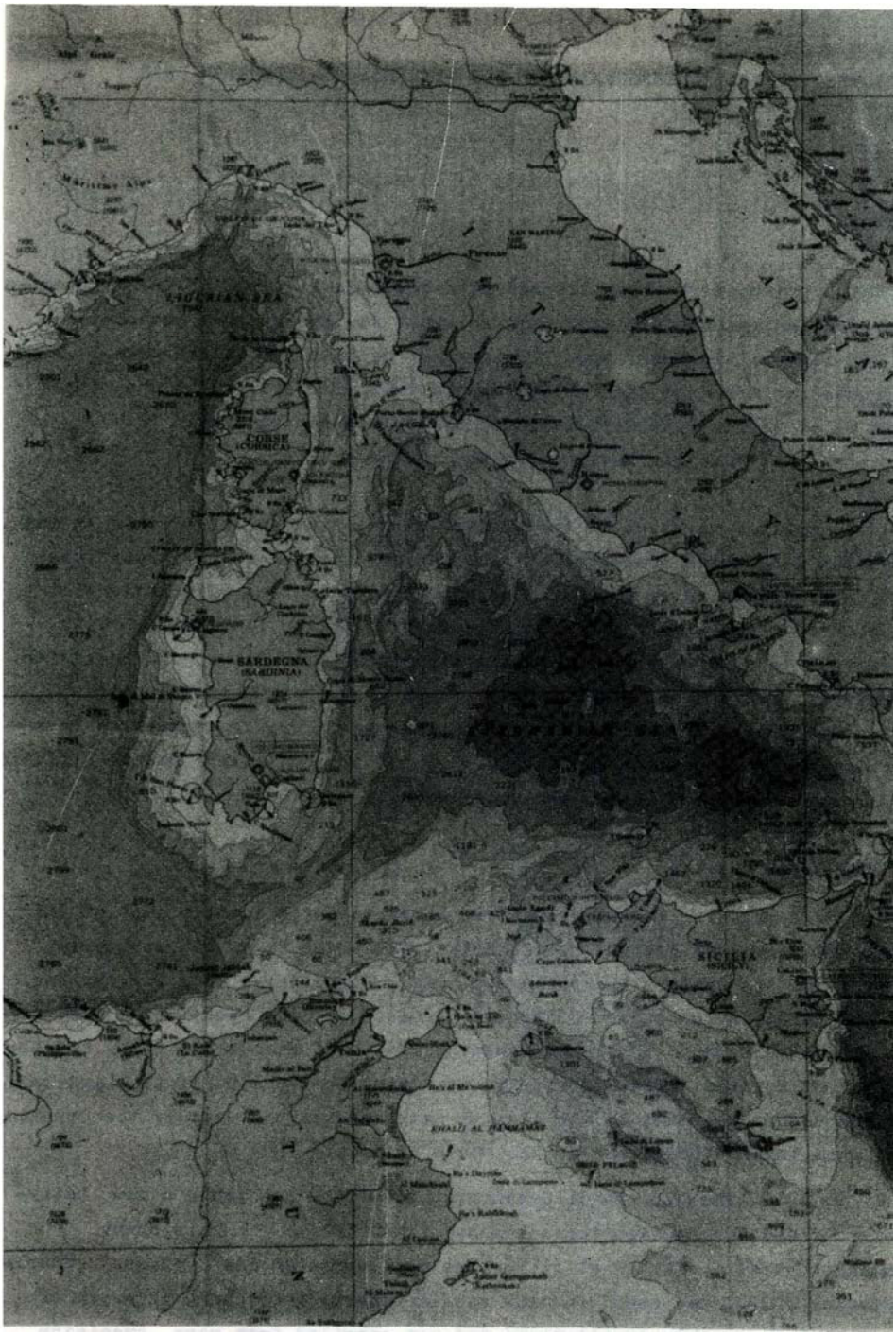

LIGURIAN SEA
CORSE
(CORSICA)
SARDEGNA
(SARDINIA)
SICILIA
(SICILY)

Fig. 1

bathymetric data than had previously been available. The coverage of the Ligurian and Tyrrhenian Seas was particularly good. with high quality sounding linea at 10 km spacing or less for a large part of our area of interest. The physiography of the two seas is well described by Carter (1912). I do not propose to describe the topography in detail except to highlight some of the main features which impinge on the physical oceanography of the region.

BATHYMETRY &. PHYSIOGRAPHY OF THE TYRRENlAN SEA

The Tyrrhenian Sea has an area of some 231,000 km^2 with depths exceeding 3500 m in the abyssal plain. the deepest part of the Western Mediterranean Basin : maximum depth 3620 m (Sel1i 1970). Fig.l shows a section of the USNO chart covering the Tyrrhenian &. Ligurian Seas. The Tyrrhenian communicates with other Meniterranean waters via two main passageways: a broad opening to the S.W. which contains the narrow deep Algero-Tyrrhenian Trough with a depth of almost 2000 m; and a northern passage to the Ligurian Sea via the relatively shallow Tuscan Trough with a eill depth of abcut 400 m. Two other passages. the Straits of Messina and Bonifacio, which are both shallow and narrow are not considered to contribute significantly to the general circulation of the region. although the tidal currents in these narrow straits are of local importance.

The Italian ccntinental she1f. relatively wide in the north (65 km around the Tuscan Islands), narrows in the south and is barely perceptible along parte of the Calabrian coast. The shelf break, which in some place is therefore difficult to delineate, varies in depth between 100 & 200 m with an average of about 130 m. Along the northern Sicilian coast the shelf is narrow, 3 - 6 km wide. but broadens considerably off the western end of Sicily to merge with the deeper borderland of the Afro-Sicilisn Platform.

The Sicilian ridge extending from Sicily to Tunisia forme the Strait of Sicily. It is a broad, shallow ares with a 35 km wide, 200 - 300 m deep channel closer to the Tunisian coast. To the east of the ridge lies a so: relatively deep basin. the Pentellaria and Malta troughs. and further eas ward at abuut 15^0E is a second sill which is somewhat deeper and broader than the western sill. The bathymetry of this area has an important beat on the circulation and properties of the water masses of both the wester, and eaetern basins of the Mediterranean.

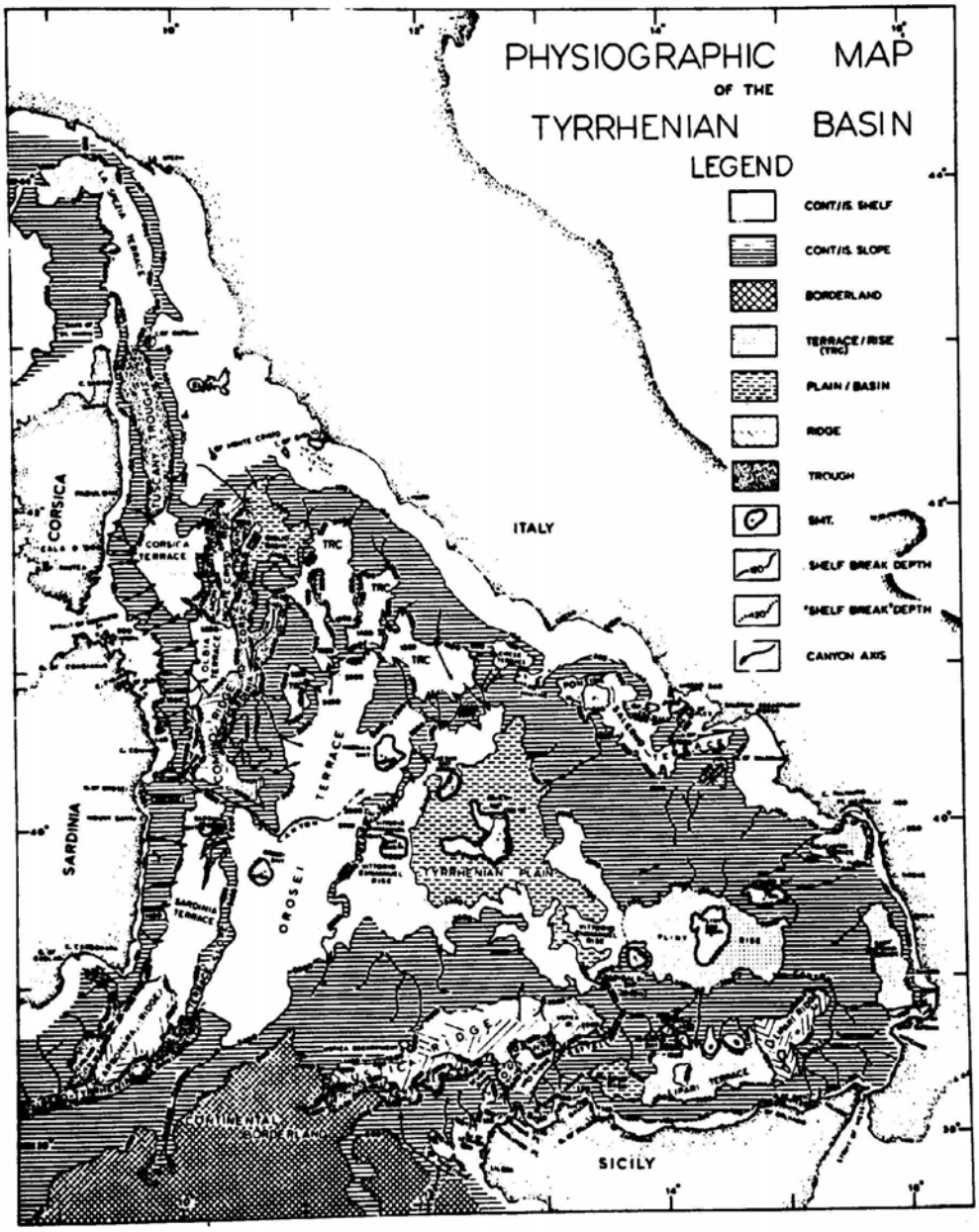

PHYSIOGRAPHIC MAP
OF THE
TYRRHENIAN BASIN
LEGEND
CONT/IS. SHELF
CONT/IS. SLOPE
BORDERLAND
TERRACE / RISE (TRC)
PLAIN / BASIN
RIDGE
TROUGH
SMT.
SHELF BREAK DEPTH
SHELF BREAK DEPTH
CANYON AXIS
CORSICA
SARDINIA
ITALY
SICILY
TRC
TYRRHENIAN PLAIN
OROSEI TERRACE

Fig. 2

The physiography of the Tyrrhenian Sea is complex. Fig.2 shows the physiographic diagram given by Carter et al (1972). Tube northwestern part is characterised by broad continuous multi-level marginal terraces, troughs and ridges without obvious volcanics, in the southeastern sector one finds complex broad slopes with volcanic structures and the abyssal plain.

The geomorphological complexity of the Tyrrhenian Basin is manifested in the peri-Tyrrbenian province which comprises the continental slope and rise with associated terraces, ridges, basins and seamounts. This area is discussed in detail by Selli (1970), Carter et al (1972) and Boccaletti and Manetti (1978). The peri-Tyrrhenian province encloses the central abyssal plain delineated in Fig.l by the 3000 m isobath. According to Boccaletti and Manetti the plain is somewhat smaller in area: the 3400 contour gives a better appreciation of the seize of the plain, centred on Vavilov seamount which rises some 2670 m from the abyssal floor to reach a minimum depth of 131 m (Fig.2).

THE BATHYMETRY & PHYSIOGRAPHY OF THE LIGURIAN SEA

The physiography of the Ligurian Sea 1s well described by Moullade (1916) who synthesised the earlier work of Carter et al with several additional publications dealing with this region. Fig.3 shows Moullade's bathymetric chart for the Ligurian Sea. The main feature here is the marked difference in the structure of the continental margin around the perimeter of the area, with the narrow continental shelves and steep continental slopes of the southwestern margins giving way to the broad shelf and gent slope characteristic of the northeastern sector. The shelf break, not delineated in Fig.3, is found at depths of 100 to 120 m between Nice and Genova and from 100 to 180 m between La Spezia and Elba. The upper part of the broad continental slope between Cape Corse and Genova posaesses an intermediate terrace, the La Spezia Terrace (Terrasse de La Spezia) whicth lies at en average depth of 500 m. It rises to about 400 m in the soutb at the Corso-Tuscan sill, the northern element of the Tuscan Trough leading to the Tyrrhenian (Fig.2).

The deepest part of the Ligurian See is the abyssal plain. the Ligurian Plain or Trench, which is delineated by the 2400 m isobath and reaches depths of the order of 2600 m. To the southwest it deepens somewhat and merges with the Balearic Basin. Around the perimeter of the

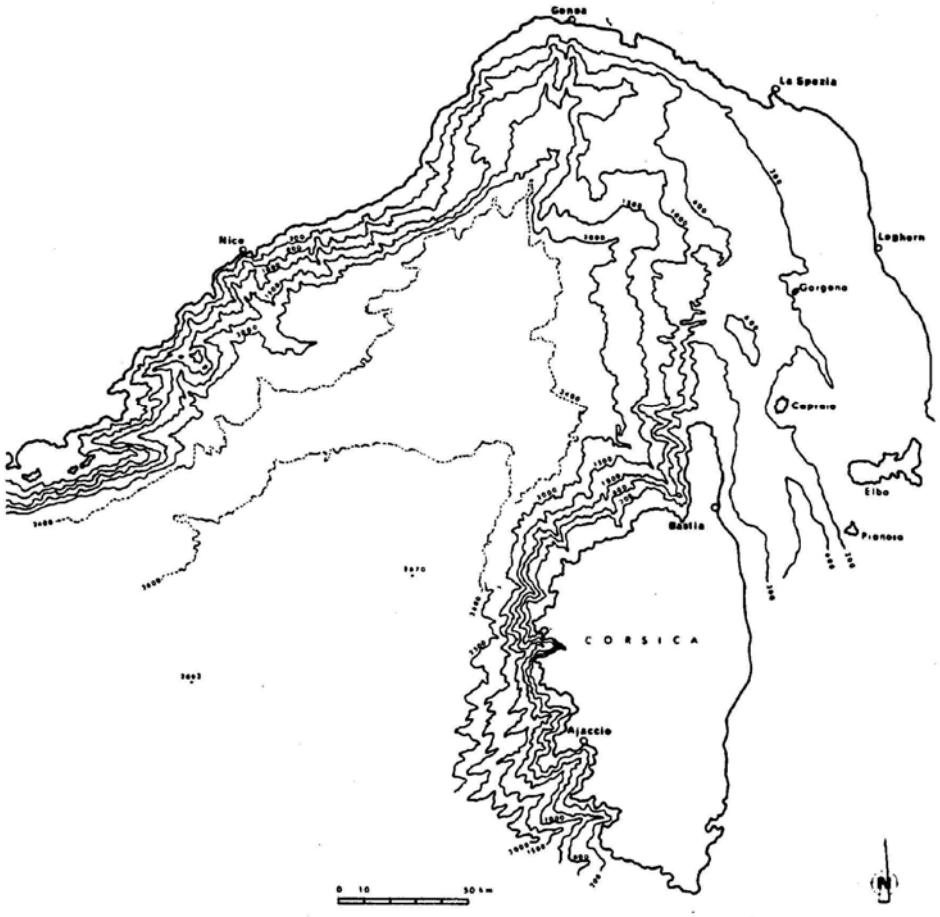

Genoa
La Spezia
Nice
Leghorn
Gorgona
Capraia
Elba
Pianosa
Bastia
CORSICA
Ajaccio
0 10 50 km
N

Fig. 3

Ligurian Plain the continental slope is incised, often to a depth of 400 m by numerous submarine canyons which may extend seaward into the basin. Two most prominent canyons, whose heads lie about 9 km apart on the slope south of Genova, may be traced to a depth of 2500 m on the abyssal plain.

HYDROLOGY OF THE WESTERN MEDITERRANEAN

The physical properties and the circulation of the water masses of the Tyrrhenian & Ligurian Seas cannot be considered in isolation as their characteristics depend on processes occurring elsewhere in both western and eastern basins of the Mediterranean. The physical oceanography is controlled by the climatology of the whole area. The Mediterranean is a concentration basin which achieves a balance of its water and salt content through a two-layer counter-current flow System in the Strait of Gibraltar. As Lacombe *&* Tchernia (1972) succinctly stated: . . . the Mediterranean functions as a 'machine'. It transforms incoming water from the North Atlantic into & typically dense saline water mass which ultimately flows back into the Atlantic via the deeper stretches of the Strait of Gibraltar. The mechanism of this 'Machine' determines not only the physical properties of the Mediterranean water masses but also their flow patterns.

Notable reviews of the physical processes within the Mediterranean system of basin have been given by Wust (1961), Lacombe & Tchernia (1960, 1972), Miller (1963) and Hopkins (1976). Mention must also be made of the WHOI Mediterranean Sea Atlas, dealing with temperature, salinlty. Oxygen and nutrients by Miller et al (1970).

In the Tyrrhenian & Ligurian Seaa, as in all of the Western Mediterranean we recognize a three-layer syatem with three principal water masses:-

(1) The surface vwaters of North Atlantic origin (NAW) of relatively low salinity and density.

(2) The intermediate layer, at a depth of 200-700 a, of relatively warm and saline water: the Levantine Intermediate Water (LIW) whose origins lie in the Eastern Mediterranean Basin

(3) The Deep and Bottom Water (BW), exclusive to and formed within the West Mediterranean Basin»

(1) Surfase Water (NAW)

The surface water in the Mediterranean, which has as its main source the surface inflow of North Atlantic Water (NAW) via the Strait of Gibraltar,

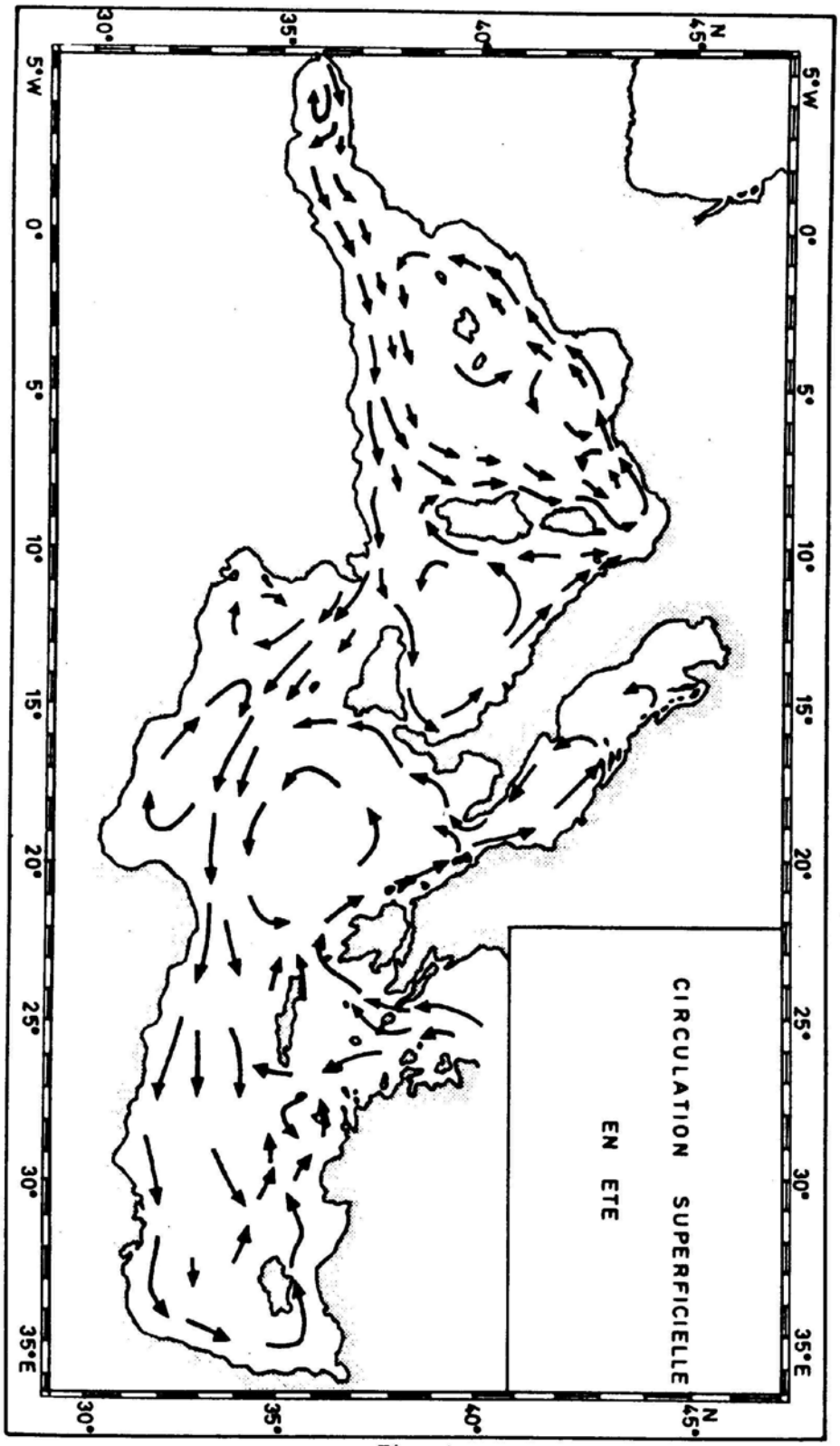

CIRCULATION SUPERFICIELLE
EN ETE
30°
35°
40°
45° N
5°W
0°
5°
10°
15°
20°
25°
30°
35°E

Fig. 4

is distinguished throughout tha two major basins of tha Mediterranean by a salinity minimum and reaches depths of up to 220 m. The inflow is by no means steady in its response to seasonal. tidal and other sea level variations. Estimates of its transport through the Straits vary from 35-55 x 10^3 km^3 per year, with a maximum flow in August and September and a minimum from November to February.

The mean circulation of the NAW is shown in Fig.4 which is taken from Lacombe & Tchernia (1972). Its passage eastwards through the Mediterranean Sea can be traced by isolines of the salinity minimum, whose value gradually increases downstream as a result of surface evaporation and mixing with the underiying intermediate water. Circulation in the Alboran Sea is anticyolonic (Lanoix 1974). East of the Alboran, part of the flowturns eastward forming a zonal boundary current along the North African coast with speeds of up to 0.5/m s^{-1}. The travel time between Gibraltar and the Sardinia-Tunisia passage is of the order of 1 month.Here the water divergea. Part of the flow ia deflected to the north along the west coast of Sardinia towards the Lrgurian Sea where it is joined by the surface flow out of the Tyrrhenian, thence continuing S.W. shedding cyclonic eddies along the French coast. The rest of the NAW that passes through the Sardinia-Tunisia passage continues eastward towards the Strait of Sicily where it again divides into two streams, one directed into the Tyrrhenian Sea along the north coast of Sicily, while the other traverses tba Strait of Sicily to the Eastern Mediterranean.

Surface circulation in the Tyrrhenian Sea ia cyclonic with some water escaping to the north into the Ligurian Sea and alao to the S.W. around southern Sardinia. The general circulation in the Ligurian Sea and tbe Algero-Provencal Basin ia also cyclonic.

(2) Intermediate Water

The Mediterranean intermediate waters, which are the product of winter convection processes, are found at a depth range of 200-700 m: The ubiquitous intermediate water mass is the Levantine Intermediate Water (LIW), distinguished throughout by a salinity maximum at its core and a temperature inversion in the West Basin during winter. It originates from winter cooling and sinking in the Northern Levantine Basin, The westwards spread of the LIW may be traced by its high salinity core which

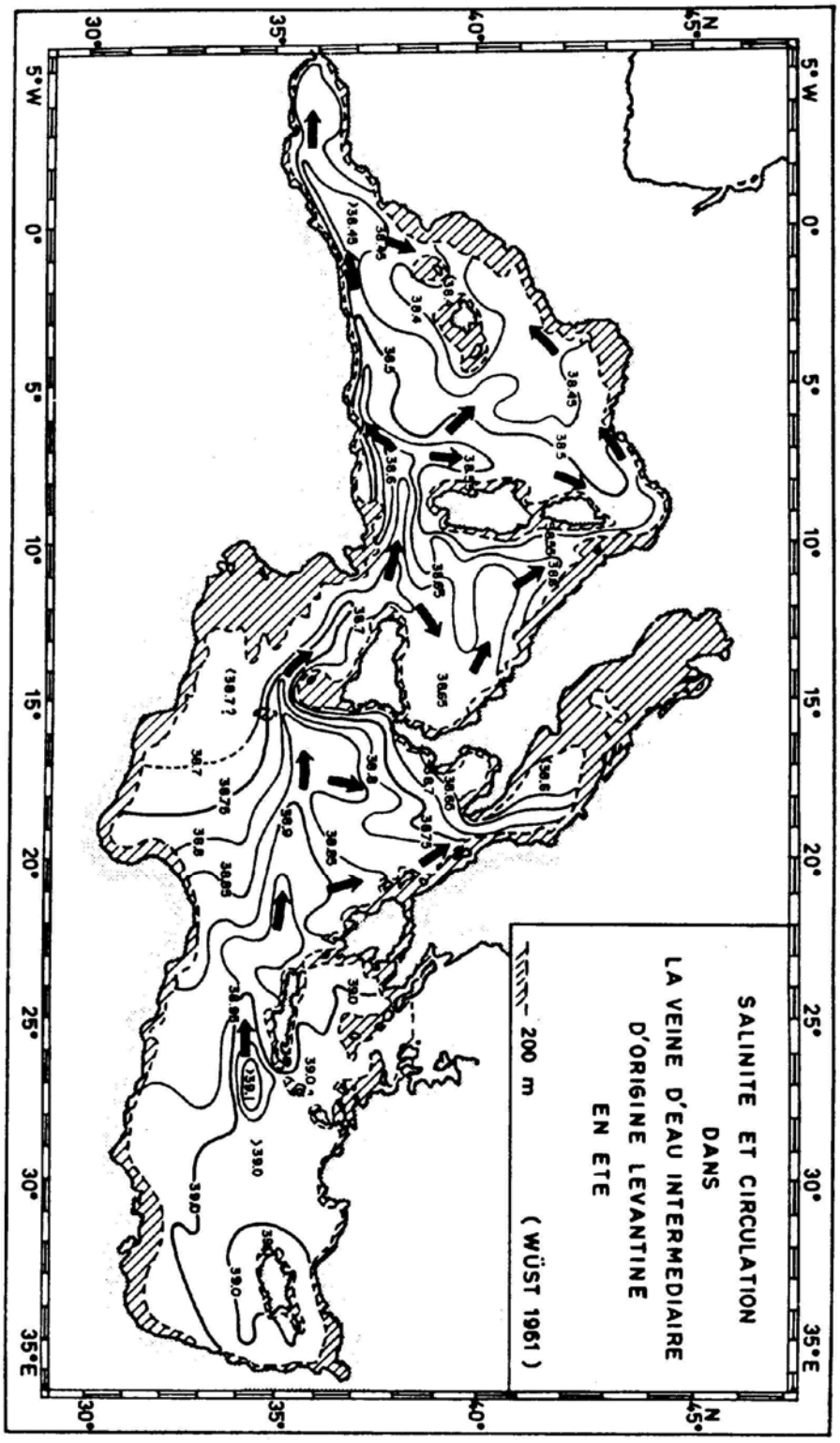

SALINITE ET CIRCULATION
DANS
LA VEINE D'EAU INTERMEDIAIRE
D'ORIGINE LEVANTINE
EN ETE
- 200 m
(WÜST 1961)

Fig. 5

undergoes some dilution from the overlying and underlying layers depending on its distance from the source.

Fig.5, taken from Lacombe & Tcbernia (1912), shows the mean flow pattern of tho LIW at core depth. The exact path and flow rate between the Levantins Sea and the Strait of Sicily is not well understood,though the circulation is cyclonic in nature. A£ the transit time is apparently greater than seasonal, the annual variations in production become integra1 downstrsam explaining the year-round presence of LIW in the Ionian Sea and westward. The core layer reaches the eastern sill of the Strait of Sicily with typical values of temperature, l4.2°C and salinity, 38.75. Here the
sill depth prevents water of greater density than the core entering the Sicilian Basin which is therefore filled with LIW. It is possible that this basin functions as a buffer against small variations in the properties of the LlW, producing over the western sill an inflow to the West Meditterranean Basin of uniform characteristics.

In its subsequent passage .westwards the flow bifurcates. The main branch circulates cyclonically in the Tyrrhenian Sea, feeds a stream into the Ligurian Sea, and then rejoins the lesser branch on its course westwards from the strait. This division of flow at the entrance to the Tyrrhenian has been suggested by Garzoli & Maillard (1979) as being due the two eddies which form an obstacle to the flow. Their observations showed that down to 400 m the circulation is dominated by an anticyclonic eddy i the southern part and a cyclonic eddy in the northern part. Both were proposed as heing of planetary origin due to bottom topography.

On emerging from the Sardinia-Tunisia passage, the flow again divides into a northern stream along the west coast of Sardinia into the Balearic and Ligurian Basins; and a western stream along the North African coast.
Here it forms a countercurrent under the eastward flowing NAW. By the time it reaches Gibraltar the LlW has merged with the western basin deep water to discharge into the North Atlantic as the typical warm saline water mas of the Mediterranean outflow.

Thus. from a consideration of the basic circulation of the Mediterranean Sea. it becomes apparent that in most areas the NAW the LIW follow similar flow patterns. In particular in the Ligurian and Tyrrhenian Seas both water masses have a similar cyclonic circulation whioh will be considered in more detail later.

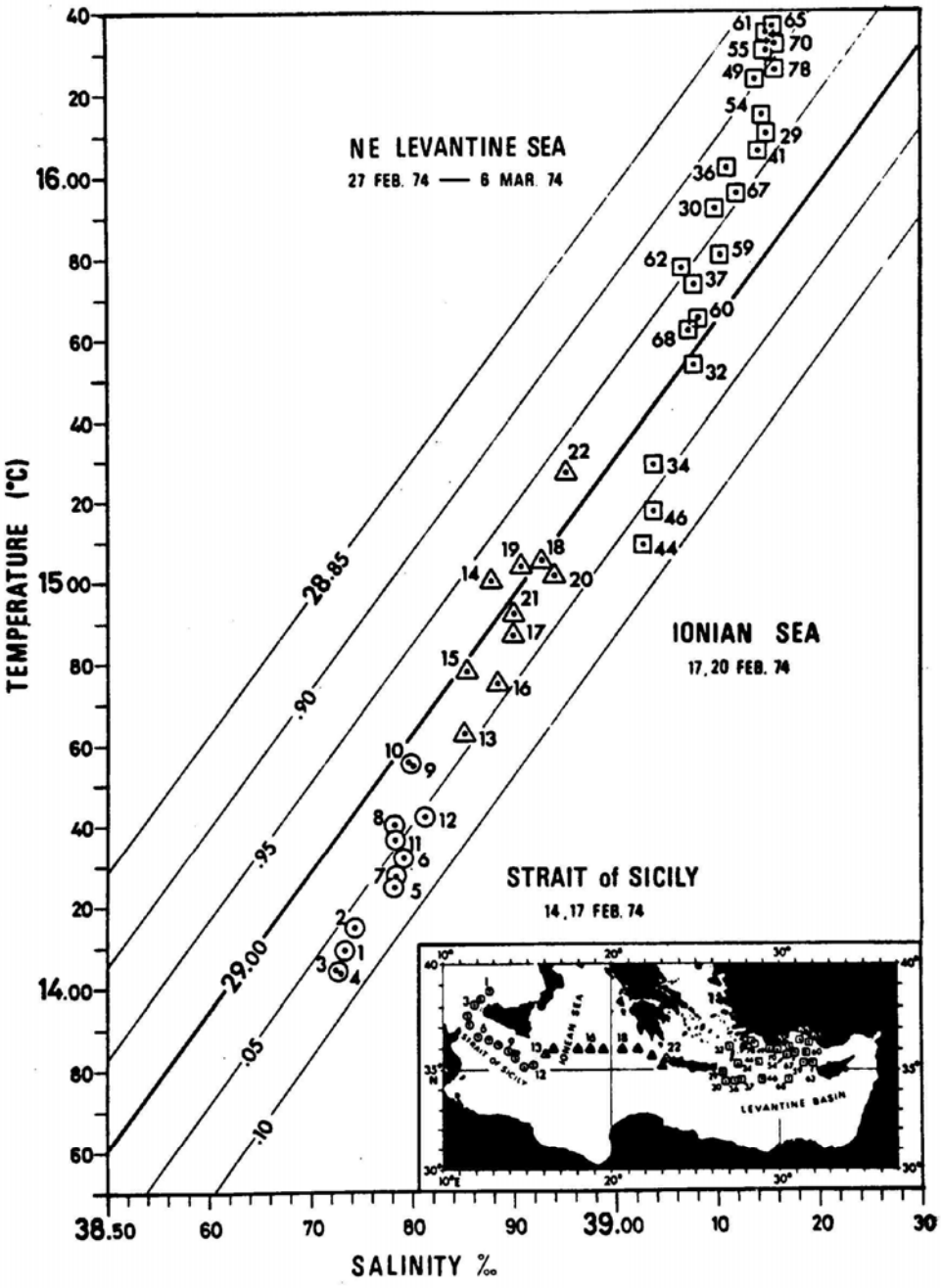

NE LEVANTINE SEA
27 FEB. 74 — 6 MAR. 74
IONIAN SEA
17, 20 FEB. 74
STRAIT of SICILY
14, 17 FEB. 74
TEMPERATURE (°C)
SALINITY ‰
16.00
15.00
14.00
38.50
39.00
28.85
.90
.95
29.00
.05
.10
LEVANTINE BASIN

Fig. 6

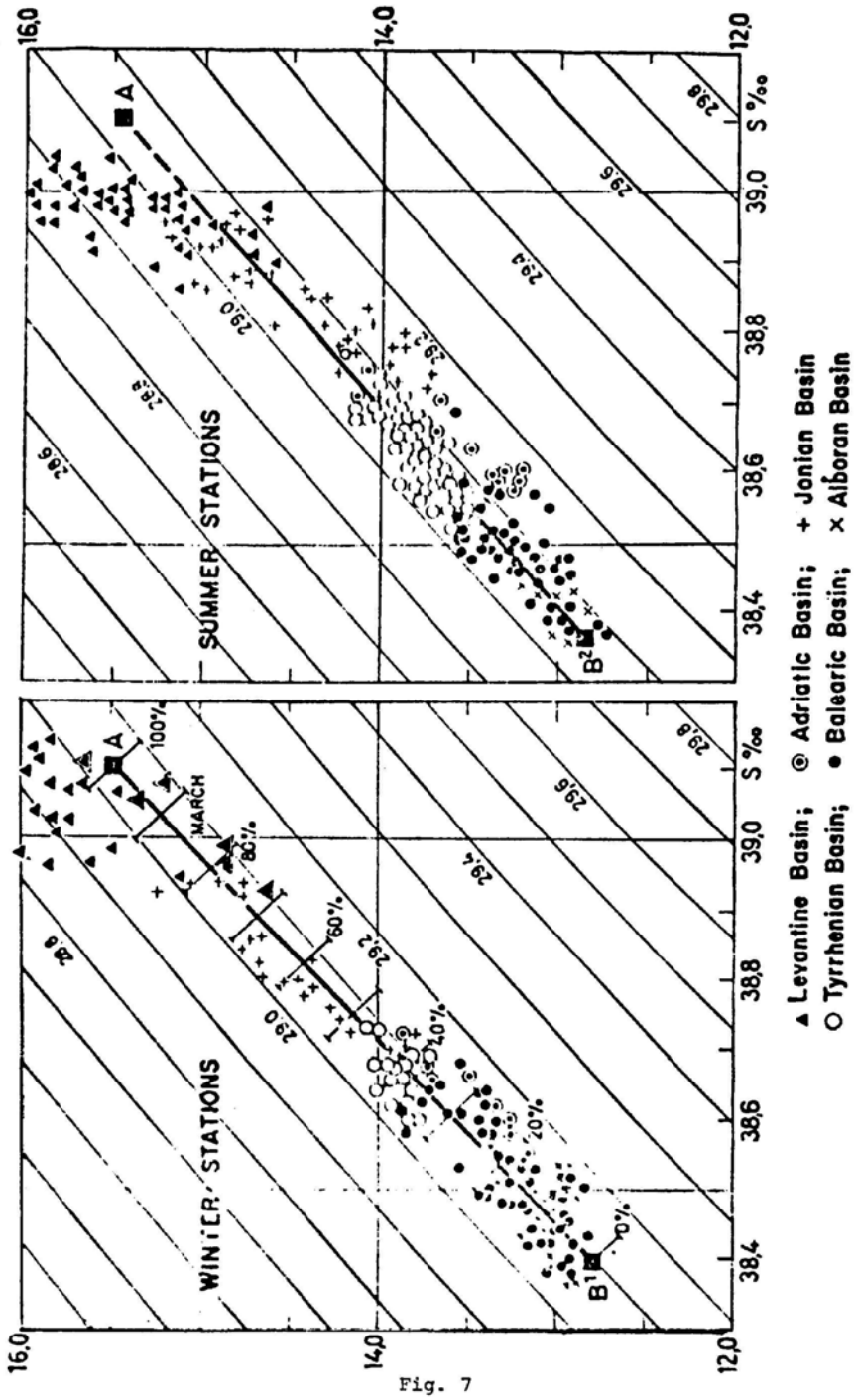

WINTER STATIONS
SUMMER STATIONS
MARCH
100%
80%
60%
40%
20%
0%
A
B1
B2
16,0
14,0
12,0
38,4
38,6
38,8
39,0
S ‰
29,8
29,6
29,4
29,2
29,0
28,8
▲ Levantine Basin; ◎ Adriatic Basin; + Jonian Basin
○ Tyrrhenian Basin; ● Balearic Basin; × Alboran Basin

Fig. 7

Perhaps of most interest is the isotropic character of the .LIW throughout the Mediterranean. It has been shown that the core density varies from 28.98 to 29.07 (σ_T units) between the Levantine Basin and the Tyrrhenian Sea suggesting isentropic advection of the core layer (Fig.6). A study of other observations indicates that the density increases by no more than 0.05 in σ_T from the East Basin to Gibraltar. Fig.7, from Wust (1961), illustrates on a T-S diagram a number of records of the LIW core since 1912. In spite of the assumptions which have to be made concerning intercalibration of data, all points are well contained between the 29.0 and 29.2 isopycnals. As the observations move away from the source the points are shifted further to the left, implying a steady loss of heat and salt to the surrounding water masses.

(3) Deep & Bottom Water

Below the surface and intermediate layers, Wust (1961) identified two water masses: the deep water between 1500 and 3000 m and the bottom water from 3000 m to the seabed. By this definition, bottom water is found only in. the Tyrrhenian, Ionian and Levantine Seas. Below about 2000 m the uniformity of potential density in the deep quasi-homogeneous layer reduces the effect of topographic boundaries.

The formation of these deep waters through cooling and convection in the surface layers takes place in winter in a few selected areas of limited extent, notably in the Gulf of Lios for the West Basin and the Adriatic for the East Basin, but no exchange of deep water occurs between the regions because of the limitations of topography. In the western Mediterranean the formation processes have been well documented during the MEDOC campaigns of 1969 and 1970: KEDOC Group (1970), Sankey (1973). On the other hand, observations of the circulation of the deep water subsequent to its formation are sparse. In the deep homogeneous layer and near the bottom, the currents are weak and our knowledge of them is rudimentary. Circulation is considerd to be cyclonic from the source with a slow overall movement to the west. Exchange with the Tyrrhenian Sea through the southern passage is limited by topography, the low rates of exchange being highlighted by the lower oxygen levels and somewhat higher temperatures and salinities of the Tyrrhenian compared with the values found at comparable depths in the Balearic Basin.

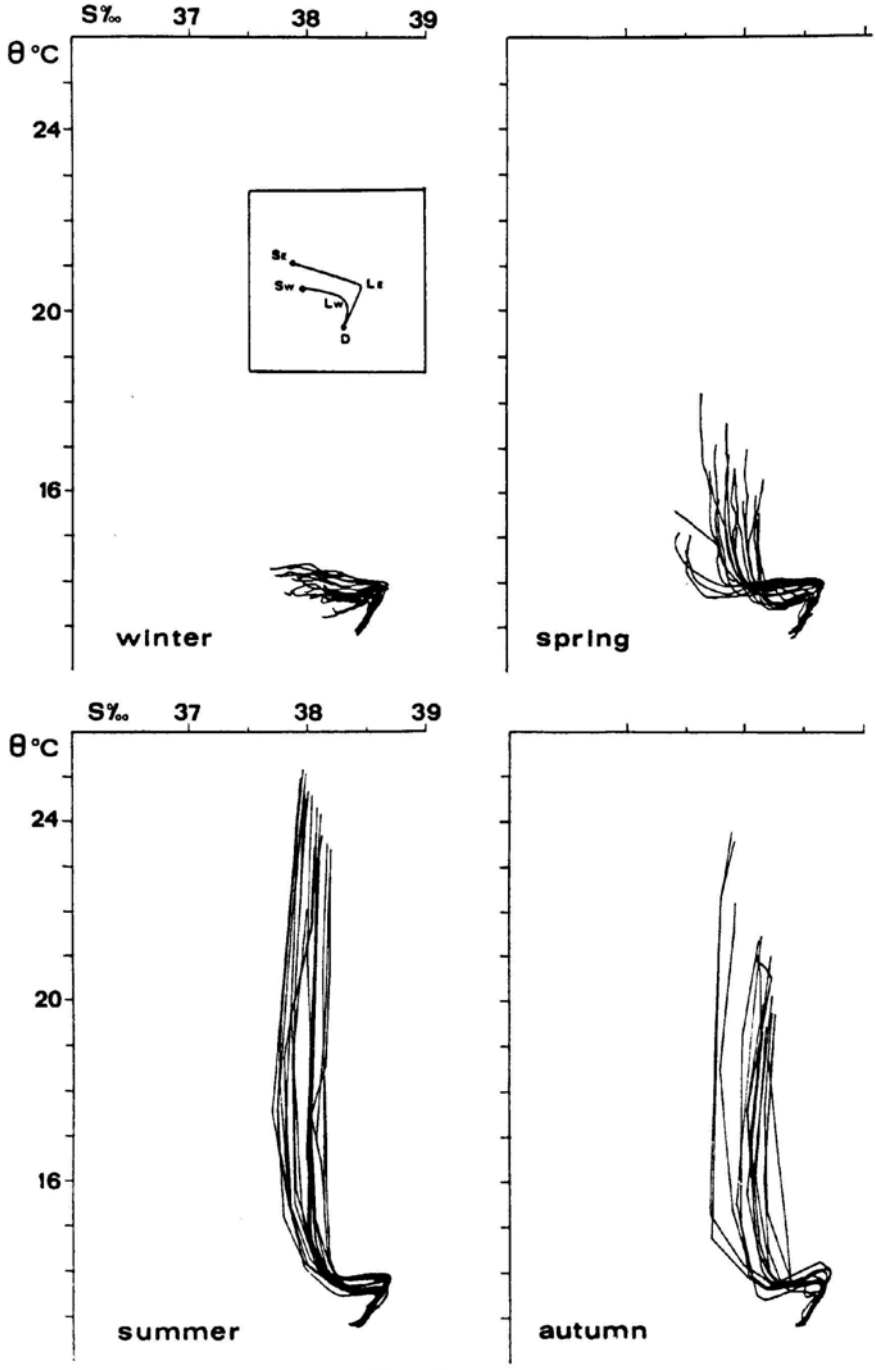


Fig. 8

The Ligurian cyclonic gyre lies to the N.W. of the formation zone of the West Basin deep water. It is possible that extreme winter conditions here may produce patches of cold saline water in the surface layers,of sufficient density to sink to great depths, thus providing an additional source of deep water. We shall bow consider the hydrography of the Ligurian and Tyrrhenian Seas in more detail.

TYRRHENIAN SEA WATER MASSES

A comprehensive study of the water masses of the Tyrrhenian Sea has been made by Brown et al (1978)., Using a 58-year span of historical data, these authors made a seasonal volumetric analysis of the water column for the whole area. Their seasonal θ-S diagrams (Fig.8) show the main features of the three water masses of the Tyrrhenian.

Vertical mean profiles show a maximum salinity (36.6 - 38.7) at 400 - 600 m, the depth of the LIW core with lower salinity above and below this layer. The most striking feature of the θ-S curves of Fig.8 is the year-round presence of the LIW shown here as an 'elbow' in the diagrams. The spatial analysis, based on Marsden Squares, showed a significant difference in the sharpness of the 'elbow' between the eastern and western sectors. θ-S curves near Sicily and the east Tyrrhenian are sharp due to small mixing between the LIW and the surface layers. In the west Tyrrhenian the curves are more rounded: the LIW core has a lower temperature and salinity and a greater thickness, indicative of a greater degree of mixing. This geographic division was also discussed by Aliverti (1963). Typical θ-S diagrams for the two sectors are shown in the insert of Fig.8. There is also a distinction between the eastern and western surface waters and the marked seasonal variation in temperature of the upper layers is apparent.

Brown et al conclude their analysis with an estimate of the mean volumes of the three water masses: 5.8%, 39% and 55.2% of the total volume of the Tyrrhenian Sea for the surface, intermediate and deep waters respectively. Seasonal changes in the relative volumes were attributed to the annual variation in the LIW which ranges between 33-43% with a maximum in winter.

Some mention should be made of the possibility of some LIW entering

the Tyrrhenian through the Strait of Messina, in spite of its adverse topography. This was briefly discussed by Federov (1972) who concluded that intermediate waters can enter the Tyrrhenian as a thin near-bottom layer through the Strait. The flow would be expected to exhibit tidal variations. Federov estimated the annual inflow volume via this passage to be about 0.7 x $10^{12}m^3$, a small, but not insignificant water flux. The question of this additional source of LIW, of somewhat different characteristics, in the Tyrrhenian Sea is worthy of further investigation.

MEAN WATER FLUXES

Bethoux (1980) has estimated the mean water fluxes for the surface and intermediate layers of the Tyrrhenian and Ligurian Seas as part of a general water budget study of the Mediterranean. Boundary geostrophic surface fluxes for the Ligurian were given as 37.8 x $10^{12}m^3$ year for the S.W. flow off Nice and 17.3 x $l0^{12}m^3$ year for the N.W. current off Calvi, from which a value of 20.5 x $l0^{12}m^3$ year may be deduced for the northerly surface flux from the Tyrrhenian to the Ligurian through the Corsica channel. A corresponding value of 10.4 x $10^{12}m^3$ year to the north for the intermediate flux was obtained. Mean salinities for the surface and intermediate waters were given as 38.00 and 38.55 respectively.

Boundary fluxes for the Sardinia-Tunisia passage and the Strait of Sicily were estimated as 58.2 x $10^{12}m^3$ year and 39.8 x $10^{12}m^3$ year respectively for the eastward surface flow; 25.33 x $10^{12}m^3$ year and 38 x $10^{12}m^3$ year for the westward intermediate flow. The surface flux into the Tyrrhenian is thus 18.4 x $10^{12}m^3$ year at a mean salinity of 37.21 The passage of water into the Tyrrhenian is marked by an increase in salinity of the surface waters from 37.21 - 38.00 and a decrease from 38.74 - 38.55 in the salinity of the intermediate waters. The equilibrium of the water and salt budgets requires a net transport of water and salt from the LIW to the surface layers. Bethoux expresses the balance in terms of an upward and downward flux of 8.84 X$10^{12}m^3$ year and 6.57 x $10^{12}m^3$ year respectively.

TYRRHENIAN SEA CIRCULATION

Very few direct current measurements appear to have been made in the

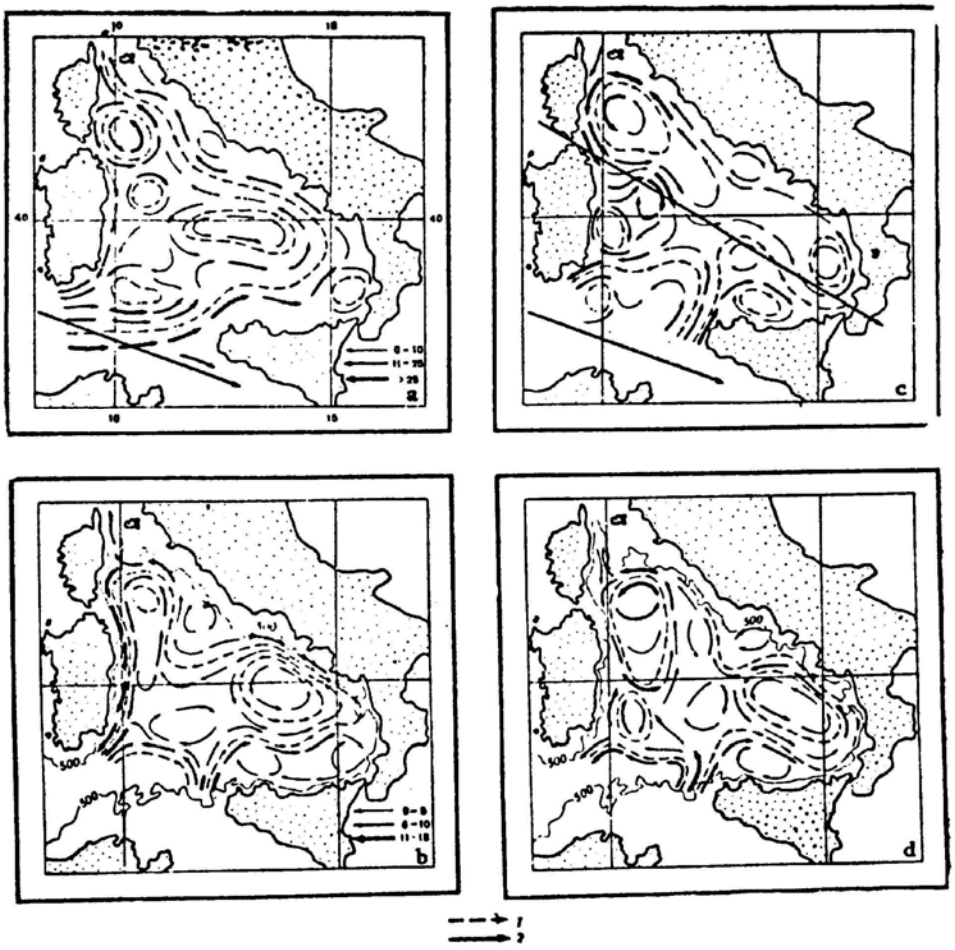


Fig. 9

Tyrrhenian, although the sea has had a reasonable coverage of hydrographic surveys over the past 50 years. Most of our knowledge of the current patterns has been derived from hydrographic data using the geostrophic method. The most comprehensive account of the Tyrrhenian Sea circulation following the work of Le Floch (1963). and Le Floch & Romanovsky (1966), been given by Krivosheya & Ovchinnikov (1973). Their study gave an estimate of the seasonal variations in the circulation at two levels, the surface and 400 m. Two patterns emerged, one for winter/spring and the other for summer/autumn. In both cases the circulation at 400 m was in accordance with that at the surface although speeds at the lower level were $\frac{1}{3}-\frac{1}{4}$ of the surface current.

Fig.9. from Krivosheya & Ovchinnikov. shows the winter and summer circulation at the two levels. The winter surface circulation, which was found to be fairly stable, and invariant from year to year, is characteri by a general cyclonic flow with several local eddies. One of the most stable and intense of these is located in the northern sector; another covers the central area and a third may be discerned between Sicily and Sardinia. The eddy off the eastern coast of Sardinia is the most intense and stable of the smaller anticyclonic eddies. Winter-spring circulatior. in the intermediate layer (Fig.8 lower left) is similar to the surface flow. The diagram indicates that a substantial portion of the LIW which emerges from the Strait of Sicily flows cyclonically around the entire SE in accord with the general circulation already discussed.

In the summer the circulation is more complex. It was found to be variable both within a single season and from year to year. However, using data from four surveys, Krivosheya & Ovchinnikov were able to detE a typical summertime circulation for the two levels (Fig.9 right). The general flow is still cyclonic, except that two central anticyclonic edd: break up the flow into two weakly linked large-scale cyclonic gyres. The cyclonic and anticyclonic eddies off the east coast of Corsica and Sardil as seen in winter. still persist in summer.

In discussing the surface circulation. Krivosheya and Ovchinnikov affirmed a correlation between the currents and the wind patterns and attributed the seasonal current changes to the change in the wind field from winter to summer, superimposed on a basic circulation which is not subject to seasonal change. They identify a belt of strong, stable N.W. winds through the Sardinia channel towards the Strait of Sicily as being

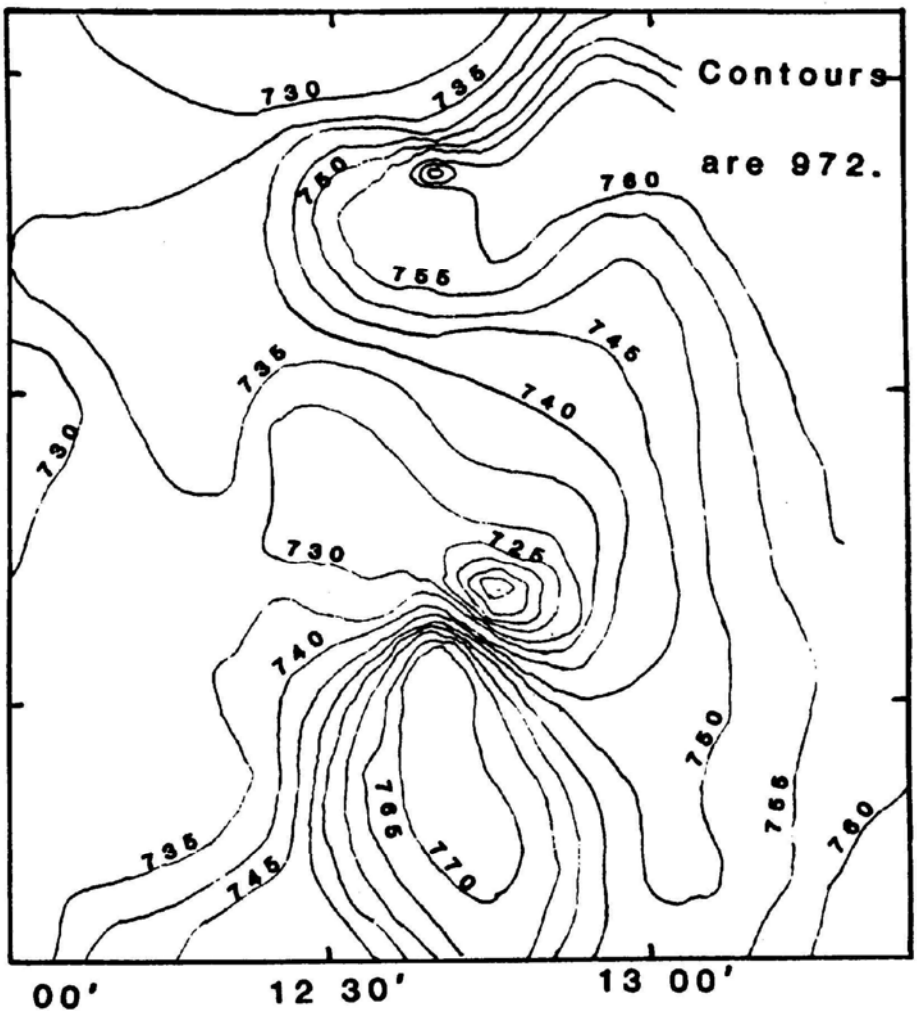

Contours
are 972.
730
735
750
760
755
745
735
740
730
730
725
740
750
765
770
735
745
755
760
00'
12 30'
13 00'

Fig. 10

the main driving force for the winter circulation. In summer an additional N.W. belt directed from the Strait of Bonifacio toward Messina is considerec to cause the separation of the flow into the separate cyclonic gyres.

Flow at the intermediate level again exhibits similar characteristics to the summer surface flow, with a somewhat reduced intake of LJW compared with the winter situation.

Thus a common seasonal feature of the water circulation in the Tyrrhenian Sea is the fact that the currents are predominantly in the same direction from surface to intermediate level, indicative of an overall unidirectional water movement from the surface to great depths.

In October 1979 a series of hydrographic observations was made in the central Tyrrhenian Basir, by the author and colleagues from the University of Liverpool. Fig.10 shows the dynamic height at about the 500 m level relative to 1500 m. This represents the lower part of the LIW and indicate a net northward flow. Immediately south of Vavilov sea mount, situate near the centre of the figure, is a pair of small eddies; one cyclonic and the other anticyclonic. The latter, which is in accord with Krivosheya and Ovchinnikov's diagram for summer-autumn, probably occurs to conserve the absolute vorticity of the system as the current senses the effect of shallower water on approaching the seamount. The smaller cyclonic eddy is possibly a spin-off from the larger one (Boxall 1984). North of the seamount the flow has a cyclonic curvature towards a small but intense cyclonic eddy to the north. No explanation for this can be given in terms of topographic effects. Geostrophic calculations are often unreliable over short distances in deep layers where, as bere, there are minimal density gradients and one is working at tbe limit of accuracy of the measuring instrument, in this case a CTD Mark III. The eddy in question may therefore be due to an instrumental error at the single station
involved.

The geostrophic current speeds are small, 0.4 - 0.6 cm s^{-1} over most of the eastern area except for the high gradient region between the eddy pair where speeds are an order of magnitude greater. Similar but less intense circulation patterns were found at deeper levels. From 500 m the current speed decreased linearly to zero at l500 m, the depth of no motion.

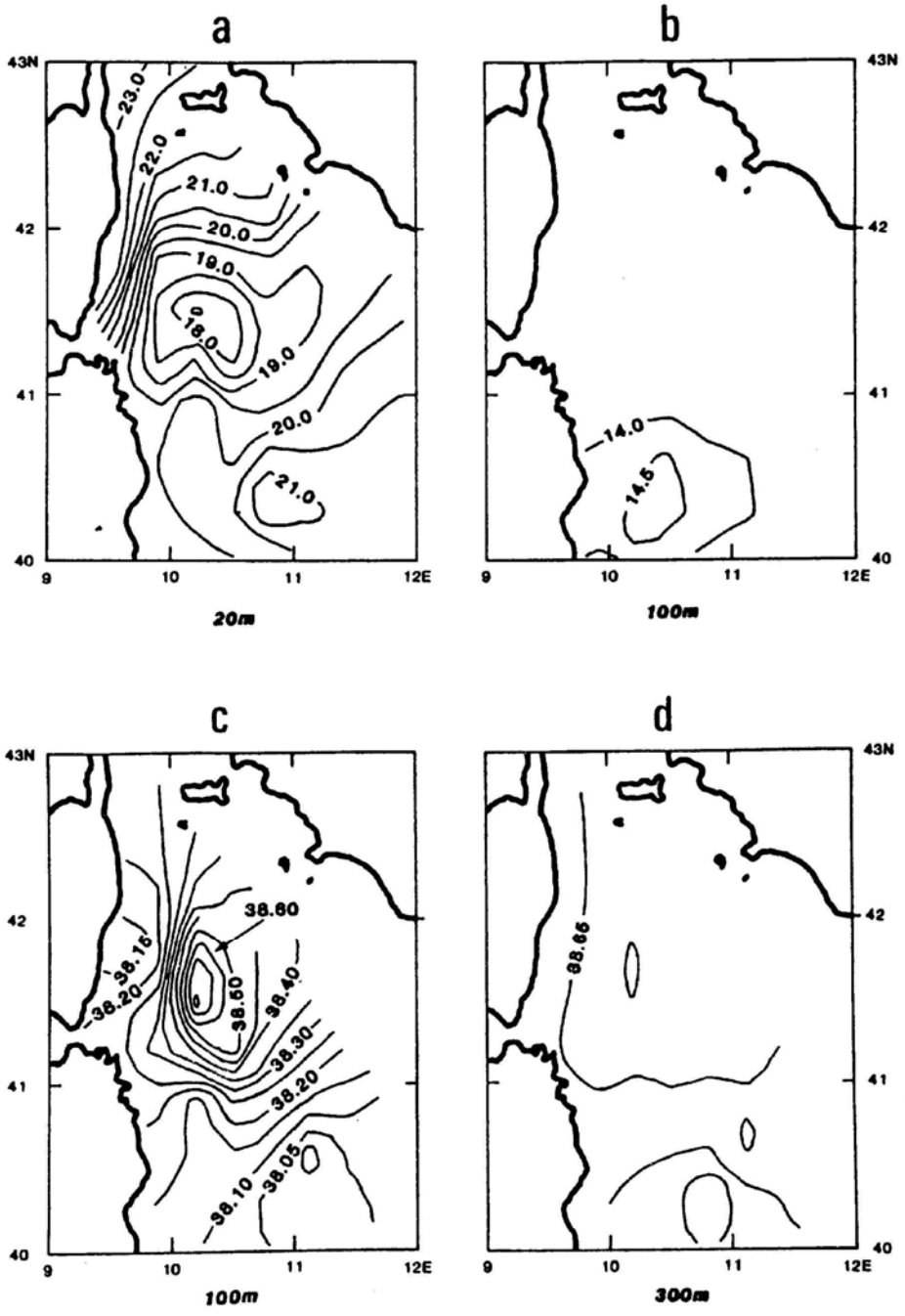

a
b
c
d
43N
42
41
40
9
10
11
12E
23.0
22.0
21.0
20.0
19.0
18.0
19.0
20.0
21.0
14.0
14.5
38.60
38.15
38.20
38.50
38.40
38.30
38.20
38.10
38.05
38.65
20m
100m
100m
300m

Fig. 11

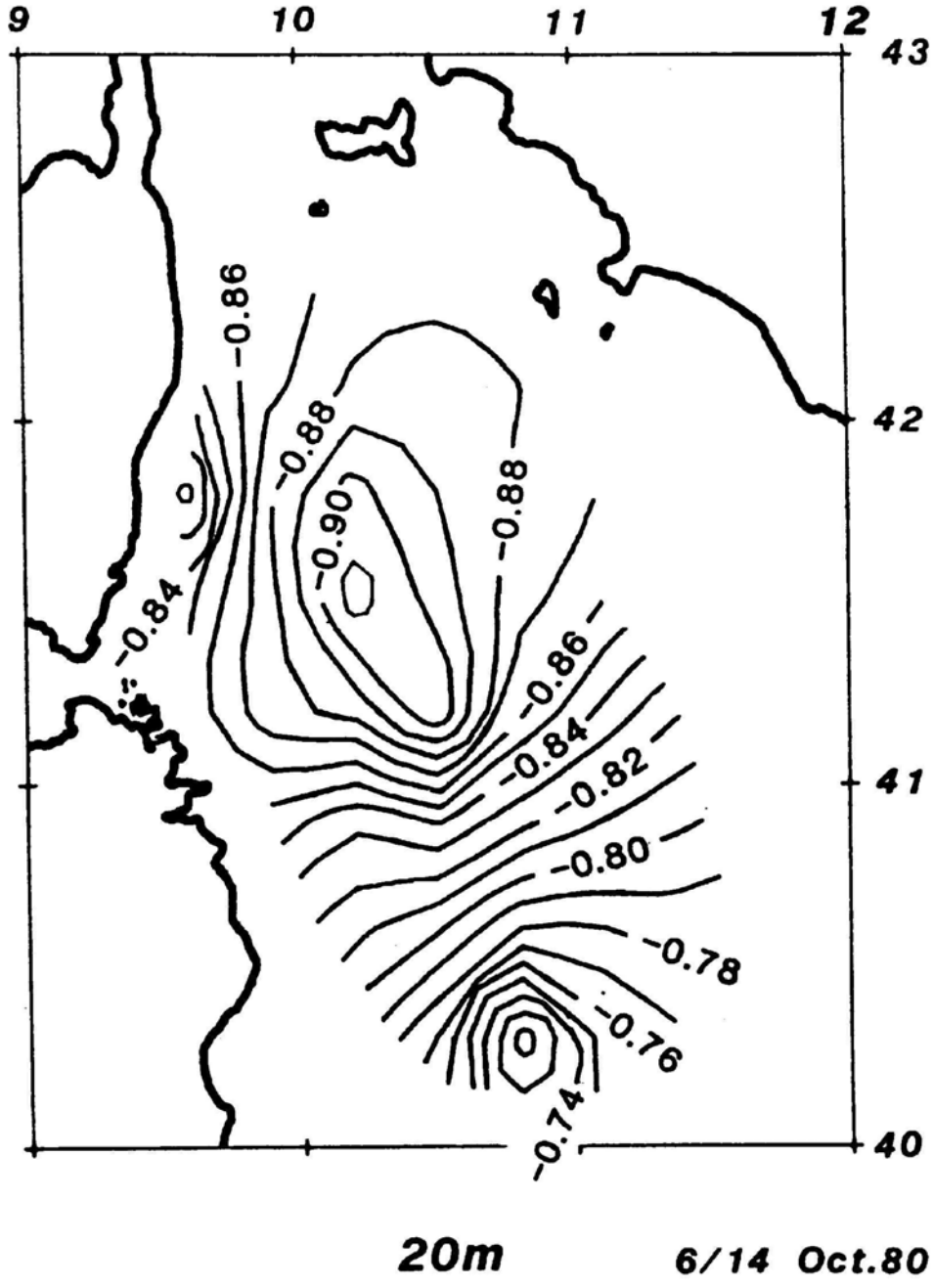

9
10
11
12
43
42
41
40
-0.86
-0.88
-0.90
-0.88
-0.84
-0.86
-0.84
-0.82
-0.80
-0.78
-0.76
-0.74
20m
6/14 Oct.80

Fig. 12

In any discussion of the surface circulation,mention should be made of the atlas of monthly surface current charts for Italian waters recently published by the Italian Navy Hydrographic Office (Istituto Idrografico delIa Marina 1982). This comprehensive atlas is based on a synthesis of all the data available for the past 50 years, to which some 144 references are cited. The mean current charts, which are drawn for each month, conform in general to the circulation patterns for the surface waters of the Tyrrhenian and Ligurian Seas already discussed. Of interest is the chart for September which shows a large anticyclonic gyre over the southern half of the Tyrrhenian Sea and a cyclonic eddy in the north.

THE WIND DRIVEN CIRCULATION

I propose to conclude my account of the circulation with brief reference to some recent work on the wind driven currents in our area.
For this I have selected two investigations which I consider, among others, to be of particular value in pointing the way for future research. I refer to the work of Moen (1984) on the Corsica-Sardinia eddy system and the work of Elliott and De Strobel (1978) on wind forcing effects in N.W. Italian waters.

Mention has already been made of the persistent cyclonic eddy off the east coast of Corsica and its anticyclonic partner further south. This eddy pair was the subject of an intensive study MILEX 80 by SACLATCEN (Moen 1984). Hydrographic observations were made in a 200 km square area in the N.W. Tyrrhenian and a number of thermistor chain/current meter moorings were deployed to span the mixed surface layer and upper thermoclin The temperature and salinity contours for the period 6-14 October 1980 are shown in Fig. 11. A cold water patch of high salinity is evident to the east of the Strait of Bonifacio and a warmer lower salinity patch to the south. At 100 m the anomalies in temperature have almost disappeared, whereas the salinity gradients are still relatively large. The patches are thus confined to the surface layers where temperature has the dominant effect on the dynamics.

From these data the dynamic height anofmaly was determined at 20 m relative to 450 m as shown in Fig.12. The figure shows clear evidente of a pair of counter-rotating eddies: cyclonic in the north in the colder water and anticyclonic in the south in the warmer water. A heat budget study of the surface layer showed that the temperature anomalies could not be attributed to air-sea interaction and an explanation was sought in terms

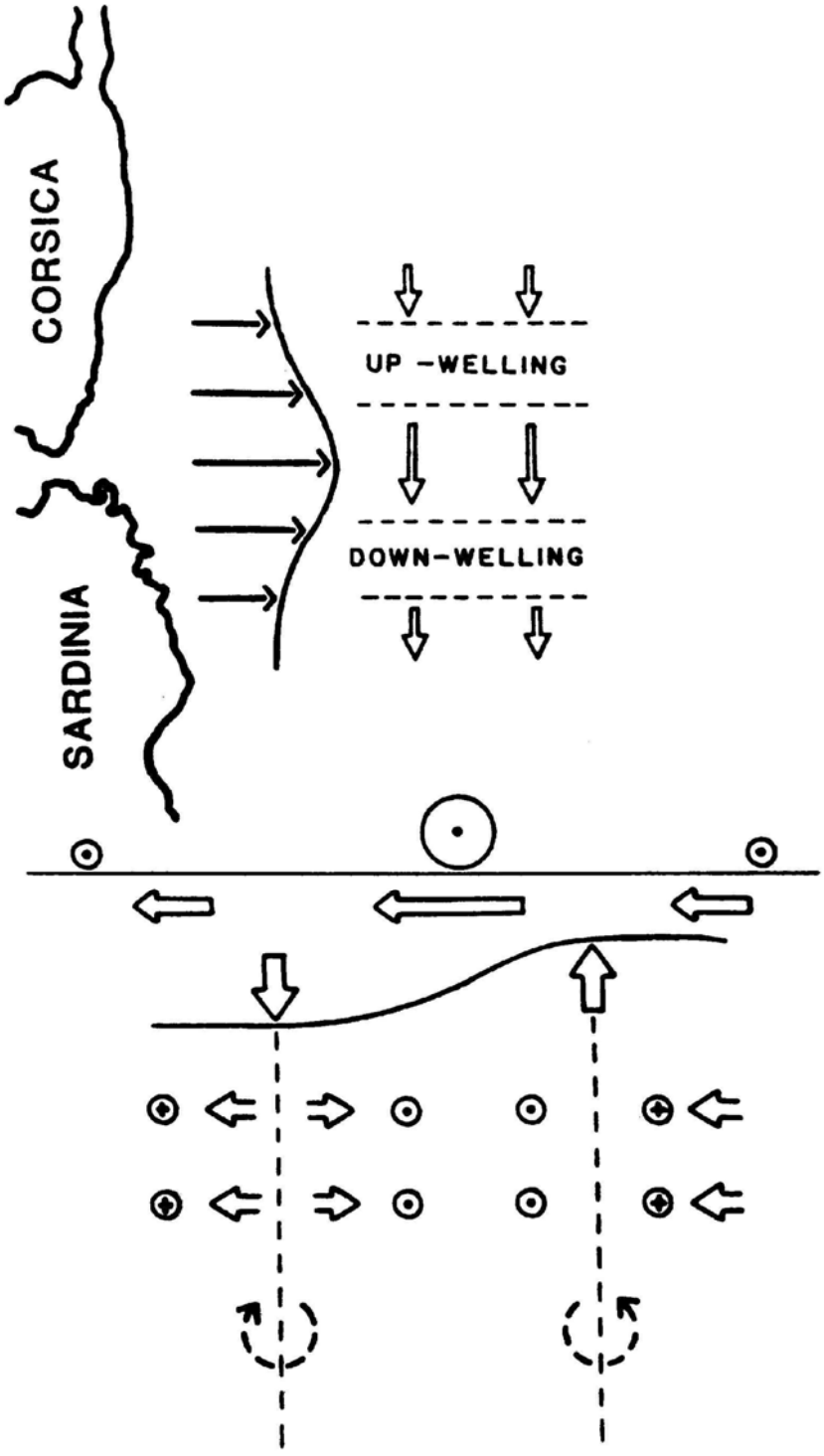


Fig. 13

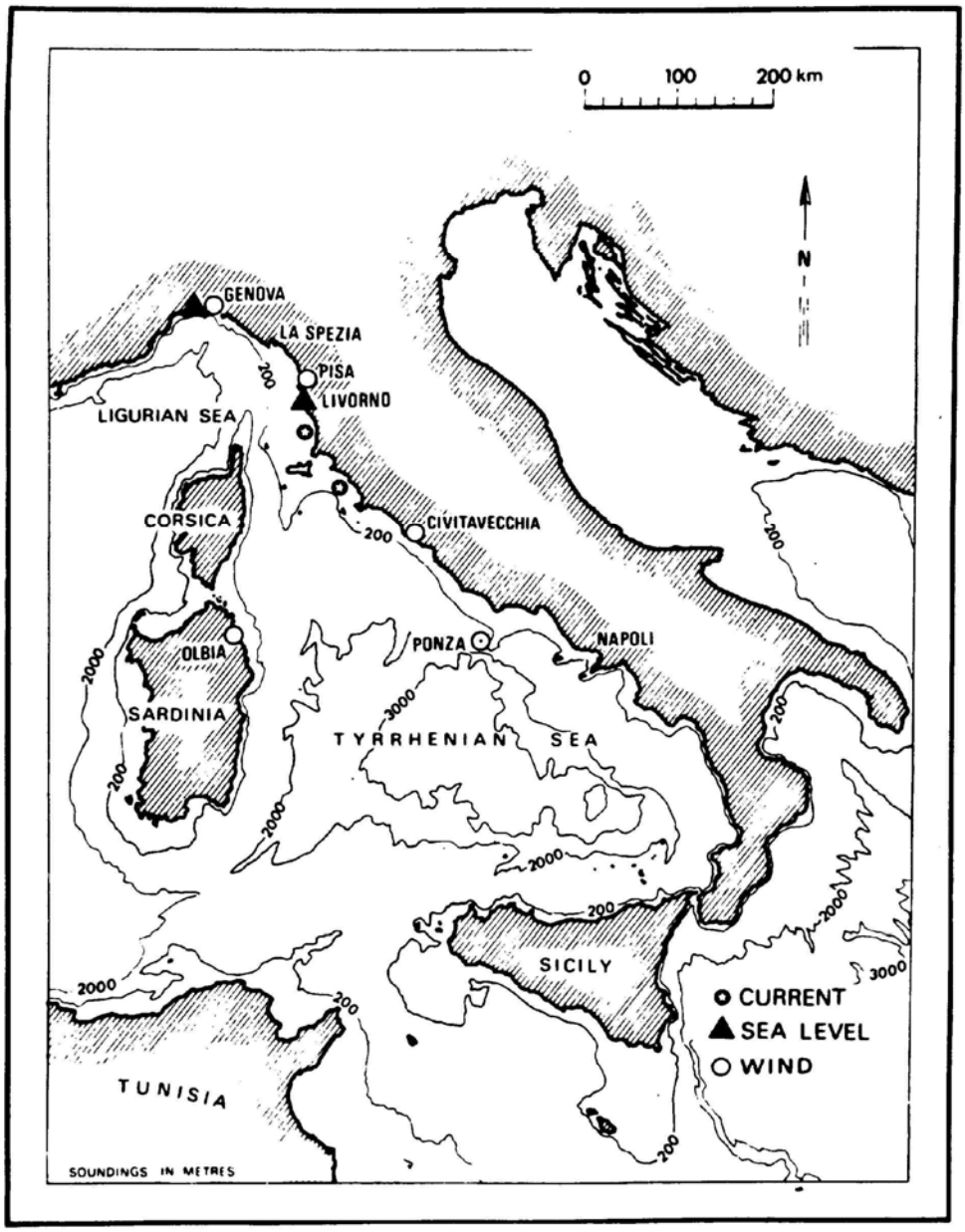

0 100 200 km
N
GENOVA
LA SPEZIA
PISA
LIVORNO
LIGURIAN SEA
CORSICA
CIVITAVECCHIA
OLBIA
SARDINIA
PONZA
NAPOLI
TYRRHENIAN SEA
SICILY
TUNISIA
CURRENT
SEA LEVEL
WIND
SOUNDINGS IN METRES

Fig. 14

of upwelling and downwelling for whioh an Ekman pumping model was developed.

In the chart of the mean wind stress for the area, a maximum is shown in the west wind blowing through the Strait of Bonifaoio, the wind being stronger eastward of the strait than off the coasts of Corsica and Sardinia. This westward flowing jet results in a curl of the wind stress favourable to upwelling to the north and downwelling to the south of the maximum wind stress. Fig. 13 shows a schematic diagram of the jet which sets up a diverging mass flux in the Ekman layer to which the surface layers respond as indicated. Using this model, Moen found the upwelling velocity to be about 2 m per day, in accord with the value estimated from the heat budget study.

Thus a feature of the Tyrrhenian Sea circulation has been explained with the aid of a simple model as being due to the persistent wind jet through the Strait of Bonifacio.

The objective of the investigation by Elliott & De Strobel (1978) was to examine the response of shallow shelf waters to meteorological forcing and to determine the associated time scales. To this end two current-meter moorings were deployed for a two-month period at two sites off the N.W. coast of Italy in water approximately 100 m deep, 15 km offshore as shown in Fig. 14, thus spanning the boundary between the Ligurian and Tyrrhenian Seas. Meteorological data were available from Genova, Pisa, Olbia and Civitaveochia and sea-level data from Genova and Livorno. The main result shown by this study was the generally poor correlation between the wind and the ourrents. The overall mean flow wasfound to be up the coast, towards the N.W., with a speed of about 4 cm s^{-1}directed against the mean alongshore wind. For zero wind conditions, the flow was predioted to be up the coast with a speed of 5 cm s^{-l} suggesting a density-driven current from the Tyrrhenian to the Ligurian Sea.

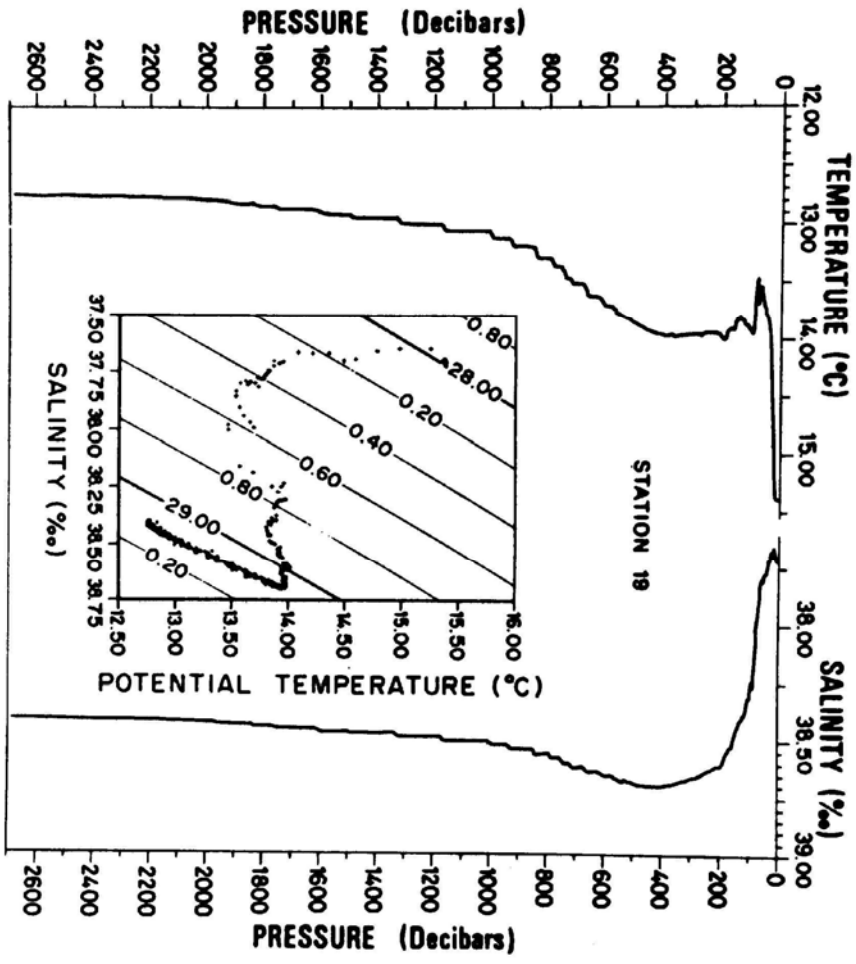
In a further series of papers Elliott analysed various aspects of the data in detail. A depth-integrated hydrodynamic model for the Tyrrhenian and Ligurian Seas was developed to elucidate the modal response of the two basins (Elliott 1979a). The model showed that. whereas the Tyrrhenian basin responded locally to oscillations with a near inertial

period (around 17.5 hours), these frequencies were suppressed in the Ligurian basin. Coherent motions in the Ligurian Sea were found at periods of 33 hours, 3.6 hours and 1-2 hours. This difference in response accounted for the marked difference in the measured currents, at the shorter time scales, observed between the two moorings. Currents at the southern mooring were mainly inertial; the northern mooring currents were generally of long period (> 10 days).

In a third paper, Elliott (1979b) turned his attention to the sea-level and meteorological data. Since the Ligurian basin is semi-enclosed, an onshore S.W. wind might be expected to pile up water in the Gulf of Genova. However, the data showed the opposite: for low frequencies (> 10 days period) the sea-level in the Gulf decreased when the wind was directed onshore and increased when the wind was offshore. The sea-level fluotuations at Genova and Livorno were highly coherent at low frequencies, suggesting a wind-induced setup along the entire Ligurian coast. For an onshore (N.E.) wind sress. the sea-level decreased and the current-meter data indicated a southerly flow from the Ligurian Sea to the Tyrrhenian.

To investigate this effect Elliott developed a depth-integrated model in which the wind forcing was spatially uniform over the whole area. Four cases were examined, with winds parallel and perpendicular to the mean orientation of the Italian coastline and the model was run over 20 tidal cyoles (10.4 days) in each case. The results showed that, for an onshore wind in the Gulf of Genova, the sea-level decreased in the Gulf and increased in the Tyrrhenian Sea with a nodal line near the southern mooring position. The maximum level increase in the Tyrrhenian was near the Strait of Messina and in the centre of the basin, giving an anticyolonic surface circulation in the Tyrrhenian and an influx of coastal water past Elba from the Ligurian Sea. The model also suggested some return flow northward along the Corsican coast. For an offshore wind stress the situation was the exact opposite. An alongshore wind to the N.W. produced a level increase in the Gulf of Genova, a decrease in the Tyrrhenian with cyclonic circulation, and a northward coastal flux. The opposite case applied to an alongshore wind directed to the S.W.

The model results gave fair agreement with the observed values of the current at the mooring positions but only about half the observed sea-level change. This is not surprising in view of the steady spatially-uniform wind assumed in the model. Future modelling should allow for a more



Potential temperature and salinity profiles with θ–S diagram for Sta. 19, 1973 (39°27'N; 12 49'E).

Fig. 15

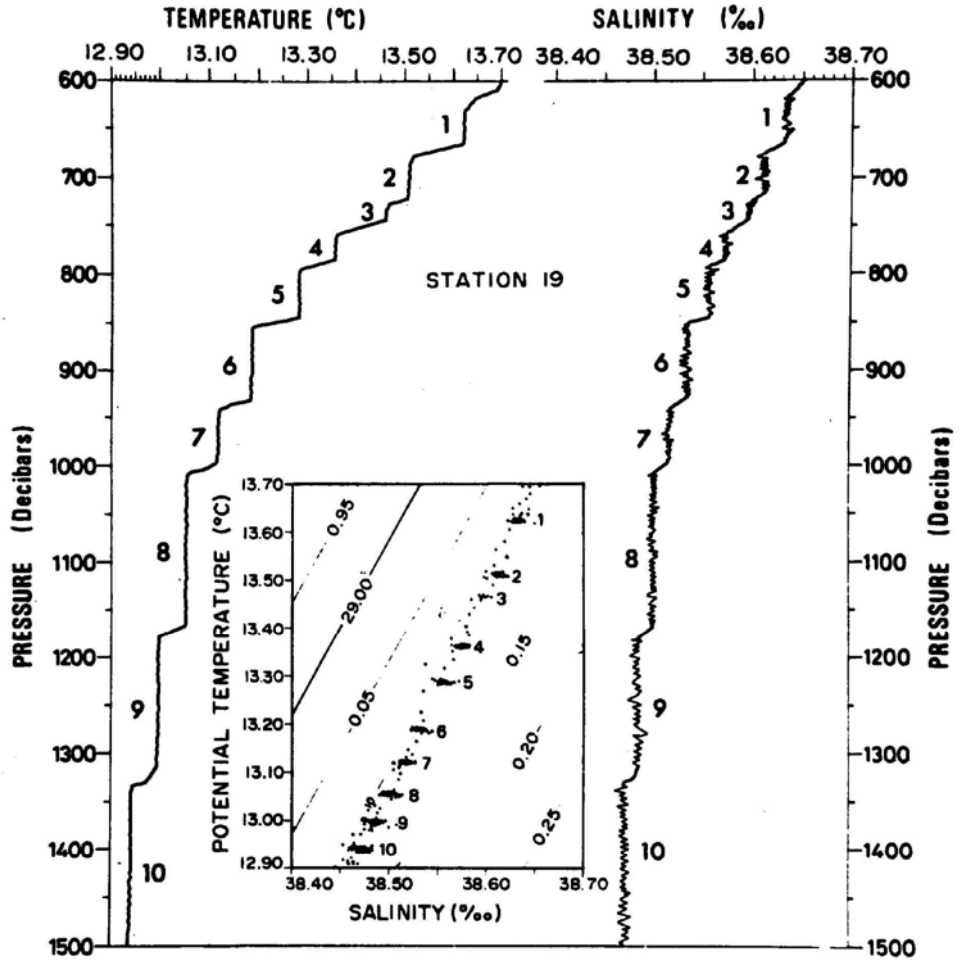

TEMPERATURE (°C)
12.90
13.10
13.30
13.50
13.70
SALINITY (‰)
38.40
38.50
38.60
38.70
PRESSURE (Decibars)
600
700
800
900
1000
1100
1200
1300
1400
1500
STATION 19
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
POTENTIAL TEMPERATURE (°C)
SALINITY (‰)
0.95
29.00
0.05
0.15
0.20
0.25

Fig. 16

realistic wind distribution and a two-layer water column to account for summer stratification. Such models need to be tested with adequate experimental data. It is clear that more current observations are required in the Ligurian and Tyrrhenian Seas and across the Corsica channel, if accurate prediction is to be made of the coastal response.

TYRRHENIAN STEP-LAYERS

To conclude this review, let us turn to the deep water of the Tyrrhenian Sea. A characteristic feature of these waters is the presence of a persistent thermohaline step-structure covering a depth range of about 600-2000 m. Over an appreciable area of the central basin, the transition between the LIW and the deep/bottom water takes the form of a succession of homogeneous layers separated by sharp interfaces. Analagous hydrological conditions may be found in the N.E. Atlantic beneath the Mediterranean outflow (Tait & Howe (1968, 1971)) and although there are significant differences in the stratification between the two areas, the phenomena are clearly related.

The Tyrrhenian step-structure, which was first noted by Johannessen & Lee (1972), was subsequently investigated by SACLANTCEN: Johannessen & Lee (1974); Cortecci et al (1974); Molcard & Williams (1975). The data from three cruises over the period 1972 - 1974 were collated by Molcard & Tait (1978). Fig. 15 shows a typical potential temperature and salinity profile together with the corresponding σ-S diagram in which the warm high salinity core of the intermediate water is evident at about 400 m. Below this level, the step-layers cover A depth range from 600-2000 m. An expanded section from 600-1500 m is given in Fig.16, showing ten homogeneous layers whose potential densities lie close to the 29.10 isopycnal on the θ-S diagram. Temperature and salinity differences between successive layers are: $0.05 > \Delta T < 0.1$ °C and $0.015 > \Delta S < 0.04$, giving a stable interface density increment of the order of 0.001 in sigma units. Layer thicknesses range from about 50 m for the shallower layers to about 150 m for the deeper layers. The interface thickness varies from approximately 2-7 m.

The layers were found to have a high horizontal coherence: no discontinuities were observed, indicating a continuous stratification extending for distances up to 100 km over the deepest part of the Tyrrhenian. The observations of 1972, 1973 and 1974 enabled the stratification to be compared from year to year. No significant changes in the layer structure were observed, differences in 9 and 5 being of the order of the experimental

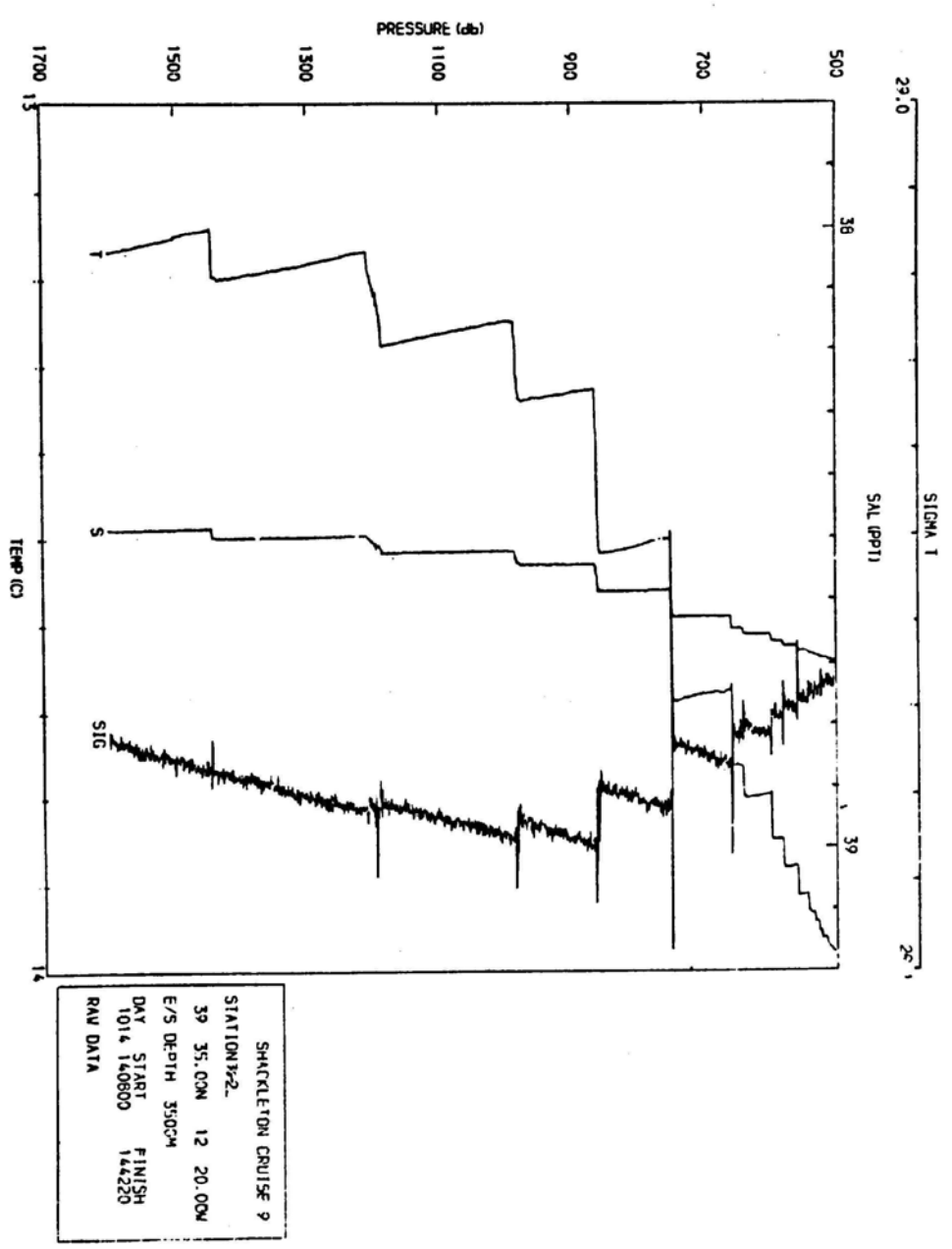

PRESSURE (db)
1700
1500
1300
1100
900
700
500
TEMP (C)
15
14
SAL (PPT)
38
39
SIGMA T
29.0
26.1
T
S
SIG
SHACKLETON CRUISE 9
STATION#2
39 35.0S 12 20.0W
E/S DEPTH 3500M
DAY START FINISH
1014 140600 144220
RAW DATA

Fig. 17

error. Subsequent observations in 1978 did indicate some change in the shallower layers, whereas the deep structure appeared to maintain its temporal stability. The 1979 data of the University of Liverpool confirmed the uniformity of the deeper layers and suggested that the shallow layers had reverted to the earlier configuration of 1972-74.

As an example of the 1979 observations, Fig. 17 shows a typical raw data profile for a CTD station in the central Tyrrhenian to the S.W. of Vavilov seamount. An in situ temperature trace is shown here to illustrate the point that the temperature gradient in the homogeneous layers is essentially adiabatic. Hence the σT profile gives a false impression of instability, which however disappears in σe profile.

A strong case has been made in support of double diffusion, in this case salt fingering, as the basic mechanism responsible for the stepstructure: Stern & Turner (1969), Turner (1973). The first evidence for the existence of salt fingers within the interfaces between layers was in fact obtained in 1973 in the Tyrrhenian by Molcard & Williams (1975), using an optical technique: Williams (1974, 1975). In view of the experimental evidence for very long lifetimes of established step-layer systems, it is probable that the stratification is maintained against diffusive erosion by a stirring mechanism within the mixed layers. A quasi-steady state prevails with the layers in equilibrium with respect to the double diffusive fluxes of heat and salt.

REFERENCES

Aliverti, G..1963. Sur les caractristiques de la mer Tyrrhenienne.C.O.E.C. 15. (8):557-558.

Bethoux, J.P. 1980. Mean water fluxes across sections in the Mediterranean Sea, evaluated on the basis of water and salt budgets and of observed salinities. Oceanologioa Acta 3.1: 79-88.

Boccaletti, M. and P. Manetti. 1978. The Tyrrhenian Sea and adjoining regions. In: The Ocean Basins and Margins, Vol. 4b: The Western Mediterranean. A.E.M. Nairn, W.H. Kanes & F.G. Stehli (ed.). PlenumPress: 149-200.

Boxall, S.R.1984. Ph.D. Thesis, University of Liverpool.

Brown,S., M. Moretti, L. Trotti and M. Vultaggio. 1978. The Tyrrhenian water masses: a seasonal volumetric analysis. Estratto da 'Anna1i' dell'Ist1tuto Universitario Navale di Napoli. Vol. XLVII-XLVIII: 185-200.

Carter, T.G., J.P. Flanagan, C. Reed Jones et al. 1972. A new bathymetric chart and physiography of the Mediterranean Sea. Inl The Mediterranean Sea: A Natural Sedimentation Laboratory. D.J. Stanley (ed.). Dowden, Hutchington & Ross Inc., 765 pp.

Corteoci, G., R. Moloard and P. Noto. 1974. Isotopic analysis of the deep structure in the Tyrrhenian Sea. Nature, London. Vol. 250, 5462:134-136.

Elliott, A.J. 1979a. The response of the coastal waters of N.W. Italy. In: Marine Foreoasting. J.C.N. Nihoul (ed.). Proc. 10th Int. Liege Colloquium on Ocean Hydrodynamics. Elsevier Oceanog.Series 25.

Elliott, A.J. 1979b. The effect of low frequency winds on sea level and currents in the Gulf of Genova. Oceanologica Acta, 2.4: 429-433.

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 Teorioa ed Applicata. Vol. XX, N.79: 251-262.

Fedorov, K.N. 1972. Temperature inversions in the Red and Mediterranean Seas. Oceanology Acc. Sci. USSR. Vol. 12.6: 795-803.

Garzoli, S. and C. Maillard. 1979. Winter circulation in the Sicily and Sardinia Straits region. Deep Sea Research. 26A: 933-954.

Hopkins, T.S. 1978. Physical processes in the Mediterranean basins. In: Estuarine Transport Processes. B. Kjerfve (ed.). The Belle W. Baruch Library in Marine Sciente No.T. University of South Carolina Press : 269-310.

Istituto Idrografico della Marina. 1982. Atlante delle correnti superficiali dei mari italiani. 1.1. 3068. Genova.

Johannessen, O.M. and O.S. Lee. 1972. A deep thermohaline staircase in the Mediterranean. SACLANT ASW Research Centre, Special Report M-74.

Johannessen, O.M. and O.S. Lee. 1974. Thermohaline staircase structure in the Tyrrhenian Sea. Deep Sea Research 21: 629-639.

Krivosheya, VG. and I.M. Ovohinnikov. 1973. Peculiarities in the geostrophic circulation of the waters of the Tyrrhenian Sea.Oceanology 121 822-827.

Lacombe, H. and P. Tchernia. . 1960. Quelques traits. généraux de l'hydrologie Meditérranéenne. Cahiers Océanographiques 12: 527-547.

Lacombe, H. and P. Tohernia. 1972. Caracteres hydrologiques et circulation des eaux en Méditerranée. In: The Mediterranean Sea: A Natural Sedimentation Laboratory. D.J. Stanley (ed.). Dowden, Hutchington & Ross Inc., 765 pp.

Lanoix, F. 1974. Projet Alboran, étude hydrologique et dynamique de la mer d'Alboran: Rapport Techn. OTAN 66: 1-70.

Le Floch, J. 1963. Sur les variations saisonniéres de la circulation superficielle dans Ie secteur nord-est de la Meditérranée occidentale. C.R.E.O:, V: 5-10.

Le Floch, J. and V. Romanovsky. 1966. L'eau intermédiaire en mer Tyrrhénienne en regime d'été. C.O.E.C. 18: 185-228

MEDOC Group. 1970. Observation of formation of deep water in the Mediterranean Sea, 1969. Nature, London. Vol. 2271 1037-1040.
Miller, A.R. 1963. Physical Oceanography of the Mediterranean Sea: a discourse. Rapports Commission Internationale Mer .Méditerranée 17: 857-871.
Miller, A.R., P.Tchernia, H. Charnock and W.D. McGill. 1970. Mediterranean Sea Atlas of temperature, salinity, oxygen profiles and data from cruises of R.V. ATLANTIS and R.V. CHAIN with distribution of nutrient chemical properties. WHOI Atlas Series 3: 190 pp.
Noen, J. 1984. Variability and mixing of the surface layer in the Tyrrhenian Sea: MILEX-80, Final Report. SACLANT ASW Research Centre Report SR-75.
Molcard, R. and R.I. Tait. 1978. The steady state of the step structure in the Tyrrhenian Sea. In: A Voyage of Discovery. M. Angel (ed.). Deep Sea Research, Supplement to Vol. 24: 221-233.
Molcard, R. and A.J. Williams 3rd. 1975. Deep step structure in the Tyrrhenian Sea. Memoires de la Société Royale des Sciences de Liége, 6éme Série. 7: 191-210.
Moullade, M. 1978. The Ligurian Sea and the adjacent areas. In: The Ocean Basins and Margins, Vol. 4b: The Western Mediterranean. E.A.M. Nairn, W.H. Kanes and F.G. Stehli (ed.). Plenum Press: 67-148.
Sankey, T. 1973. The formation of deep water in the northwestern Mediterranean. In: Progress in Oceanography 6. B.A. Warren (ed.). Pergamon Press, Oxford: 159-179.
Selli, R. 1970. Cenni morfologici generali suI Mar Tirreno. In: Ricerche Geologiche Preliminari nel Mar Tirreno. R.Selli (ed.). Giorn. Geol. V, 37 (1)1 5-24.
Stanley, D.J. 1972. The Mediterranean Sea:A Natural Sedimentation Laboratory. D.J. Stanley (ed.). Dowden, Hutchington & Ross Inc. 765PP.
Stern, M.E. and J.S. Turner. 1969. Salt fingers and convective layers. Deep Sea Research, 16: 497-511.
Tait. R.I. and M.R. Howe. 1968. Some observations of the thermohaline stratification in the deep .ocean. Deep Sea Ressarch. 15: 275-280.
Tait, R.I. and M.R. Howe. 1971. Thermohaline staircase. Nature, London. Vol. 231, (5299): 178-179.
Turner, J.S. 1973. Buoyancy effects in fluids. Cambridge University Preas, 367 pp.
Williams, A.J. 3rd. 1974. Salt fingers observed in the Mediterranean outflow. Science, 185. 4155: 941-943.
Williams, A.J. 3rd. 1975. Image of ocean microstructure. Deep Sea Research 22: 811-829.
Wüst, G. 1961. On the vertical circulation of the Mediterranean Sea. Journal of Geophysical Research 66: 3261-3271.

CAPTIONS TO THE FIGURES

Fig. 1 Bathymetric chart of the Tyrrhenian & Ligurian Seas. (From N.O. 310)

Fig. 2 Physiographic diagram of the Tyrrhenian Sea. From Carter et al. (1972).

Fig. 3 Bathymetric chart of the Ligurian Sea. From Moullade (1978).

Fig. 4 Mean circulation of surface waters. From Lacombe and Tchernia (1972).

Fig. 5 Mean circulation and salinity of intermediate waters. From Lacombe and Tchernia (1972).

Fig. 6 T-S diagram of the Levantine Intermediate Water, Western Basin to the Tyrrhenian Sea.

Fig. 7 T-S diagram for the core layer of the Levantine Intermediate Water in winter and summer. From Wust (1961).

Fig. 8 Mean θ-S diagrams for the Tyrrhenian Sea water masses Sea surface water, east; Sw: surface water west; Le: Levantine water, east; Lw: Levantine water, west; D: deep water.From Brown et al (1978).

Fig. 9 Chart of geostrophic currents for the Tyrrhenian Sea. Winter-Spring: a, surface; b.400.m. Summer-Autumn: c, surface; d, 400 m. Long arrows indicate predominant wind belts. From Krivosheya & Ovchinnikov (1973).

Fig. 10 Dynamic height, for the central Tyrrhenian basin, at 500 db relative to 1500 db. From Boxall (1984).

Fig. 11 Temperature and salinity contours for the N.W. Tyrrhenian Sea.From Moen (1984).

Fig. 12 Dynamic height, at 20 m relative to 450 m, for the N.W. Tyrrhenian Sea.From Moen (1984).

Fig. 13 Schematic representation of Ekman pumping model. From Moen (1984).

Fig. 14 Chart showing location of current meter moorings and tidal and wind data stations. From Elliott and De Strobel (1978).

Fig. 15 Potential temperature and salinity profiles with Q-S diagram for Sta.19, 1913, (39C 27 N; 12° 49E). From Molcard and Tait (1978).

Fig. 16 Enlarged section of Sta. 19 from 600-1500 m.From Molcard and Tait (1978).

Fig. 17 Temperature, salinity and density profile, central Tyrrhenian Sea, October 1979.From Boxall (1984).

RELAZIONI

MACROBENTHOS DEI FONDI MOLLI DEL MAR LIGURE

G. ALBERTELLI, M. CATTANEO

Istituto di Scienze Ambientali Marine. Università di Genova

SUMMARY

The results of 10 years of researches on the soft bottom macrobenthos in the Ligurian Sea are outlined. These researches, concerning the bottoms of the continental shelf and slope between 40 and 1200 m depth, provide a first faunistic, bionomic and quantitative picture of the macrobenthos in this area.
The changes taking place along the bathymetric gradient in the faunistic composition, diversity, density and distribution of macrobenthonic populations are reconstructed. Moreover, in some pilot areas of the continental shelf the seasonal variations of the populations, including their biomasses, are studied.

Questo lavoro si propone di delineare un quadro d'insieme del macrobenthos dei fondi molli del Mar Ligure quale emerge dai risultati di oltre dieci anni di ricerche condotte in tale area. A questo scopo sono stati riuniti risultati già esposti in pubblicazioni scientifiche con altri oggetto solo di "data reports" ed altri ancora inediti.

L'interesse che rivestono le conoscenze di base sulle popolazioni bentoniche di una zona risiede soprattutto nella necessita, di poter disporre sia di una "fotografia", dal punto di vista, faunistico e bionomico, dello stato dei popolamenti ad. un tempo t_0, dai poter utilizzare come base per prospezioni a lungo termine, sia di dati quantitativi e di biomassa che possano fornire una stima della potenzialità produttiva dell'area stessa.

Dati di tipo faunistico e bionomico in Mar Ligure risultano estremamente frammentari in quanto derivano da ritrovamenti occasionali o sono riferiti a zone molto ristrette; mancano invece
del tutto i dati quantitativi.

E' per colmare tali lacune che nel 1972 è stato avviato lo studio metodico del macrobenthos di fondo molle in Mar Ligure con la promozione da parte del Gruppo Ricerca Oceanologica-Genova (G.R.O.-G.) della prima campagna oceanografica di prelievi . Scopo delle ricerche era stendere un quadro faunistico,bionomico e quantitativo dei fondi della platea.

Questo studio di base ha richiesto, per il completamento delle operazioni di prelievo, 1'esecuzione di quattro campagne

ATTI 6° CONGRESSO A.I.O.L. – da Pag. 87 a Pag. 98

oceanografiche che hanno interessato i fondi da Ventimiglia a La Spezia (Cattaneo e Picazzo,l977). Le 319 stazioni, ubicate su transetti perpendicolari alla costa, sono state scelte in modo da rappresentare le fasce isobatiche di 25-50 m, 50-100 e 100-200 m di profondità. Su ogni stazione sono stati effettuati 3 prelievi con benna Van Veen, di cui uno è stato conservato per analisi di tipo sedimentologico mentre gli altri due sono stati passati su setacci di maglia di 1.8 mm per la raccolta di organismi macrobentonici. La scelta di tale maglia è stata operata in base alla definizione dimensionale che collocava a 2 mm la taglia minima degli organismi macrobentonici (Pérès, 1965). Più recentemente gli studi sul benthos hanno mostrato la tendenza di molti autori a diminuire progressivamente la maglia del setaccio ed a definire come macrobenthos gli organismi trattenuti da una maglia di 1 mm o meno. Tali setacci, se risultano utilissimi negli studi sulla dinamica e la produzione delle popolazioni bentoniche, possono essere controproducenti in prospezioni su grande scala e su tempi lunghi, soprattutto se i campionamenti sono effettuati in diversi momenti stagionali (Cattaneo e Masse, 1983). Infatti una maglia di 2 mm trattiene solo la parte di popolazione più stabile, adattata al biotopo, mentre elimina quelle componenti fugaci e per breve tempo estremamente numerose, legate a fenomeni di reclutamento.

Dal punto di vista faunistico 1'esame sistematico, concluso per Policheti, Molluschi ed Echinodermi, ancora in corso per i Crostacei ha portato al riconoscimento di circa 450 specie appartenenti a questi quattro gruppi che sono risultati i principali e sui quali si è in seguito concentrato lo studio.

Una prima stima della ricchezza faunistica dell'area in esame è stata ottenuta dall'analisi dei valori dell'indice di diversità calcolato per gruppi sistematici e per le diverse zone della platea. I risultati mostrano una diminuzione graduale procedendo verso la parte più interna del golfo ligure: infatti i valori più alti dell'indice si ritrovano nell'estrema riviera di ponente mentre i valori più bassi si localizzano nell'area antistante Genova. Questo andamento risulta lo stesso in tutti i gruppi esaminati.

Allo scopo di stimare quanto il campionamento effettuato risultasse esauriente per quanto concerne il numero di specie, sono state ricavate per ogni gruppo le curve cumulative "numero di specie/numero di campioni". Tali curve, tracciate per le diverse zone e per diverse profondità mostrano come in genere si sia ancora lontani dal raggiungimento di un andamento asintotico, benché in alcuni casi ci si avvicini alquanto. Ciò significa che un'intensificazione del campionamento avrebbe portato ad un

ulteriore aumento del numero di specie raccolte; tuttavia, se si eliminano dall'elaborazione le specie "rare" (cioè quelle che compaiono una sola volta nelle 319 stazioni), si nota che le curve tendono, nella maggior parte dei casi, ad appiattirsi. Si può perciò presumere che il campionamento effettuato risulti sufficientemente esauriente per ciò che riguarda le specie del macrobenthos più frequenti in tale arsa.

Per ogni specie determinata sono state quindi tracciate le carte di distribuzione nella zona campionata; per alcune forme, soprattutto tra gli Echinodermi (Cattaneo, 1981), si è potuto dare una spiegazione ecologica a tale distribuzione, mentre per altri gruppi si sono messe in luce successioni di specie congeneri lungo il gradiente batimetrico la cui interpretazione, allo stato attuale delle conoscenze, non risulta ancora molto chiara.

Sulle specie determinate è stata anche condotta un'analisi zoogeografica che ha permesso di porre in rilievo un elevato grado di affinità dei popolamenti della platea ligure con quelli dell'Atlantico lusitanico-boreale (Albertelli, Cattaneo. Drago,1981).

Dal punto di vista bionomico, sebbene due prelievi per stazione non siano sufficienti per definire in maniera rigorosa una biocenosi, i risultati mostrano una notevole uniformità dei popolamenti macrobentonici lungo tutta la platea con una successione simile di "biocenosi" da costa verso il largo. Tale successione è data, oltre i 40 m, dalla biocenosi del Fango Terrigeno Costiero (VTC), da fondi misti VTC/VP e dalla biocenosi del Fango Profonde (VP). Fanno eccezione i fondali compresi tra Imperia e Capo Mele che presentano una successione di biocenosi essenzialmente di tipo detritico (SGCF/DC; DE; DL). Per il resto manca, praticamente lungo tutta la platea, la fascia di Detritico del Largo (DL) che caratterizza il ciglio della piattaforma lungo le vicine coste francesi.

Dal punto di vista quantitativo si sono ottenuti i primi dati relativi alla densità dei popolamenti macrobentonici in Mar Ligure. L'analisi del "numero medio di organismi/mq" calcolato per tutta la platea per ognuno dei quattro gruppi sistematici, mette in evidenza come i Policheti prevalgano nettamente nelle tre fasce isobatiche campionate (Tab. 1). In generale, nella zona compresa tra i 25 ed i 50 m, il numero di organismi è circa il doppio rispetto alle due rimanenti fasce isobatiche che presentano densità totali assai vicine. Per i gruppi dei Policheti, dei Crostacei e dei Molluschi si può notare una diminuzione dei valori con 1'aumento della profondità, mentre per gli Echinodermi il massimo della densità si localizza nella fascia isobatica più profonda. Tale massimo è dovuto all'abbondanza dell'Amphiu-

ra filiformis (Muller) nelle stazioni poste sul ciglio della platea.

Gruppo	Fascia isobatica Numero stazioni	25-50 9	51-100 133	101-200 88	> 200 6
Policheti		219	106	94	188
Crostacei		78	43	39	25
Molluschi		93	17	11	7
Echinodermi		22	7	29	15
Totale		412	173	171	235

Tabella 1 - Densità media (numero medio organismi/mq) dei quattro gruppi sistematici ai diversi livelli isobatici.

Nella Tabella 1 si riportano anche valori di densità per la fascia isobatica > 200 m. Tali valori che risultano puramente indicativi, derivando da una inedia di sole sette stazioni poste nella parte superiore della scarpata continentale, mostrano per il gruppo dei Policheti una densità doppia rispetto alla fascia isobatica precedente. Questa situazione è dovuta principalmente all'abbondanza della specie Maldane glebifex Grube che, in Mar Ligure, sembra colonizzare in maniera massima i fondali compresi tra 200 e 400 m soprattutto in prossimità dei canyons.

Le densità rilevate sulla platea mostrano ampie variazioni in funzione del substrato; ad esempio il gruppo predominante, quello dei Policheti, presenta i valori più elevati nei fondi misti quali quelli di sabbia fine e fango o quelli di sabbia grossolana e detrito. Massimi di densità su singole stazioni compaiono per il gruppo dei Molluschi; tali alte concentrazioni sono dovute generalmente alla presenza del Gasteropode Turritella communis Risso il cui popolamento raggiunge un valore massimo di circa 1600 individui/mq su una stazione antistante Alassio.

Indipendentemente dalle variazioni di densità legate alla profondità ed al substrato, si è notata, lungo l'arco ligure, l'alternanza di zone densamente popolate con altre nettamente più povere. Particolare risulta la situazione di due aree, situate tra Savona ed Arenzano e tra l'imboccatura di levante del porto di Genova e Portofino, in cui tutti e quattro i gruppi sistematici presentano minimi di densità. Al contrario la zone antistante il porto di Genova, sino ad Arenzano, presenta le massime concentrazioni di Policheti e Molluschi. E' anche da notare che tali differenze non sembrano legate al periodo di campionamento in quanto, nell'ambito di una stessa campagna, si sono ottenuti valori molto elevati su zane contigue ad altre con. valori molto bassi.

Una più completa descrizione quantitativa dei popolamenti macrobentonici della platea ha Interessato quattro zone campione con prelievi stagionali tesi ad ottenere una prima valutazione della biomassa per le diverse biocenosi presenti. Tale valutazione è stata fatta tenendo conto anche della ripartizione del popolamento macrobentonico nelle diverse componenti trofiche. Con questa ricerca si è inoltre cercato di chiarire quanto dati quali "numero di specie, numero di organismi, biomassa, indice di diversità" sui quali spesso si basano prospezioni a breve e lungo termine nonché studi relativi all'inquinamento, possano variare "naturalmente" in differenti momenti stagionali, in anni diversa, ed in aree relativamente ristrette. Per questi scopi si sono campionato in quattro momenti stagionali, tra il 1977 ed il 1981, 16 stazioni poste su quattro transetti in corrispondenza di Alassio, Savona, Chiavari e Corniglia.

Dai dati -numero di organismi per specie, biomassa come peso umido e peso secco dei quattro principali gruppi sistematici suddivisi nelle componenti trofiche (Albertelli, Cattaneo, Della Croce e Drago, 1981)- emerge un andamento quantitativo analogo per la maggior parte delle stazioni nei quattro momenti campionati. Si notano in particolare massimi di densità e biomassa nelle campagne "Settembre 1980" e "Febbraio 1981" e minimi nelle campagne "Maggio 1977" ed "Ottobre 1978". Si rileva quindi come 1'intera platea risponda nel tempo in modo assai uniforme benché non si possano attribuire con sicurezza queste variazioni a cambiamenti stagionali o pluriennali.

Il popolamento è dominato dal gruppo di Policheti in tutte le stazioni come numero di specie e di individui. Sempre i Policheti,, con le forme detritivore, contribuiscono in maniera preponderante alla biomassa ad esclusione di alcune stazioni sulle quali gli Echinodermi presentano i più alti valori (*).

L'esame bionomico ha confermato la successione delle biocenosi suggerita dai risultati dello studio di base ed ha permesso di riferire in linea generale il popolamento delle stazioni delle due fasce meno profonde alla biocenosi VTC, quello delle stazioni della terza fascia a biocenosi miste VTC/VP mentre il popolamento della fascia più profonda risulta riferibile in alcuni casi a biocenosi VP ed in altri a biocenosi miste VTC/VP. Queste oscillazioni del popolamento verso l'una o 1'altra biocenosi possono essere dovute sia a variazioni temporali sia alla non perfetta coincidenza del punto stazione nelle diverse campagne.

(*) E' tuttavia da tenere presente che il peso secco di quest'ultimo gruppo, a differenza dei Molluschi , per i quali si è provveduto alla decalcificazione , comprende anche la parte scheletrica calcarea.

Le due stazioni più costiere della trasversale di Savona rappresentano un caso particolare e sono riferibili a biocenosi detritiche sottoposte ad un arricchimento in frazione fine, come già rilevato nel corso di un'analisi preliminare condotta per la scelta delle stazioni pilota (Albertelli, Cattaneo, 1983).

Sulla base dell'esame bionomico si sono raggruppate le stazioni appartenenti alla stessa biocenosi e se ne è calcolata la biomassa media che potrà essere utilizzata per un calcolo generale della biomassa macrobentonica della platea. Il valore più alto è rappresentato dalla biocenosi VTC che risulta circa quattro volte più ricca della biocenosi VP; valori intermedi presentano i fondi misti.

La significatività di tali valori medi di biomassa è confermata dal confronto con i valori ritrovati nel corso di una ricerca pluriennale condotta su base mensile nella zona pilota di Chiavari (Tab. 2). Tale ricerca rientrava in un più vasto programma tese a valutare le potenzialità produttive della platea ligure attraverso lo studio dei popolamenti planctonici e bentonici (Albertelli, Cattaneo, Della Croce e Drago, 1978; 1980; Albertelli, Angelino, Cattaneo, Della Croce, Drago, Fabiano, Salemi Picone, Zimini Sertorio, 1982).

AREE	BIOCENOSI			
	SFBC	VTC	VTC/VP	VP
Zona pilota	2.3	6.1	-	1.7
4 Trasversali	-	5.2	3.3	1.3

Tabella 2 - Valori medi dalla biomassa (peso secco in gr/mq) rilevati nella Zona Pilota di Chiavari e sulle 4 trasversali per le diverse biocenosi.

I dati di densità e di biomassa ritrovati nel corso delle predette ricerche, pur pervenendo a valori medi assai paragonabili, presentano un'ampia variabilità non chiaramente correlabile a variazioni stagionali o pluriennali. Si è notato che anche il valore dell'indice di diversità può presentare sulla stessa stazione in tempi diversi oppure su stazioni diverse di una stessa biocenosi nel medesimo momento, oscillazioni anche notevoli.

Nonostante la variabilità osservata 1'insieme delle ricerche condotte sui fondi della platea ligure ha consentito di ricavare un quadro abbastanza significativo della situazione generale.

Per quanto riguarda lo stato dei popolamenti bentonici, in relazione ali"inquinamento, non si è notata, alle profondità studiate, evidenza di biocenosi gravemente compromesse. Tuttavia la diminuzione, generale per tutti i gruppi sistematici, della

diversità specifica procedendo verso la parte più interna del golfo nonché la presenza di zone della platea in cui la densità del popolamento risulta di gran lunga superiore o inferiore alla media, suggeriscono che possano essere in atto fenomeni locali di "disturbo" ambientale.

Dal punto di vista ponderale la biomassa inedia della platea ligure risulta paragonabile a quella rilevata in altre zone del Mediterraneo occidentale e di gran lunga inferiore rispetto ai mari nordici o all'Adriatico settentrionale i è tuttavia da notare che tale valore di biomassa risulta più elevato di quanto ci si potrebbe attendere se si mettesse in relazione diretta la potenzialità produttiva della massa d'acqua con la biomassa betonica. Questo fatto induce a ritenere che in Mar Ligure si verifichi una notevole efficienza all'interno della catena trofica, caratteristica comune del resto, a molti ambienti oligotrofi.

Per quanto riguarda i fondi della scarpata continentale non ai sono effettuati studi così estesi come per la platea ma i campionamenti hanno interessato tre zone; una localizzata al largo del porto di Genova e due al largo di Portofino.

Gli studi precedenti in Mediterraneo avevano affrontato soprattutto gli aspetti qualitativi del macrobenthos profondo ed erano stati condotti con draghe o reti a strascico (Rossi, 1958;Bellan, 1965; Carpine, 1970; Vamvakas, 1970; Picard, 1971; Tortonese, 1972), anche a causa delle difficoltà operative che presenta l'uso della benna a queste profondità (Reyss, 1971). I campionamenti sulla scarpata ligure sono stati invece effettuati con benna Van Veen.

I fondi tra i 200 ed i 400 m, sui quali sono state raccolte 64 specie (Policheeti 27; Crostacei 17; Molluschi 8, Echinodermi 9; Altri 3), presentano popolamenti riferibili alla biocenosi VP e più precisamente all'orizzonte definito, a seconda degli Autori, "margine di contatto batilitorale" (Reyss, 1971) o "zona di transizione" (Carpine, 1970). Questo orizzonte, nell'area esaminata, risulta caratterizzato dalla netta dominanza del Polichete Maldane glebifex Grube confermando le osservazioni effettuate sui 7 campioni raccolti oltre i 200 ai (Tab. 1) nel corso delle indagini condotte sulla platea. Tale forma rappresenta oltre il 40% del popolamento totale la cui densità media è di 210 individui/mq (Della Croce, Albertelli, Cattaneo, Drago, 1979). Si nota tuttavia, anche a questa profondità una notevole variabilità da prelievo a prelievo, dovuta, in alcuni casi, a fenomeni di aggregazione di forme saprofaghe e dotate di grande capacità di spostamento, richiamate probabilmente dalla presenza casuale sul fondo di organismi morti. Una conferma di tale fenomeno è fornita dai risultati di un'esperienza fatta calando sul fondo

piccole nasse contenenti pezzi di totano; in queste nassette sono stati raccolti numerosi esemplari dell'Isopode Cirolanan borealia Lill. E dell'Ofiuroide Ophiocten abyssicolum Mar. che in un periodo di poche ore avevano consumato completamente l'esca usata.

Tra i 400 e gli 800 m il popolamento macrobentonico risulta composto da 81 specie (Policheti 46; Crostacei 16; Molluschi 7; Echinodermi 6; Altri 6) e non presenta dal punto di vista faunistico una peculiarità marcata rispetto ai popolamenti ritrovati sui fondi della platea e sull'orizzonte superiore della scarpata (Cattaneo, Albertelli, 1983).La differenza con la "zona di transizione" consiste essenzialmente nella mancanza di specie nettamente dominanti. In questa zona la densità di popolamento risulta in media pari a 130 individui/mq ed è inversamente correlata all'aumento della profondità.

Tra i 900 ed i 1200 m, dove si registra una densità media del popolamento pari a soli 37 individui/mq, sono state infine raccolte 30 specie (Policheti 15; Crostacei 5; Molluschi 2; Echinodermi 4; Altri 4) ed i dati sono ancora in via di elaborazione.

Riunendo in un quadro d'insieme i risultati ottenuti nelle tre zone studiate, si può notare come si assista, anche sui fondi baciali, ad una -diminuzione del numero di organismi e di specie con l'aumento della profondità, come già verificato sulla platea. La necessità per ogni organismo di aumentare il proprio territorio con 1'aumentare della profondità è probabilmente da attribuirsi ad una diminuzione della sostanza organica utilizzabile come cibo. Con 1'aumento della profondità si registra inoltre la scomparsa di specie ad elevata dominanza per cui, ai livelli più profondi, la distribuzione delle diverse specie presenti risulta estremamente equilibrata, come messo in luce dall'andamento dei valori dell'indice di "eveness" J (Tab. 3) che tende avvicinarsi al suo valore massimo.

Prof. m	H	J
20	3.137	0.60
45	3.262	0.68
200	3.534	0.79
400-800	3.758	0.86
900-1200	3.238	0.95

Tabella 3 - Valori dell'indice di diversità H di Shannon-Wiener e di "eveness" J a diverse profondità sul transetto comprendente la Zona Pilota di Chiavari ed i fondi batiali al largo di Portofino.

Il quadro del benthos dei fondi molli del Mar Ligure quale risulta dalle ricerche effettuate offre lo spunto per considerazioni di vario tipo. In primo luogo la notevole variabilità spazio-temporale riscontrata: nella composizione qualitativa e quantitativa dei popolamenti all'interno di una stessa biocenosi e di una stessa stazione pone il problema della cautela da usare nell'interpretazione dei dati soprattutto se provenienti da campionamenti isolati o saltuari Tale variabilità, anche in zone di mare alquanto profonde e quindi non soggette a forti variazioni nelle caratteristiche climatiche ed edafiche dell'ambiente, mette in luce 1'importanza delle interazioni biologiche nel condizionare il popolamento. Un meccanismo di tipo biologico, legato probabilmente, oltre che alla predazione, alla riproduzione all'accrescimento ed alla specializzazione alimentare delle diverse forme, deve inoltre essere responsabile dell'estremo equilibrio numerico che si registra tra le specie macrobentoniche sui fondi batiali oltre i 500 m.

Il tipo di campionamento effettuato non consente di quantificare il ruolo svolto dai grossi predatori bentonici e bentonectonici sui fondi della platea e su quelli batiali; tale ruolo, senza dubbio di grande importanza, sembra però esplicarsi soprattutto a livello dei rapporti tra le diverse specie mentre, per quanto riguarda l'aspetto quantitativo-ponderale del popolamento in toto, 1'interpretazione dei dati porta a ritenere che il benthos del Mar Ligure risulti, in linea di massima, "food limited". Si assiste infatti ad una netta diminuzione quantitativa del popolamento con 1'allontanamento dalla fascia più produttiva delle acque (zona fotica neritica). Inoltre 1'andamento assai uniforme delle variazioni di biomassa in diverse zone della platea in anni diversi, induce a ritenere che 1'intera platea reagisca in modo simile ad anni più o meno favorevoli dal punto di vista, dalla produzione e della sua possibilità di utilizzazione da parte del benthos.

Particolare risulta la situazione dei fondi ubicati in prossimità dei canyons tra i 200 ed i 400 m dove il popolamento si presenta quantitativamente superiore a quello medio ritrovato Sulla platea tra 100 e 200 m. Tale situazione potrebbe trovare una spiegazione nell' idrodinamismo presente nei canyons sulla cui testata verrebbero a trovarsi strati di acqua particolarmente ricchi di materiale particellato organico di provenienza non state inoltre rilevate macchie di scandaglio riferibili a popolazioni di D.S.L. che possono costituire, con le migrazioni nictemerali, un "tramite" importante nel trasporto della produzione superficiale ai diversi livelli della colonna d'acqua sotto altre forme (ea. fecal pellets).

Da quanto sopra esposto sembra possibile ipotizzare che, almeno nella zona studiata, platea e scarpata si comportino come due sistemi separati di cui solo il primo si avvale direttamente della produzione delle acque neritiche superficiali.

Per controllare queste ipotesi sul funzionamento delle biocenosi di fondo molle in Mar Ligure sarà necessario ricorrere ad approcci diversi, in quanto si richiede un insieme di conoscenze ricavabili solo dalla contemporanea elaborazione di numerosi dati di campagna e di risultati di esperimenti, centrati su preciso interrogativo e condotti interdisciplinarmente sia in laboratorio sia in situ.

BIBLIOGRAFIA

Albertelli, G., M.Angelini, M. Cattaneo, N. Della Croce, N. Drago, M. Fabiano, P, Salemi Picone, T. Zunini Seriori o. 1982, Produzione delle acque e dei fondi in Mar Ligure: Platea Continentale. Atti Conv. U.O. Sottoprogetti Risorse Biologiche ed Inquinamento Marino, Roma, 10/11 Novembre1981:61-69.

Albertelli, G., M. Cattaneo. 1983. Contributi allo studio della piattaforma continentale del Mar Ligure **ed** Alto Tirreno.III. Analisi faunistico-bionomica di quattro zone campione. Atti 4° Congr.Ass.Ital.Oceanol.Limnol. 14:1-12.

Albertelli, G., M. Cattaneo, N. Della Croce, N. Drago. 1978. Benthos della piattaforma continentale ligure (Chiavari): Ottobre 1977-Ottobre 1978. Catt.Idrob.Pescic.Univ. Genova,Rapp. Tecn.7; 15pp.

_____. 1980. Benthos della piattaforma continentale ligure (Chiavari); Novembre 1978-Gennaio 1980. Ibid. Rapp.Tecn. 10:14pp.

____. 1981. Benthos della piattaforma continentale ligure. Alassio-Savona-Chiavari-Corniglia (1977-1981). Ibid. Rapp. Tecn.14: 29pp.

Albertelli, G., M. Cattaneo, N. Drago. 1981. Macrobenthos du plateau continental ligure et de l'Archipel Toscan: aperçus zoogeographiques. Rapp.Comm.int.Mer Médit., 27:127-128.

Bellan, G. 1965. Contribution a I1elude bionomique de la Méditerranée occidentale (Cote du Var et des Alpes Maritimes Cote occidentale de Corse). 7. Contribution a 1'elude des Polychètes profondes des parages de Monaco et des c6tes de la Corse. Bull.Inst.Oceanogr.Monaco, 65(1345), 24pp.

Carpine, C. 1970. Ecologie de l'étage bathyal dans la Méditerranée occidentale. Mem.Inst.Océanogr.Monaco, 2: 146pp.

Cattaneo, M. 1981. Contribution a l'ètude du plateau continental de la Mer Ligure et Haute Tyrrhenienne. II. Echinodermata. Cah.Biol.Mar., 22(1): 11-24.

Cattaneo, M., G. Albertelli. 1983. Macrobenthos dei fondi batiali liguri. Atti 5° Congr.Ass.Ital.Oceanol.Limnol., 251-260.

Cattaneo, M., H. Masse. 1983. Importance du recrutement sur les fluctuations de la structure, la dynamique et la production d'un peuplement benthique. Oceanol.Acta. Actes 17e Symposium Européen de Biologie Marine, Brest, 27 septembre-ler octobre 1982, 63-67.

Cattaneo, M., M. Piccazzo. 1977. Elenco delle stazioni di prelievo di sedimento superficiale della platea continentale del Mar Ligure ed Alto Tirreno: 1972-1976. I.I.3056/G.R.O,- G. 5, Ist.Idrogr.Marina,Genova, 1-24.

Della Croce, N., G. Albertelli, M. Cattaneo, N. Drago. 1979. Discariche in mare di materiali provenienti dalle escavazioni subacquee del porto di Genova. Catt.Idrob.Pescic.Univ.Genova (Convenzione Univ.Genova-Consorzio Autonomo del Porto),133pp.

Pérès, J.M. 1965. Rapport du Président du Comité Benthos. Rapp.Comm.int.Mer Médit. 18(2): 35-68.

Picard, C. 1971. Les peuplements de vase au large de Fos.Téthys, 3(3); 569-618.

Piccazzo, M., S. Tucci. 1983. Distribuzione e trasporto di materiale particellato sospeso nei Canyons di Genova. Atti 5° Congr.Ass.Ital.Oceanol.Limnol., 32-46.

Reyss, J.P. 1971. Les canyona sous-marins de la mer Catalane,le Rech du Cap et le Rech Lacaze-Duthyers. III. Les peuplement de la macrofaune benthique. Vie Millieu, 22(3B): 529-613.

Rossi, L. 1958. Contributo allo studio della fauna di profondità vivente presso la Riviera ligure di Levante. Doriana II(92): 1-13.

Tortonese, E. 1972, L'echinofauna del piano batiale nel Golfo di Genova. Doriana V (204): 1-6.

Vamvakas, C.N. 1970. Peuplements bentiques des substrats sneubles de l'ètage bathyal du sud de la mer Egèe. Téthys, 2(1); 89-129.

LA DINAMICA DELL'OSSIGENO NEL LAGO MAGGIORE

W. AMBROSETTI, L. BARBANTI, V. LIBERA e A. ROLLA

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

SUMMARY

During the past few years Lago Maggiore has been investigated at the point of its maximum depth (370 m) on a very short time scale (about every ten days) in order to evaluate the variations in the hypolimnetic oxygen content and to show its dynamics.

Our roost important aim was to find empirical relationships between external During meteorological conditions and the oxygen content in different strata of the lacustrine water: it was necessary therefore to evaluate the daily oxygen consumption and to consider the different ways in which the hypolimnetic oxygen is supplied.

Statistical correlations between the oxygen data and some meteorological and limnological parameters (air temperature, solar radiation, wind, evaporation, atmospheric pressure, relative humidity, lake's water levels, surface water temperature and Secchi disc depth) were made.

GENERALITÀ

Uno dei parametri fondamentali, se non il più importante, per la valutazione scientifica di un lago e per la definizione del suo stato di compromissione è rappresentato dall'ossigeno disciolto, dalle sue concentrazioni e dalia sua distribuzione lungo 1'intera colonna d'acqua durante il ciclo stagionale. La sua dinamica regola altresì i processi biologici e metabolici che si svolgono entro il corpo d1acqua a tutti i livelli, dai produttori, ai consumatori, ai demolitori.

Come è noto 1'approvvigionamento di ossigeno disciolto in un corpo d'acqua naturale dipende da diversi fattori. Innanzitutto, dagli scambi di ossigeno gassoso con 1'atmosfera, al cui controllo sovraintende essenzialmente il vento: a questo elemento meteorologico si deve infatti fondazione, con il conseguente aumento della superficie di contatto fra aria e acqua, e 1'innesco di moti turbolenti legati all'intera dinamica della massa d'acqua (correnti, mescolamento verticale, sesse superficiali ed interne, upwelling e downwelling); questi ultimi sono responsabili del trasporto dì acqua ossigenata superficiale in profondità. In questo contesto deve essere collocata anche la possibilità di riossigenazione de-

ATTI 6° CONGRESSO A.I.O.L. – da Pag. 99 a Pag. 110

Tab. 1 - Schema delle relazioni esistenti fra i principali FATTORI MORFOLOGICI e la dinamica dell'ossigeno disciolto nei laghi

Fattori morfologici	Influssi principali
1) Area del lago	- Determina la superficie di contatto del lago con l'atmosfera
2) Forma del lago	- Incide sul fetch e quindi sull'intensità degli attacchi del vento
3) Orientazione del lago	- E' responsabile della diversa esposizione del lago ai venti dominanti
4) Volume, profondità media e massima	- A parità di rifornimento esterno definiscono la quantità di ossigeno immagazzinata - Determinano i rapporti di produzione e di riduzione dell'ossigeno in lago
5) Articolazione della linea di costa	- Influisce sui rapporti di produzione nelle zone litorali

gli strati più profondi in conseguenza del normale svolgersi del ciclo stagionale, in occasione cioè dell'inverno limnologico, al termine del periodo di stratificazione termica.

Da non trascurare anche 1'azione delle acque immissario, special mente nei momenti di forti afflussi, che può provocare 1'inserimento di masse d'acqua ossigenate fino alle massime profondità grazie al gioco delle densità, nonché la produzione di ossigeno nello strato fotico per opera della produzione algale.

Consumo di ossigeno si verifica nei processi di respirazione degli organismi acquatici, mentre un'altra notevole quantità viene utilizzata nella decomposizione e nella mineralizzazione delle sostanze organiche tanto in acqua libera che a livello dei sedimenti. Perdite di ossigeno da parte del lago si hanno anche per cessione diretta ali'atmosfera quando, negli strati più superficiali,si verifichi una soprassaturazione.

Una sintesi schematica di quanto fin qui esposto è riportata nelle Tabelle 1 e 2 nelle quali, secondo la proposta di Örn (1980), i fattori che controllano il bilancio dell'ossigeno in un lago sono suddivisi in morfologici e meteorologici.

Tab. 2 - Schema delle relazioni esistenti fra i principali FATTORI METEOROLOGICI e la dinamica dell'ossigeno disciolto

Fattori meteorologici	Influssi principali
1 Radiazione solare	- Fonte principale di energia per il lago - Ne condiziona i movimenti interni - Controlla la produzione di O_2 nella zona fotica
2 Differenza fra la °T dell'acqua e dell'aria ($T_w - T_a$)	- Regola i rapporti termici all'interfaccia, incide sulla stratificazione termica e sugli scambi energetici
3 Flussi di calore	- Sintesi degli scambi calorici profondi - Controllo della circolazione profonda
4 Evaporazione	- Incide sul bilancio calorico determinando il calore latente di evaporazione
5 Pressione atmosferica	- Incide sul coefficiente di assorbimento dell'ossigeno e sulla sua saturazione - Controlla l'input e l'output dell'O_2 - Determina oscillazioni superficiali ed interne nei laghi
6 Vento	- Determina ondazione, correnti, turbolenza, mescolamento, trasporto verticale, sesse superficiali ed interne - Agisce sullo scambio di O_2 con l'atmosfera - controlla la stratificazione termica
7 Umidità	- Controlla il calore latente di evaporazione e di conduzione - Definisce il punto di rugiada - incide sulla saturazione dell'O_2
8 Precipitazioni	- Determinano un rifornimento superficiale di acque ossigenate - Sono un fattore di traporto di dette acque in profondità
9 Livello del lago	- Come componente del bilancio idrologico è indice del rapporto fra la quantità di acqua in ingresso al lago, in genere ben ossigenata) e quella in uscita

INDAGINI SUL LAGO MAGGIORE

La campagna di rilevamento dell'ossigeno disciolto nella stazione in corrispondenza al punto di massima profondità del Lago Maggiore (m 370, tra Ghiffa e Caldè) si è articolata, negli anni dal Gennaio 1981 al Dicembre 1983, in 78 sopralluoghi distribuiti in modo più raffittito nel semestre autunno-inverno. L'intento primario era di definire la dinamica dell'ossigenazione degli strati profondi dalla fase della stratificazione termica fino al momento della massima circolazione; da rilevare però che il Lago Maggiore è caratterizzato da una ben documentata olomissi (Ambrosetti. Barbanti e Rolla, 1979) con intervalli pluriennali durante i Quali il mescolamento invernale risulta solo parziale.

Il rilevamento delle concentrazioni di ossigeno disciolto è stato eseguito direttamente in situ con 1'utilizzo della sonda batimetrica Martek VII della Martek Instruments di Irvine, California, dotata di sensori per profondità, temperatura ed ossigeno disciolto; per quest'ultimo parametro l'elemento sensibile è costituito da un elettrodo polarografico oro-argento, con compensazione automatica della temperatura e con agitatore incorporato.

Poiché la profondità operativa della sonda è limitata ai primi 300 m, ma soprattutto per essere sicuri di un continuo controllo della stessa, in ogni sopralluogo si sono raccolti serie di campioni d'acqua a varie profondità sui quali si sono effettuate determinazioni di ossigeno disciolto con la classica metodica di Winkler (modificata secondo A.P.H.A.. 1975).

La serie cronologica delle distribuzioni verticali delle concentrazioni di ossigeno disciolto è rappresentata in Fig. 1 attraverso le isolinee di ugual concentrazione; non sono state tracciate quelle relative alle concentrazioni superiori a 10 mg/l riscontrabili solo nei primissimi strati d'acqua, particolarmente nei mesi primaverili ed estivi. Da essa è possibile riscontrare come proprio all'inizio del rilevamento si sia verificata nel Lago Maggiore una circolazione completa, evento già ben documentato nella sua particolare dinamica (Ambrosetti, Barbanti e Mosello, 1982); negli inverni limnologici dei due anni successivi, invece, il mescolamento verticale è stato soltanto parziale ed ha interessato uno strato d'acqua di solo 100 m o poco più.

In conseguenza di ciò, da un contenuto medio di ossigeno disciolto di 9 mg/l sull'intera colonna al termine dell'anno limnologico 1980-1981, si è passati ai 7,9 mg/l nel Dicembre 1983. Si noti in particolare come dal Luglio 1982 al Dicembre 1983 l'isolinea 8 mg/l abbia seguito un progressivo percorso di risalita da 370 a 70 m, con contemporanea comparsa in profondità di quelle quotate 7 e 6 mg/l.

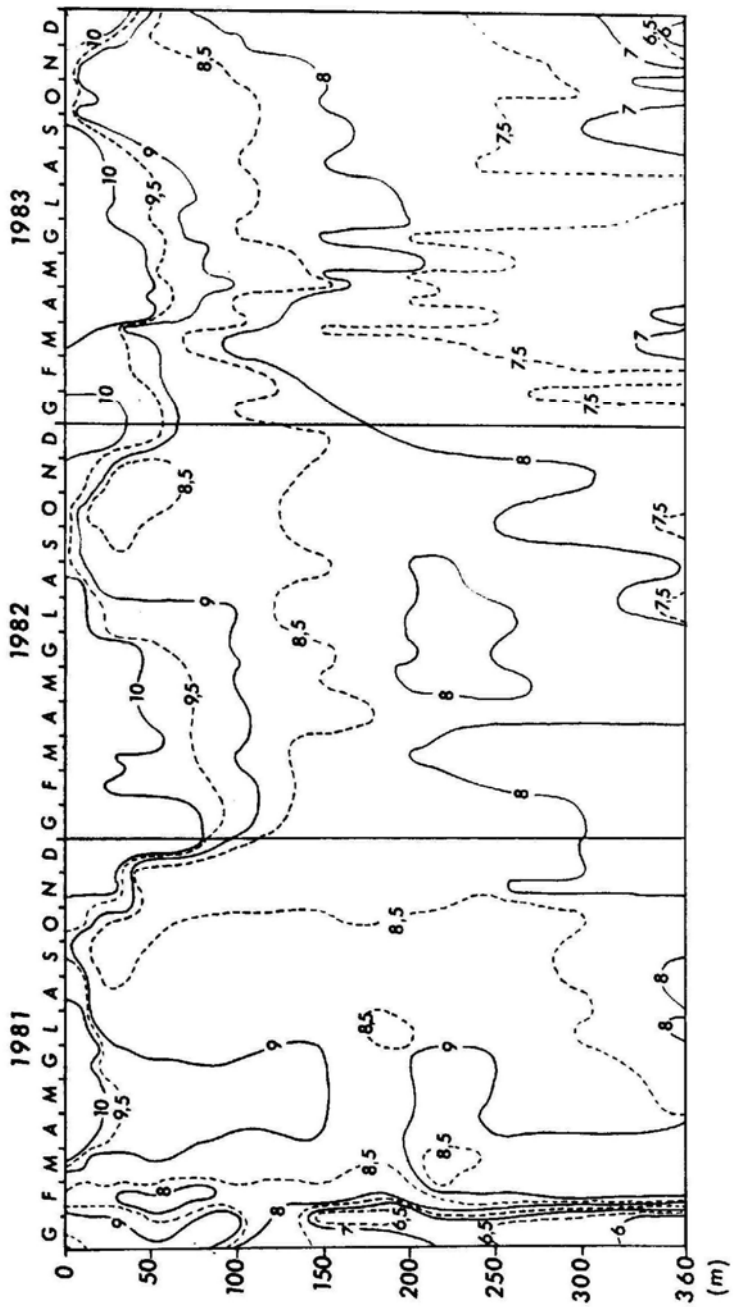


Fig. 1 - Isolinee delle concentrazioni di ossigeno disciolto (mg/l) nel Lago Maggiore

E' da rilevare poi come le concentrazioni di ossigeno disciolto presentino, nello strato d'acqua al di sotto di 100 m, marcate oscillazioni che sono evidentemente connesse con meccanismi estranei al controllo dei soli moti convettivi (Ambrosetti, Barbanti, Mosello.Rolla e Ruggiti, 1983) meccanismi che sono così in grado di sopperire, per quanto riguarda il rifornimento di ossigeno, alle conseguenze derivanti dal protrarsi, per più anni consecutivi, di una stagnazione dovuta a mescolamenti solo parziali.

ELABORAZIONE STATISTICA

La complessità del quadro che si è venuto così delineando, specialmente per quanto riguarda i rapporti fra ossigenazione e fattori esterni, ci ha spinto ad affrontare 1'analisi dei risultati con metodi statistici.

Un primo approccio ha riguardato 1'applicazione del modello della regressione multipla per il quale è stata scelta come variabile dipendente 1'incremento o il decremento medio giornaliero di ossigeno fra due sopralluoghi successivi integrato su tutta la colonna e, come variabili indipendenti, i nove parametri meteo-limnologici elencati in Tab. 2; anche per loro si è valutata la media giornaliera fra due successivi campionamenti. E' stata aggiunta anche una decima variabile indipendènte rappresentata dal valore della trasparenza dell'acqua misurata col disco di Secchi nei giorni stessi dei sopralluoghi. Questo parametro, osservato in un punto centrale del lago, lontano dagli immissari più importanti, costituisce, come è noto. un indice più biologico che fisico, essendo strettamente correlato con la produzione algale nello strato fotico.

Le "migliori" variabili indipendenti della regressione multipla devono essere selezionate dall'insieme di quelle proposte e si deve altresì quantizzare la porzione della variabilità della dipendente che viene spiegata dalla regressione trovata.

Uno dei metodi che permette una tale selezione è la stepwise analysis con la quale la prima variabile indipendente ad essere portata nella regressione è quella più altamente correlata con la variabile dipendente (in maniera lineare); successivamente vengono introdotte tutte le altre in ordine di importanza, fino al valore di tolleranza prescelto. E' evidente che il coefficiente di correlazione deve essere statisticamente significativo a certi livelli di probabilità.

Per ciascuna variabile è stata preventivamente controllata la distribuzione dei dati quantizzandone curtosi e asimmetria: soltanto in quelli relativi al livello del lago si è riscontrata una distribuzione non normale, donde la loro trasformazione col calcolo della radice quadrata dei singoli valori, presi in assoluto in modo

da conservarne il segno.

II calcolo della regressione multipla è stato eseguito sui dati disaggregati in tre gruppi suddivisi secondo i mesi in relazione al ciclo limnologico stagionale e più precisamente, da Aprile a Luglio, considerata come fase di riscaldamento del lago, da Agosto a Dicembre, fase di raffreddamento, ed i restanti mesi di Gennaio, Febbraio e Marzo, corrispondenti all'inverno limnologico. Una simile suddivisione era già stata adottata ed aveva dato risultati più che soddisfacenti in un'analisi dei rapporti di correlazione esistenti tra parametri meteorologici e temperatura superficiale delle acque in 26 laghi italiani (Barbanti, Ambrosetti e Rolla, 1980).

I risultati della stepwise analysis sono riportati, per ciascuno dei tre periodi suddetti, nelle Tabelle 3, 4 e 5; i valori del quadrato del coefficiente di correlazione (r) quantificano la porzione di varianza delle concentrazioni di ossigeno spiegata dalle variabili indipendenti mentre quelli di r consentono di valutare la significatività delle regressioni a diversi livelli di probabilità,

Nella fase di riscaldamento (Tab. 3), il livello $p < 0,001$ viene raggiunto già al secondo step, essendo state scelte come variabili indipendenti vento e differenza fra le temperature dell'acqua e dell'aria: il concorrere di questi due parametri spiega il 43% della variabilità delle concentrazioni di ossigeno. Con 1'aggiunta del disco di Secchi ai passa alla spiegazione del 58% della variabilità, mentre 1'incidenza dei restanti parametri è molto modesta, considerato che negli steps successivi il coefficiente di correlazione multipla aumenta solo di poco.

Nella fase di raffreddamento (Tab. 4), il livello di significatività più elevato ($p < 0,001$) si raggiunge al terzo livello essendo state riconosciute come variabili indipendenti principali, nel1'ordine, radiazione solare, livello del lago e flussi di calore; a questo step viene spiegata il 39% della variabilità dell'ossigeno disciolto. Anche in questo caso l'introduzione di altre variabili non comporta un sensibile aumento dei parametri statistici.

In inverno (Tab. 5), il consueto livello di significatività vie ne ottenuto con molta più gradualità (step 7) e con il concorso di più variabili. Ciò è dovuto anche al minor numero di osservazioni introdotte nell'analisi in quanto i dati relativi all'inverno 1981 non sono stati presi in considerazione poiché, come si è già avuto modo di sottolineare, il mescolamento totale riscontrato in Febbraio ha rappresentato un episodio del tutto anomalo, come è state documentato da Ambrosetti, Barbanti e Mosello (1982).

Come si può notare il vento è, tra i parametri considerati, quello che assume la maggiore importanza sia nella fase di riscaldamento che in quella invernale; questo è in pieno accordo col fat

Tab. 3 - Risultati della regressione multipla calcolata con la stepwise analysis per la "FASE DI RISCALDAMENTO"

Step	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Ossigeno (0-360m)	Vento	Vento $T_w - T_a$	Vento $T_w - T_a$ Secchi	Vento $T_w - T_a$ Secchi Radiaz.	Vento $T_w - T_a$ Secchi Radiaz. Livello	Vento $T_w - T_a$ Secchi Radiaz. Livello Flussi	Vento $T_w - T_a$ Secchi Radiaz. Livello Flussi Press.		
r	0,531	0,659	0,762	0,771	0,783	0,788	0,790		
r^2	0,281	0,434	0,581	0,595	0,614	0,621	0,624		

Numero di osservazioni: 26 Livelli di significatività: 0,1% = 0,597; 1% = 0,537; 5% = 0,423

Tab. 4 - Risultati della regressione multipla calcolata con la stepwise analysis per la "FASE DI RAFFREDDAMENTO"

Step	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Ossigeno (0-360m)	Radiaz.	Radiaz. Livello	Radiaz. Livello Flussi	Radiaz. Livello Flussi $T_w - T_a$	Radiaz. Livello Flussi $T_w - T_a$ Secchi	Radiaz. Livello Flussi $T_w - T_a$ Secchi Press.	Radiaz. Livello Flussi $T_w - T_a$ Secchi Press. Precip.	Radiaz. Livello Flussi $T_w - T_a$ Secchi Press. Precip. Umidità	
r	0,399	0,565	0,621	0,638	0,649	0,665	0,669	0,670	
r^2	0,160	0,319	0,386	0,407	0,421	0,442	0,447	0,448	

Numero di osservazioni: 26 Livelli di significatività: 0,1% = 0,597; 1% = 0,537; 5% = 0,423

Tab. 5 - Risultati della regressione multipla calcolata con la stepwise analysis per la "FASE INVERNALE".

Step	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Ossigeno (0-360m)	Vento	Vento Secchi	Vento Secchi Press.	Vento Secchi Press. Precip.	Vento Secchi Press. Precip. Flussi	Vento Secchi Press. Precip. Flussi Radiaz.	Vento Secchi Press. Precip. Flussi Radiaz. Umidità	Vento Secchi Press. Precip. Flussi Radiaz. Umidità Livello	Vento Secchi Press. Precip. Flussi Radiaz. Umidità Livello Evapor.
r	0,484	0,569	0,617	0,644	0,651	0,704	0,735	0,756	0,763
r^2	0,234	0,323	0,381	0,414	0,424	0,496	0,540	0,572	0,581

Numero di osservazioni: 17 Livelli di significatività: 0,1% = 0,725; 1% = 0,605; 5% = 0,482

to che la sua energia si espleta in forme di mescolamento che, nei due periodi succitati, determinano un trascinamento più o meno profondo di acqua superficiale ossigenata in profondità, anche per la assenza, o la scarsa importanza, della stratificazione termica.

La differenza di temperatura fra acqua (Tw) ed aria (Ta) e la seconda variabile che entra in gioco nella fase di riscaldamento, proprio in occasione del solo periodo dell'anno nel quale Ta supera Tw: tale differenza va ad incidere tanto sull'energia ad onda lunga che sul calore latente di conduzione, componenti essenziali del bilancio calorico del lago. E' un'ulteriore dimostrazione della stretta correlazione esistente tra contenuti di ossigeno e di calore (Ambrosetti, Barbanti e Rolla, 1978).

Quanto al disco di Secchi, è già stata sottolineata la sua importanza essenzialmente come indice dì produzione biologica, cui va perciò correlato 1'incremento di ossigeno nello strato fotico.

Nella fase di raffreddamento la dinamica dell'ossigeno appare invece strettamente correlata, e in maniera quasi esclusiva, alle perdite di calore del lago. Entrano infatti in gioco per primi i parametri del bilancio energetico: radiazione solare, livello del lago, flussi di calore, differenza fra le temperature dell'acqua e dell'aria; non compare invece il vento, ma è evidente che per la presenza di una stratificazione termica pronunciata, la sua azione è limitata alla porzione epilimnica.

Lo sviluppo ulteriore di questo tipo di elaborazione statistica, della quale quanto qui esposto rappresenta solo l'approccio iniziale, si articolerà in regressioni multiple relative ai successa vi strati di profondità, disaggregando cioè il dato integrato sull'intera colonna d'acqua, col chiaro intento di valutare quali sia no le variabili che più incidono sull'ossigenazione delle acque ai vari livelli.

BIBLIOGRAFIA

Arabrosetti, W., L. Barbanti e A. Rolla. 1978. Bilanci, flussi e variazioni pluriennali del contenuto calorico nel Lago Maggiore. Mem.Ist.Ital.Idrobiol., 36 : 330-382.

Ambrosetti, W., L. Barbanti e A. Rolla. 1979. Mescolamento parziale o totale nel Lago Maggiore nell'ultimo trentennio. Mem.Ist. Ital.Idrobiol., 37 : 197-208.

Ambrosetti, W., L. Barbanti and R. Mosello. 1982, Unusual deep mixing of Lago Maggiore during the winter 1980-1981. Geogr.Fis.Dinam.Quat., 5 : 183-191.

Ambrosetti, W., L. Barbanti, R. Mosello, A. Rolla e D.Ruggiu. 1983. Mescolamento, caratteristiche chimiche, fitoplancton e situazione trofica nei laghi profondi sud alpini. Collana del P.F. "Pro-

mozione della Qualità dell'Ambiente", 151 pp.
A.P.H.A., A.W.W.A., W.P.C.F. 1975. Standard methods for the examination of water and seawater. Amer.Publ.Health Ass.Washington 1193 pp.
Barbanti, L., W. Ambrosetti e A. Rolla. 1980. Dipendenza della tenmperatura dell'acqua superficiale dalle caratteristiche meteorologiche dei laghi italiani. Mem.Ist.Ital.Idrobiol.. 39 : 65-98.
Örn, C.G. 1980. Die SauerstQffverhaItnisse ini ZOrichsee (Untersee) von 1937 bis 1975 und ihre Beeinflussung durch meteorologische Faktoren. Viert.Hatur.Gesell.Zürich : 125 : 259-364.

NITRITI NELLE ACQUE DOLCI: TOSSICITÀ, BIOACCUMULO, MODO DI AZIONE E POTENZIALE RISCHIO MUTAGENETICO NEI PESCI

A. ARILLO, P. MENSI
Istituto di Zoologia, Università di Genova, Genova.

SUMMARY

Natural production of nitrite in aquatic systems is discussed, in particular conditions, high levels of this. toxin may occur even in relatively unpolluted water and , especially , in most hatcheries. Furthermore nitrite accumulates in blood and tissues of freshwater fish to a surprisingly high extent, because NO_2^- ions are involved in a bronchial pump-mechanism. arranged for Cl^- physio-logical uptake. As a consequence nitrite effects are more severe in freshwater fish than in other animals, including sea-water fish. The bioaccumulation mechanism , nitrite toxicity and the mode of action on fish are described. Possible mutagenetic risks are also discussed.

INTRODUZIONE

Nelle acque dolci il nitrito compare come metabolita intermedio in seguito a tre principali processi biologici operati da batteri, funghi, fitoplanton e protozoi. In sintesi tali processi sono:
1) nitrificazione dell'ammoniaca, che procede attraverso due steps successivi ($NH_3 \rightarrow NO_2^-$, e $NO_2^- \rightarrow NO_3^-$); 2) denitrificazione disassimilativa del nitrato ($NO_3^- \rightarrow NO_2^- \rightarrow N_2$); in questo caso si verifica una vera e propria respirazione del nitrato e del nitrito,i quali composti vengono sostituiti all'ossigeno come accettori di elettroni; 3) denitrificazione assimilativa, simile alla precedente, ma catalizzata da enzimi diversi e attuata prevalentemente da
alghe durante 1'assimilazione del nitrato; costituisce in pratica l'inverso del processo di nitrificazione ($NO_3^- \rightarrow NO_2^- \rightarrow NH_3$).
Va rilevato che questi processi non portano necessariamente ad un accumulo di nitrito nelle acque. Ciò si verifica solo quando ,nel corso di uno di questi processi, la produzione di nitrito eccede la sua successiva metabolizzazione o perdita. Esistono casi ben documentati nei quali questo fenomeno avviene prevalentemente ad opera della denitrificazione disassimilativa (Finlay, Span & Karman 1983) o della nitrificazione (Vincent, Downes & Vincent 1981). A questo proposito si ritiene opportuno descrivere sinteticamente le osservazioni di Vincent e coll. perché rappresentano un esempio emblematico relativo ad alcuni meccanismi che possono portare all'accumulo di nitrito nelle acque e che regolano, nel contempo, la distribuzione degli organismi nitrificanti e denitrificanti in relazione alle caratteristiche dell'ambiente. Le ricerche in questione sono state condotte, nella stagione estiva, sul lago Vanda (Antartide) avente una profondità di 68 metri. In questo lago le acque risultano ben ossigenate fino ad una profondità di circa 59 metri e sono anossiche oltre i 60.

ATTI 6° CONGRESSO A.I.O.L. – da Pag. 111 a Pag. 120

E' evidenziabile un gradiente di ammoniaca, la cui concentrazione (circa 0.1 μg N-NH/l in prossimità della superficie) aumenta regolarmente fino a raggiungere un massimo sul fondo (1750 μg/1). Il fosfato, quasi assente fino a 56 metri, inizia ad aumentare da questa profondità per raggiungere 8 μg P/l sul fondo. Il nitrato, relativamente abbondante fra i 50-59 metri, risulta quasi assente sotto i 62. Il nitrito è invece soprattutto presente nello strato compreso fra i 55 ed i 56 metri. Le popolazioni coinvolte nel metabolismo del nitrito sono così distribuite (dal basso verso l'alto) per i seguenti motivi.

Denitrificaniti. (denitrificazione disassimilativa): compresi fra i 62.5 ed i 59.5 metri, ovvero nella zona anossica (il processo è infatti anaerobio); sotto i 62.5 metri sono assenti per mancanza di nitrato.

Fotosintetici (denitrificazione assimilativa): compresi soprattutto fra i 59 ed i 56 metri (zona ossigenata, in accordo con le loro esigenze); sopra i 56 metri subiscono una rapida diminuzione probabilmente per mancanza di fosfato.

Nitrificanti: compresi prevalentemente fra i 56 ed i 52 metri. La distribuzione di questi microorganismi può essere spiegata sulla base delle seguenti osservazioni. La nitrificazione è strettamente aerobia e pertanto non può avvenire nei fondi anossici; in presenza di relativamente basse concentrazioni di ammoniaca, questo processo origina principalmente nitrato poiché in tale situazione la attività dei nitrobatteri (che trasformano nitrito in nitrato) è maggiore di quella dei nitrosobatteri (che trasformano ammoniaca in nitrito); ad alte concentrazioni di ammoniaca 1'intero processo è bloccato, poiché ambedue i gruppi batterie, sono inibiti; concentrazioni intermedie di ammoniaca inibiscono i nitrobatteri, ma non i nitrosobatteri e portano pertanto ad un accumulo di nitrito(Anthonisen, Loehr, Prakasan & Srinath 1976).

Il gradiente di ammoniaca caratteristico del lago Valida, unitamente alla posizione dell'ossicline, rende sufficientemente ragione sia della distribuzione dei nitrificanti, sia dell'accumulo di nitrito che avviene nella zona (55-56 metri) in cui presumibilmente i nitrobatteri sono inibiti dall'ammoniaca (150-300 μg $N\text{-}NH_4$/l).

Questo esempio illustra ovviamente uno solo dei possibili meccanismi che si possono verificare. In senso più generale si può dire che 1'accumulo di nitrito rappresenta il risultato di particolari condizioni chimico-fisiche (pH, temperatura, diffusione degli ioni, circolazione dell'acqua, contenuto di ossigeno, nutrienti ecc.) e biologiche (composizione delle specie nitrificanti o denitrificanti). Le condizioni di solito più favorevoli all'accumulo di nitrito si trovano nello strato intermedio compreso fra le acque superficiali ben ossigenate, ricche di nitrato, e quelle profonde anossiche, ricche di ammoniaca, in aree comunque caratterizzate da una scarsa circolazione d'acqua. Tali situazioni non sembrano peraltro infrequenti nelle acque dolci, persino in ambienti non direttamente inquinati dall'attività antropica.

Particolarmente indicativi a questo proposito sono i dati di McCoy (1972) riguardanti il contenuto di nitriti in vari siti di numerosi laghi nord-americani (Wisconsin, USA). Questi tossici, quasi as-

senti al largo, raggiungono i 2-3 mg/litro nelle baie e nelle acque stagnanti; i 10-70 mg/litro presso le rive ricche di sostanze organiche; oltre i 180 mg/litro nelle acque ricche di alghe o altri vegetali in decomposizione. Questi valori, anche se forse sono frutto di situazioni non generalizzabili, appaiono molto significativi tenuto conto che un notevole impoverimento nella fauna ittica si può verificare in corpi idrici contenenti concentrazioni di nitrito comprese tra 0.1 e 0.2 mg/l (Solbe.1981). Si rileva infine che squilibri nella flora denitrificante e nitrificante sono molto frequenti negli allevamenti ittici, soprattutto nei casi in cui l'acqua viene riutilizzata previa depurazione di ammoniaca da parte di filtri biologici. Se consegue che il livello di nitrito si mantiene elevato (in media 0.2-0.15 mg/1, ma anche 1-3 mg/1) proprio nei sistemi più moderni di acquacoltura intensiva (EIFAC 1984).
Ulteriori complicazioni derivano dall'inquinamento (ad. esempio la lavorazione dei metalli, le industrie tessili ecc. producono una alta quantità di nitrito) e dal fatto che tale composto può originare N-nitroso derivati mutageni e/o cancerogeni. Si comprende pertanto il motivo per cui in questi ultimi anni vi e stato un proliferare di ricerche sull'argomento ad opera di studiosi afferenti a varie aree culturali. Riteniamo che la conoscenza delle modalità di bioaccumulo, del meccanismo di azione, dei fattori che influenzano la tossicità dei nitriti nei pesci apporti anche un contributo ad alcuni aspetti della biologia delle acque dolci.

MODALITÀ DI BIOACCUMULO

Nei pesci di acqua dolce il nitrito e rapidamente accumulato contro il gradiente in vari tessuti, raggiungendo valori anche 60 volte superiori a quelli ambientali (Bath & Eddy 1980; Margiocco, Arillo, Mensi & Schenone 1983). Si suppone che questo forte bioaccumulo sia dovuto alla attività delle cellule a cloruri branchiali che, come e noto, assolvono un'importante funzione osmoregolativa riguardante soprattutto 1'assunzione di NaCl. Nel corso di tale assunzione, necessaria a mantenere alti livelli di cloruro contro il gradiente, gli ioni Cl^- presenti nell'ambiente sono scambiati con gli ioni HCO_3^- prodotti all'interno dell'organismo dall'anidrasi carbonica (Maetz & Romeu 1964). E' opinione corrente che gli ioni NO_2^-; competano con quelli Cl^- nel meccanismo di uptake (Perrone & Meade 1977; Bath & Eddy 1980). Ne consegue che i nitriti vengono attivamente pompati all'interno dell'organismo sfruttando il meccanismo fisiologico predisposto per l'assunzione di cloruri. Questa ipotesi trova conferma in molte osservazioni sperimentali:
1)- la presenza di alte concentrazioni di HCO_3^- nell'ambiente e gli inibitori dell'uptake di Cl^- (come il tiocianato) diminuiscono la tossicità del nitrito (Bath & Eddy 1980) ;
2)- la concentrazione plasmatica di nitrito appare singolarmente proporzionale al numero di cellule a cloruri presenti nelle branchie dei pesci sperimentati (Krous, Blazer & Meade 1982) ;
3)- le cellule a cloruri dei pesci intossicati da nitrito diventano ipertrofiche (iperfunzionali) e le loro caratteristiche ultra-

strutturali rivelano che il loro turnover è notevolmente accelerato (Caino, Arillo & Mensi 1984);
4)- un aumento di cloruri nell'ambiente diminuisce, fino ad annullare, la tossicità dei nitriti. Questo effetto degli ioni Cl^- sarà illustrato dettagliatamente più avanti.

DATI TOSSICOLOGICI

Per quanto riguarda la tossicità dei nitriti (espressa come LC_{50}), la letteratura riporta dati molto variabili, anche quando riferiti alla stessa specie. Ciò dipende dal fatto che molti fattori influenzano il fenomeno.
Età degli animali: i pesci giovani sono maggiormente resistenti al nitrito (Russo,Smith & Thurston 1974).
Ioni calcio: è stato riferito che questi ioni abbassano notevolmente la tossicità del nitrito nei. Salmonidi (Wedemeyer & Yasutake 1978). Probabilmente il calcio determina una diminuzione della permeabilità nelle membrane cellulari, contrastando in tal modo 1'assunzione passiva di nitrito. Va notato tuttavia che l'azione del calcio non si verifica in tutte le specie (Tornasse, Wright, Sinico & Davis 1980).
pH: 1'aumento del pH aumenta la resistenza al nitrito (Wedemeyer & Tasutake 1978; Huey, Sinico & Criswell. 1980).
Cloruri: gli ioni Cl^- rappresentano certamente il fattore principale in grado di modificare la tossicità dei nitriti. Ad esempio in
Salmo gairdneri la LC_{50} 96 ore aumenta di circa 60 volte passando da una concentrazione di 0.5 mg Cl/1, ad una di 40 mg Cl/1 (vedi tabella 1)

SPECIE	mg Cl/1	mg $N\text{-}NO_2$/1	AUTORI
Salmo gairdneri (LC_{50} 96h)	0 - 0.5	0.14-0.2 (a)	(a) Russo, Thurston & Emerson 1981
	1.2	0.46 (b)	
	41	12.2 (b)	(b)Russo & Thurston 1977
Ictalurus punctatus (LC_{50} 24h)	4	4.99	Tomasso,Wright,Simco & Davis 1980
	60	98	

Tabella 1 - Effetti degli ioni cloruro sulla tossicità del nitrito (LC_{50}) in due specie di Teleostei

Va osservato ancora che alte concentrazioni di cloruri riducono anche il bioaccumulo di nitrito (Meade & Perrone 1980) e la metaemoglobinemia (Tornasse, Simco & Davis 1979; Perrone & Meade 1977; Huey, Simco & Criswell 1980).L'azione proteggente del cloruro e evidenziabile non solo in esperimenti condotti in laboratorio, ma anche in corpi idrici naturali(Schwedier & Tucker 1983; Solbe 1981). E' evidente pertanto che i criteri di qualità di un'acqua destinata a scopi ittici devono tenere presente nel contempo la concentrazione di nitrico e di clo-

ruri. Secondo le stime dell'EIFAC (1984) si ritiene che quando il rapporto molare Cl/N-NO_2 è superiore a 10 si ha una buona protezione contro il tossico, mentre se tale rapporto è inferiore a 1-2.5 si verificano forti mortalità in quasi tutte le specie esaminate.

MODO DI AZIONE

II modello proposto riguarda essenzialmente *Salmo gairdneri* poiché solo per tale specie sono state condotte ricerche coordinate ed indirizzate a questo specifico scopo. II più precoce e ben documentato effetto rilevabile in animali esposti a nitrito e rappresentato dall'aumento di metaemoglobina , che comporta la diminuzione della capacità di trasporto di ossigeno da parte del sangue (ipossia anemica). Va notato che la metaemoglobinemia, sebbene assuma talora valori altissimi non provoca intensi fenomeni di anaerobiosi tissulare. Solo dopo lunghi periodi di trattamento,infatti, i tipici indicatori biochimici di anaerobiosi (acido lattico, alfa-glicerofosfato, glicogeno, ATP, succinato ecc.) dimostrano un lento svilupparsi di uno stato di ipoossigenazione rilevabile nel fegato, ma non in altri organi (Arillo, Caino, Margiocco, Mensi & Schenone 1984).Ciò dipende dalle peculiari caratteristiche anatomiche del fegato, le quali rendono questo organo particolarmente sensibile ad ogni situazione che peggiori lo stato di ossigenazione cellulare, come e stato dimostrato da Schumacher(1957).
Nonostante che 1'ipoossigenazione epatica non appaia di per se letale, essa gioca un ruolo fondamentale nel meccanismo di tossicità poiché stimola una locale produzione di acido lattico con conseguente abbassamento del pH. Questo crea, a sua volta, le condizioni favorevoli alla comparsa di agenti nitrosanti particolarmente dannosi. Il nitrito e infatti in equilibrio (pH dipendente) con le seguenti forme chimiche: NO_2^- → HNO_2 → N_2O_3 → $N0_2$ + NO. Allo stato attuale delle conoscenze non si può escludere che tali forme derivino dal metabolismo dell'epatocita, piuttosto che dalla locale acidificazione. Sembra comunque che in presenza di nitrito si veri fichi una formazione di agenti nitrosanti proprio a livello epatico (nostri dati non pubblicati). E' probabilmente questo il motivo per cui il fegato risulta essere l'organo bersaglio più tipico del nitrito. Gli agenti nitrosanti possono infatti reagire con lipidi, con gruppi SH e NH_2 di molecole biologiche fondamentali (citoplasmatiche o di membrana) producendo varie alterazioni biochimiche e strutturali. Nel fegato ad esempio, l'attività degli enzimi proteolitici, della anidrasi carbonica diminuisce e la membrana lisosomiale si labilizza (Mensi, Arillo,Margiocco & Schenone 1982; Caino, Arillo & Menai 1984); anche la catalasi risulta inibita e gli amminoacidi liberi subiscono un netto decremento (nostri dati non pubblicati). A livello mitocondriale si verifica inoltre un'inibizione della citocromo C ossidasi , mentre si evidenziano numerose alterazioni funzionali, quali un ridotto consumo di ossigeno nello stato 3 della fosforilazione ossidativa ed una diminuzione dell'indice di controllo respiratorio (Arillo, Gaino, Margiocco ,Mensi, Schenone1984).

In intossicazioni acute prolungate, quando 1'ipoossigenazione diventa più grave (ovvero quando probabilmente la metaemoglobina raggiunge 1'80%) insorge un nuovo meccanismo tossico che sembra irreversibile e responsabile della morte degli animali. Al di sotto di una certa tensione di ossigeno, infatti, il nitrito può reagire direttamente con molte emoproteine ed in particolare con i citocromi.
A livello microsomiale, il citocromo P-450 origina pertanto un complesso NO-citocromo P-450, che spontaneamente si trasforma in P-420-NO inattivo (Arillo, Mensi & Pirozzi 1984). Ciò provoca la inibizione delle ossidasi a funzione mista ed un blocco delle funzioni microsomiali (Arillo, Mensi & Pirozzi 1984).
A livello aitocondriale, il citocromo C va invece incontro alle se
guenti reazioni;
ferrocitocromo C + nitrito → NO-ferricitocromo C
ferricitocromo C + NADH → ferrocitocromo C + NO
Avviene cioè un corto circuito nella catena citocromica con produzione di NO, tossico. Tali reazioni sono state descritte per la prima volta da Walter & Taylor in mammiferi, ma gli studi in corso fanno ritenere che si verifichino anche nel fegato della trota. Le alterazioni biochimiche si accompagnano a quelle ultrastrutturali. In sintesi si può dire che negli animali intossicati le creste mitocondriali divengono poco evidenziabili, mentre all'interno dell'organulo compaiono vacuoli di varia taglia e, in qualche caso, figure degenerative mieliniche.
Questi fenomeni negli individui in.overturning assumono aspetti imponenti , tali da portare ad una degenerazione irreversibile del mitocondrio (Arillo, Gaino, Margiocco, Mensi & Schenone 1984).

POTENZIALE RISCHIO MUTAGENETICO

E' noto che i Teleostei sono ricchi di sostanze nitrosabili, quali la dimetil ammina e la trimetil ammina (Wollf & Wassennan1972). Negli omogenati di muscolo di varie specie di Teleostei, quando vengano incubati in presenza di nitrico, si accumulano pertanto N-nitroso derivati ad alta attività mutagenetica, alchilante o carcinogenetica (Marquardt, Rufino & Weisburger 1977; Yano 1981; Weisburger, Marquardt, Hirota, Mori & Williams 1980). Questi esperimenti, condotti in ambiente acido simulante il pH gastrico o quello di certe preparazioni alimentari (esempio:sotto aceto), meritano un'adeguata attenzione, anche perchè i nitriti sono comunemente usati come additivi alimentari o si accumulano *in vivo* per i processi descritti in .precedenza. D'altra parte è noto che in molti Teleostei, freschi o conservaci, si trovano sensibili concentrazioni di mutageni (Pedersen & Meyland 1981 ; Arker 1982), quantunque ciò non sempre si verifichi (Havery & Fazio 1977).
Studi condotti su *Salmo gairdneri* hanno comunque dimostrato che i processi di nitrosazione possono avvenire anche *in vivo ,* di modo che taluni composti mutageni (forse nitroso ammidi) aumentano in misura notevolissima nei muscoli degli animali esposti a nitrito (De Flora, Arillo 1983). Questo aumento però si verifica soprattut-

to negli animali in overturning od in palese stato di alterazione fisiologica, ovvero in individui che difficilmente sarebbero messi in commercio. Non sono pertanto giustificati facili allarmismi ed il fenomeno pone problemi più di natura scientifica che pratica. Tuttavia queste osservazioni gettano una nuova luce sui criteri di qualità di un'acqua destinata ad acquacoltura. Oltre all'aspetto relativo alla Sopravvivenza dei pesci e alla resa economica dell'allevamento, sarebbe opportuno tenere presente anche quello concernente le possibili ripercussioni sulla salute umana.

BIBLIOGRASFIA

Anthonisen, A. C.,R.C. Loehr,T.B.S. Prakasam and E.G, Srinath.1976. Inhibition of nitrification by ammonia and nitrous acid. *J. Water Poll, Cont. Fed. ,* 48; 835-852.

Archer M.C. 1982. Hazards of nitrate, nitrite and N-nitroso compounds in human nutrition. In: *"Nutrition: basic and applied science"*. Y.N. Hathcock ed., Academic press, New York , 327-381.

Apillo A., E. Gaino, C. Margiocco, P. Mensi and G. Schenone, 1984. Biochemical and ultrastructural effects of nitrite on Rainbow Trout: liver hypoxia as the root of the acute toxicity mechanism *Envir. Res.,* in press

Arillo A., P. Mensi and G. Firozzi. 1984. Nitrite binding to cytochrome P-450 from liver microsomes of trout and effects on ″two microsomal enzymes. *Toxicol. letters ,* in press

Bath R.N. and Eddy F.B. 1980. Transport of nitrite across fish gills. J. *Exp. Zool, ,* 214: 119-121.

De Flora S. and A, Arillo. 1983. Mutagenic and DNA damaging activity in muscle of trout exposed in vivo to nitrite. *Cancer letters ,* 20; 147-155.

EIFAC . 1984. Water quality criteria for european freshwater fish report on nitrite. *EIFAC technical paper ,* in press.

Finlag B.J., A.S.W. Span and J.M.P. Harman. 1983. Nitrate respiration in primitive eukariotes. *Nature ,* 303: 333-336.

Gaino E., A. Arillo, P. Mensi. 1984. Involvement of the gill chloride cells of trout under acute nitrite intoxication. Comp. *Biochem, Physiol,,* in press.

Huey D.W., B,A. Simco and D.W, Criswell. 1980. Nitrite-induced methemoglobin formation in Channel Cat fish. *Trans. Am. Fish, Soc.,* 109: 558-562.

Krous S.R., V,S. Blazer and T.L..Meade. 1982. Effect of acclimation time on nitrite movement across the gill epithelia of Rainbow Trout: the role of "chlonde cells". *Progr. Fish. Cult.* 44; 126-130.

Maetz J. and F.G. Romeu. 1964. The mechanism of sodium and chioride uptake by the gills of a fresh-water fish, *Carassius awatus* - II - Evidence for NH_4/Na and HCO_3/Cl exchanges .*J. gen. Physiol.,* 47: 1209-1227.

Margiocco C,, A. Arillo, P. Mensi and G. Schenone. 1983. Nitrite bioaccumulation in *Salmo gairdneri* Rich. and hematological consequenes. *Aquatic. toxicol. , 3:* 261-270.

Marquardt H., Rufino F. and Weisburger J.H. 1977. Mutagenic activity of nitrite-treated food: human stomac cancer may be related to dietary factors. *Science,* 196: 1000-1001.

Me Coy E.F. 1972. Role of bacteria in the nitrogen cycle in lakes. U.S. EPA, Water Pollution Control Service, 16010 EHR 03/72 23 pp.

Meade T.L. and S.J. Perrone. 1980. Effect of chloride ion concentration and pH on the transport of nitrite across the gill epithelia of coho salmon. *Progr. Fish. Cult. ,* 42: 71-72.

Mensi P., Arillo A., C. Margiocco and G. Schenone. 1982. Lysosomal damage under nitrite intoxication in Rainbow Trout. Comp. *Biochem. Physiol.,* 73C: 161-165.

Pedersen E. and I. Meyland. 1981., Nitrato, nitrite and volatile nitrosamines in pickled fish prepared with addition of nitrate Z. *Lebensm Unter Forsch,* 173: 359-361.

Perrone *S.J,* and Meade T.L. 1977. Protective effect of chloride on nitrite toxicity to coho salmon *(Onchophyncus kisutch). J. Fish. Res. Board. Con,,* 34: 486-492,

Russo R.C., C.E. Smith and Thurston R.V. 1974. Acute toxicity of nitrite to Rainbow Trout *(Salmo gairdneri) . J. Fish. Board Con, ,* 31: 1653-1655.

Russo R.C. and R.V. Thurston. 1977. The acute toxicity of nitrite to fishes. In; *"Recent advanaes in fish toxicology"* . R.A. Tubb ed., EPA Ecol. Res. Ser. , EPA 600/3-77-085 , 118-131.

Russo R.C., Thurston R.V. and K. Emerson, 1981. Acute toxicity of nitrite to Rainbow Trout (*Salmo gairdnevi)* : effect of pH ,nitrite species and anion species. *Con. J. Fish. aquat. Sci.*38; 387-393.

Schwedler T.E. and C.S. Tucker. 1983. Empirical relationship between percent methemoglobin in channel catfish and dissolved nitrite and chloride in ponds. *Trans. Am. Fish. Soc.,* 112;117-119.

Shumacher H.H. 1957. Histochemical distribution pattern of respiratory enzymes in the liver lobule. *Science* ,125: 501-502.

Solbe J.F., de L.G. 1981. The environmental effects of nitrite, (non pubblicato: risultati riportati in EIFAC 1984).

Vincent W.F., M.T. Downes and C.L. Vincent. 1981. Nitrous oxidecycling in Lake Vanda, Anctarctica. *Nature,* 292: 618-620.

Tomasso J.R., B.A. Simco and K.B. Davis. 1979. Chloride inhibition of nitrite induced methaemoglobinemia to channel catfish *(Ictalurus punctatus). J. Fish, Res. Board Can.36:* 1141-1144.

Tomasso J.R., Wright M.I,, B.A. Simco and B.K. Davis. 1980. Inhibition of nitrite-induced toxicity in channel catfish by calcium chloride and sodium chloride. *Progr. Fish. Cult.,* 42:144-146.

Walter C.L. and A.M.M. Taylor. 1965. The reduction of nitrite by skeletal-muscle mitochondria. *Biochim. Biophys. Acta* ,96;522-524.

Weisburger J.H., Marquardt H, Hirota N., H. Mori and G.M. Williams1980. Induction of cancer of the glandular stomach in rats by an extract of nitrite-treated fish,, *J. Natl. Cancer Ins*t., 64: 163-166.

Wedemeyer G. and Yasutake W.T. 1978. Prevention and treatment of nitrite toxicity in juvenile stalhead trout (*Salmo gairdneri).J. Fish. Res. Board Con,* ,35: 822-827.

Wollf I.A. and A.E..Wasserman . 1972. Nitrate, nitrite and nitrosamines. *Science ,* 177: 15-19.

Yano K. 1981. Alkylating activity of processed fish products treated with sodium nitrite in simulated gastric juice. *Gann,* 72: 451-454.

CARATTERIZZAZIONE QUALITATIVA DEL CARBONIO ORGANICO PARTICELLATO PRESENTE NEGLI AMBIENTI LIMNICI

R. BERTONI°, C. CALLIERI°, O. ZOLA, R. TORELLI

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

SUMMARY

The thermal lability of POC, expressed as ∑C, has been found to be a parameter related to the qualitative characteristics of detritus.

In this paper the thermal lability data from a three years field study on Lake Maggiore are described and discussed. Furthermore the results are presented here from laboratory experiments with algal batch cultures. Such experiments were undertaken to follow the changes of ∑C and biochemical gross composition with the growth stage of cultures.

The results obtained have shown that the less the POC is rich in chlorophyll the less it is thermally resistant. In particular, old algal populations are lore labile than young ones.

INTRODUZIONE

L'utilizzabilità del detrito organico da parte dei microorganismi eterotrofi dipende, tra l'altro, dall'accessibilità chimica del detrito stesso. Essa e solitamente qualificata suddividendo le sostanze organiche costituenti il detrito in labili, ossia facilmente decomponibili, e in refrattarie all'attacco microbico, ossia pressocchè inerti dal punto di vista microbiologico.

Per quanto riguarda la composizione chimica del detrito organico particellato, generalmente valutato come POC (Particulate Organic Carbon), il suo studio in dettaglio e reso difficile dai problemi connessi con la concentrazione per filtrazione di una quantità di materiale sufficiente all'analisi, dalla limitata sensibilità dei metodi analitici disponibili e dall'elevato numero di sostanze diverse costituenti il POCo

Le informazioni disponibili sulla composizione del POC sono derivate da misure delle sostanze labili presenti nel materiale fitoplanctonico, quali ATP, clorofilla, DNA (Steele e Baird, 1961; Steele e Baird, 1965; Menzel e Ryther, 1964; Holm-Hansen, Sutcliffe e Sharp, 19701 nonché da studi sulla sua composizione biochimica grezza sia in ambienti naturali (Strickland, Holm-Hansen, Epply e Linn, 1969; Epply, Carlucci, Holm-Hansen, Kiefer,McCarthy, Wenrik e Williams, 1972) che in "plastic bags"(Antia, McAllister, Parsons, Stephens e Strickland, 1963).

ATTI 6° CONGRESSO A.I.O.L. – da Pag. 121 a Pag. 130

Questi ultimi lavori, in particolare, hanno messo in luce come la composizione biochimica grezza del popolamento algale sia variabile in funzione della sua composizione specifica, dello stadio di crescita e dell' abbondanza di nutrienti.

Da quanto fin qui detto risulta evidente da un lato l'importanza di distinguere tra sostanze organiche labili e refrattarie e, dall'altro, la difficoltà di operare questa distinzione. Infatti lo sforzo analitico necessario per quantizzare selettivamente le sostanze che rientrano nelle due categorie limiterebbe la ricerca ad un numero modesto di analisi. Inoltre, procedendo in tal modo, sarebbe difficile esprimere un giudizio sulla labilità o refrattarietà globale del materiale esaminato poiché tra i due gruppi estremi di sostanze esiste un vasto range di composti che si collocano in posizione intermedia e la cui abbondanza relativa può avere un peso non indifferente nel determinare la labilità o refrattarietà globale del detrito organico in esame. Di qui la necessità di individuare un criterio di caratterizzazione che prescinda da complesse metodologie analitiche e che tenga conto di tutte le sostanze costituenti un determinato detrito organico.

Un primo tentativo in questa direzione fu compiuto da Brooks (1970), limitatamente però alla frazione disciolta. Più di recente Bertoni (1979) ha proposto di caratterizzare qualitativamente il POC valutandone la labilità termica. Quest'ultimo metodo si basa sull'assunzione che il detrito organico abbia una labilità termica variabile in funzione della diversa temperatura di decomposizione delle sostanze organiche che lo costituiscono e si propone di pervenire ad una caratterizzazione qualitativa del detrito organico ottenibile in modo semplice, rapido e di generale validità per tutte le sostanze organiche.

Con questa ricerca ci si e proposti di valutare Ie eventuali relazioni esistenti tra variazioni di labilità termica del POC e popolamenti fitoplanctonici in un ambiente naturale e in esperimenti di laboratorio. In questi ultimi le modificazioni qualitative delle colture algali sono state anche evidenziate misurandone la composizione biochimica grezza.

MATERIALI E METODI

I campionamenti sono stati effettuati, alla profondità di 1 m, nella stazione di massima profondità del Lago Maggiore dal febbraio 1980 al settembre 1982. I campioni erano prefiltrati attraverso una rete da plancton con maglie di 126 μm di lato ed il materiale particellato era concentrato su filtri in fibra di vetro (GF/C, diametro 16 mm) precombusti a 450°C per 3 ore. Le analisi del Carbonio ed Azoto Organico Particellato (POC e PON) venivano eseguite con un CHN analyzer (Carlo Erba, 1106) seguendo la tecnica illustrata da Bertoni (1978). Le concentrazioni di clorofilla erano determinate fluorimetricamente con un Turner III (Stainton, Capel ed Arlstrong, 1974) dopo estrazione con metanolo (Talling e Driver, 1971; Holm-Hansen e Riemann, 1978), Per la valutazione dela labilità termica si preparavano quattro terne di

filtri sui quali si erano filtrati uguali volumi di campione. Tali terne erano poi esposte, per 30 minuti, una a 100°, una a 200°, una a 300° ed una a 400°C. I filtri cosi trattati venivano poi analizzati al CHN e, facendo uguale a 100 i1 valore medio del POC misurato sui tre filtri essiccati a 100°C, si calcolava la percentuale di POC rimasto su ciascuno dei tre gruppi di filtri esposti a 200, 300 e 400°C . Sommando le percentuali relative a ciascuna temperatura si otteneva un valore, denominato ∑C, che esprime la labilità termica del materiale organico presente nel campione d'acqua esaminato.

Per realizzare gli esperimenti di laboratorio qui descritti si sono utilizzate due colture di alghe, una cloroficea d'acqua dolce (Chlorella vulgaris) ed una diatomea marina (Phaeodactylum tricornutum). Per la prima si è utilizzato come mezzo di coltura il "Bold Basal" (Wayne Nichols, 1973) diluito (1:3) e per la seconda il terreno "f/2" (Guillard e Ryther, 1962) modificato (Wangersky, com. pers.). Le colture sono state incubate a 18°C sottoposte ad un ciclo nictemerale di 12 ore. Per la determinazione dei lipidi si . usato un metodo colorimetrico (reazione con fosfovanillina; Fritsche, com. pers.). I glucidi sono stati misurati can la reazione all'antrone ed i protidi sono stati stimati moltiplicando il valore del PON per 6,25 (Strickland e Parsons, 1968).

RISULTATI

In Fig. 1 sono presentati i grafici relativi alle concentrazioni di PDC e di clorofilla a misurate nei tre anni di durata della ricerca.

Dal loro esame si può notare che le due curve hanno un andamento molto simile in accordo col fatto che, nel Lago Maggiore, il POC e prevalentemente di origine algale (Bertoni e Callieri, 1981; 1982). Si può in definitiva ritenere che l'evoluzione stagionale di questi due parametri abbia, nel 1980, ricalcato lo schema classico, caratterizzato da un picco primaverile seguito da uno estivo. Il 1981, invece, è da considerare un Anno estremamente particolare perchè, nel mese di febbraio, si è verificata una piena circolazione. Nel 1982 si asserva una evoluzione stagionale delle concentrazioni di POC e di clorofilla del tutto analoga a quella solita, sia per la successione dei picchi che per i valori massimi raggiunti. Per quanta riguarda invece le variazioni qualitative del materiale organico particellato, nella Fig. 2 si sono posti in grafico i valori assunti dal ∑C accanto ai valori del rapporto Chl/POC. Quando il detrito organico particellato è, come nel nostro caso, prevalentemente di origine algale, il rapporto Chl/PDC può essere assunto come indice della maturità del detrito stesso. Infatti, poichè la molecola della clorofilla tende a degradarsi rapidamente con la morte delle cellule algali, il materiale particellato da esse originato sarà caratterizzato da un rapporto Chl/POC tanto più basso quanta maggiore e la presenza di cellule algali morte nel detrito particellato. E' evidente che questa rapporto ha un

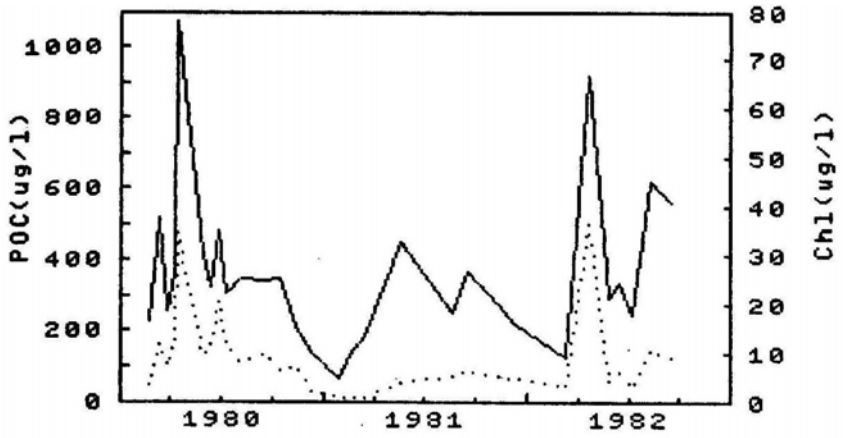


Fig. 1. Variazioni della concentrazione di POC (------) e di clorofilla(.....) nel Lago Magglore nel corlo della ricerca.

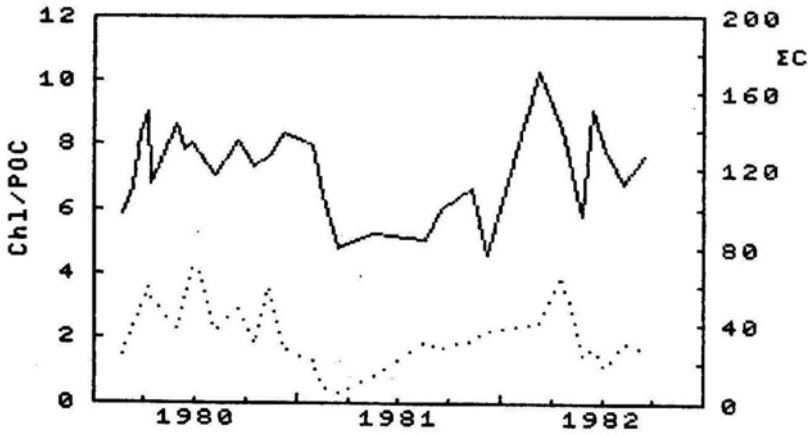


Fig. 2. Variazioni del rapporto chl/POC moltiplicato per 100 (……) e del ∑C (------) nel Lago Maggiore nll corso della ricerca.

valore soltanto indicativa, poichè la densità relativa della clorofilla nelle cellule algali può variare considerevolmente da specie a specie ed a seconda delle condizioni di crescita delle cellule stesse.

Passando ora ad esaminare le variazioni di labilità termica del POC osservate nel triennio di studio, possiamo vedere che, sebbene con diverse fluttuazioni, nel 1980 il ∑C si mantiene su valori piuttosto elevati per subire poi una netta diminuzione all'inizio del 1981 e mantenersi durante tale anno su livelli molto inferiori a quelli dell'anno precedente, Nel 1982 si osserva, invece, un nuovo aumento del ∑C che rimane elevato durante tutto l'anno. Per spiegare questa diverso andamento del ∑C si sono innanzitutto cercati eventuali sue correlazioni con gli altri parametri prima considerati. Il ∑C non è risultato significativalente correlato ne con il POC ne con la concentrazione di clorofilla; questo risultato conferma la nostra ipotesi che la labilità termica dipenda da modificazioni del detrito organico particellato e che, quindi, sia indipendente dalle sue variazioni quantitative. Per quanta riguarda il rapporto Chl/POC esso sembra avere un andamento simile a quello del ∑C presentando valori elevati nel 1980, bassi nel 1981 e di nuovo elevati nel 1982. La cosa importante da sottolineare che il rapporto Chl/POC è risultato significativamente correlato ($r=0,4789$) con il ∑C con $P<0,01$.

L'esistenza di questa correlazione dimostra che la labilità termica del POC e legata alla stato del materiale algale. Inoltre, poichtè la quantità di clorofilla per unità di POC e maggiore durante le fioriture dei popolamenti algali per i motivi prima illustrati e poichè durante le fioriture stesse anche il ∑C assume valori elevati, si può avanzare l'ipotesi che il fitoplancton in attiva crescita sia teoricamente meno labile dei popolamenti algali in fase di senescenza o comunque poco attivi.

Per verificare questa ipotesi è meglio evidenziare una eventuale dipendenza delle variazioni di labilità termica dallo stadio di crescita dei popolamenti algali, si sono svolti alcuni esperimenti di laboratorio utilizzando specie algali diverse. Verranno ora descritti due di questi esperimenti, il primo effettuato utilizzando la cloroficea d'acqua dolce Chlorella vulgaris ed il secondo la diatomea marina Phaeodactylum tricornutum.

Nella Fig. 3 sono presentate le variazioni nel tempo del rapporto Chl/PDC e del ∑C della coltura di Chlorella. Si può notare che la quantità di clorofilla per unità di POC diminuisce notevolmente col procedere della coltura o per 1'amentata importanza relativa delle cellule algali morte o per la .diminuita capacità fotosintetica delle cellule superstiti. Anche per il parametro ∑C l'andamento generale denota una diminuzione. Il ∑C, inoltre, e risultato significativamente correlato al rapporto Chl/PDC ($r=0,5612$) con una probabilità di $P<0,05$ avvalorando, quindi, le conclusioni tratte con i dati del Lago Maggiore. Le modificazioni qualitative della coltura stessa si possono vedere in Fig. 4 dove sono mostrate le variazioni delle percentuali di protidi, glucidi e lipidi al variare dell'età della coltura. La diversa composizione biochimica grezza all'inizio ed alla fine

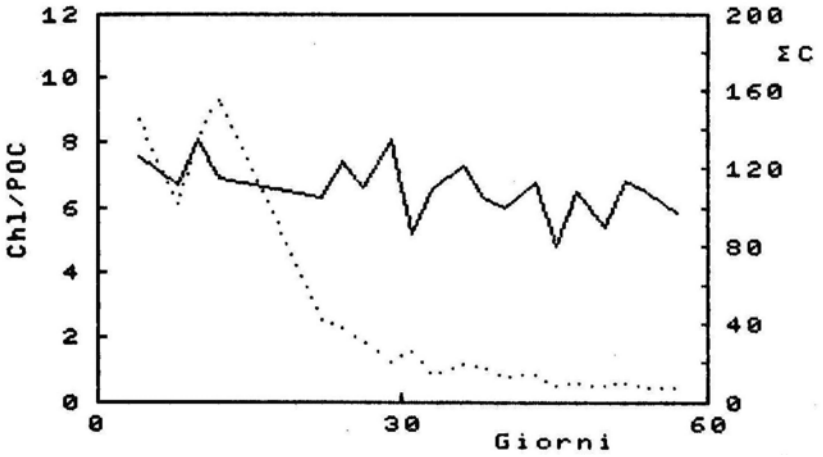


Fig. 3. Coltura di Chlorella vulgaris.Chl/POC moltiplicato per 100 = (-----).∑C = (…..).

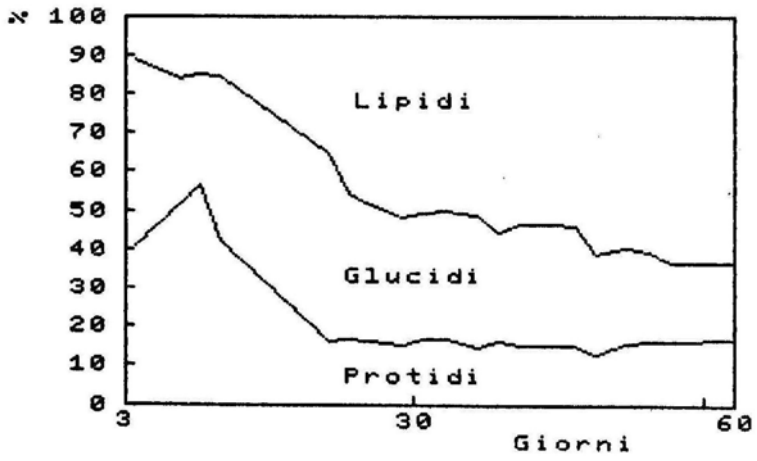


Fig. 4. Variazione della composizione biochimica grezza nellala coltura di Chlorella vulgaris.

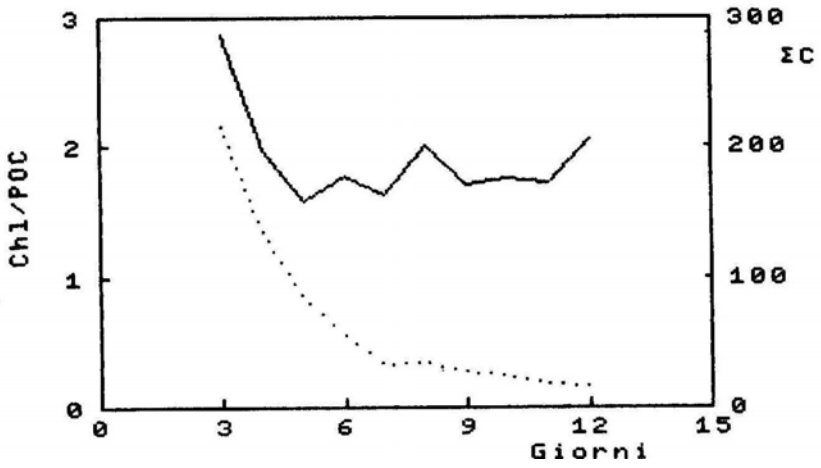


Fig 5. Coltura dl Phaedactylum tricornutum.Chl/POC moltiplicato per 100 = (-----) ∑C = (……).

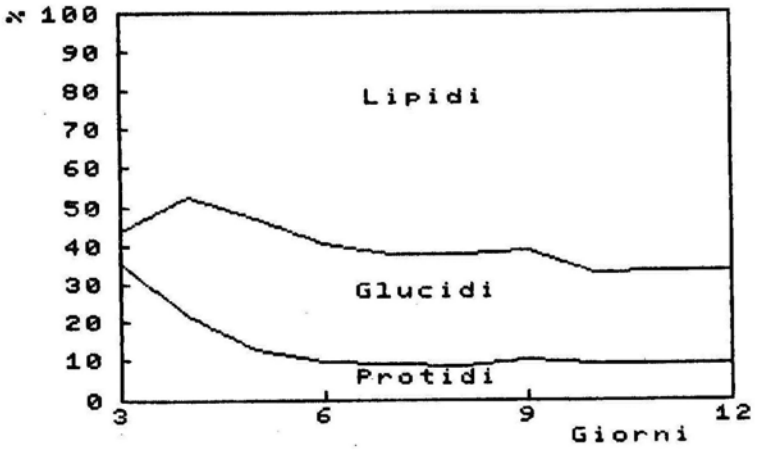


Fig. 6. Variazione della composizione biochimica grezza nella coltura di Phaeodactylum tricornutum.

dell'esperimento, ed in special modo la diminuzione dei protidi e l'aumento dei lipidi è imputabile a fenomeni di senescenza del popolamento algale.

I risultati scaturiti dalla coltura di Phaeodactylum, presentati in Fig. 5, sono molto simili a quelli ottenuti con Chlorella. Infatti, gli andamenti del ∑C e del Chl/POC nelle due colture sono senz'altro comparabili perchè, anche se l'alga marina raggiunge. pia rapidamente la senescenza, il ∑C ed il Chl/POC del materiale particellato da essa prodotto risultano essi pure correlati significativamente con un r= 0,7584 (P<0,05). Si devono tuttavia notare le differnze tra i valori del ∑C delle due colture probabilmente dovute alle diverse specie algali utilizzate. Le variazioni delle percentuali di lipidi, glucidi e protidi (Fig. 6) mostrano, anche in questo secondo esperimento, una variazione con l'età della coltura. E' interessante notare che mentre all'inizio della coltura la composizione biochimica grezza diversa da quella ottenuta per Chlorella, testimoniando cosi la diversità delle due specie algali utilizzate, nella fase di senescenza le percentuali di lipidi, protidi, glucidi sembrano raggiungere valori piuttosto simili. Questo fatto suggerirebbe una identica compolizione biochimica grezza del detrito "maturo" di provenienza algale.

CONCLUSIONI

Dai dati illustrati e relativi ai tre anni di indagine lul Lago Maggiore e, in definitiva, emerso che la labilità termica del POC presenta delle cospicue variazioni stagionali. In particolare, il ∑C assume i valori massimi quando il rapporto Chl/POC è massimo, cioè quando i popolamenti algali sono non all'apice della crescita ma in fase di crescita attiva. Anche nei due esperimenti di laboratorio, pure assai diversi per popolamento algale e concentrazione di nutrienti, si sono ottenuti risultati del tutto simili a quelli derivanti dai campionaaenti nell'ambiente naturale. Infatti il ∑C è il risultato sempre correlato significativaaente con il rapporto Chl/POC.

Da queste considerazioni emerge che il POC è tanto più resistente alla pirolisi, ossia presenta una labilità termica tanto più modesta, quanto più elevata la concentrazione di clorofilla per unità di POC. Il decremento del valore del rapporto Chl/POC può indicare o una diminuita potenzialità fotosintetica delle cellule algali con l'invecchiaaento della coltura oppure un incremento relativo del materiale organico a modesto contenuto di clorofilla, situazione caratteristica di cellule algali recentemente morte.

Comunque, quale che sia la vera ipotesi, gli esperimenti qui illustrati dimostrano che, con l'invecchiamento delle colture algali, il rapporto Chl/POC diminuisce. Questo risultato e, del resto, in accordo con quanto trovato da altri Autori in condizioni colturali e con materiali algali assai diversi dai nostri (Antia, McAllister, Parsons, Stephens e Strickland, 19631. Accettando quindi l'ipotesi, peraltro assai probabile, che il diminuire del

rapporto Chl/POC sia un indice dell' aumento relativo del POC detritico rispetto al materiale algale vivente, le correlazioni significative esistenti tra ∑C ed il rapporto ora citato permettono di affermare che la labilità termica del POC è tanto più elevata quanto maggiore è, nel POC totale, la fraziona detritica. In altri termini, il POC detritico di origine algale è termicamente più labile del POC costituito da alghe viventi ed in crescita attiva.

Si può quindi affermare, sulla scorta dei dati scaturiti da questa ricerca, che il ∑C costituisce un efficace parametro per la caratterizzazione qualitativa del POC poich. Ie variazioni dela labiliti termica del detrito organico particellato sospeso nell'ambiente limnico studiato riflettono la fase di crescita del popolamento fitoplanctonico che costituilce il materiale particellato stesso.

E' opportuno sottolineare che labilità termica e biologica del detrito organico non necessariamente si identificano anche se è possibile che, in futuro, possano essere poste in relazione in seguito ad un'adeguata indagine sperimentale.

RINGRAZIAMENTI

Si ringrazia il Sig. Mario Contesini per il generoso aiutotecnico prestato nel corso di questa ricerca.

BIBLIOGRAFIA

ANTIA, N.J., C.D. McALLISTER, T.R. PARSONS, K. STEPHENS e J.D.H. STRICKLAND. 1963. Further measureaents of primary production using a large volume plastic sphere. Limnol. Oceanogr., 8:166-183.

BERTONI, R. 1978. Automatic determination of carbon and nitrogen in suspended matter of natural water with Carlo Erba 1106 CHN eleamntal analyzer. Mem. Ist. Ital. Idrobiol. 36:297-301.

BERTONI, R. 1979. Qualitative characterization of organic microseston evaluating its thermal lability. Mem. Ist. Ital. Idrobiol., 37:213-221.

BERTONI, R. e C. CALLIERI. 1981. Underwater transmittance as a tool in the study of spatial distribution of particulate organic matter. Mem. Ist. Ital. Idrobiol.,21:120-124.

BERTONI, R. e C. CALLIERI. 1982. Yearly variations of parameters involved in organic carbon cycle in pelagic and littoral zone of Lago Maggiore. Mem. Ist. Ital. Idrobiol ., 40:181-199.

BROOKS, J.M. 1970. The distribution of organic carbon in the Brazos river bacin. M.S.Thesis, Texas A . M University. 90 pp.

EPPLEY, R.M., A.F. CARLUCCI, O. HOLM-HANSEN, D. KIEFER, J.J. McCARTHY, E. WENRIK e P.M. WILLIAMS. 1972. Phytoplankton growth and composition in shipboard cultures supplied with nitrate, ammonium, or urea as the nitrogen source Limnol. Oceanogr ,16:741-751.

GUILLARD, R.R.L. e J.H. RYTHER. 1962. Studies of marine planktonic diatos. I. Cyclotella nana Hustedt and Detonula confervacea

(Cleve) Gran. Can. J. Microbiol. 8:229-239.
HOLM-HANSEN, O., N.H. Jr. SUTCLIFFE e J. SHARP. 1970. Measurement of deoxyribonucleic acid in the ocean and its ecological significance. Limnol. Oceanogr., 13:507-514.
HOLM-HANSEN,O. e B. RIEMANN. 1978. Chlorophyll a determination: improvements in methodology. OIKOS 30:438-447.
MENZEL, D.N. e J.H. RYTHER. 1964. The composition of particulate organic matter in the Weltern North Atlantic. Limnol. Oceanogr 9:179-186.
STAINTON, H.P., H.J. CAPEL e F.A.J. ARMSTRONG. 1974. The chemical analysis of fresh water. En.Can.Spec.Publ. N.25:119 pp.
STEELE, J.H. e I.E. BAIRD. 1961. Relationl between primary production, chlorophyll and particulate carbon. . Limnol. Oceanogr., 6:68-78.
STEELE, J.H. e I.E. BAIRD. 1965. The chlorophyll a content of particulate organic carbon in the northern North Sea. Limnol. Oceanogr., 10:261-267.
STRICKLAND, J.D.H. e T.R. PARSONS. 1968. A pratical handbook of seawater analysis. Bull.Fish.Res.Bd.Canada, 167:173 pp.
STRICKLAND, J.D.H., D. HOLM-HANSEN, R.N. EPPLEY e R.J. LINN. 1969. The use of a deep tank in plankton ecology. 1.Studies of the growth and composition of phytoplankton at low nutrient levels. . Limnol. Oceanogr.,14:23-34.
TALLING, J.F. e D. DRIVER. 1961. Some problems in the estimation of chlorophyll a in phytoplankton. 10th Pac.Sci.Cong., Honolulu:142-146.
WAYNE NICHOLS, H. 1973. Growth media - freshwater. In: Stein, J.R. (ed.), “Culture methods & growth measurements” Handbook of phycological methods: 7-25. .

DISTRIBUZIONE DEGLI ELEMENTI IN TRACCIA NEL GOLFO DI TARANTO. Zn,Cu, Pb. Cd. Cr, V, Mo, Ni, Co, Hg, Mn. Fe. U, ^{226}Ra e ^{210}Po, NELLE ACQUE E NEL PARTICOLATO DELL'AMBIENTE MARINO COSTIERO E DEI FIUMI PRINCIPALI.

M. BRONDI, R. GRAGNANI. C. MIGNUZZI e C. ORLANDI

ENEA-PAS-SCAMB-Laboratorio di geochimica Ambientale -CRE CASACCIA 00100 ROMA.

SUMMARY

Environmental research activities nave been carried out by ENEA's Environniental Protection and Human Health Department in the Gulf of Tarante. Trace element distribution in water, in suspended particulate and in stream sediment of the most important rivers and in the coastal seawater have been studied by the Environmental Geochemistry Laboratory,

The aim of this research was to collect preliminary data on levels and pathways of circulation of some toxic, critical and essential trace elements to evaluate the contribute from natural and anthropogenic sources.

The results obtained in the study of distribution of Pb, Cd. Cu, Zn, Fe, Mn, Cr, Ni, Co, Mo, V, Mn, U, ^{226}Ra, ^{210}Po are presented and discussed.

In the seawater the SiO_2 content increases with depth; this is probably due to the uptake by phyto-plankton in the surface layer. The decreasing of Zn, Pb and Cd values with depth could be explained by the contamination of the surface water. In the particulate the correlations between Fe, Al, Mn and trace elements show that the particles are important scavengers of many trace metals.

INTRODUZIONE

Le ricerche sulla circolazione degli elementi in traccia nelle acque marine hanno ricevuto negli ultimi anni un impulso notevole.
La ricostruzione completa dei cicli geochimici e del comportamento degli elementi in natura non può infatti prescindere dalla conoscenza esaustiva di come gli elementi sono distribuiti e circolano nelle condizioni ampiamente variabili che si riscontrano nei diversi ambienti marini.

L'impiego di metodologie sempre più affidabili. e accurate, sia

ATTI 6° CONGRESSO A.I.O.L. – da Pag. 131 a Pag. 146

durante il campionamento che l'analisi, ha permesso di ottenere risultati sempre più prossimi a quelli che realmente competono ai processi naturali, anche se per numerosi elementi in traccia non si dispone di informazioni esaurienti sulla loro distribuzione e circolazione nel mare.

Anche nel nostro paese sono state effettuate ricerche sugli elementi in traccia nei mari italiani (Ambrosano E. ed Al., 1984; Aubert M. ed Al, 1980; Bernard M. e Renzoni A., 1977; Boniforti R.,1983 ; Boiniforti R. ed Al., 1884; Carli A. ed Al.. 1983; Damiani V. ed Al., 1983; Dell' Anna L. e Garavelli G.C.. 1972; De Rosa S. ed Al., 1983; Ferrara R. ed Al., 1983; Frache R. ed Al., 1976 e 1980; Frignani M. ed Al., 1978; Frignani M. e Giordani P., 1983;Seritti A. ed Al., 1980;) ma ancora insufficienti sono i dati raccolti per effettuare un bilancio di massa nell'area mediterranea.

La Divisione di Scienze Ambientali del Dipartimento Protezione Ambientale e Salute dell'Uomo (PAS-SCAMB) dell'ENEA, sta conducendo da diversi anni ricerche sull'ambiente marino per contribuire a colmare le lacune conoscitive esistenti per i mari italiani.

Nell'ambito di questa Divisione il Laboratorio di Geochimica Ambientale, che ha acquisito una notevole esperienza nelle ricerche sulla distribuzione degli elementi in traccia nei diversi mezzi ambientali con particolare riferimento alle acque naturali continentali , ha effettuato, in collaborazione con gli altri laboratori del PAS-SCAMB, lo studio degli elementi in traccia nel Golfo di Tarante.

L'impostazione del primo impegnativo lavoro del Laboratorio di Geochimica Ambientale sulle acque di mare ha tenuto conto della esperienza acquisita sulla geochimica degli elementi in traccia. Si è cercato soprattutto di ottenere dati., complementari tra di loro, relativi al particolato sospeso, alle acque marine ed alle acque dolci, dati capaci di fornire un quadro generale dei processi che regolano la circolazione degli elementi in traccia. Questo quadro è naturalmente incompleto soprattutto a causa del carattere preliminare e necessariamente limitato di questo primo studio del Laboratorio sulle acque marine italiane.

MATERIALI E METODI

L'analisi degli elementi in traccia nelle acque naturali risulta ancora oggi molto impegnativa a causa della permanenza costante di alcuni pericoli di contaminazione, nonostante la disponibilità in commercio di reattivi'molto puri, di materiali non inquinanti e la possibilità di disporre di laboratori con atmosfera controlla-

ta.

Per evitare alcuni inconvenienti che si possono verificarè a seguito del condizionamento e la conservazione del campione, sul luogo stesso di campionamento è stata effettuata una separazione-concentrazione in fase organica, degli elementi in traccia più critici, secondo le procedure riportate da Brondi ed Al.(1983).

L'acqua di mare è stata prelevata ad una profondità variabile tra 10 e 180 m., nell'ambito della batimetrica dei 200 m., con un campionatore Go-Flo teflonato, sostenuto da una corda di nylon e azionato da una messaggero ricoperto di teflon. La mappa di campionamento è riportata nella Fig. 1.

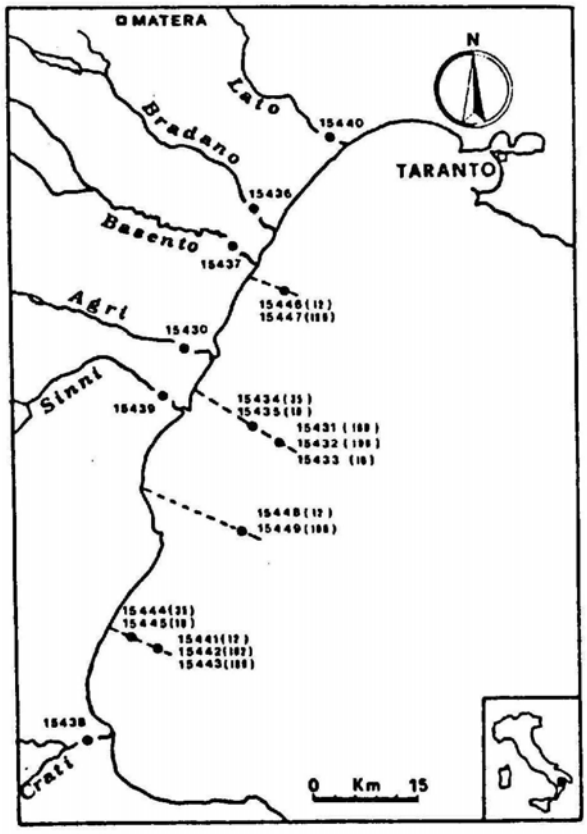
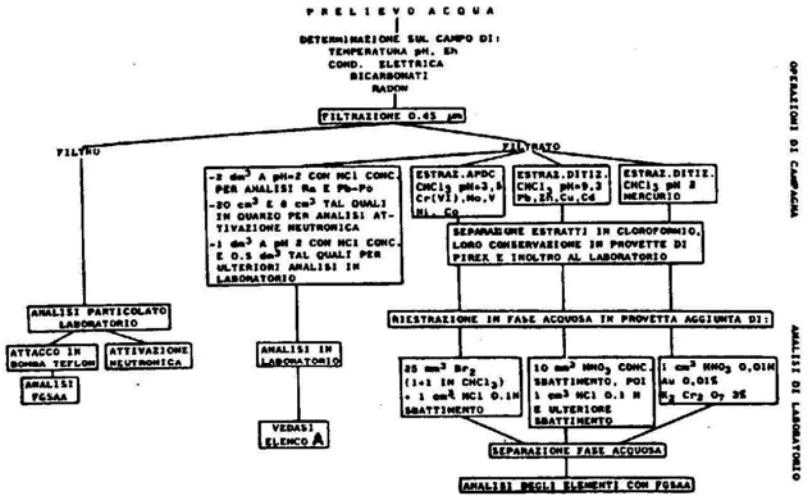


Fig. 1 - Mappa di campionamento.

I campioni di acqua sono stati filtrati a 0,45 mm su filtri prepesati e con il kit a pressione, da 500 ml, entrambi Millipore. Questo sistema offre una buona affidabilità contro la contaminazione sia dell'acqua che del particolato (Etcheber H. e Jouanneau J.M., 1980). Dopo filtrazione parte del campione di acqua è
alato conservato tal quale, mentre ad un'altra aliquota è stato aggiunto 1% di HC1 concentrato ultrapuro.

L'analisi dei costituenti maggiori, minori ed in traccia è stata completata in laboratorio secondo le procedure riportate nella Tabella 1.



ELENCO "A"

Ca, Mg, Na, K	Ass. At. fiamma o ICP
Li, Rb, Cs	Scansione della emissione di fiamma
Sr	Ass. At. fiamma o ICP
SO_4	Torbidimetria
SiO_2	Spettrofotometria soluz. bleu di Mo o Autoanalyzer
B	Spettrof.soluz. 1-1' diantrimide o Autoanalyzer
F	Elettrodo specifico o Spettrof.soluz.Alizarin compl.
NH_3	Elettrodo specifico o Autoanalyzer
$P-NO_3-NO_2$	Autoanalyzer
U	Separazione resine e fluorimetria
Ra	Det. ^{222}Rn in equilibrio mediante scintillazione
^{210}Pb ^{210}Po	Elettrodeposizione e spettrom. alfa
Se	Estraz.APDC-Se in $CHCl_3$,riestr.acqua e FGSAA
As	Estraz. AsH_3, conc.As in soluz.iodio e FGSAA
Fe, Mn	Estraz.ossichinolina in $CHCl_3$, riestraz.acqua e FGSAA o direttamente in FGSAA.

Tab. 1 - Schema delle procedure analitiche adottate.

L'analisi del particolato e dei sedimenti è stata eseguita in AAS o GFSAA dopo aver effettuato la dissoluzione totale del campione, ricorrendo.ad un primo attacco in bomba con $HC1O_4$. HNO_3 e HF, riprendendo successivamente 2 volte con HNO concentrato, evaporando a secco e quindi portando a volume con 2 cc HNO_3 conc. ed acqua bidistillata.

RISULTATI E DISCUSSIONE

Nella Tabella 2 sono riportate le analisi dei costituenti maggiori e minori. Le acque costiere esaminate hanno una composizione molto costante per tutti i parametri qui considerati con la sola eccezione della silice. Questa mostra un regolare incremento procedendo dalla superficie verso il fondo dovuta con molta probabilità allo sviluppo del fitoplancton negli strati più superficiali (Fig. 2).

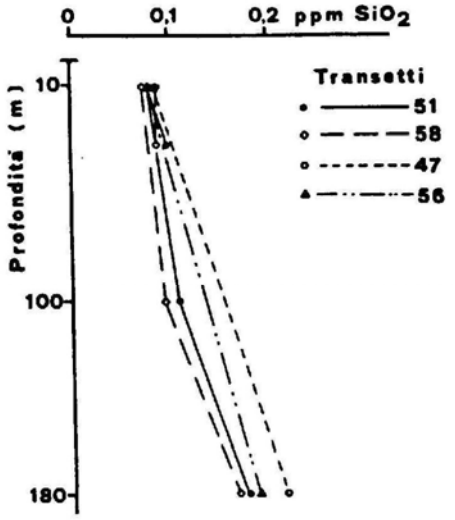


Fig. 2 - Distribuzione verticale della silice nelle acque marine costiere.

Tra i fiumi campionati il Grati è quello che presenta, probabilmente a causa di una circolazione idrica più rapida e alla abbondante presenza in questo bacino di formazioni metamorfiche e graniti, la più bassa salinità. Il fiume Lato mostra segni evidenti di ingressione marina nel punto di prelevamento.

Nella Tabella 3 sono riportati i risultati degli elementi in traccia nelle acque. Il tenore di ^{226}Ra per il campione 15433 è

ACQUE MARINE COSTIERE

N°Camp.	Prof.m.	Temp.°C*	pH+	Cond. $\Omega^{-1}cm^{-1}$	Ca^{++}	Mg^{++}	Na^{+}	K^{+}	HCO_3^{-}	SO_4^{-}	Cl	SiO_2	P_2O_5	F	B	NO_3^{-}	NO_2^{-}	NH_4^{+}	Sr	Li	Rb
					Eq/l							ppm								ppb	
15431	180	17,5	8,1	51-3	23-3	12-2	48-2	13-3	26-4	59-3	60-2	18-2	20-3	11-1	50-1	≤5-1	≤3-2	≤4-2	84-1	19+1	11+1
15432	100	17,0	8,1	53-3	24-3	12-2	47-2	13-3	26-4	58-3	60-2	11-2	24-3	97-2	50-1	≤5-1	≤3-2	≤4-2	82-1	19+1	12+1
15433	10	21,5	8,2	51-3	23-3	12-2	47-2	13-3	26-4	58-3	60-2	80-3	22-3	95-2	50-1	≤5-1	≤3-2	≤4-2	81-1	19+1	12+1
15434	35	20,0	8,1	53-3	24-3	12-2	47-2	13-3	26-4	58-3	60-2	10-2	22-3	99-2	50-1	≤5-1	≤3-2	≤4-2	82-1	19+1	12+1
15435	10	23,0	8,1	52-3	24-3	12-2	47-2	13-3	26-4	59-3	60-2	80-3	22-3	10-1	50-1	≤5-1	≤3-2	≤4-2	83-1	19+1	11+1
15441	12	21,0	7,8	52-3	23-3	12-2	48-2	13-3	27-4	59-3	62-2	76-3	28-3	11-1	50-1	≤5-1	≤3-2	≤4-2	83-1	19+1	11+1
15442	102	18,0	--	54-3	24-3	12-2	48-2	13-3	27-4	61-3	62-2	97-3	22-3	10-1	50-1	≤5-1	≤3-2	≤4-2	83-1	19+1	12+1
15443	180	15,0	7,8	55-3	24-3	13-2	48-2	14-3	27-4	61-3	62-2	17-2	24-3	10-1	50-1	≤5-1	≤3-2	≤4-2	82-1	19+1	11+1
15444	35	20,0	8,2	52-3	23-3	13-2	47-2	14-3	27-4	59-3	60-2	85-3	22-3	10-1	50-1	≤5-1	≤3-2	≤4-2	82-1	19+1	11+1
15445	10	20,0	--	53-3	23-3	13-2	47-2	14-3	27-4	58-3	60-2	85-3	24-3	10-1	50-1	≤5-1	≤3-2	≤4-2	82-1	19+1	11+1
15446	12	21,5	7,8	55-3	23-3	12-2	47-2	14-3	27-4	59-3	62-2	85-3	22-3	10-1	50-1	≤5-1	≤3-2	≤4-2	81-1	19+1	12+1
15447	180	15,0	8,0	55-3	23-3	12-2	47-2	14-3	27-4	61-3	60-2	22-2	22-3	10-1	50-1	≤5-1	≤3-2	≤4-2	82-1	19+1	11+1
15448	12	21,5	7,9	55-3	23-3	12-2	48-2	14-3	28-4	59-3	64-2	80-3	22-3	10-1	50-1	≤5-1	≤3-2	≤4-2	82-1	19+1	11+1
15449	180	14,5	8,0	55-3	23-3	12-2	48-2	14-3	27-4	59-3	62-2	19-2	24-3	10-1	50-1	≤5-1	≤3-2	≤4-2	81-1	19+1	12+1
ACQUE FLUVIALI																					
15430		23,0	7,5	74-5	24-4	20-4	23-4	12-5	21-4	30-4	16-4	30-1	12-3	23-2	15-2	43-2	12-3	36-3		13+0	≤1-0
15436		21,0	7,8	13-4	44-4	29-4	47-4	27-5	52-4	28-4	39-4	48-1	19-2	30-2	46-2	46-1	10-3	34-3		22+0	50-1
15437		22,0	7,9	80-5	41-4	17-4	27-4	15-5	44-4	22-4	20-4	45-1	66-3	25-2	28-2	40-1	38-2	27-3		13+0	≤1-0
15438		26,5	8,4	43-5	25-4	99-5	90-5	89-6	29-4	10-4	62-5	10-0	13-3	21-2	=	≤5-1	≤3-2	58-3		65-1	≤1-0
15439		19,0	7,8	59-5	32-4	20-4	96-5	60-6	35-4	15-4	70-5	79-1	20-4	13-2	13-2	11-1	25-3	25-3		10-0	≤1-0
15440		25,0	7,6	15-3	12-3	30-3	11-2	33-4	41-4	13-3	15-2	85-1	13-3	61-2	13-1	92-1	18-2	79-3		50-0	20-0

Tab. 2 - Analisi dei costituenti maggiori e minori. I dati sono espressi in virgola mobile, le prime cifre rappresentano il valore, l'ultima l'esponente col suo segno ($51\text{-}3 = 51 \cdot 10^{-3}$).

* - La temperatura è stata misurata in superficie nel campionatore.

ACQUE MARINE COSTIERE

N°Camp.	Data	Zn	Cu	Pb	Cd	Cr^{+6}	As	Se	V	Mo	Ni	Co	U	Hg
							µg/l							ng/l
15431	11.6.83	=	31-2	13-2	80-3	10-2	13-1	20-4	11-1	65-1	75-2	15-3	29-1	=
15432	11.6.83	14-1	32-2	12-2	38-3	90-3	12-1	35-4	12-1	72-1	65-2	14-3	26-1	65-1
15433	11.6.83	=	26-2	13-2	60-3	12-2	10-1	35-4	12-1	77-1	85-2	15-3	30-1	65-1
15434	11.6.83	13-1	25-2	=	50-3	10-2	10-1	35-4	11-1	70-1	10-1	20-3	27-1	15-1
15435	11.6.83	13-1	35-2	=	=	11-2	11-1	35-4	11-1	75-1	90-2	16-3	31-1	72-1
15441	20.6.83	14-1	23-2	15-2	13-3	80-3	96-2	35-4	98-2	75-1	50-2	16-3	32-1	52-1
15442	20.6.83	14-1	24-2	11-2	12-3	90-3	92-2	=	85-2	74-1	75-2	12-3	30-1	48-1
15443	20.6.83	72-2	15-2	60-3	80-4	85-3	11-1	20-4	14-1	65-1	62-2	16-3	30-1	48-1
15444	20.6.83	81-2	=	10-2	10-3	92-3	80-2	40-4	97-2	85-1	65-2	25-3	30-1	59-1
15445	20.6.83	83-2	34-2	10-2	11-3	85-3	16-1	20-4	76-2	85-1	62-2	20-3	31-1	70-1
15446	30.6.83	14-1	27-2	15-2	=	11-2	18-1	20-4	65-2	83-1	11-1	=	31-1	≤5-1
15447	30.6.83	68-2	17-2	10-2	90-3	75-3	15-1	25-4	10-1	83-1	47-2	12-3	29-1	≤5-1
15448	1.7.83	=	25-2	=	=	90-3	11-1	20-4	28-2	81-1	85-2	38-3	32-1	48-1
15449	1.7.83	11-1	17-2	=	62-3	70-3	11-1	25-4	30-2	75-1	75-2	80-4	28-1	48-1

ACQUE FLUVIALI

15430	10.6.83	19-1	50-2	60-3	20-3	11-2	16-2	17-3	20-2	90-2	13-1	90-3	12-1	≤5-1
15436	13.6.83	10-1	45-2	80-3	28-3	50-3	14-1	55-4	11-1	10-1	18-1	13-2	19-1	≤5-1
15437	13.6.83	98-2	43-2	60-3	18-3	45-3	84-2	10-3	81-2	90-2	22-1	15-2	10-1	≤5-1
15438	14.6.83	76-2	42-2	11-2	36-3	10-2	11-1	55-4	66-2	80-2	85-3	32-3	78-2	≤5-1
15439	15.6.83	60-2	27-2	50-3	11-3	25-2	16-2	11-3	16-2	10-1	62-3	17-3	72-2	48-1
15440	15.6.83	77-1	11-1	11-2	72-3	15-2	16-1	15-3	10-1	22-1	12-1	12-2	23-1	16-1

Tab. 3 - Analisi dei costituenti in traccia. I dati sono espressi in virgola mobile, le prime cifre rappresentano il valore l'ultima l'esponente col suo segno ($42\text{-}1 = 42 \cdot 10^{-1}$).

risultato di 0,05 pCi/1 e nei campioni 15438 e 39 di < 0,04 pCi/1;il tenore di ^{210}Po nel campione 15431 è risultato di 0,081 pCi/1 e nei campioni 15438 e 39 rispettivamente di 0,035 e 0,051 pCi/1.

I tenori di Zn, Cu, Pb, Cd, Cr $^{(IV)}$, Se, Co, U e Hg riscontrati nei fiumi Crati, Sinni, Agri, Basento e Bradano risultano nel complesso bassi e rientrano nei valori normali delle aree a basso livello di contaminazione. I risultati ottenuti sono molto simili a quelli riscontrati nei principali fiumi italiani da Brondi ed Al. (1981); soltanto l'As e il V sono risultati sensibilmente più elevati (in questo campionamento).Il fiume Lato ha mostrato tenori più elevati di Zn (7,7 .ug/1) e Cu (1,1 .ug/1) a causa probabilmente di modesti episodi d'inquinamento.

Per il mare i dati raccolti debbono essere considerati preliminari e in assenza di dati sicuri di riferimento considerazioni approfondite, sia sui cicli geochimici degli elementi studiati che sulla situazione ambientale, non possono essere affrontati in questa sede. Tuttavia è interessante sottolineare che nella distribuzione verticale, pur nei limiti di una certa variabilità orizzontale dei tenori, c'è una leggera diminuzione del contenuto di Cu, Pb, e subordinatamente Zn con 1'aumentare della profondità (Fig.3). Questo andamento se confermato, potrebbe essere messo in relazioni ai fenomeni di contaminazione che si verificano alla superficie del mare.

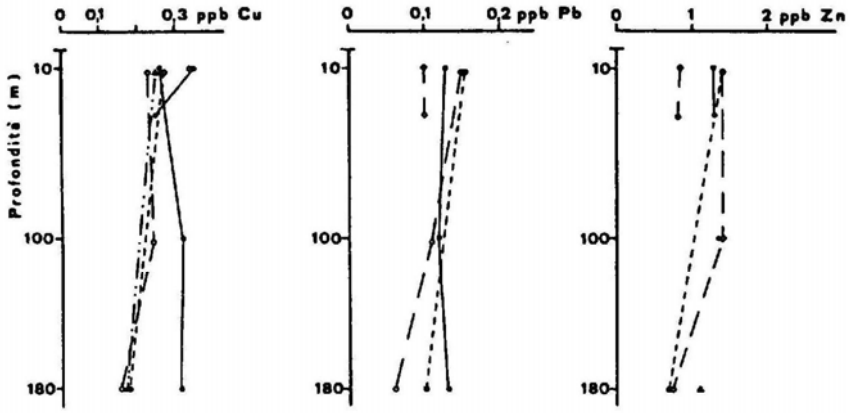


Fig. 3 - Distribuzione verticale di Cu, Pb e Zn nelle acque marine costiere.

Dal confronto dei risultati delle acQua.iaapi.ne con quelle fluviali si osserva che i tenori di Zn, Cr $^{(IV)}$, As, V e Co sono molto simili nei due tipi di acque; quelli di U, Pb, Cd e Hg nelle acque costiere sono in genere leggermente superiori a quelle dei fiumi mentre il contrario avviene per Cu e Se; molto elevato è viceversa il contenuto di Mo dell'acqua di mare a causa della sua maggiore mobilità geochimica, che comporta un tempo di residenza più lungo.

Nella Tabella 4 sono riportati i tenori degli elementi analizzati nel particolato, espressi in µg/1 B corretti per i valori dei bianchi.

I tenori assoluti, espressi in µg, riscontrati nei bianchi dei filtri; del peso medio di 330 mg, sottoposti alle stesse procedure di attacco dei campioni sono stati i seguenti; Zn 1, Cu 0,2; Pb 0,03; Cr 1,5; Ni 1; Co 0,01; Fe 0,6; Mn 0,2; As 0,03; V 0,05; Cd 0,005; Al 11 e Mo < 0,05. Alcuni di questi tenori anche se bassi in assoluto potrebbero rappresentare una percentuale rilevante nei casi in cui la quantità assoluta di elementi nei campioni analizzati fosse molto bassa. Di conseguenza alcuni risultati qui presentati vanno ritenuti indicativi e per eventuali conferme sarà necessario raccogliere una maggiore quantità di particolato per ogni campione.

In generale il contenuto di elemento trasportato col particolato cresce con 1'aumento di quest'ultimo. Ciò giustifica in parte i più elevati delle acque dei fiumi rispetto a quelli del mare, ma alcune differenze sono comunque imputabili alle diverse condizioni dei due ambienti considerati.

Va sottolineato che col campione 15431 è stato raccolto del sedimento, rimobilizzato dal fondo; mentre il campione 15440 del fiume Lato, a causa dell'ingressione marina, può presentare caratteri di transizione tra 1'ambiente marino e quello fluviale.

Nella Tabella 5 sono riportati i tenori degli elementi analizzati, espressi in ppm.

Nel particolato marino, i tenori di Al, Fé e Mn sono inferiori a quelli del particolato e sedimenti fluviali; mentre al contrario, i tenori di Cr. Ni e Mo sono molto più elevati.

Nella figura 4 è riportato il diagramma di correlazione tra i tenori di Fe e Mn nel particolato e nei sedimenti. Nel primo i due elementi appaiono fortemente correlati mentre un po' più dispersi sono i punti rappresentativi del sedimenti. Nel particolato Fe e Mn appaiono quindi coinvolti negli stessi processi a causa di un comportamento geochimico molto simile. Le stesse osservazioni sono valide anche per Fe e Al e in genere per Fe e V.

La posizione dei campioni nel diagramma non sembra dipendere ne dalla profondità ne dalla posizione delle stazioni di campionamento.

PARTICOLATO ACQUE MARINE

N°Camp.	Al	Fe	Mn	Zn	Cu	Pb	Cd	Cr	As	V	Mo	Ni	Co	Quantità Filtrata l	Peso del Particolato mg
							µg/l								
15431	1296	810	17,0	2,90	0,60	0,67	0,026	3,7	0,54	3,2	0,33	3,7	1,06	3	36,7
15432	53	47,3	0,95	1,00	0,027	0,13	0,012	2,2	0,016	0,12	0,29	1,52	0,12	4	6,5
15433	10,5	11,8	0,22	0,51	0,065	0,097	0,006	1,41	0,012	0,027	0,31	1,60	0,12	6	4,9
15434	82,2	34,8	1,27	1,18	0,055	0,087	0,011	1,65	0,020	0,165	0,13	1,32	0,20	4	5,7
15441	11,6	16,3	0,26	1,45	0,066	0,056	0,006	0,99	0,018	0,036	0,049	0,297	0,033	3	4,7
15442	23,0	32,8	0,56	1,19	0,033	0,036	0,004	0,99	0,015	0,056	0,18	1,39	0,050	3	6,0
15443	78,6	59,2	1,22	1,02	0,033	0,056	0,004	1,93	0,021	0,25	0,21	0,79	0,106	3	9,5
15444	61,3	46,0	0,92	1,41	0,066	0,043	0,004	1,60	0,018	0,125	0,14	0,56	0,056	3	5,9
15445	45,6	36,1	0,56	1,12	0,11	0,030	0,005	1,33	0,023	0,092	0,15	0,53	0,069	3	6,6
15446	8,3	16,0	0,22	1,03	0,027	0,024	0,004	1,35	0,009	0,027	0,13	0,57	0,043	3,75	6,2
15447	13,3	13,3	0,30	0,62	0,027	0,024	0,003	0,49	0,0054	0,038	0,06	0,27	0,027	3,75	7,5
15448	49,9	72,7	1,10	1,75	0,043	0,149	0,008	1,35	0,014	0,113	0,11	0,38	0,067	3,75	9,3
15449	10,1	13,3	0,21	0,75	0,046	0,094	0,003	0,76	0,0040	0,027	0,09	0,27	0,024	3,75	5,0
PARTICOLATO ACQUE FLUVIALI															
15430	2908	2376	45,2	5,6	1,34	1,60	0,048	8,60	0,50	7,6	0,26	5,4	1,52	1	28,4
15436	438	583	13,4	2,9	0,34	0,51	0,016	1,40	0,18	2,23	0,13	1,0	0,61	1	16,0
15437	2062	2200	42,4	6,8	1,34	1,10	0,012	1,80	0,68	8,32	0,24	4,4	2,3	1	30,8
15438	133	154	29,6	1,56	0,12	0,116	0,007	1,36	0,03	0,256	0,072	0,52	0,11	2,5	6,6
15439	368	219	8,3	1,14	0,17	0,188	0,008	0,68	0,037	0,85	0,085	1,48	0,28	1,75	7,2
15440	80,5	51	11,9	0,63	0,17	0,43	0,010	0,23	0,040	0,37	0,080	0,96	0,19	1,75	15,1

Tab. 4 - Tenore degli elementi maggiori, minori e in traccia contenuti nel particolato di un litro di acqua.

N°Camp.	Al	Fe	Mn	Zn	Cu	Pb	Cd	Cr	As	V	Mo	Ni	Co
	%							ppm					
PARTICOLATO ACQUE MARINE													
15431	5,29	3,29	704	117	25,3	27,2	1,06	149	21,8	131	13,3	152	43
15432	3,26	2,92	585	616	16,9	83,2	7,69	1386	10,0	75	176,9	939	74
15433	1,29	1,41	265	612	77,5	116,3	7,96	1693	14,3	33	367,4	1917	139
15434	5,74	2,43	889	820	38,4	61,1	7,85	1151	14,0	115	188,5	924	140
15441	0,74	1,05	170	932	42,4	36,0	3,84	637	11,7	23	31,8	190	21
15442	1,16	1,65	282	598	16,6	18,3	1,92	498	7,5	28	91,3	697	25
15443	2,49	1,89	390	327	10,5	17,9	1,39	612	6,8	79	66,5	253	34
15444	3,12	2,37	476	731	34,0	22,1	1,95	815	9,4	65	74,8	289	29
15445	2,07	1,65	257	513	49,8	13,6	2,09	604	10,6	42	67,9	241	32
15446	0,50	0,95	128	608	16,0	14,4	2,21	800	5,6	16	80,0	336	26
15447	0,67	0,66	147	307	13,3	12,0	1,54	240	2,7	19	30,7	133	13
15448	2,01	2,89	441	699	17,2	59,0	3,13	537	5,6	45	45,1	150	27
15449	0,77	1,00	161	564	34,3	70,6	2,32	564	3,0	20	70,0	201	18
PARTICOLATO ACQUE FLUVIALI													
15430	5,11	4,17	793	98	23,5	28,0	0,85	151	8,7	133	4,6	95	27
15436	2,74	3,64	837	181	21,2	31,9	0,99	87	11,2	139	8,1	62	38
15437	3,35	3,57	689	110	21,8	17,9	0,19	29	11,0	136	3,9	71	37
15438	5,01	5,83	11180	589	45,3	44,0	2,57	513	11,3	97	27,0	196	44
15439	8,96	5,34	2015	278	41,7	45,9	1,90	167	9,0	208	20,8	361	69
15440	0,93	0,59	1386	73	19,8	49,5	1,12	26	4,6	43	9,4	112	22
SEDIMENTI FLUVIALI													
15430	5,43	3,30	1177	79	22,7	12,0	0,16	67	5,4	67	1,14	58	11
15436	4,86	2,83	840	56	18,3	11,3	0,15	72	7,3	67	0,66	71	11
15438	6,34	4,12	918	82	17,7	11,5	0,12	67	3,2	68	2,0	44	12
15439	4,40	3,28	965	73	22,4	6,6	0,11	100	3,2	56	0,54	94	11

Tab. 5 - Tenori dei costituenti maggiori, minori ed in traccia nel particolato delle acque marine e fluviali e dei sedimenti fluviali.

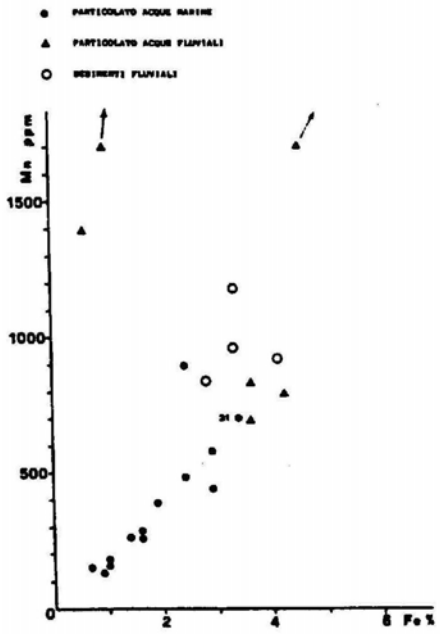


Fig. 4 – Diagramma di correlazione Fe-Mn.

Tutto ciò porta a supporre che le particelle costituite da Fe, Al e Mn che hanno le massime concerrtrazioni nei sedimenti fluviali, possano subire dei processi che tendono a spostarli verso 1'origine dei diagrammi. L"analisi di alcuni costituenti maggiori, della sostanza organica, 1'analisi mineralogica e morfologica del particolato potrebbero probabilmente permettere di spiegare più compiutamente gli andamenti osservati.

I tenori di Cr e Ni nel particolato marino, sono abbastanza ben correlati con quelli di Fe e Mn e risultano molto arricchiti rispetto a quelli fluviali e ai sedimenti. Le stesse osservazioni sono valide anche nei confronti del Pb.

Le considerazioni svolte sottolineano 1'importanza del ruolo del particolato nel controllo della circolazione degli elementi in traccia nelle acque in genere e in quelle marine in particolare.

CONCLUSIONI

E' stato effettuato lo studio sulla distribuzione di molti elementi in traccia nel particolato, nelle acque marine costiere, nella acque dolci e nei sedimenti fluviali adattante le procedure e metodologie messe a punto, per le acque continentali, in molti anni di attività di ricerca del Laboratorio di Geochimica Ambien-

tale dell'ENEA. Le procedure seguite, salvo piccoli aggiustamenti, non hanno mostrato inconvenienti nell'analisi delle acque marine.

I tenori in traccia nelle acque dei fiumi Bradano, Basente, Agri, Sinnì e Orati rientrano nei valori normali delle acque a basso livello di contaminazione mentre quelle del fiume Lato risultano interessate da apprezzabili processi d'inquinamento per Cu e Zn. Il contenuto degli elementi in traccia nei sedimenti analizzati conferma quanto precedentemente esposto.

Dal confronto con i dati ottenuti per i sedimenti qui studiati e quelli del fiume Ofanto (Ferretti ed Al., 1983), emerge una forte differenza nel tenore medio di AB che è di 4,77 ppm nei fiumi tributari del mare Ionio e di 65 ppm per l'Ofanto. Questa differenza appare per il momento ancora problematica perchè, con la sola eccezione del fiume Grati, le differenze litologiche per le due aree confrontate non appaiono tali da giustificare le differenze riscontrate per i tenori di As. Se si esclude la parte terminale del fiume Ofanto, interessato dalla presenza delle vulcaniti del Vulture, le formazioni litologiche argilloso-marnoso-arenacee sono le più rappresentative nelle due aree confrontate .

Lo studio effettuato sul particolato ha permesso di mettere a punto alcune tecniche operative capaci di migliorare qualitativamente i risultati in questo tipo di studi.

I tenori di elementi in traccia nelle acque marine costiere sono risultati più bassi di quelli riportati in precedenti ricerche sui mari italiani. L'elaborazione di questi dati, anche se preliminari, ha permesso di individuare alcuni possibili processi, suscettibili di essere confermati e meglio definiti ricorrendo all'impiego di tecniche complementari, che saranno utili pegiungere ad una ricostruzione dei cicli geochimici degli elementi in traccia nell'area studiata.

RINGRAZIAMENTI

Gli autori ringraziano il Prof. M. Dall'Aglio per i suggerimenti ricevuti nella impostazione di questo lavoro e per la lettura critica del manoscritto.

BIBLIOGRAFIA

Ambrosano E., Ballarin G., Basile A, Ciavolella P., Damiani S., De Rosa S.,De Simone R., Izzo G., Massimino U., Moda S., 1984 - Indagini svolte lungo le coste pugliesi nell'ambito del contratto ENEA del 22.11.1983. Rapporto finale.

Aubert M., Revillon P., Flatau G., Breittmayer J.P., Aubert J., 1980 - Metaux louds en Mediterranèe - Revue International d'Océanographie Medical, Tome LVI, LVII, pp. 304.

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

Boniforti R., 1983 - Metalli in traccia in acqua, particellato e sedimenti tra Capo Circeo e risola d'Ischia. - Un esempio di analisi del sistema marino-costiero da Capo Circeo all'Isola d'Ischia - ENEA, Serie Simposi, 97-124.

Boniforti R., Ruggiero R.. Ferraroli R., Heltai D., 1984 - Distribuzione degli elementi in traccia nel Golfo si Taranto. Determinazione di Fe, Ni, Mn, Cu, Co, Cr. Ca. Sr e Ba nella zona antistante la foce del Fiume Sinni. Atti del 6° Congresso della A.I.O.L., in stampa. Livorno 12-14 Aprile 1984.

Brondi M., Dall'Aglio M., De Cassan P., Chiara E., Mignuzzi C., Orlandi C., Paganin G., 1981 - Distribuzione di Piombo, Zinco, Rame, Cadmio, Cromo, Arsenico, Selenio, Ferro, Manganese, Vanadio, Molibdeno, Uranio e Radio nelle acque dei più importanti fiumi italiani. Rend. Soc. It. Min. Petr. 37 (2), 967-978.

Brondi M., Dall'Aglio M., Chiara E.. Gragnani R., 1984 - Analysis of trace elements in naturai waters - Proceedings of"Chemistry in Ecology" - In Stampa.

Carli A., Chiapperini D., Pane L., Valente T., Vignola S., 1983 - Variazioni stagionali della concentrazione di ioni metallici nel Golfo di Genova: determinazione di cobalto, cromo, ferro, manganese, nickel e vanadio - Atti 5° Congresso dellaA.I.O.L., 239-250.

Damiani V., De Rosa S., Ferretti O., Zurlin G., 1983 - Caratterizzazione sedimentologica, mineralogica e geochimica dei sedimenti marini costieri tra Capo Circeo e risola d'Ischia. - Un esempio di analisi ecologica del sistema marinocostiero da Capo Circeo ali'Isola d'Ischia - ENEA, Seri Simposi. 77-95.

Dell'Anna L., Garavelli G.C., 1972 - Notizie mineralogiche e chimiche sui sedimenti attuali del golfo di Tarante. - Geol.Appl. e Idrogeol., 7, 101-124.

De Rosa S., Damiani V., Serena F., 1983 - Studio dei sedimenti del Golfo di Pozzuoli: 2) Livelli di contaminazione da metalli pesanti - Atti 5° Congresso della A.I.O.L., 437-447.

Etcheber H. and Jouanneau J.M., 1980 - Comparison of the different methods for the recovery of suspended matter from Estuarine Waters: deposition, filtration and centrifugation; consequences for thè determination of some Heavy Metais.- Estuarine and Coastal Marine Science, 11, 701 - 707.

Ferrara R., Petrosino A., Scritti A., Barghigiani C., Morelli E., Maserti E., Torti M., 1983 - Ciclo biochimico del mercurio nel mediterraneo: livelli e speciazione nelle acque e nell'atmosfera di una zona campione. - Atti del 5° Congresso della A.I.O.L., 495-504.

Ferretti O.. Chiara E., Gragnani R., Mignuzzi C., 1983 - Distribuzione degli elementi in traccia nel bacino del fiume Ofanto (Italia Meridionale) e caratterizzazione mineralogica e granulometrica dei sedimenti - Rend. Soc. It. Min. Petr., In stampa - Palermo 17-19 ottobre 1983.

Frache R., Baffi F., Dadone A., Zanicchi G., 1976 - The determination of heavy metais in the Ligurian Sea. I, The distribution of Cu, Co, Ni and Cd in surface Waters - Mar. Chem. 4: 365 - 375.

Frache R., Baffi F., Dadone A., Scarpóni G., Dagnino I., 1980-The determination of heavy metais in the Ligurian Sea. II. The geographical and vertical distribution of Cd, Cu and Ni -.Deep-Sea Research, Voi, 27A, 1079-1082.

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

Frignani M., Giordani P., 1983 - Metalli pesanti in sedimenti antichi e recenti dei mari italiani. - Atti del 5° Congresso della A.I.O.L., 525-534.

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

INQUINAMENTO COSTIERO ALLA FOCE DEL FIUME TEVERE:

RISULTATI DI UN'INDAGINE INTERDISCIPLINARE.

T. LA NOCE, R. PAGNOTTA, M. PETTINE & A. PUDDU

C.N.R. - Istituto di Ricerca sulle Acque, Roma

SUMMARY

The results of a study on the mouth of the Tiber river and surrounding coastal area carried out by the Water Research Institute of the Italian Research Council are reported.

Hydrodynamic behaviour of the plume is shown, as well as tropic conditions of the investigated area, toxicant compounds pollution n (heavy metals and organochlorinated) and microbiological effects. Chemical and microbiological characterization of sediments are also discussed.

The river impact on the ecosystem is evaluated on the basis of the behaviour of autotrophic biomasses, planktonic and & benthonic organisms, and fish caught by beam trawl.

The levels of heavy metals and chlorinated hydrocarbons in marine organisms and the genetic variations caused by differences in water quality are also considered.

Thus the acquired information allows to estimate the Tiber discharge effects on coastal marine ecosystem connected with eutrophication, toxicity and pathogenicty.

INTRODUZIONE.

Tra i problemi della conservazione delle risorse idriche, quello del deterioramento delle acque costiere è andato assumendo, negli ultimi anni, una rilevanza sempre maggiore.

La necessità di individuare idonee strategie di interventi per il mantenimento ed il recupero della qualità degli ambienti marini costieri ha dato il via ad una serie di programmi di ricerca che si sono sviluppati sia a livello nazionale che sulla base di collaborazioni scientifiche internazionali.

L'indagine in oggetto si inserisce in tale problematica avendo lo scopo di fornire e di verificare le metodologie per la descrizione dell'impatto di un fiume sulla zona costiera antistante la sua foce e di fornire una base conoscitiva sulla quale impostare misure di prevenzione e di controllo dell'inquinamento.

A tale scopo è stata prescelta come oggetto dell'indagine la fo-

ATTI 6° CONGRESSO A.I.O.L. – da Pag. 147 a Pag. 156

ce del fiume Tevere e la zona ad essa circostante in quanto, per la sua morfologia, caratteristica dell'area mediterranea.

METODOLOGIA DI INDAGINE

Nell'impostazione della ricerca sono stati individuati tre aspetti fondamentali:
- stima della quantità di sostanze trasportate dal Tevere a mare; modalità di distribuzione nell'ambiente costiero delle suddette sostanze ;

- analisi degli effetti in relazione ai principali usi delle acque marine.

All'esecuzione dell'indagine, coordinata dall'Istituto di Ricerca sulle Acque, hanno collaboràto differenti istituzioni scientifiche. In Tab , 1 sono riportati i parametri oggetto di indagine, le caratteristiche ambientali osservale e le istituzioni partecipanti, mentre in Fig- 1 è riportata l'area studiata..

SINTESI DEI RISULTATI OTTENUTI

Una sintesi dei risultati ottenuti ntìi corso dell'indagine presentati in esteso in un rapporto dall'Istituto di Ricerca sulle Acque (I.R.S.A., 1983), viene riportata nel se guito.

Carichi inquinanti trasportati dal Tevere

Il Tevere convoglia a mare, con una portata media di circa 230 m^3/s, le acque provenienti da un bacino idrografico di circa 17.000 Km^2. In tale bacino, utilizzato per oltre il 50% della sua estensione per uso agricolo, vivono circa 4,5 milioni di abitanti concentrati per circa il 70% nella città di Roma.

L'immissione nel Tevere delle acque reflue provenienti dalla città di Roma, al momento dell'indagine in gran parte non trattate, e del fiume Aniene, un affluente altamente inquinato, porta ad un rapìdo deterioramento della qualità delle acque a valle di Roma.
Considerata la breve distanza tra queste immissioni e la foce del fiume (circa 50 km), la riduzione del carico inquinante per autodepurazione non può che essere scarsa. Conscguentemente il carico inquinante trasportato dal fiume in mare è elevato (Tab. 2),in particolar modo per quelle sostanze come i composti dell'N e del P e la sostanza organica che sono più propriamente di origine urbana (Pettine et al.1983). Il confronto fra il carico inquinante proveniente dal Tevere e quello trasportato nella stessa zona costiera da piccoli corsi d'acqua, scarichi urbani, agricoli e, in qualche caso, industriali, mostra come quest'ultimo sia in termini relativi trascurabile costituendo meno del 4% degli apporti totali.

TAB. 1 - Parametri e caratteristiche ambientali oggetto di indagine

A. Parametri che descrivono le caratteristiche generali dell'area di indagine.

- Condizioni idrografiche: temperatura, salinità, ossigeno disciolto e trasparenza.
- Condizioni dinamiche: ondametria, correntometria, telerilevamento da aereo e da satellite (1).
- Caratterizzazione fondali marini (2).

B. Parametri relativi a condizioni di eutrofizzazione.

- Nutrienti: inorganici (composti di N, P e Si) ed organici (assorbanza UV e TOC) in acqua e sedimento (2).
- Biomasse: clorofilla a , densità di fitoplancton ed ATP cellulare.

C. Parametri microbiologici.

- Indicatori di contaminazione fecale e flora microbica autoctona in acqua (3) e sedimento (3).

D. Sostanze tossiche.

- Tossici inorganici: metalli pesanti in acqua (3), sedimento (3), ed organismi marini (4).
- Tossici organici: composti organo clorurati in acqua (3), sedimento (3) ed organismi marini (4).

E. Caratterizzazione biologica dell'ecosistema.

- Organismi fito e zooplanctonici (5), fauna bentonica (4)(6) e nektonica (7).

In collaborazione con: (1) Istituto di Geofisica della Litosfera - C.N.R., Milano; Telespazio S.p.A., Roma; (2) Istituto di Geologia Marina - C.N.R., Bologna; (3) Istituto di Igiene - Università La Sapienza, Roma; (4) Istituto di Anatomia Comparata - Università di Siena; (5) COIPA - Roma; (6) Istituto Zoologia - Università La Sapienza, Roma; (7) Laboratorio Centrale di Idrobiologia di Roma.

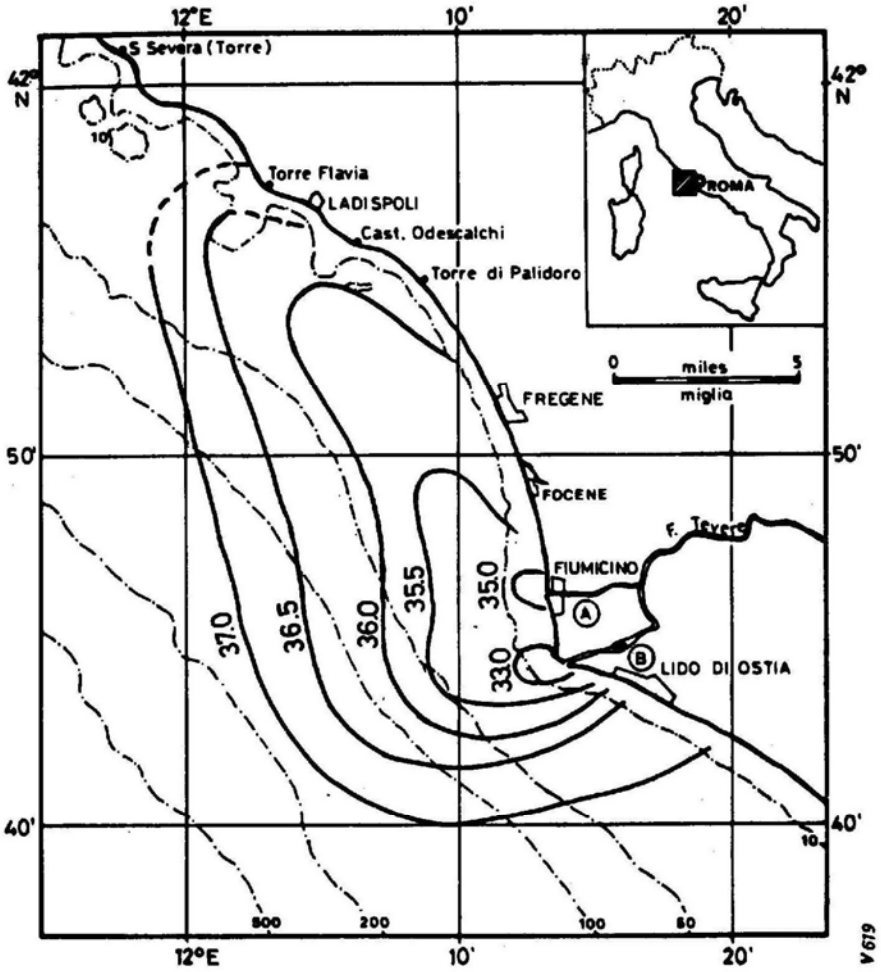


Fig. 1 - Zona costiera prospiciente la foce del fiume Tevere. Le curve di isoconcentrazione indicano lo andamento superficiale medio della salinità (g/l) nel periodo ottobre 1975-ottobre 1979.

TAB. 2. Carico inquinante veicolato dal Tevere in mare misurato nel periodo 1976 - 1979 (I.R.S.A., 1983). I dati relativi a BOD e COD sono relativi ad altro periodo (I.R.S.A., 1978).

PARAMETRO	CARICO (T/a)
$N - NH_3$	10.300
$N - NO_2$	570
$N - NO_3$	13.460
$N_{tot\ inorg}$	24.330
$P - PO_4$	1.710
$Si - SiO_2$	37.900
Cd	1,6
Hg	1,4
BOD	60.000
COD	160.000

Caratteristichete idrodinamiche e sedimentologiche

Le caratteristiche idrodinamiche delle acque costiere antistanti la foce del Tevere, ricavate sulla base di misure di correntometria, di temperatura, di salinita nonchè attraverso riprese multispettrali dal satellite Landsat e riprese nell'infrarosso ter mico da aereo (Todisco, 1983), mostrano come l'acqua dolce sfoci in mare e formi uno strato superficiale avente la forma di due pennacchi o" plumes". Le correnti costiere non sembrano influenzare fortemente la direzione di flusso dei due pennacchi dal momento che essi continuano a fluire nella stessa direzione dell'asse del fiume per circa 3 miglia.

Con l'aumentare delIa distanza dalla foce il confine tra "plume " e acqua marina circostante scompare e l'acqua di origine . fluviale si mescola con quella marina seguendo le correnti superficiali locali aventi direzione SE-NW.

Per quanta riguarda le caratteristiche sedimentologiche, l'analisi dei dati granulometrici e di quelli chimici ha permesso di caratterizzare le varie unità morfologiche, rappresentate da spiaggia sommersa, zona di transizione, fronte del delta, pendio di prodelta e piattaforma continentale. I dati ottenuti mostrano che come il carico di sostanze solide in uscita dal Tevere influenzi aree limitate del fronte del delta, dove si hanno deposizioni dirette o indirette dei limi fluviali in periodi in cui il regime del fiume e in magra (Bortolozzi et.al, 1982).

Da misure di salinitit., infine, si e potuto stimare in circa 400

km^2 l'area costiera interessata dagli apporti del fiume Tevere (Fig.1) .

Condizioni trofiche

La quantità di nutrienti trasportati dal fiume a mare si distrbuisce nelle acque costiere superficiali in modo inversamente proporzionale all'andamento della salinita. Nell'area a Sud della foce vi e una brusca diminuzione nel livello medio di nutrienti, non essendosi riscontrata quasi mai in tale zona la presenza di acque fluviali; in quella a Nord, ove generalemnte si e riscontrata la pre senza del "plume" fluviale, la diminuzione e piu graduale. I livelli medi annuali di azoto inorganico, ortofosfato e silicati variano da 14 a 800 mg N/m^3, da 3 a 60 mg P/m^3 e da 50 a 1.200 mg Si/m^3 rispettivamente. I valori medi annuali piu bassi, che si riferiscono alle stazioni piu lontane dalla influenza fluviale, rientrano nell'intervallo di concentrazione tipico delle acque oligotrofiche del Mediterraneo. Al contrario, Ie stazioni piu sottocosta, caratterizzate da piu alti valori di nutrienti, mostrano una influenza piu marcata del fiume con valori di azoto e fosforo che indicano u na situazione tendente all'eutrofizzazione (Blundo et al, 1978).

Anche i sedimenti sottostanti quest'area mostranol massimi vale ri di nutrienti sia in forma organica (carbonio e fosforo) cheinor ganica (ammoniaca e silicati).Nel periodo di indagine comunque non estate osservato alcun fenomeno esteso di eutrofizzazione, ma solo sporadiche fioriture algali transitorie e localizzate; il confron to tra i valori trovati e quelli proposti dall'Organizzazione Mondiale per la Sanita (WHO, 1979), che forniscono i criteri corrispondenti a condizioni inaccettabili di eutrofizzazione (trasparenza <3 m, clorofilla> 10 mg/m^3; n° cellure algali/l > $2x10^6$), porta in fatti a concludere come questi standard siano superati solo sporadicamente nell'area studiata.

Inquinamento da tossici

L'indagine e stata condotta analizzando differenti elementiinor ganici (metalli) e due composti organici clorurati, esaclorobenzene (HCB) e policlorodifenili (PCB).

Per quanta riguarda i metalli i livelli medi di Hg e Cd (0,1 e 0,2 mg/m3), elementi che hanno mostrato Ie maggiori deviazioni rispetto ai valori naturali, sono nell'area immediatamente vicina alle due foci all'incirca doppi di quelli riscontrati nella zona co stiera piu distante (rispettivamente 0,05 e 0,1 mg/m3). I valori piu alti trovati per il Cd e il Hg approssimano le concentrazioni minime di rischio per questi metalli nei confronti della vita acquatica. Nei sedimenti il cadmio e presente, in concentrazioni va-

riabili tra 1 e 2 mg/kg, con un andamento pressochè uniforme. Il mercurio tende invece ad accumularsi nei sedimenti, nelle zone piu distanti dalla foce, dove e presente in concentrazioni superiori a 1 mg/kg.

Per quanta riguarda Ie sostanze organiche l'HCB e stato trovato solo nel 16% dei campioni analizzati (valori compresi nell'interval 100,002 - 0,01 mg/m^3), mentre la presenza di PCB e stata riscontrta in quasi tutti i campioni con valori variabili da 0,18 a 0,32mg/ m^3 (Puccetti e Leoni, 1980).

Per quanto riguarda l'analisi degli stessi composti su organismi acquatici i risultati ottenuti mostrano come il livello di contami nazione non sia mol to elevato. Solo alcuni valori del mercurio e dei policlorodifenili tra i clorurati si sono rivelati superiori a quelli riportati in letteratura per aree del Mediterraneo considerate non contaminate. In tutti i casi comunque tali valori sonoal di sotto di quelli considerati di pericolo per la salute dell'uomo.

Catteristiche microbiologiche

Il fiume Tevere (media dei coliformi fecali alIa foce 10^6/100 ml) esercita una notevole influenza sulla contaminazione microbiologica delle acque costiere. I valori medi riscontrati entro 1 miglio dalla foce sono infatti piu alti dei limiti indicati dalla legge italiana (100 coliformi fecali/100 ml) per Ie acque di balneazione. II livello di contaminazione diminuisce fortemente fino a raggiungere valori modesti all' aumentare delIa distanza dalla foce (-3migla) .

Per quanta riguarda la zona piu strettamente costiera, e risultato che la contaminazione fecale interessa scarsamente la zona di balneazione suI litorale Nord di Roma. Solo in alcuni particolari periodi in cui si verificano condizioni di bassa portata e di venti forti provenienti dal largo e ipotizzabile, anche se non e mai stato riscontrato, un riflusso verso la costa dei coliformi fecali tra sportati dal Tevere, con conseguenze negative sulla zona di balne! zione (Pagnotta et al, 1983).

Analisi delle componenti biologiche

I campionamenti, protatti per due anni consecutivi, hanno portato ad un'inventario faunistico e floristico del microplancton presente nella zona.

Per quanta riguarda la microf10ra sono state identificate 90 specie di alghe. II gruppo nettamente dominante, in ogni periodo del 1'anno, e rappresentato dalle diatomee e, tra queste, dagli organi smi di piccola taglia, fortemente eurialini ed "opportunistici".

A seguito dell'impatto del Tevere e dei conseguenti elevati li-

velli trofici, vi e in permanenza nella zona un'elevata potenzialità per lo sviluppo di popolazioni fitoplanctoniche poco strutturate. I valori massimi di concentrazione del fitoplancton sono stati in qualche occasione estremamente elevati (8.10^6 cell/I), ciononstante non si e mai osservata la formazione di estesi blooms algali.

Per quanta riguarda lo zooplancton, sono state identificate specie di Cladoceri, 17 di Copepodi, piu altri organismi come Rotiferi, Oikopleidi, etc.. In questo caso e stata riscontrata una piu regolare strutturazione delle popolazioni che mostrano cicli fortemente dipendenti dal periodo stagionale. Il numero di organismi è però quantitativamente elevato, oscillando mediamente intorno alle 1.500 unita/m^3 in tutto il periodo studiato.

Le comunità planctoniche osservate hanno quindi nel complesso le caratteristiche di comunita costiere, generalmente adattate a temperature piuttosto elevate e a salinità ridotte lo spettro florifaunistico non mostra comunque anomalie rispetto a quanto osservato in zone circostanti (Puddu e Arfi, 1984).

Anche nel caso della fauna bentonica e di quella nectonica la ricerca ha portato alla conoscenza quali-quantitativa degli organismi presenti.

La distribuzione nell'area marina interessata dagli apporti del fiume mostra solo alcuni leggeri cambiamenti biologiciche non stanno ad indicare una variazione nella diversità e quantità delle Specie, conseguenza questa della degradazione dell'ecosistema, ma piutosto una variazione nella composizione delle popolazioni presenti.

Una tale variazione probabilmente e la conseguenza di un adatta mento del benthos all'arricchimento di sostanza organica sui fondali e del nekton al carattere eurialino della zona.

Interessanti, dal punta di vista metodologico, appaiono i risultati preliminari ottenuti utilizzando nei mitili la stima della variabilita genetica come indicatore biologico della qualita delle acque marine. I dati ottenuti mostrano infatti una diminuzione delIa frequenza di organismi eterozigoti nella zona maggiormente sottoposta al carico inquinante.

CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

I principali risultati ottenuti sono stati sintetizzati nel quadro seguente in relazione aIle potenzialita di uso delle acque costiere ed ai principali effetti connessi con l'apporto di sostanze inquinanti.(Tab. 3)

La piu significativa delle alterazioni e relativa ai livelli di concentrazione riscontrati per alcune sostanze tossiche. Tali livelli, che approssimano la soglia di rischio per la vita acquatica

TAB. 2. - Principali risultati conseguiti nell'ambito della ricerca

Usi	Effetti		
	Condizioni Igienico-Sanitarie	Eutrofizzazione	Tossicità
Salvaguardia della vita acquatica	L'uso è scarsamente influenzato	Sono stati riscontrati: - un'alterazione dell'ecosistema relativamente al fitoplancton con sporadiche fioriture algali limitate come area e durata - *nessun effetto negativo* relativamente a necton e bentos e zooplancton	Sono state riscontrate: - concentrazioni di Cd e Hg che approssimano la soglia di rischio per la vita acquatica - concentrazioni di PCB superiori al valore limite consigliato dall'EPA per la tutela della vita acquatica
Balneazione	Sono stati riscontrati: - elevate concentrazioni di indicatori di contaminazione fecale alla foce - valori di coliformi fecali sempre inferiori ai limiti di legge per le acque utilizzate per la balneazione	Temporanea riduzione della trasparenza delle acque a seguito di fioriture algali	Il problema non è stato affrontato
Sfruttamento a scopo alimentare	Il problema non è stato affrontato	- I rendimenti di pesca sono simili sia a Nord che a Sud della foce - le biocenosi sono quelle tipiche degli ambienti estuarini	- Per alcuni metalli (Hg, Pb, Cd) ed alcuni composti organo-clorurati (DDT, DDE, DDD) le concentrazioni misurate in organismi si sono rivelate non preoccupanti per le biocenosi marine e per la salute umana - concentrazioni leggermente più elevate rispetto a quelle tipiche di altre zone non contaminate del Mediterraneo sono state riscontrate per i PCB

nel caso del cadmio e del mercurio e la superano di un fattore di almeno 100 nel caso dei PCB, portano a ritenere indispensabili ulteriori approfondimenti in relazioni ai criteri con cui vengono generalmente definite le soglie di rischio. Infatti, nonostante i valori trovati possano far sorgere preoccupanti interrogativi circa gli effetti che tali sostanze possono avere sulla salvaguardia della vita acquatica; i risultati ottenuti riguardanti le concentrazioni nei tessuti degli organismi animali viventi nell' area,hanno permesso di allontanare tali preoccupazioni. Infatti Ie concentrazioni riscontrate per alcuni metalli tossici quali Hg, Cd e Pb ed alcuni composti organoclorurati (DDT, DDE e DDD) in organismi biolo−

gici hanno mostrato livelli di accumulo confrontabili con quelli riscontrati in zone tirreniche non contaminate.

Solo per i PCB si sono riscontrati valori leggermente piualtidi quelli considerati naturali che, tuttavia, non. destano per il momeeto alcuna preoccupazione.

Considerate le altre alterazioni ambientali riscontrate (elevate concentrazioni di coliformi fecali trasportati dal fiume, variazioni del livello trofico) i risultati ottenuti mostrano come, datala notevole dinamica dell'area, tali alterazioni non raggiungano livelli tali da precludere gli usi cui le acque costiere sono, per vocazione propria, destinate.

L'entrata in funzione degli impianti di trattamento previsti per la città di Roma inoltre non può che fornire un ulterior emargine di sicurezza anche in relazione alle situazioni meno dinamiche e quindi piu critiche (bassa portata del Tevere,venti leggeri e debole ricambio di acqua alla foce.

BIBLIOGRAFIA

Blundo C. T. La Noce, R. Pagnotta, M. Pettine, A. Puddu. 1978. Distribution of nutrients of the mouth of the Tiber River and its relationships with biomass. Thal. Jugosl.14 (3/4) 339 - 355.

Bortolozzi G., F. Frascari, S. Guerzoni, N. Incremona, M. Ravaioli, G. Rovatti. 1982. Some sedimentological and chemical features of the sea floor in front of Tiber River. Geogr. Fis. Div. Quat. 5, 120 - 128.

I.R.S.A. 1978. Indagini sull'inquinamento del fiume Tevere. Quad.Ist.Ric. Acque 27, 494 pp.

I.R.S.A. 1983. L'Esperimento Tevere. Influenza di un fiume sull'ecosistema marino prospiciente la sua foce. Quad. Ist. Ric.Acque 66, 384 pp.

Pagnotta R., T. La Noce, G. Bellante, L. Sebastiani. 1980. Microbiological characteristics of Coastal waters surrounding the Tevere river mouth. Workshop on the Pollution of the Mediterranean, Cagliari, 9 - 13 Oct. 1980, 497 - 502.

Pettine R., T. La Noce, R. Pagnotta, A. Puddu (in press) The Tiber River: picture of its water quality. II Workshop SCOPE/UNEP Transport of Organic Carbon and Minerals in Major World Rivers",Assiut, February 26 - March 2, 1983.

Puccetti T. V. Leoni. 1980. PCB and HCB in the sediments and waters of the Tiber Estuary. Mar. Poll. Bull. 11, 21.

Puddu A., R. Arfi. 1984. Phytoplankton distribution in a coastal area subject to the impact with a polluted river plume. Int. Revue Der. Gesamten Hydrobiol. 69.

Todisco A. 1983. Indagine sull'immissione del fiume Tevere nel mar Tirreno. Quad. Ist. Ric. Acque 62, 189 pp.

W.H.O. 1979. Principles and guidelines for the discharge of wastes into the marine environment. Copenhagen.

MEROMISSI E CARATTERISTICHE CHIMICHE DEL L. CASTEL (VALFORMAZZA, ALPI LEPONTINE, 2216 m s.l.m.).

R, MOSELLO°, S, CUCCHIARA°°, G. TARTARI°

°C.N.R. - Istituto Italiano di Idrobiologia, Pallanza
°°I.S.A.I. - Via Mauro 67, Domodossola.

SUMMARY

Lago Castel is a reservoir located in Formazza Valley, the upper part of Ossola Valley (Piedmont), at an altitude of 2216 m. While Ossola Valley is mainly characterized by low weathering, silicic rocks, the L. Castel watershed presents calcareous rocks, with gypsum and anhydrite. This geological pattern accounts for the peculiar hydrochemistry of the lake, that shows great differences between an upper water layer (10-15 m) and the deeper waters (15-30 m). The upper waters are characterized by solute concentrations of 2.0-2.5 meq 1^{-1}while the deeper waters have a solute content ranging from 30 to 50 meq 1^{-1}, Calcium and sulphate constitute about 63% of the ionic content in the first water layer and 90% in the bottom water. The chemical stratification was observed in all the samplings and appears to be permanent. No significant seasonal variations are shown by the oxygen vertical distribution; the concentration fall close to zero in the deeper waters.

The paper discusses the meromixis of L. Castel in relation with the presence of sublacustrine springs, characterized by water rich in calcium sulphate, considering chemical and thermal data collected in a three years study.

INTRODUZIONE

Il Lago Castel si trovaino Alta Val Formazza (Val Toggia), nella parte più settentrionale della Val d'Ossola, ad una quota di 2216 m s.l.m. La linea spartiacque della Val Toggia coincide ad est, nord e ovest al confine con la Svizzera, mentre a sud la valle è separata dalla Piana di Riale da un ripido gradino glaciale. La parte Centrale della valle è occupata dal bacino artificiale del L. Toggia (2191 m), ottenuto per sbarramento del

ATTI 6° CONGRESSO A.I.O.L. – da Pag. 157 a Pag. 166

torrente principale, e dal L. Castel stesso, la cui diga, attualmente in disuso, aveva ampliato il lago naturale preesistente. L'area e caratterizzata dalla presenza di fenomeni carsici, localizzati nel tratto compreso tra i due laghi sopracitati e lunge tutta la sponda sinistra del L. Toggia. II carsismo si manifesta con doline, alcune delle quali con diametro di oltre 100 m, solchi di sprofondamento, cavità e risorgenze di acque. II processo e tanto intenso da aver determinato, nel 1923, il crollo della diga sul L. Castel; ricostruita e messa in funzione nel 1928, essa fu definitivamente abbandona ta nel 1956, in seguito a spostamenti riscontrati all'interno della diga (Silvestri, 1968).

Nell'ambito di una ricerca sull'idrochimica dei laghi alpini ossolani (Masella, 1981), alcune determinazioni eseguite su campioni di acqua del L. Castel avevano messo in evidenza caratteristiche del tutto particolari. Le indagini sono state approfondite nel 1979, 1982 e 1983 con campionamenti eseguiti sull'intera colonna d'acqua al disgelo (Luglio) e al termine dell'estate (Settembre). II presente lavoro si propone di illustrare i risultati idrochimici, commentandoli in relazione alla geologia del bacino imbrifero del lago ed ai suoi effetti sulla stratificazione delle acque.

II L. Castel attualmente funziona come lago serbatoio; la massima quota raggiunta dalle acque, intorno alla metà di Agosto, e di 2216,5 m, praticamente coincidente can l'antico livello naturale del lago; la bocca di presa e collocata sul fondo a 2198,5 m e il volume di acqua svasato e di 5,7 milioni di metri cubi. L'alimentazione avviene per il 45% dal bacino imbrifero naturle (2,6 km), costituito dalle pendici occidentali del P. Castel e del M. Basodino, e per il 55% (3,1 km) dal bacino artificiale, costituito dalla Val Rossa e dall'Alpe Ghighel (Fig. 1). II lago resta al massimo invaso sino alla fine di Novembre, quando inizia lo svuotamento, con portate di circa 2 m sec-1; alla metà di Gennaio nel bacino restano solo le acque al di sotto della bocca di presa.

La geologia del bacino imbrifero e caratterizzata da rocce metamorfiche e sedimentarie. Nel bacino naturale e in quello del Rio Ghighel si hanno i seguenti litotipi: scisti a covoni di orneblenda e subordinati scisti

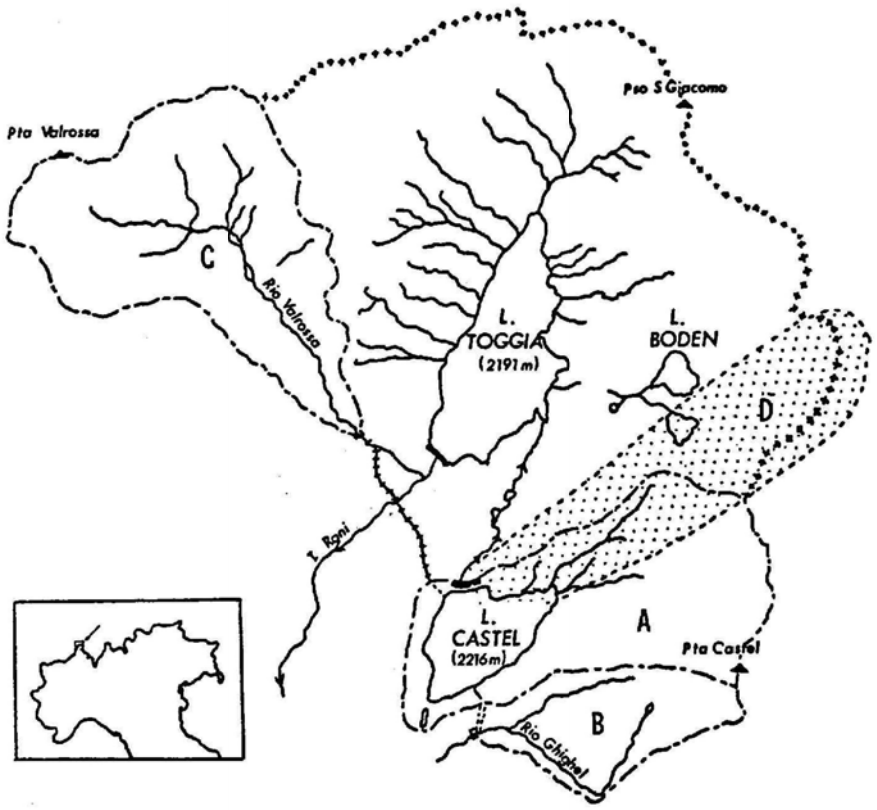


Fig. 1 - Val Toggia e bacino imbrifero del L. Castel: A bacino naturale; B,C bacino artificiale; D bacino sotterraneo.

calcariferi (Trias sup.), calcescisti (Giurese e Cretaceo) ed un complesso dolomitico con gessi e camicie(Trias inf. e medio). Nel bacino della Val Rossa sono presenti prevalentemente gneiss.

In considerazione della tettonica e petrografia dell'area esaminata, il bacino sotterraneo, ove abbondano le rocce gessose, può essere approssimativamente delimitato nell'area D della Fig. 1. L'elevata solubilità di queste rocce giustifica la notevole intensità del carsismo epigeo ed ipogeo, nonché 1'elevata concentrazione di soluti presenti nelle acque di risorgenza.

RISULTATI

Le caratteristiche fisiche (temperatura, trasparenza) e chimiche delle acque lacustri determinate nelle tre serie di campionamenti sono piuttosto omogenee; per tale motivo la descrizione sarà limitata ai risultati del 1983 (Tab. 1). Al campionamento di Luglio le acque presentavano un colore verde latteo ed una trasparenza di 5,5 m; il lago aveva già raggiunto il massimo invaso e la bocca di presa si collocava pertanto ad una profondità di 18 m. Il profilo verticale delle temperature evidenzia un minimo di 1,3-1,7 °C fra i 15 e 20 m di profondità, mentre nello strato d'acqua più profondo le temperature risalivano a 2,2-2,8 °C.
La caratteristica saliente che emerge dai dati chimici è la notevole differenza esistente fra le acque al di sopra della bocca di presa e quelle profonde. Se consideriamo infatti i soli valori di conducibilità, quale espressione del contenuto globale di soluti, i valori rilevati nei primi 10 m sono di 97-99 mS cm^{-1}(a 18 °C), mentre .nello strato d'acqua compreso fra 20 e 30 m i valori sono di 1370-1630 μS cm^{-1};

I valori relativi al secondo campionamento (lago ancora al massimo invaso) sono rispettivamente di 109-113 e 1340-1520 μS cm^{-1} . Esaminando le concentrazioni degli ioni principali (Tab. 1) è possibile individuare in un notevole aumento delle concentrazioni di solfati e calcio la causa degli elevati valori Ai. conducibilità. Dal bilancio ionico delle acque di superficie e di fondo (Tab. 2) è infatti possibile calcolare un incremento persolfati e calcio di 50 e 21 volte rispettivamente, mentre per bicarbonati e magnesio 1'aumento è di 2,5 e 12,8 volte. Meno significative le variazioni degli altri io-

Tab. 1 - Caratteristiche chimiche del L. Castel ai campionamenti del 26/7/83 e del 20/9/83.

Prof.	Temp.	O_2	O_2	pH	Cond.	Ca^{++}	Mg^{++}	Sr^{++}	Na^{+}	K^{+}	HCO_3^{-}	SO_4^{--}	Cl^{-}	NO_3^{-}	NH_4^{+}	RP	TP
m	°C	mg l^{-1}	% sat.		µS cm^{-1}					mg l^{-1}				µg N l^{-1}		µg P l^{-1}	
0	7,4	8,5	93	8,0	97	18	1,9	-	0,3	0,7	43	16	0,2	220	25	0	3
10	5,0	9,5	97	8,1	99	19	1,9	-	0,3	0,6	43	17	0,1	220	13	0	2
15	1,3	10,5	98	8,0	120	23	2,2	-	0,3	0,7	44	31	0,1	240	16	0	3
20	1,7	1,6	15	7,3	1370	380	24	-	0,7	4,4	94	830	0,2	160	32	0	7
25	2,2	0,7	7	7,5	1530	430	26	-	0,7	5,0	107	960	0,3	80	340	6	27
30	2,8	0,0	0	7,4	1630	460	27	-	0,8	5,0	100	1100	0,3	60	180	8	20
0	10,5	9,2	108	8,2	113	20	2,1	0,2	0,3	0,7	45	20	0,2	180	14	0	3
10	9,8	9,0	104	8,1	109	20	2,1	0,2	0,3	0,7	45	20	0,1	445	12	0	4
15	8,5	10,9	122	8,4	198	45	3,6	0,6	0,3	0,9	49	85	0,1	240	7	0	6
20	5,0	4,1	42	7,4	1340	380	23	6,4	0,7	3,8	92	890	0,2	200	12	2	7
25	4,8	0,4	4	7,4	1530	420	26	7,3	0,7	4,6	107	1000	0,3	60	300	3	23
30	4,8	0,0	0	7,4	1520	380	23	7,6	0,7	4,2	106	930	0,3	40	300	5	24

Tab. 2 - Spettro ionico (meq l^{-1}) e conducibilità ($\mu S\ cm^{-1}$ a 18 °C) delle acque del L. Castel.

	Superficie	Fondo
Ca^{++}	1,00	20,96
Mg^{++}	0,17	2,14
Sr^{++}	0,00	0,17
Na^{+}	0,01	0,03
K^{+}	0,02	0,12
NH_4^{+}	0,00	0,02
cationi	1,20	23,44
HCO_3^{-}	0,74	1,75
SO_4^{--}	0,42	20,82
Cl^{-}	0,01	0,01
NO_3^{-}	0,01	0,00
anioni	1,28	22,58
ioni	2,48	46,02
Cond.	113	1530

ni, presenti in concentrazioni decisamente inferiori. Anche la distribuzione verticale dell'ossigeno disciolto (Tab. 1) evidenzia forti differenze fra le acque superficiali e quelle profonde; nei primi 15 m i valori nei due campionamenti sono risultati compresi tra 8,5 e 10,9 mg l^{-1} , con saturazioni corrispondenti del 93 e 122%; a 20 m, quindi immediatamente al di sotto della bocca di presa, si ha una brusca diminuzione delle concentrazioni (1,6 e 4,1 mg l^{-1} rispettivamente al campionamento di Luglio e Settembre), mentre al di sotto dei 25 m di profondità si è riscontrata una situazione di anossia.

Al profilo verticale dell'ossigeno fa riscontro quello dell'azoto nitrico ed ammoniacale; il primo presentando concentrazioni più elevate (180-445 μg N l^{-1}) nelle acque più ossigenate, il secondo con tenori più elevati (180-340 μg N l^{-1}) nelle acque anossiche.

Infine modeste sono risultate le concentrazioni del fosforo reattivo e totale; anche in questo caso le concentrazioni più elevate (rispettivamente 6-8 e 20-27 μg P l^{-1}) sono state misurate nelle acque al di sotto dei 25 m di profondità.

DISCUSSIONE

I risultati esposti, considerati unitamente a quelli derivanti dai campionamenti eseguiti nel 1979 e 1982, evidenziano una marcata e permanente stratificazione chimica nelle acque del L. Castel. La stabilità di questa situazione è determinata dalla presenza di risorgere di acque fortemente mineralizzate presenti al di sotto della superficie lacustre. Analoghe risorgenze sono infatti presenti nell'area circostante il lago, particolarmente lungo il corso del suo emissario naturale.

Analisi eseguite su alcune di queste risorgenze, localizzate in prossimità della diga, hanno evidenziato un contenuto di soluti (40-60 meq l^{-1}) e valori di conducibilità (1500-1900 μS cm^{-1}) estremamente elevati ed uno spettro ionico del tutto analogo a quello delle acque profonde del L. Castel. Per contro, le analisi dei tributari di superficie, sia naturali che artificiali, hanno messo in evidenza concentrazioni ioniche dello stesso ordine di quelle dell'epilimnio lacustre.

L'elevato contenuto di soluti delle acque di risorgenza detrmina la differente concentrazione nei due stra

ti; d'acqua del lago; sulla base dei valori misurati è possibile calcolare una densità di circa 1,5 g dm^{-3} più elevata nelle acque profonde rispetto quelle superficìali. Tale differenza è dello stesso ordine di grandezza di quella derivante da un salto termico notevole; fra 4 e 20 °C, ad esempio, si ha una diminuzione di 1,77 g dm^{-3} (Hutchinson, 1957, valori relativi ad acqua distillata). La differenza di densità derivante dal contenuto di soluti fa sì che anche in condizioni di omotermia sia necessario un lavoro notevole per ottener una completa omogeneizzazione della massa lacustre, mentre nel periodo estivo la maggiore temperatura delle acque superficiali accentua ulteriormente la stratificazione.

La mancata omogeneizzazione fra i due strati d'acqua è inoltre favorita dall'esistenza della bocca di presa situata sul fondo del lago, che emunge per gravità le acque soprastanti, disturbando poco o affatto quelle più profonde. Infatti in tutti i campionamenti eseguiti la quota del chemioclinio è risultata coincidente o di poco inferiore a quello della bocca di presa.

Anche il profilo verticale dell'ossigeno disciolto testimonia una situazione di meromissi; le concentrazioni in prossimità del fondo sono infatti prossime allo zero anche nei campionamenti eseguiti poco dopo il disgelo, quando la vivacità idrologica è maggiore e le caratteristiche termiche e meteorologiche sono le più adatte al completo mescolamento.

Il tipo di meromissi presentato dal L. Castel, definita da Hutchinson (1957) come "crenogenica" e da Walker e Likens (1974) come "ectogenica", non era ancora stato riscontrato in laghi italiani. Del resto anche le situazioni documentate di meromissi determinate da altre cause sono limitate a due soli laghi: il bacino più profondo del L. di Lugano (Ambrosetti, Barbanti, Mosello, Rolla e Ruggiu, 1983) e il L. d'Idro (Barbato, 1975). Una situazione idrochimica analoga a quella del L. Castel è stata invece rilevata in alcuni laghi alpini, in una regione geograficamente vicina alla Val Toggia: si fa riferimento al L. Ritom (Bourcart, 1906; Colici, Mellet e Ghezzi, 1918; Hutchinson, 1957) e al L. Cadagno(Marrer, 1975), entrambi nel Canton Ticino.

RINGRAZIAMENTI

Ringraziamo D. P. Silvestri, dell'Istituto Studi Alpini Italiano, Domodossola, per il supporto logistico al lavoro di campagna e il Sig. C. Zanetta, ENEL, Ponte di Formazza, per le informazioni sul bacino e sul regime idrologico del lago.

BIBLIOGRAFIA

Ambrosetti, W., L. Barbanti, R, Mosello, A. Rolla e D.Ruggiu. 1983, Mescolamento, caratteristiche chimiche,fitoplancton e situazione trofica nei laghi profondi sudalpini. Collana del Progetto Finalizzato "Promozione della Qualità dell'Ambiente", AQ/2/20, 151 pp.

Barbato, G. 1975. Il Lago d'Idro: caratteristiche fisiche e chimiche. Mem. Ist. Ital. Idrobiol., 32:261-295

Bourcart, F.E. 1906 Les lacs alpins suisses, étude chimique et physique. Georg et Cie, Geneve, 130 pp.

Collet, L.W., Mellet, R. e C. Ghezzi. 1918. Il Lago Ritom. Commun. Serv. Eaux n° 13, Berne, 101 pp.

Hutchinson, G.E. 1957. A treatise on Limnology. John Wiley and Sons, New York, 1015 pp.

Marrer, H. 1975. Zur fischereilichen Bewirtschaftung meromiktisher Alpenseen (Lago Cadagno, Kanton Tessin).Schweiz. Z. Hydrol., 37: 213-219.

Mosello, R. 1981. Chemical characteristics of fifty Italian alpine lakes (Pennine-Lepontine Alps), with emphasis on the acidification problem. Mem. Ist. Ital.Idrobiol., 39;99-118.

Silvestri, P. 1968, I fenomeni carsici della Val Toggia ed i dissesti subiti dalla diga del bacino idroelettrico del Kastel. Atti IV Int. Cong. Speleology, Ljubljana 12-16 Settembre 1965: 571-590.

Walker, K.F. and G.E. Likens. 1974. Meromixis and a recorsidered typology of lake circulation patterns. Ver Internat. Verein. Limnol., 19: 442-458.

UN MODELLO NUMERICO TRIDIMENSIONALE PER LO STUDIO DELLA CIRCOLAZIONE MARINA E DEL TRASPORTO E LA DIFFUSIONE DI INQUINANTI NEL MAR LIGURE

L. PAPA

Dipartimento di Fisica - Universita di Genova
Via Dodecaneso 33 - 16146 Genova

SUMMARY

In this note we present a three-dimensional numerical model of the Ligurian Sea. A finite-difference method is used to solve the time-dependent Navier Stokes equations for incompressible fluids in three dimensions. The discrete pressure, temperature, salinity and pollutant concentration values are computed in a large scale model of the Ligurian Sea and in a small scale model of the Gulf of Genoa. Experimental verifications of the numerical simulations are performed by means of coastal measurements taken at Savona, Imperia and Genoa where we have installed a fiber optic instrumentation for turbidity monitoring.

INTRODUZIONE

Il Mar Ligure puo essere considerato un bacino semichiuso costituito in gran parte da una piana abissale con profondita maggiori di 2000. metri con una larga apertura a sud-ovest che si estende dalla Costa Azzurra alla Corsica. La piattaforma continentale e assai limitata e sprofonda bruscamente verso Ie grandi profondità. Nella parte orientale. del bacino la piattaforma si allarga progressivamente da La Spezia a Livorno e all'Arcipelago Toscano con profondità inferiori in media ai 200 metri. In conseguenza di questa configurazione geografica il modello migliore per descrivere la circolazione del Mar Ligure e quindi un modello di tipo oceanico in grado cioè di descrivere fenomeni di natura tridimensionale, quali ad esempio i moti indotti da variazioni di temperatura e

ATTI 6° CONGRESSO A.I.O.L. – da Pag. 167 a Pag. 172

salinità ed in generale le stratificazioni di masse d'acqua. II metodo numerico che viene presentato per la risoluzione delle equazioni di Navier Stokes in tre dimensioni si. basa sul metodo di Marker e Cell. (Welch, Harlow, Shannon e Daly, 1966; Spraggs e Street, 1975) ed e stato esteso per descrivere il trasporto e la diffusione di contaminanti o in generale di sostanze chimicamente inerti in acque costiere e d'altura.

IL MODELLO

II modello di simulazione si compone di due parti: la prima rivolta alla simulazione delle correnti marine dovute alle maree, ai gradienti di pressione atmosferica, al vento, ai gradienti di densità e la seconda che esamina il trasporto e la diffusione di sostanze contaminanti. In molte applicazioni oceanografiche le variazioni spazio-temporali di temperatura e salinità sono piccole per cui le conseguenti variazioni di densità e di espansione di volume sono anch'esse piccole. Le equazioni di Navier Stokes con la approssimazione di Boussinesq sono le seguenti:

$$\frac{\partial \vec{q}}{\partial t} + (\vec{q}\cdot\nabla)\,\vec{q} = -\nabla\Phi + \nu\,\Delta\vec{q} + \frac{\rho}{\rho_0}\vec{g} + \vec{X}$$

$$\frac{\partial T}{\partial t} + (\vec{q}\cdot\nabla)\,T = D^T\,\Delta T \qquad (1)$$

$$\frac{\partial S}{\partial t} + (\vec{q}\cdot\nabla)\,S = D^S\,\Delta S$$

$$\frac{\partial C}{\partial t} + (\vec{q}\cdot\nabla)\,C = D\,\Delta C$$

$$\nabla\cdot\vec{q} = 0$$

dove $\vec{q}$ e il vettore velocità, T e S sono la temperatura e la salinità dell'acqua, C e la concentrazione della sostanza diffondente in esame, ρ e la densità dell'acqua, ρ_0 e la densità di riferimento dell'acqua a temperatura T_0, salinità S_0 e concentrazione di sostanza diffondente C_0, Φ e la pressione normalizzata definita come il rapporto tra pressione

e densità, ν è il coefficiente di viscosità cinematica, $\vec{X}$ e il vettore delle forze esterne applicate (vento, pressione atmosferica, forze di marea, etc. . . .), D^T e D^S sono i coefficienti di diffusione di temperatura e salinità e D e il coefficiente di diffusione della sostanza in esame.

Alle equazione (1) va aggiunta un'equazione di stato del tipo:

$$\rho = \rho\,(T, S, C) \tag{2}$$

Inoltre il cambiamento della superficie libera, che pòb essere rappresentato da una funzione h (x, y, t), è determinato dalla seguente condizione cinematica:

$$\frac{\partial h}{\partial t} = W^s - U^s \frac{\partial h}{\partial x} - V^s \frac{\partial h}{\partial y} \tag{3}$$

in cui U^s, V^s e W^s sono le componenti di velocità lungo gli assi X, Y, Z alla superficie del mare. L'equazione della superficie libera viene calcolata numericamente col metodo di Courant--Isaacson e Rees .(Courant, Isaacson e Rees, 1952; Bulgarelli e Casulli, 1981). Alle equazioni (1) sono associate le seguenti condizioni iniziali:

$$\begin{aligned}
\vec{q}(x, y, z, t_0) &= \vec{q}_0(x, y, z) \\
T(x, y, z, t_0) &= T_0(x, y, z) \\
S(x, y, z, t_0) &= S_0(x, y, z) \\
C(x, y, z, t_0) &= C_0(x, y, z) \\
h(x, y, t_0) &= h_0(x, y)
\end{aligned} \tag{4}$$

Alla superficie libera, alle pareti laterali e sui fondo sono definite le seguenti condizioni al contorno:

$$\vec{q} = \vec{q}^b,\ T = T^b,\ S = S^b,\ C = C^b. \tag{5}$$

Per risolvere le equazioni (1) viene introdotto un reticolo a maglie rettangolari di dimensioni Ax, Ay, Az. I valori discreti di pressione, temperatura, salinità e concentrazione della sostanza diffondente in esame sono calcolati al centro di ogni cella, mentre le velocità e le variazioni della superficie libera rispetto al livello medio mare sono calcolate al cen-

tro di ogni faccia laterale delIa cella. Le condizioni di stabilita del modello sono le seguenti:

$$\Delta t \leq \min_{U,\,V,\,W} \left[\frac{|U|}{\Delta x} + \frac{|V|}{\Delta y} + \frac{|W|}{\Delta z} + 2\nu \left(\frac{1}{\Delta x^2} + \frac{1}{\Delta y^2} + \frac{1}{\Delta z^2} \right) \right]^{-1}$$

$$\Delta t \leq \min_{U,\,V,\,W} \left[\frac{|U|}{\Delta x} + \frac{|V|}{\Delta y} + \frac{|W|}{\Delta z} + 2D \left(\frac{1}{\Delta x^2} + \frac{1}{\Delta y^2} + \frac{1}{\Delta z^2} \right) \right]^{-1} \quad (6)$$

$$\Delta t \leq \min_{h} \frac{\Delta x \cdot \Delta y}{\sqrt{g\,h\,(\Delta x^2 + \Delta y^2)}}$$

dove D e rispettivamente il coefficiente di diffusione di temperatura, salinità e di sostanza contaminante in esame. L'ultima condizione delle (6) e la cosiddetta condizione per le onde superficiali ed e in generale quella più restrittiva.

APPLICAZIONE DEL MODELLO AL MAR LIGURE

Il modello viene attualmente applicato al. Mar Ligure per lo studio della circolazione a grande scala e al Golfo di Genova per quella a piccola scala. In particolare in prossimità di Genova, Savona ed Imperia i risultati del modello vengono confrontati con dati sperimentali di livello marino, correnti e temperatura rilevati da stazioni automatiche di rilevamento dati meteo-oceanografici. Queste stazioni inviano dati in tempo reale via radio a Genova al Dipartimento di Fisica ad un calcolatore: HP 9816/S collegato a sua volta con un calcolatore VAX 780 su cui vengono compiute le simulazioni col modello numerico.

Inoltre vengono fatte correlazioni fra il passaggio di fronti di inquinanti rilevati con uno strumento a laser e fibre ottiche installato sulla piattaforma di attracco petroliere di Genova-Multedo, misure correntometriche e simulazioni numeriche in cui intervengono i termini forzanti di vento e pressione atmosferica (Papa, Piano e Pontiggia, 1983).

Di recente il modello e stato utilizzato per lo studio della distribuzione orizzontale e verticale di metalli pesanti nel Golfo di Genova con verifiche sperimentali ottenute con metodi di bombardamento neutronico di campioni d'acqua con tecnica P.I.X.E. (Aprilesi, Cecchi, Ghermandi, Magnoni, Santangelo, 1984). E' in programma anche un'applicazione del modello per lo studio della distribuzione di cadmio, ferro, nickel a grande scala nel Mar Ligure sulla base di determinazioni effettuate con metodi chimici (Frache, Baffi, Dadone e Zanicchi, 1976. Frache, Baffi, Dadone, Scarponi e Dagnino, 1980). Si prevede inoltre un'ulteriore applicazione del modello per la valutazione di correlazioni fra correnti marine verticali e la distribuzione verticale di nitrati e nitriti nelle acque costiere d'altura del bacino ligure (Contardi, Fabiano, Zanicchi e Cosma, 1981).

BIBLIOGRAFIA

Aprilesi G., R. Cecchi, G. Ghermandi, G. Magnoni e R. Santangelo. 1984. Calibration and errors in the detection of heavy metals in fresh and sea waters by PIXE in the ppb-ppm range. Nuclear Instruments and Methods in Physics Research (in press).

Bulgarelli U. e V. Casulli. 1981. DINS e DIPI due programmi di calcolo per l'integrazione numerica di modelli di trasporto con frontiera libera e stratificazione. Istituto per le Applicazioni del Calcolo C.N.R. Roma. Quaderno Serie III, N° 122. .

Contardi V., M. Fabiano, G. Zanicchi e B. Cosma. 1981. Distribuzione di fosfati, nitrati, nitriti ed ammoniaca nelle colonne d'acqua di alcune stazioni nel tratto di mare Imperia-Capo Corso e del Canale di Corsica. Inquinamento, N° 12.

Courant R., E. Isaacson e M. Rees. 1952. On the Solution of Nonlinear Hyperbolic Differentia1. Equations by Finite Differences. Comm. Pure Appl. Math., 5.

Frache R., F. Baffi, A. Dadone e G. Zanicchi. 1976. The, determination of heavy metals in the Ligurian Sea. I. The distribution of Cu, Co, Ni, and Cd in surface waters. Marine Chemistry, 4.

Frache R., F. Baffi, A. Dadone, G. Scarponi e I. Dagnino. 1980. The determination of heavy metals in the Ligurian Sea. II. The geogra-

phical and vertical distribution of Cd, Cu and Ni. Deep Sea Research, 27.

Papa L., E. Piano e C. Pontiggia. 1983. Turbidity monitoring by fiber optics instrumentation. Applied Optics, 22. .

Spraggs L.D. e R.L. Street. 1975. Three-dimensional Simulation of Thermally-influenced Hydrodynamic Flows. Stanford University Technical Report, N° 190.

Welch J.E., F.H. Harlow, J.P. Shannon e B.J. Daly. 1966. The MAC Method: A computing technique for solving viscous. incompressible transient fluid-flow problems involving free surfaces. Los Alamos Scientific Laboratory Report LA -3425.

LOW-FREQUENCY RECOVERABLE ACOUSTIC SWALLOW FLOATS FOR MEASURING MID AND DEEP WATER CIRCULATION

P. PISTEK, F. de STROBEL, C. MONTANARI

SACLANT ASW Research Centre, La Spezia, Italy

SUMMARY

A SACLANTCEN engineering version of the originally designed WHOI-COB Swallow acoustic float is presented. It consists of an extremely accurate low-frequency acoustic pinger housed in a glass sphere and preballasted to be positioned at any depth in equilibrium with the surrounding water mass. Previous acoustic floats of Ibis type have presented difficulties and uncertainties in accurate balancing to proper depth. This has been overcome by the ability to obtain depth information directly from the floats and to retrieve them as desired. This improvement not only provides greater economy but also allows the floats to be repeatedly recovered and redeployed until the required depth is obtained
within a desired accuracy. The laboratory techniques used to calibrate the balance of the floats are described. The floats have been successfully used to monitor the deep water circulation of the Alboran sea in 1982-83 when they were tracked acoustically at up to 120 km range by three submerged fixed receiving stations. Examples of circulation data are presented.

INTRODUCTION

The problems raised by past experiences with mid-range acoustic floats and constraints for our use led to the re-engineering of the originally WHOI-COB designed Swallow acoustic float. Previous floats of this type were expendable and presented difficulties and uncertainties in accurate balancing to proper depth. Several changes have therefore been implemented to overcome these problems,

1. TECHNICAL DESCRIPTION

The basic design of the WHOI-COB acoustic Swallow floats (Bradley A., Tillier, P. 1980) (Tillier P., 1980) consists of a very accurate acoustic pinger housed in a Benthos glass-sphere and precisely preballasted to be in equilibrium at a defined water depth. By sending acoustic signals that can be acoustically tracked from the ship or from permanently moored listening stations (Fig. 1) the float trajectories can be plotted to show the circulation of the water in the horizontal plane.

ATTI 6° CONGRESSO A.I.O.L. – da Pag. 173 a Pag. 184

Our version (Fig. 2), built in l980-1 (Pistek P., de Strobel F.,Montanari C.,1980) and updated in 1983, uses a larger Benthos glass-sphere (17 inch diameter) as housing. This enables it to carry enough traditional-type batteries for three months of autonomy, thereby avoiding the use of the powerful but, for many aspects, unsafe and expensive lithium batteries installed in the WHOI-COB version. The transmission time has been made selectable (1 or 2 hours) and substantial changes have been made to add depth information and permit recoverability.

To provide information about the equilibrium depth our float has been equipped with a pressure sensor. This information is sent acoustically to the receiver in a similar way to that of the distance information, but by a second pulse shifted in lime as a function of pressure. At first this information was transmitted three times, every 2 hours, after deployment. However, this six-hour period was not enough to equilibrate the floats deeper than 1000 m and in the recent version a repetition of the same sequence after every 80 hours allows the depth to be checked during the whole deployment.

To permit recoverability a SACLANTCEN-designed, light, low-consumption acoustic releaser has been included. This not only reduces cost but, scientifically more important, allows a very accurate in-situ depth positioning by repetitive deployments and adjustments of the same float.

Electronically, this releasing unit is compatible with the commercially available EG & G SEA LINK command units (sequential tone pulses). A very low consumption circuitry provides an autonomy of 3 months from the small quantity of energy that can be stored(as battery weight and volume) in the already fixed-size glass sphere. Mechanically, the electromagnetic releasing mechanism has been designed and built from very light titanium, giving a depth capability of 2000 m and a release-load of 200 kg (only 2 kg are requested in the float application).

Safe recovery at the end of the operation is achieved by the operation of a surface-activated flash and radio beacon, and by using the activation of the releaser to automatically change the system's pinger function into the transponder mode, thereby allowing an accurate in-water acoustic location during the recovery phase. The general electronic block diagram is shown in Fig. 3; the main technical characteristics are summarized as follows:

- Acoustic pinger signal:	duration 20 seconds, Sweet frequency generated acoustic pulses from 1562.5 to 1572.07 Hz by 49 stop increments of 0.1953 Hz(400 ms each)
- Pulse repetition rate:	selectable (one or two hours)
- Transmission power:	about 18 acoustic watts
- Timing:	derived from 1MHz vectron oscillator, stability ± 1 x 10^{-7} and ageing less than 5 x 10^{-7}/year (~ls per 3 months)

- Depth information: transmitted for a period of 8 hours with a repetition sequence of 80 hours starting from the float synchronization time

- Depth accuracy: 1% of F.S.

- Recoverability: by acoustic releaser. Pay-load 2 kg

- Acoustic transponder function: during the recovery phase by activation of acoustic releaser

- Command signal for the releaser unit: sequential tone pulses (EG & G compatible)

- Releaser sensitivity : -97 dB re 1 μbar

- Maximum working depth: 2000 m

- Autonomy: 90 days

2. EXPERIMENTAL REQUIREMENTS

The use of the floats was planned for the Alboran Sea, where the stratification of deep water is very weak.
Because the in-situ density change in Alboran water deeper than 200 m is due only to compression (- $4.45X10^{-6}$ *g/*cm^3/m) special attention had been paid to the weighting procedures in order to minimize errors in establishing the floats density. The compressibility of the glass sphere, established from the Benthos buoyancy data, for depths >300 m is 2.7 x 10^{-6} g/cm^2/m, and in order to be in the range of ±20 m in deployment depth the required precision in the surface float density is of the order of 2 x 10^{-5} g/cm^3.

To reach this precision our procedure consists of:

1. Weighing the float in air with a precision of ±20 g (float weight = 50 kg). The instrument used is an electronic balance (SAUTER Mod K120, W Germany).

2. Weighing the float totally submerged in a specially designed tank filled with sea water to a precision better than 0.2 g (weight ~100 g). The instrument used is an electronic balance(SAUTER Mod K12, W Germany).

3. Accurate measurement of sea-water density in the bath to a precision of 0.8 x 10^{-5} g/cm^3. The instrument used is a Temperature, Conductivity Transfer Standard (NBIS).

To see the advantages of this method, the formula for computing the surface float density is expressed in the form:

$$\rho^{float} = \left(\frac{m}{M - m} + 1 \right) \times \rho^{water},$$

where:

m	=	the weight in sea water
M	=	the weight in air
ρ^{float}	=	float density
ρ^{water}	=	density of sea water computed from S, T for P = 0.

$$\Delta\rho^{float} = \frac{\partial\rho^{float}}{\partial M}\Delta M + \frac{\partial\rho^{float}}{\partial m}\Delta m + \frac{\partial\rho^{float}}{\partial\rho^{water}}\Delta\rho^{water}$$

Assuming m << M, the error introduced into the float density measurements by inaccurate weighing in air is:

$$\frac{\partial\rho^{float}}{\partial M}\Delta M = \frac{m}{M} \times \frac{\Delta M}{M} < 1\times10^{-6}$$

ΔM is the error of weighing in air.

The error introduced by inaccurate weighing in water is:

$$\frac{\partial\rho^{float}}{\partial m}\Delta m = \frac{\Delta m}{M} < 5\times10^{-6}$$

ΔV is the error of weighing in water.

The error introduced by inaccurate sea-water density measurement is:

$$\frac{\partial\rho^{float}}{\partial\rho^{water}}\Delta\rho^{water} \cong \Delta\rho^{water} < 0.8\ 10^{-5}\ g/cm^3$$

$\Delta\rho^{water}$ is the error in the measurement of sea-water density

The first two errors are at least four times smaller than the required precision, but to establish the density of the water bath with the needed accuracy required precise measurements of temperature and salinity in a stable environment. For this purpose a dedicated water tank was built (Fig. 4) (F. de Strobel, C. Montanari 1984) and the following procedures were applied.

This instrument-density calibration bath is a 1.5 m diameter cylinder of 800 litres capacity equipped with a water pump for proper mixing and isolated by styrene foam from the surrounding environment. The laboratory is air-conditioned to l8°C and measurements are generally taken at ambient temperature (bath temperature drift of 0.001 °C/min). After submerging the float several times (to remove bubbles) the pump is turned off and after a few minutes the weighing and temperature and conductivity measurements start. These are repeated every half-hour several times. It is our experience that water motion and gradients in the bath were negligible. With this technique and by using the accurate laboratory NBIS Temperature, Conductivity Transfer Standard (T accuracy ± 0.005 °C, C accuracy ±0.005 mho/cm) the desired accuracy in density measurement can be achieved.

3. DEPTH EQUILIBRATIOUT

It is assumed that a descending glass sphere has perfect elastic properties, with the density change linearly dependent on pressure and temperature. Simplified formulae for the dependence of the float density on pressure (depth) and temperature difference (AT) are, respectively:

$$\rho(Z) = \rho(Z_0) + \beta \times \Delta Z ,$$
$$\rho(T) = \rho(T_0) + \alpha \times \Delta T ,$$

where $\rho(Z)$, $\rho(Z_0)$ are the density of the float at depth Z and on the surface respectively, and $\rho(T)$ and $\rho(T_0)$ are the float density at temperature T and at bath-balancing temperature T_0 respectively

The coefficients of compressibility computed, taking into account the Benthos buoyancy data from 300 m to 500 m and an avarage water density, are equal to $(2.65 \pm 0.1) \times 10^{-6}$ g/cm^3/m for β and $(8.1 \pm 0.1) \times 10^{-6}$ g/cm^3/°C for α.

Experimental results have shown that large errors were introduced by non-linear compression of "rubber" parts of the float (cables, sealing material). Standardization of the length of these parts reduced the errors. In our floats they accounted for a change
of about 35 cm^3 in a total volume of about = 50 000 cm^3. This phenomenon is important down to only about 100 m depth and was taken into account as a Constant volume change.

To better understand such phenomena, trials were made in which diving techniques (Fig. 5) were used for in-situ balancing of the floats in the sea's upper layer; but the precision obtained by this method was mostly too poor.

For the deep layers only glass-sphere compression and temperature changes are important, as is seen in Fig. 6.

Several deep drifting floats were deployed at depths of from 220 m to 1100 m in 1982 and 1983 in the Alboran Sea for a period of 3 months (P. Pistek, F. de Strobel, C. Montanari, submitted), their motion being monitored automatically by three moored listening stations. An example is shown in Fig. 8. Some of the floats were released and redeployed during and at the end of the experiment.

Taking into account errors in weighing and compression, final positioning was precise to ± 40 m. Deployment depth was recorded as described above but even though there was an indication that equilibrium was achieved by the floats after six hours, the long-term deployment revealed the "creeping" compression lasting for about 20 days after deployment, as seen in Fig. 7.

The recoverable version was successful, the lime needed for recovery being 3 to 5 hours.

CONCLUSION

Calibration of the float density at the surface pressure (which must be to an accuracy o£ the order of 2 x 10^{-5} g/cm^3) with our method is very satisfactory, needs Less time, is more easily performed , and is better controllable than the equilibrium-balancing in water. Monitoring the pressure is important for homogeneous- or weakly stratified water (>200 m in the Mediterranean Sea) in establishing the float's equilibrium-depth.

The retrievable. float, version with small releaser provides greater economy and allows repeated redeployment until the required depth is obtained within a desired accuracy.

ACKNOWLEDGEMENTS

The authors express their thanks to M. Menelli, L. Camisa and L.Gualdesi for their contribution to this work.

REFESEMCES

Bradiey, A., Tillier P. 1980. Mesoscale Lagrangian measurement system. ICES Hydrographic Committee, Proceedings CM 1980/C7. Copenhagen, Comité International pour l'Exploration de la Mer/International Committee for the Exploration of the Seas.

de Strobel F. and Montanari C. 1984. SACLANTCEN Facilities for CTD calibrations and accurate laboratory balancing of deep drifting floats in a CTD monitored bath. STD'84 Conference & Workshop proceedings. Marine Technology Society, San Diego.

Pistek P., de Strobel F., Montanari C. 1980. The use of SACLANTCEN-engineered float for oceanographic research, NATO UNCLASSIFIED. In: NATO SACLANT ASW Research Centre. Papers presented to the 37th Meeting of the SACLANTCEN Scientific Committee of National Representatives, 14-16 October 1980, SACLANTCEN CP-28, NATO COSFIDENTIAL. La Spezia, Italy, SACLANT ASW Research Centre-; 8-1 to 8-5. (AD CO 24 237).

Pistek P., de Strobel F., Montanari C. 1984. Deep-sea circulation in the Alboran sea Summitted to Journal of Geophysical Research.

Tillier P. 1980. Expendable mid-range SOFAR floats and shipborne receiver. Polymode News. 73: 7-8.

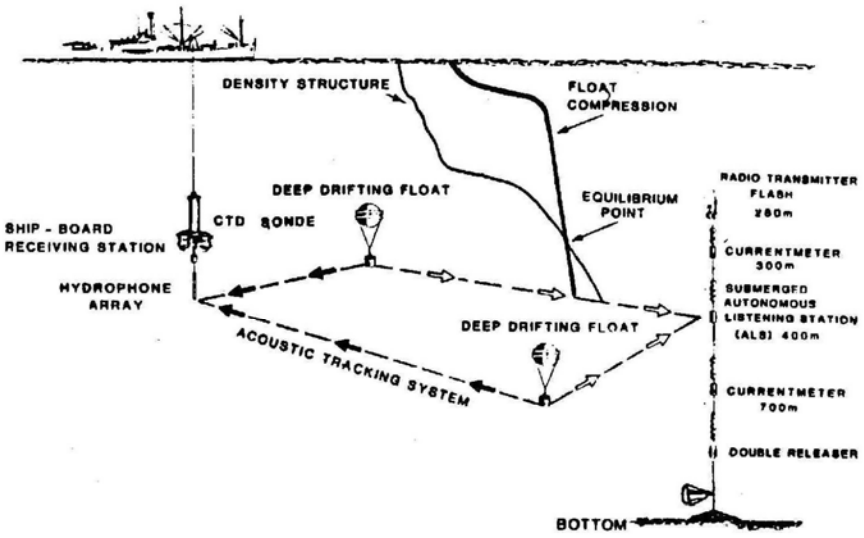


Fig. 1 Schematic diagram of the deep drifting floats' working principle and tracking from the listening stations. Density structure and compression of floats establish the deployment depth.

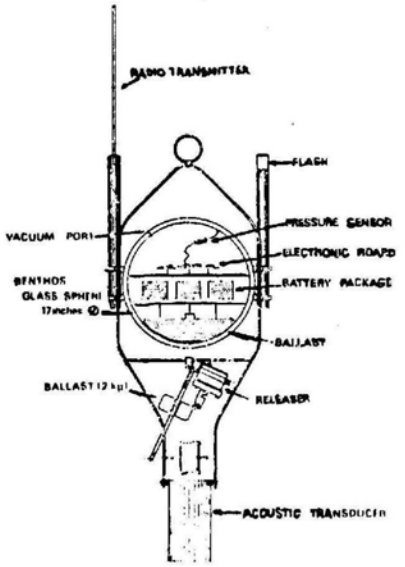


Fig. 2 SACLANTCEN-designed deep drifting float.

ACOUSTIC TRANSMITTER AND RELEASER BLOCK DIAGRAM

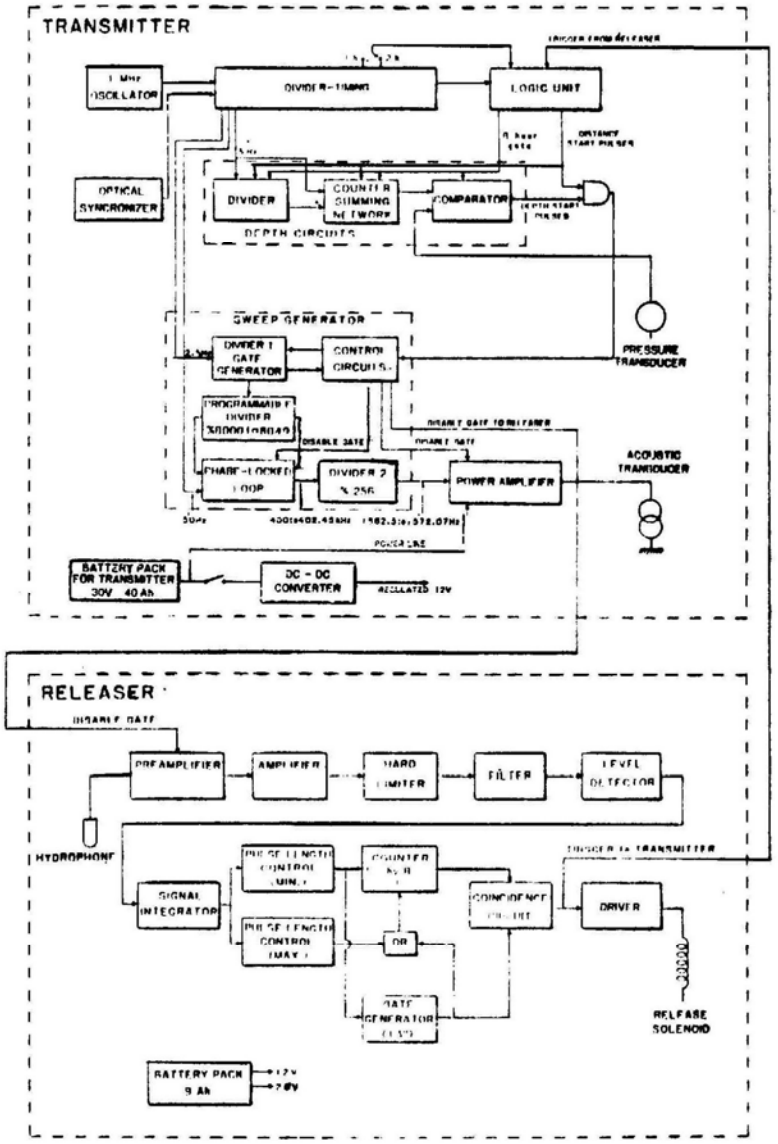


Fig. 3 Electronic block diagram of the acoustic transmitter and releaser circuitry.

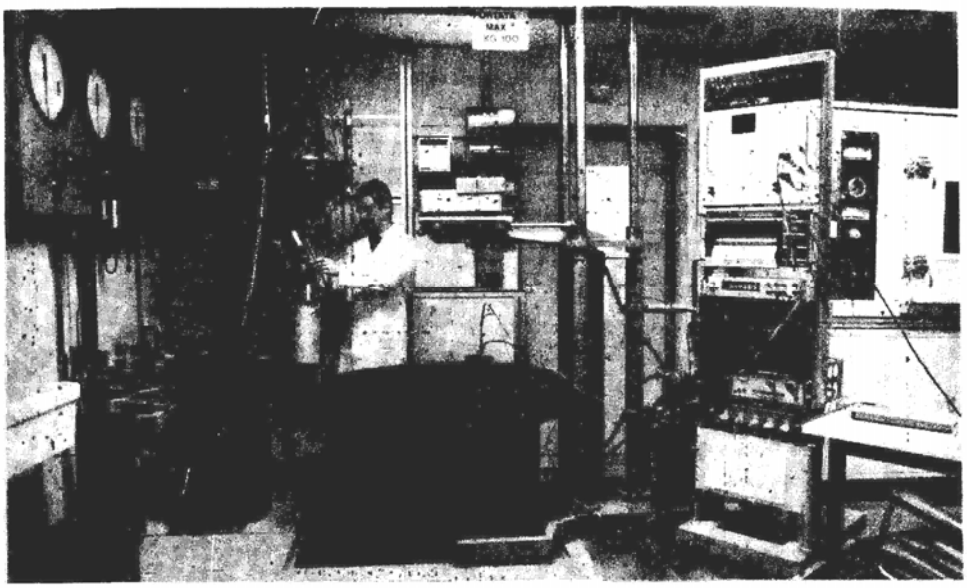


Fig.4 Instrument density calibration bath in use for balancing SACLANTCEN acoustic deep drifting floats.

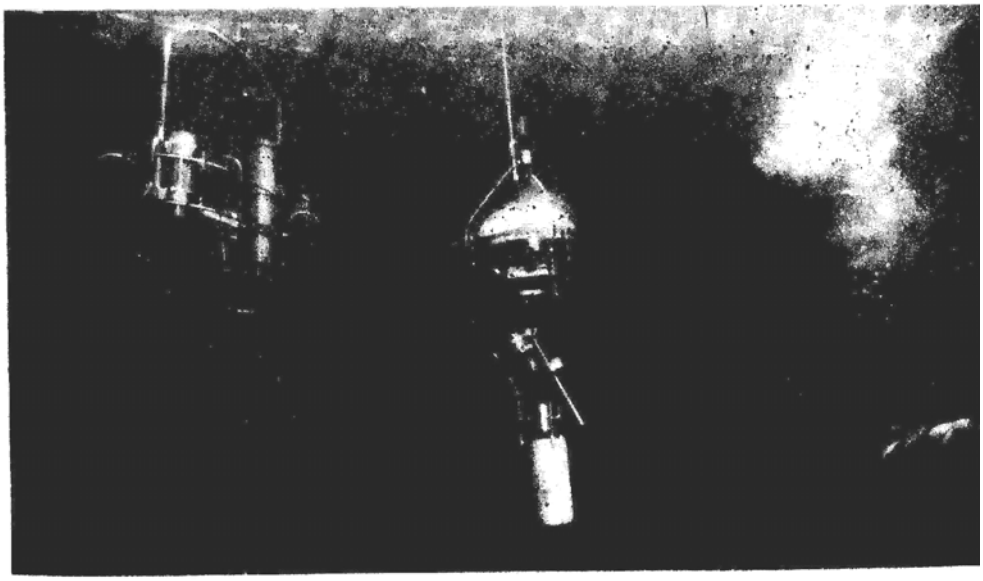


Fig. 5 In-water balancing of a SACLANTCEN deep drifting float diving technique.

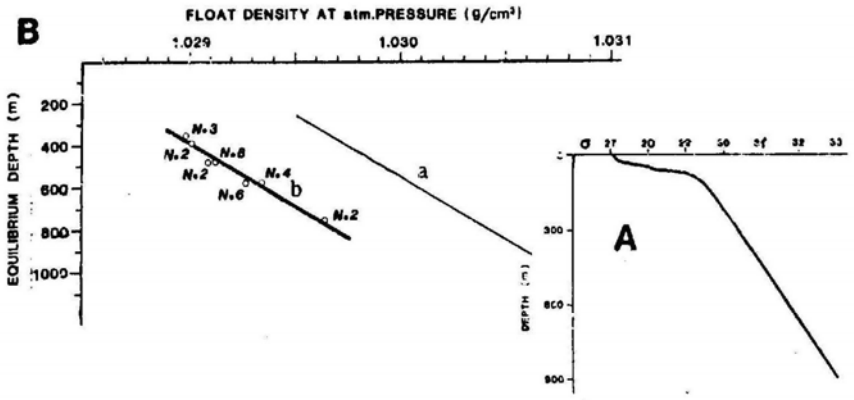


Fig. 6 Dependence of floats' density at atmospheric pressure and the depth of equilibration in the Alboran Sea.

A. Typical density structure in the Alboran Sea.

B. (a) Ideal curve of glass-sphere compression

(b) Actual curve of glass-sphere compression based on seven measurements. Within the range of deployment all the rubber parts are totally compressed and only the glass-sphere compression is important.

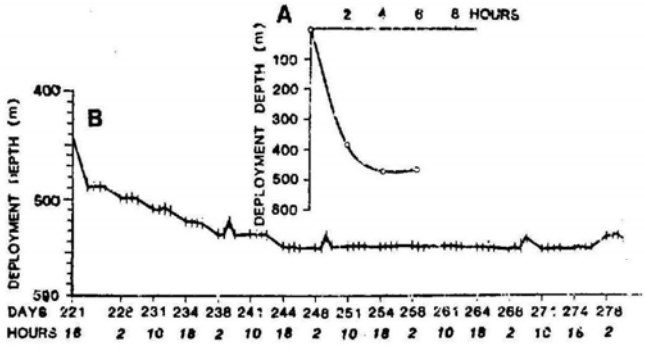


Fig. 7 Float equilibration.

A. First four signals indicate that float reached the proper depth.

B. "Creeping" compression indicates that "real" equilibrium is reached only after 20 days. Four signals in a group are separated by 2-hour intervals and each group of four measurements is repeated after 80 hours.

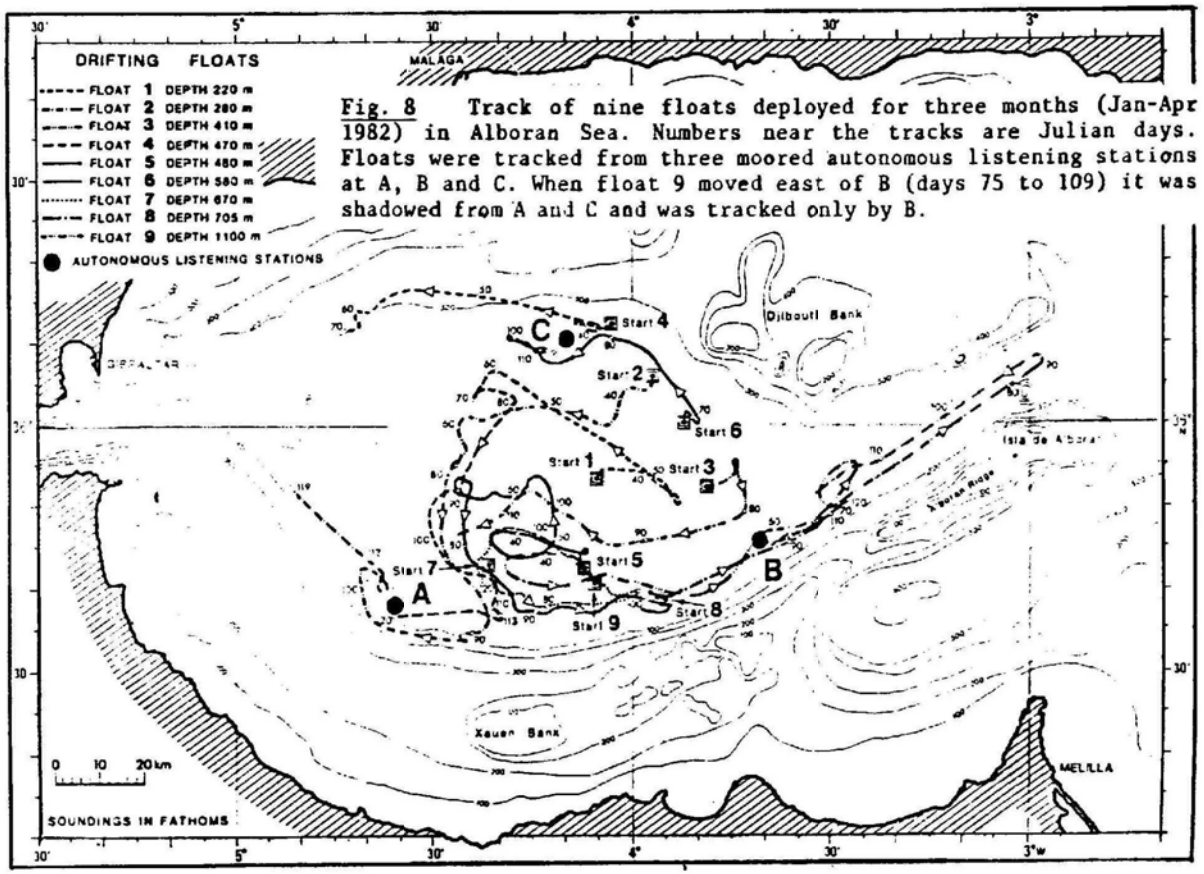


Fig. 8 Track of nine floats deployed for three months (Jan-Apr 1982) in Alboran Sea. Numbers near the tracks are Julian days. Floats were tracked from three moored autonomous listening stations at A, B and C. When float 9 moved east of B (days 75 to 109) it was shadowed from A and C and was tracked only by B.

COMUNICAZIONI

ANALISI STRUTTURALE SU ALCUNI POPOLAMENTI BENTONICI LUNGO IL LITORALE GENOVESE

G. ALBERTELLI °. A. BALDUZZI °°, R. CATTANEO °°

° Istituto di Scienze Ambientali Marine dell'Università di Genova
°°Istituto di Zoologia dell'Università di Genova

SUMMARY

A preliminary study of the coastal zoobenthic communities nearby the town of Genoa has been carried out with 42 samplings along seven transects from the coast line to 1500 m off-shore. The Sorensen similarity index easily identified different communities.

Soft bottoms are present in 27 stations; their zoobenthic communities and sediment texture have been studied with a multivariate technique. A dose correspondence exists between the zoobenthic distribution and sediment texture in the large part of the studied area. Anomalous distributions of the zoobenthos in some stations are discussed in relation to local pollution phenomena and shore-line modifications due to maritime works.

INTRODUZIONE

L'analisi del popolamento bentonico antistante un grande agglomerato urbano può essere di notevole interesse per comprendere la dinamica delle alterazioni ambientali legate all'attività antropica. Spesso però i dati riguardanti queste aree sono carenti e frammentari rendendo difficile una valutazione dellevoluzione storica del fenomeno.

Riferendoci in particolare alla città di Genova, mentre sufficientemente conosciuto è 1'ambiente portuale (Relini, Montanari, Viale**,** Di Cintio, 1975), o il benthos delle aree viciniori, quali Cogoleto (Drago e Albertelli, 1978), Bogliasco (Pansini e Pronzato, 1973), o i fondali oltre la batimetrica del 50 m (Albertelli e Cattaneo, presente volume), poco si conosce sulle biocenosi sottocosta.

Per avere un primo quadro generale sulla tipologia di questi fondali e delle comunità su di essi esistenti è stata effettuata una serie di campionamenti lungo l'arco di costa compreso tra Voltri e Nervi (circa 25 km).

ATTI 6° CONGRESSO A.I.O.L. – da Pag. 187 a Pag. 194

MATERIALI E METODI

I prelievi, effettuati nell'agosto 1981, sono stati condotti lungo sette transetti perpendicolari alla costa: Voltri (V), Pegli (P), Cornigliano (C). Foce (F), Sturla (S), Quinto (0), Nervi (N). Ogni transetto comprendeva sei stazioni (numerate da 31 a 6) a distanza crescente dalla linea di costa: 0, 100, 200,500, 1000 e 1500 m.

Tutte le stazioni 1 (lìnea di Battigia) sono state fissate su substrato duro.

In ogni stazione sono stati effettuati prelievi con benna Vam Veen o in immersione a seconda del tipo di substrato. I campioni sono stati vagliati con setacci aventi maglie di 0.9 mm. Nelle stazioni di fondo molle, inoltre, sono state fatte analisi granulometriche del sedimento secondo le metodiche indicate da Buchanan e Kain (1971).

I dati di distribuzione delle specie e della struttura del sedimento sono stati elaborati con differenti tecniche statistiche: indice di similitudine interstazionale di Sorensen per la definizione biocenotica dei fondali, analisi fattoriale delle corrispondenze (Benzecri et al., 1973), applicata sia ai dati faunistici che a quelli granulometrici, per la ricerea di un ordinamento strutturale delle sole stazioni di fondo molle.

I dati faunistici sono stati espressi come presenza/assenza delle specie in ciascuna stazione, mentre per i dati granulometrici si sono considerati i valori percentuali di ogni frazione in cui era stato suddiviso il sedimento (Tab. 1).

RISULTATI

Le principali comunità bentoniche del litorale genovese, discriminate dall'applicazione dell'indice di Sorensen al complesso delle 443 specie animali e vegetali individuate, sono le seguenti: facies a Mytilus galloprovincialis in tutte le sette stazioni di battigia, popolamenti di roccia (P2, P3, F2), di prateria di Posidonia (Q4, Q5, N4, N5, N6) e popolamenti di fondo molle nelle rimanenti 26 stazioni. Queste ultime sono articolate in popolamenti di sabbia (10 stazioni), di fango (11 stazioni), misti (5 stazioni). Una stazione (S6) è risultata completamente priva di organismi.

Il popolamento delle praterie di Posidonia è stato oggetto di un precedente lavoro (Balduzzi, Bavestrello, Belloni, Boero, Cattaneo, Pansini e Pronzato, in stampa); in questa nota vengono prese in considerazione le sole stazioni di fondo molle.

L'analisi delle corrispondenze effettuata sui dati granulometrici ha messo in evidenza, nel piano dei primi due assi, la

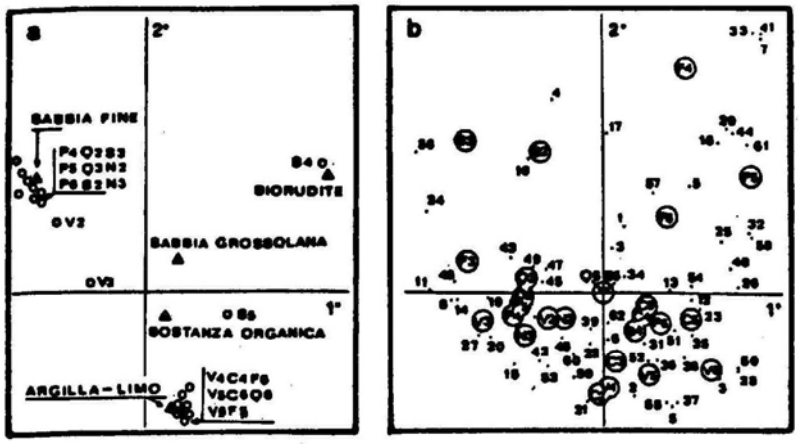


Fig. 1 - Modelli di ordinamento, nel piano dei primi due assi, relativi alle analisi delle corrispondenze basate su:
a) caratteristiche sedimentologiche (○ : stazioni; ▲ : frazioni granulometriche). Varianza spiegata: 41.8% (1° asse); 37.7% (2° asse).
b) distribuzione dello zoobenthos (◉ : stazioni; · : specie, per la numerazione cfr Tab.2). Varianza spiegata: 12.2% (1° asse); 9.5% (2° asse).

staz.	prof. (m)	num. specie	biorudite	sabbia grossol.	sabbia fine	limo	argilla	sostanza organica
			ϕ (μm) 4760	1210	74	4		
V2	9	9	-	-	74.4	12.4	10.3	2.9
V3	10	21	-	-	53.1	25.2	21.2	0.5
V4	17	19	-	-	1.2	35.4	57.5	5.9
V5	20	16	-	-	-	6.7	88.7	5.6
V6	36	20	-	-	-	10.4	81.0	8.6
P4	12	10	-	-	95.6	1.8	-	2.6
P5	20	14	-	-	93.6	2.3	-	4.1
P6	36	15	-	-	85.4	9.5	-	5.1
C2*	20	13	-	-	-	-	-	-
C3*	25	3	-	-	-	-	-	-
C4	30	19	-	-	-	65.8	16.3	17.9
C5*	45	10	-	-	-	-	-	-
C6	55	15	-	-	-	68.6	19.0	12.4
F3*	10	23	-	-	-	-	-	-
F4*	23	18	-	-	-	-	-	-
F5	40	24	-	-	-	84.3	8.2	7.5
F6	58	12	-	-	-	90.1	3.6	6.3
S2	6	5	-	-	91.5	3.6	2.4	2.5
S3	10	6	-	5.3	81.9	4.7	6.2	1.9
S4	15	3	89.1	7.3	-	-	-	3.6
S5	23	1	30.5	-	-	29.1	17.0	23.4
S6	27	0	-	-	-	40.1	54.3	5.6
Q2	11	3	-	-	98.1	-	-	1.9
Q3	13	2	-	-	86.8	6.3	4.5	2.4
Q6	45	2	-	-	-	53.2	40.4	6.4
N2	6	4	-	-	83.7	10.1	3.7	2.5
N3	12	8	-	-	89.4	5.3	3.6	2.7

Tab. 1 - Elenco delle stazioni di fondo molle. Per ognuna sono indicati: profondità, numero di specie ritrovate e valori in percentuale dei parametri sedimentologici. (* indagine sedimentologica non effettuata).

formazione di due nuvolo ben addensate di punti-stazione corrispondenti, da una parte, alla sabbia fine e dall'altra alle frazioni di limo e argilla (Fig. 1a). La stazione S4, particolarmente ricca di biorudite, si colloca isolata nella regione corrispondente a questa frazione, mentre S5, ricca di sedimento grossolano ma anche di limo e di sostanza organica, occupa una posizione intermedia, così come V3, caratterizzata da sabbia mista ad una rilevante frazione fangosa.

Per 1'analisi basata sullo zoobenthos sono state considerate esclusivamente le 62 specie presenti in più di una stazione, su 110 complessivamente rinvenute (Tab. 2). In questo caso (Fig.1b) i punti-stazione non si separano così nettamente come nel caso precedente, ma restano comunque evidenti due nuclei di addensamento, uno che comprende le stazioni di sabbia e 1'altro quelle di fango. Le stazioni S5 e Q6, risultate prive di specie dopo l'eliminazione di quelle presenti in una sola stazione, si collocano all'intersezione degli assi. Solo pochi punti-stazione, tutti relativi ai transetti di Foca e Sfuria, si discostano nettamente dai due nuclei di addensamento.

In questa stessa analisi i punti-specie non presentano, invece, particolari addensamenti, ma ai distribuiscono lungo il primo asse secondo una configurazione parabolica il cui significato ecologico è stato ampiamente discusso da diversi Autori(cfr Benzecri et al., 1973; Fresi e Gambi, 1982; Fresi, Gambi, Focardi, Bargagli, Baldi, Falciai, 1983) e che sembra collegata ad un fenomeno fondamentalmente unidimensionale (gradiente granulometrico) complicato da fattori secondari non facilmente interpretabili.

In questa distribuzione le specie tipiche di sabbia o di fango si collocano in corrispondenza dei due nuclei di addensamento dei punti-stazione (Spisula subtruncata, Chone duneri, Oweniafusiformis per le sabbie e Turritella communis, Nucula tumidula,Glycera rouxii per i fanghi). Infine alcune specie tipiche di ambienti particolari, quali la prateria di Posidonia (Bittium reticulatum) o i fondi duri (Nematonereis unicornis e Calyptrea chinenais), si ritrovano decisamente spostate lungo il secondo asse.

DISCUSSIONE

Riportando su una cartina schematica la distribuzione degli ambienti quale risulta dalle analisi fattoriali (Fig. 2), si può notare come lungo quasi tutto 11 litorale genovese esista una buona corrispondenza tra tipi di sedimento e comunità zoobentoniche.

Le osservazioni effettuate non hanno rilevato la presenza di

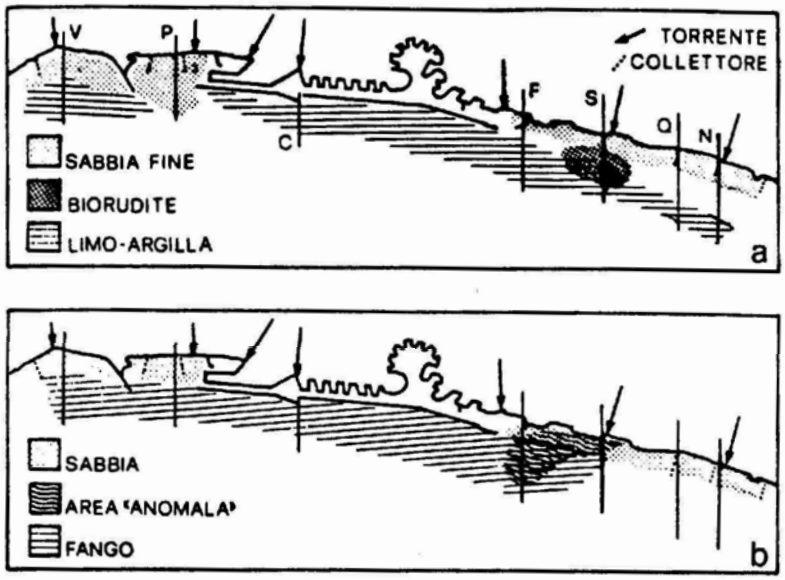


Fig. 2 - Caratterizzazione tipologica dei fondali studiati effettuata in base ai risultati delle analisi delle corrispondenze:
a) distribuzione dei sedimenti (cfr Fig. 1a)
b) distribuzione delle comunità bentoniche (cfr Fig. 1b).

una chiara fascia di transizione tra la sabbia ed il fango: il cospicuo "infangamento" delle stazioni sabbiose di Veltri non corrisponde, nell'analisi basata sullo zoobenthos, ad un popolamento caratteristico di fondi misti.

A levante del porto la fascia intermedia è occupata da coralligeno di piattaforma alternato a praterie di Posidonia. In stato di sufficiente vitalità a Quinto e Nervi e fortemente degradate a Sfuria e Foce (Balduzzi et al., in stampa).

In questi due ultimi transetti 1'impatto antropico si fa sentire in maniera pesante e differenziata: dall'effetto del porto a quello dei torrenti Bisagno e Sturla, che attraversano alcuni dei quartieri più popolosi della città, ed a quello del notevolissimo carico fognario, da pochi anni riunito nei due collettori principali di Punta Vagno (Foce) e Vernazzola (Sfuria).

Se a questo quadro si aggiungono i numerosi lavori di riempimento e discarica effettuati lungo questo tratto di costa (ampliamenti portuali, quartiere fieristico, depuratori eco.) ben si può comprendere 1'aspetto particolare mostrato dalle comunità zoobentoniche rinvenute in queste stazioni (Fig. 1b).

Anche lungo la costa del ponente cittadino (Pegli e Voltri)

Gli importanti lavori relativi alla costruzione del nuovo porto stanno probabilmente provocando sensibili trasformazioni nel regime idrodinamico e sedimentario.

Queste potrebbero avere determinato il parziale infangamento delle stazioni V2 e V3 e potrebbero anche essere alla base del comportamento "anomalo" della stazione P6, che dal punto di vista granulometrico si colloca tra le stazioni di sabbia mentre faunisticamente non si differenzia dalle stazioni di fango.

E' da notare però che già in precedenza (Albertelli, dati non pubblicati) in questa zona era stata notata una notevole instabilità del fondale, probabilmente dovuta alla variabilità di portata del torrente Varenna e di intensità delle correnti di fondo in uscita dall'area portuale.

1 Abra alba (Wood) : V3 F5
2 Abra prismatica (Laskey) : P6 C2 C3
3 Aporrhais pespelecani (L.) : V6 P6
4 Bittium reticulatum (Da Costa) : F3 F4 F6 S2 S3
5 Calyptrea chinensis (L.) : V5 F4
6 Corbula gibba (Olivi) : V3 V4 V5 P5 P6 C2 C3 C4 C5 C6 F3 F6
7 Dentalium inaequicostatum Dautz. : F4 F5
8 Digitaria digitaria (L.) : F3 N3
9 Gouldia minima (Montagu) : P4 P5 P6 C4 F3 N3
10 Hinia reticulata (L.) : C4 S2 S3
11 Hinia sp. : V3 F3
12 Lunatia macilenta (Phil.) : V6 C4 F5 N2
13 Myrtea spinifera (Montagu) : P6 C4 C6 F6
14 Nassarius mutabilis (L.) : F3 N3
15 Nucula tumidula Malm. : V4 V5 V6 C6
16 Pitar rudis (Poli) : C5 F4
17 Plagiocardium papillosum (Poli) : P5 F4
18 Ringicula sp. : V3 V4 P5
19 Spisula subtruncata (Da Costa) : V3 V4 P4 P5 F3 S3 Q2 Q3 N2 N3
20 Tellina compressa Brocchi : V3 P5 C2 F3
21 Tellina donacina L. : V2 V5 C2
22 Thyasira flexuosa (Montagu) : V3 C2 C3 C4 C5 C6 F3
23 Turritella communis Risso : V4 V5 V6 C4 F5 F6
24 Venus casina L. : V3 F3 S3
25 Ampharete grubei Malm. : P6 C5 F5 F6
26 Chaetozone setosa Malm. : V6 C6 F5
27 Chone duneri Malm. : V2 V3 P4
28 Cirrineris incertus Fauvel : V6 C5
29 Clymene (Praxillella) gracilis (Sars) : C6 F4 F5
30 Ditrupa arietina (O.F. Müller) : P5 C4 C5 C6 F3 F4
31 Glycera rouxii Aud. & M. Edw. : V2 V3 V4 C2 C4 C6 F5
32 Heterocirrus sp. : V6 F5 F6
33 Hyalinoecia bilineata Baird : F4 F5
34 Lumbrineris emandibulata mabiti Ramos : V2 C4 F6
35 Lumbrineris fragilis (O.F. Müller. C5
36 Lumbrineris gracilis Ehlers : V4 V5 V6 P4 P6 C2 F5
37 Lumbrineris impatiens (Claparède) : V6 C2 C4
38 Lumbrineris latreilli (Aud. & M. Edw.) : V4 V5 V6 C2 C4 C5 F5 S4
39 Magelona alleni Wilson : V6 F3
40 Melinna palmata Grube : V5 F5
41 Nematonereis unicornis (Grube) : F4 F5
42 Nephthys hombergi Savigny : V2 V3 V4 V5 P4 P5 C2 Q2 N2
43 Owenia fusiformis (D. Ch.) : V2 V3 P4 P5 C2 F3 F4 S3 Q2 Q3
44 Paralacydonia paradoxa Fauvel : P6 F4 F5
45 Phyllochaetopterus sp. : C6 F3
46 Phyllodoce mucosa Oersted : P5 F3
47 Polydora antennata Claparède : V2 V3 P4 P5 C4 F6 S2
48 Polydora antennata pulchra Carazzi : V3 P6
49 Polydora caeca (Oersted) : V2 V3 P4 F3 F5
50 Prionospio cirrifera Wiren : V6 C5
51 Prionospio pinnata Ehlers : V5 V6 C4 F5 N3
52 Pseudoleiocapitella fauveli Harmelin : P6 C2 C4
53 Scoloplos armiger (O.F. Müller) : V4 V5 F3 N3
54 Spio decoratus Bobr. : V4 V6 P6 F4
55 Spio multioculata (Rioja) : V4 V5 V6 C4
56 Spiochaetopterus costarum (Claparède) : F3 S3
57 Spiophanes krojeri zejssi Laubier : P6 C4 F3 F4 F5
58 Tharyx heterochaetus Laubier : V6 F5 F6
59 Tharyx marioni (St. Jos.) : V3 V4 V6 P5
60 Ampelisca sp. : V3 V4 V5 V6 P4 P5 P6 C6 F3 N3
61 Amphiura chiajei Forbes : F5 F6
62 Ophiura albida Forbes : P5 C5

Tab. 2 - Lista delle specie utilizzate per l'analisi delle corrispondenze e relativa distribuzione nell'area campionata.

BIBLIOGRAFIA

Albertelli, G. e M. Cattaneo. Macrobenthos dei fondi molli del Mar Ligure. Atti VI Congresso A.I.O.L., Livorno (12-14 aprile 1984) (presente volume).

Balduzzi, A., G. Bavestrello, S. Belloni, F. Boero, R. Cattaneo, M. Pansini e R. Pronzato. Valutazione dello stato di alcune praterie di Posidonia del Mar Ligure sottoposte a diverse condizioni di inquinamento. Actes du Colloque de Porquerolles."First International Workshop on Posidonia oceanica beds", Ottobre 1983 (in stampa).

Benzecri, G.P. et al. 1973. L'analyse des données. Vol. 2; L'analyse dea correspondances. Dunod, Paris, 619 pp.

Buchanan, J.B. e J.W. Kain. 1971. Measurement of the physical and chemical environment. In: "Methods for the study of marine benthos". N.A. Holme e A.D. McIntyre eds., IBP Handbook n°16. Blackwell, Oxford and Edinburgh, 30-58.

Drago, N. e G. Albertelli. 1978. Etude faunistique et bionomique du littoral de Cogoleto (Golfo de Genes). Téthys, 8(2), 1976(1978): 203-212.

Fresi, E. e M.C. Gambi. 1982. Alcuni aspetti importanti dell'analisi matematica di ecosistemi marini. Naturalista Sicil., S. IV., VI (Suppl.), 3; 449-465.

Fresi, E., M.C. Gambi, S. Focardi, R. Bargagli, F. Baldi e L.Falciai. 1983. Benthic community and sediment types: a structural analysis. P.S.Z.N.I: Marine Ecology, 4(2): 101-121.

Pansini, M. e R. Pronzato. 1973. Il coralligeno di Bogliasco ed il suo popolamento di Poriferi. Boll.Mus.Ist.Biol.Univ.Genova, 41: 5-34.

Relini, G., M. Montanari, S. Viale e R. Di Cintio. 1975. Considerazioni sulle caratteristiche biologiche ed abiologiche di zone del porto di Genova sottopoete ad intensi scarichi fognari. Atti V Simp.Naz.Conserv.Natura, 1: 59-98.

UNA INTRODUZIONE ALLE SESSE INTERNE DEL LAGO DI MERGOZZO

W. AMBROSETTI, L. BARBANTI, V. LIBERA e A, ROLLA

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

SUMMARY

The analysis of Lago di Mergozzo data colleted from a moored thermograph system during October 1983 has shown the presence of very clear internal seiches. Their maximum thermal excursions (about 11 °C at a depth at 13 m), their quasi-constant periodicity (about 5 hours) and the presence of harmonics underline the importance of this phenomenon in reference to the internal dynamics of the lake during stratification.

The first persual of the recorded data confirms that the internal seiches can be regarded as the normal resonant response of a stratified lake to the wind; it is important to take note of the direction of the wind, because there are no internal responses to the wind blowing across to the lake axis.

Further investigations will be devoted to verifying the exact periodicity of the seiches, their amplitude and the possible presence of multimodal waves and other short-period noises.

Il Lago di Mergozzo, per la modesta estensione della sua superficie (1,815 Km), la profondità relativamente elevata (z_{max}=73 m e z = 45,4 m), la scarsa articolazione delle coste e la morfologia sommersa assai regolare, rappresenta un bacino ideale per indagin di limnologia basale.

Per questi motivi 1'Istituto Italiano di Idrobiologia, C.N.R. di Pallanza ha messo a punto una serie di programmi di ricerche a carattere multidisciplinare diretti, per la parte che attiene alla fisica lacustre, al rilevamento ed all'analisi delle caratteristiche idrodinamiche del lago, con particolare riferimento alle componenti associate alla stratificazione termica, al regime delle correnti ed alle sesse interne.

GENERALITÀ SULLE SESSE INTERNE

Onde stazionarie di questo tipo, la cui dinamica è molto simile a quella delle sesse superficiali, si verificano nei bacini chiusi, nelle baie e nei laghi durante la fase della loro stratificazione termica; appaiono quando su una parte della superficie del corpo d'acqua va ad agire una forza esterna (per esempio una variazione

ATTI 6° CONGRESSO A.I.O.L. – da Pag. 195 a Pag. 202

improvvisa di pressione atmosferica, o violenti temporali localizzati) o ancora, e più frequentemente, quando a seguito di un episodio ventoso i conseguenti movimenti di deriva determinano un temporaneo spostamento di masse d'acqua verso l'estremità del bacino, provocando 1'inclinazione dei piani isotermici. Nelle condizioni raggiunte dal nuovo equilibrio, 1'accelerazione dovuta alla componente gravitativa che agisce lungo la superficie di separazione fra le acque epilimnica ed ipolimnica è tale da bilanciare la forza innescante. Ma nel momento in cui quest'ultima viene a mancare, l'acqua precedentemente spostata tende a riportarsi verso la posizione primitiva di equilibrio statico attraverso una serie di movimenti che, per effetto della loro energia cinetica, risultano di tipo oscillatorio smorzato; essi continuano infatti finché tutta la loro energia non
viene dissipata per attrito o finché non viene incrementata per intervento di una nuova forza esterna.

In teoria possono essere generate tutte le possibili armoniche dalla frequenza di base, ma quella che più di ogni altra si evidenzia è 1'armonica a più elevata periodicità; le alte frequenze presentano infatti una notevole dispersione di energia per effetto dell'attrito (Mortimer, 1953).

Poichè le sesse interne sono onde libere, i loro periodi sono determinati unicamente dalla morfometria del bacino, mentre 1'entità della risposta del lago alle forze applicate (in pratica l'ampiezza dell'onda) dipende in primo luogo dalle quantità energetiche in gioco, e, secondariamente, dal fatto che la forza innescante abbia, o meno, una risonanza vicina ai periodi liberi propri del lago Mortimer, 1965).

MATERIALI E METODI

Sul Lago di Mergozzo è stata messa in opera una stazione termografica galleggiante che consente la misura della temperatura dell'acqua lacustre a sei diverse profondità comprese fra la superficie ed i 25 m; la stazione, ubicata nella parte nord-occidentale del bacino, è collegata con cavo subacqueo ad un sistema di acquisizione dati (Mod. SP 75 della C.A.E. di Bologna) che è posto a terra e che è in grado di procedere alla memorizzazione elettronica dei segnali su apposito modulo a semiconduttore da 4K x 8 bits.
Nella fase iniziale di funzionamento, 1'apparecchiatura è stata programmata per una frequenza di lettura di due ore per ciascuna delle sei profondità investigate, il che ha consentito una raccolta di informazioni sufficientemente dettagliate da permettere l'identificazione di sesse interne di notevole ampiezza.

I dati anemologici necessari all'interpretazione dei risultati sono stati raccolti da una stazione meteorologica appositamente allestita sulle rive del lago, dove vengono anche rilevati i seguen-

ti altri parametri; radiazione solare, temperatura ed umidità atmosferica, variazioni di livello del lago.

RISULTATI

II Lago di Mergozzo è caratterizzato da una stabilità termica assai elevata e tale da consentire, anche ad autunno inoltrato, la presenza di una stratificazione molto pronunciata che, nella prima decade dell'Ottobre 1983, presentava un gradiente di temperatura di circa 8-9 °C fra le profondità di 9 e 13 m.

In condizioni anemologiche del tutto normali, con il lago cioè sottoposto solamente al regolare regime delle brezze, quali quelle registrate nei primi giorni del suddetto mese (Fig. 1), si sono riscontrate oscillazioni termiche con ampiezza massima di non più di 4 °C alla profondità di 9 m, oscillazioni in attenuazione con la profondità (2 °C a 13 m e 1 °C a 18 m). La sonda più superficiale (1 m) indicava invece soltanto onde termiche legate al ciclo giornaliero della radiazione solare con il quale esse sono in fase perfetta; questo tipo di oscillazioni non è più presente già alla profondità di 6 m.

I periodi delle sesse termiche presenti ai livelli intermedi sono valutabili intorno alle 5 ore, ma appaiono caratterizzati da un effetto modulante sovrapposto che ha un periodo di circa 24 ore.

Un vento di non rilevante intensità (circa 19 km/h), con direzione parallela all'asse principale del bacino (NW-SE), manifestatesi all'improvviso nella serata dell' 11 Ottobre, ha invece innescato sesse termiche molto più ampie ma sempre della stessa periodicità delle precedenti, determinando anche la scomparsa delle onde modulanti. Da rilevare che la risposta del lago al vento è stata immediata e che le oscillazioni termiche hanno avuto la loro massima ampiezza nella fase iniziale (8 °C alla profondità di 9 m, 11 °C a 13 m e 10 ° C a 18 m); esse sono andate però rapidamente smorzandosi, anche per il repentino calo del vento, pur mantenendo, soprattutto a - 13 m, ampiezze nettamente superiori a quelle rilevate prima dell'evento ventoso.

Nuovi impulsi di vento si sono manifestati anche nei giorni successivi, con intensità non molto inferiori a quello dell' 11 Ottobre e addirittura superiore il giorno 22 (29,5 km/h): tuttavia questi eventi sono risultati del tutto influenti agli effetti delle sesso termiche che non hanno evidenziato alcuna reazione particolare ai nuovi impulsi. Da sottolineare però che il vento in questi casi era disposto secondo direzioni trasversali all'asse principale del lago: il giorno 22, in particolare, proveniva da NE.

Una netta ripresa nelle ampiezze delle sesse termiche è stata riscontrata solamente il 1° Novembre come risposta ad w vento di

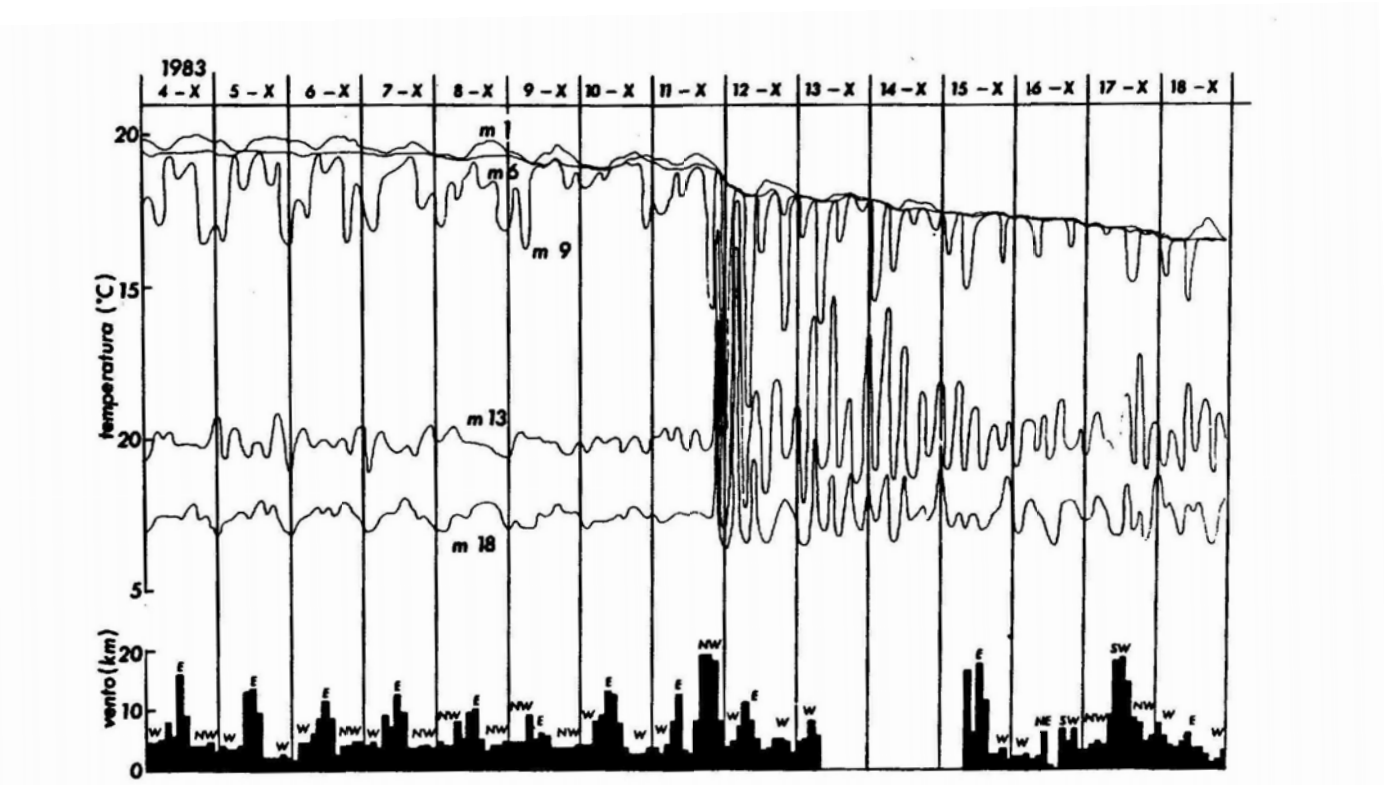


Fig. 1 - Curve termiche registrate nel Lago di Mergozzo a 5 diverse profondità nel periodo dal 4 al 18 Ottobre 1983. Istogrammi verticali biorari delle velocità del vento con l'indicazione delle direzioni prevalenti di provenienza

intensità molto modesta (5-6 km/h), con una direzione non molto ben definita, ma prevalente dai quadranti meridionali.

DISCUSSIONE

Siamo evidentemente in presenza di fenomeni tanto complessi per genesi, quanto importanti per le loro dimensioni e per le conseguenze che comportano, per i quali si impone uno studio molto particolareggiato, atto cioè ad individuarne cause ed effetti.

Un primo approccio all'analisi delle sesse termiche del Lago di Mergozzo, preliminare anche perché si tratta di registrazioni molto limitate nel tempo e collocate in un ben preciso momento del ciclo stagionale, ha riguardato soltanto il calcolo teorico delle loro periodicità. Si è fatto uso della "equazione di Stokes" (Proudman, 1953), un'espressione che è 1'applicazione alle sesse termiche della "formula di Merian" valida per le oscillazioni libere superficiali; essa è stata usata nella forma ridotta proposta da Mortimer (1953) impiegando anche gli abachi grafici da lui stesso suggeriti.

I risultati schematizzati in Fig. 2 si riferiscono, rispettivamente, alle situazioni riscontrate in lago nelle giornate del 10-11 Ottobre, cioè immediatamente prima dell'innesco delle grandi oscillazioni, ed in quello del 12-13 Ottobre, subito dopo 1'evento. Sono state valutate le temperature medie dell'acqua epilimnica (T_e) ed ipolimnica (T_h) e le profondità medie dei due strati (e ed h).Ne è risultato un periodo teorico di sessa di 3 h 58', nel primo caso, e di 4 h 16' , nel secondo: sono valori sensibilmente inferiori a quelli riscontrati sperimentalmente che, come già si è detto, superavano le 5 ore. Di qui la necessità di procedere ad analisi più approfondite del fenomeno, con 1'impiego di modelli meno statici di quello che è stato sin qui adottato e che permettano anche di valutare altri parametri propri delle sesse (per esempio, le loro ampiezze); ma è soprattutto necessario disporre di serie più, lunghe di dati e relative a diversi periodi stagionali.

Fra le metodiche disponibili si sta mettendo a punto quella proposta da Defant (1961), per i notevoli vantaggi che offre circa la valutazione, oltre che del periodo e dell'ampiezza, anche degli spostamenti delle particelle d'acqua associate al movimento oscillatorio, sia in senso orizzontale che verticale, nonché delle loro velocità di fase. L'applicazione pratica del metodo di Defant, per il quale sono necessari calcoli iterativi di adattamento, è per altro assicurata dalla disponibilità di adeguati programmi al calcolatore, quali quelli proposti da Fee (1968).

Anche la "power spectra analysis", già utilizzata da Mortimer (1965) per lo studio delle sesse superficiali e delle maree del Lago Michigan e della Green Bay, permetterebbero una adeguata inter-

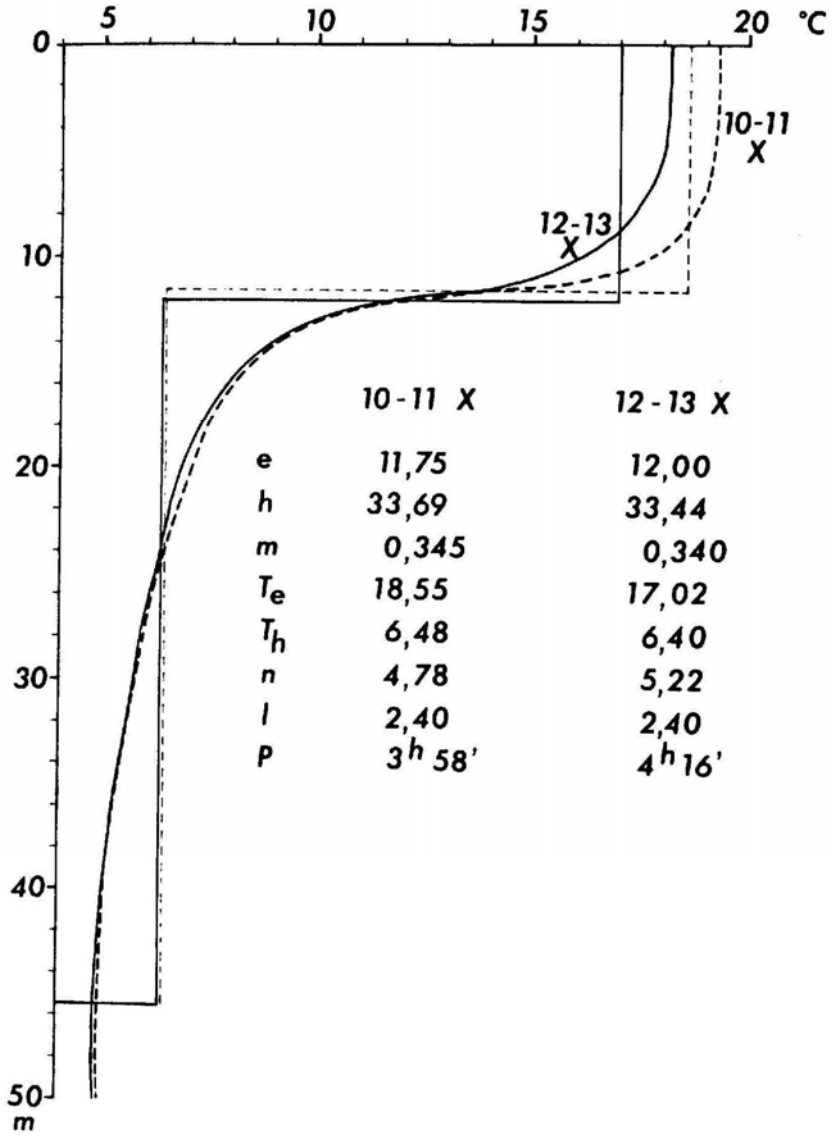


Fig. 2 - Profili verticali delle temperature medie delle acque del Lago di Mergozzo nei giorni 10-11 e 12-13 Ottobre 1983

prefazione delle sesse termiche in termini di valutazione degli spettri della loro varianza (potenza).

BIBLIOGRAFIA

Defant, A. 1.961. Physical Qceanography. Vol. 2. Pergamon Press,550 pp.

Fee. E.J. 1968. Digital computer programs for the Defant method of seiche analysis. Center for Great Lakes Studies. The University of Milwaukee. Special Report No. 4., 27 pp.

Mortimer, C.H. 1953. The resonant response of stratified lakes to wind. Schweiz. Z. Hydrol., 15: 94-151.

Mortimer, C.H. 1965. Spectra of long surface waves and tides in Lake Michigan and Green Bay, Wisconsin. Proc. 8th Conf. Creat Lakes Res., Great Lakes Res. Div., Univ. Mich., Publ. No. 13: 304-325.

Proudman, J. 1953. Dynamical Oceanography. Methuen e Co. Ltd.,412 pp.

MISURE PIXE DI METALLI NEL GOLFO DI GENOVA COME POSSIBILE SUPPORTO PER L'INDAGINE DELLE INVERSIONI NELLA CORRENTE COSTIERA

G. APRILESI° , R. CECCHI°°, G. GHERMANDI°° ,G. MAGNONI°°

° Dipartimento di Fisica dell'Università di Modena
°°Osservatorio Geofisico dell'Università di Modena

SUMMARY

The multielemental PIXE (Particle Induced X-ray Emission) is a powerful technique to analyse Fe, Co, Ni, Cu, Hg, and Pb in marine waters by pre concentration with Na-DDTC. The whole procedure is described, and the errors together with the detection limits are reported. We have applied this methodology to preliminary measurements of the metal concentration changes in marine samples collected near Genova, in order to evaluate possible correlations with the inversion in the coastal current.

INTRODUZIONE

In molti problemi inerenti a modelli di circolazione marina può risultare di utile supporto un metodo analitico che fornisca concentrazioni di elementi in campioni opportunamente selezionati. L' ausilio al modello sarà certamente maggiore se e possibile, senza troppo elevate difficoltà analitiche, fornire le distribuzioni di più elementi contemporaneamente, a patto che il metodo comporti una sufficiente sensibilità di misura.
Le analisi multielementari PIXE (Proton Induced X-ray Emission) del contenuto in metalli di acque fluviali, lacustri a marine sembrano possedere i requisiti richiesti per essere utilizzate nel controllo di circolazione di acque a non trascurabile livello di inquinamento, e come tali sono state impiegate in studi relativi alla concentrazione di metalli nei principali corsi d' acqua del Modenese da Cecchi, Ghermandi, Menziani (1981), e allo sversamento degli stessi ad opera dei corsi d'acqua nella Laguna di Venezia da Bernardi, Costa, Santangelo, Vazzoler, Cecchi, Ghermandi, Magnoni (1982).
La tecnica PIXE, messa a punto per acque sufficientemente inquinate, viene ora applicata tentativamente al controllo chimico delle acque nel Golfo di Genova onde evidenziare possibili correlazioni tra le variazioni di concentrazione per alcuni metalli e le situazioni di inversione della corrente costiera.

ATTI 6° CONGRESSO A.I.O.L. – da Pag. 203 a Pag. 210

METODOLOGIA ANALITICA PIXE

I principi fisici di questa tecnica analitica multielementare sono stati gia descritti con sufficiente dettaglio da Aprilesi, Cecchi, Ghermandi e Magnoni (1983).
Le caratteril3tiche fondamentali della tecnica PIXE sono l'elevata rapidità di analisi (circa 10 min), la multielementarita (15-20 elementi rivelati contemporaneamente), la non distruttività del bersaglio, la buona precisione e riproducibilità, 1'alto grado di automatizzazione. I picchi X relativi alla presenza dei corrispondenti elementi nel campione (segnale) sono eccitati per bombardamento con protoni (1.8 Mev) e risultano sovrapposti ad uno spettro X continuo (rumore).

La relazione di base per analisi quantitative PIXE, per una data energia X caratteristica emessa da un elemento E, risulta essere

$$N_E = n\, A_E\, \sigma_E\, \varepsilon_E\, \Omega\, T_E$$

con
N_E: numero di fotoni X emessi dall'elemento E
n: flusso di protoni suI bersaglio
A_E: numero di atomi di E presenti sul bersaglio
σ_E: sezione d'urto al protone di quella emissione X per l'atomo E e per unita di angolo solido
ε_E: efficienza del rivelatore 8i-Li a quell'energia X
Ω: angolo solido bersaglio-rivelatore
T_E: coefficiente di trasmissione di quella radiazione X attraverso i vari mezzi interposti tra bersaglio e rivelatore.

Essa e del tipo

$$N_E = K_E\, C_E$$

con C_E la concentrazione dell' elemento E nel bersaglio, e rende possibili analisi assolute, ma ciò implica una esatta determinazione dei parametri in gioco e questa e particolarmente difficile per &. e T, che sono funzioni dell'energia delle emissioni X che devono essere determinate per via sperimentale in modo non banale e con errori che possono risultare non trascurabili.

E' ovviamente molto più semplice, quando possibile, compiere analisi relative, ad esempio introducendo un elemento S a concentrazione nota Cs (standard interno). Si avra allora:

$$C = \frac{K_S}{K_E}\,\frac{N_E}{N_S}\,C_S$$

Ovviamente una serie di calibrazioni accurate fornisce i fattori di conversione tra i vari elementi E e lo standard S. La valutazione accurata di N_E ed N_S, effettuata al calcolatore, richiede la formulazione di programmi di calcolo complessi che forniscano le concentrazioni e gli errori. Per questi ultimi si deve tener conto sia dell'errore percentuale B medio quale risulta dalle calibrazioni sperimentali effettuate per ogni elemento in un largo intervallo di concentrazioni (10-1500 ng/cc nel nostro caso),che dell'errore additivo α proveniente dalla sottrazione di un bianco medio derivato da un sufficiente numero di bianchi (almeno sei per ogni ciclo di preparazione di bersagli). Esso e del tipo

$$e = \alpha + \beta C_E$$

e la sua valutazione e stata esposta in dettaglio da Aprilesi, Cecchi, Ghermandi e Magnoni (1981).

PREPARAZIONE DI BERSAGLI DA CAMPIONI LIQUIDI

Come illustrato da Aprilesi (1983) , il metodo usato per preconcentrare alcuni elementi metallici ed ottenere un bersaglio sufficientemente sottile (onde minimizzare il rumore X) consiste nel precipitare a pH = 9 con Na-DDTC in presenza di Pd quale coprecipitante e standard interno. Il precipitato viene raccolto con fi1tri Nuclepore da 0.8 μ (spessore 10 μ) su di un area di diametro pari ad 1 cm., che verrà completamente irradiata mediante fascio diffuso ed uniforme di protoni avente diametro 1.3 cm., con ciò superando eventuali disomogenietà sul deposito. Una linea di filtrazione per depressione fornisce 8 bersagli in 15 min.
L'estrazione e stata valutata al variare della concentrazione, per Fe, Co, Ni, Cu, Hg e Pb, usando soluzioni saline (3% NaCl) e non saline monoelementari o plurielementari (Fe, Ni, Cu, Hg e Pb con esclusione del Co per evitare problemi di interferenza). Per concentrazioni pari 10, 20, 30, 40, 50, 100, 250, 500, 1000 e 1500 ng/cc e con volumi di 15 cc risulta una buona linearità di risposta come riferito da Aprilesi, Cecchi, Ghermandi e Magnoni (Chemistry in Ecology, in stampa), e da Aprilesi, Cecchi, Ghermandi, Magnoni e Santangelo (Nucl. Instr. Meth., in stampa). In particolare, α è dell' ordine dei decimi di ng/cc, mentre l'errore percentuale β medio sull'intero intervallo di taratura e al massimo pari al 5%; i minimi rivelabili come quantità totali in ng nell'intera area di filtraggio (0.785 cm^2), risultano:
Fe = 1.5; Co = 7.5; Ni = 3.0; Cu = 4.5; Hg = 10.5; Pb = 27.0.

Particolare cura e stata posta nel minimizzare la contaminazione durante l'intera procedura. La vetreria Pyrex usata è dapprima

pulita in acqua regia (reagenti B.D.H. AnalaR) per almeno 48 ore, poi sciacquata abbondantemente in acqua di resistività 4 10^6 ohm cm fornita da un' unità. Milli-Ro 15 a osmosi inversa seguita da due resine a scambio ionico Demaco mod. Delta. Viene infine lavata in una lavavetrerie Mielabor G7733 usando acqua dello stesso tipo e tre risciacqui

finali (45 lt.) con acqua di resistivita 18 10^6 ohm cm prelevata da una successiva unita Super-Q Millipore. Riposta in modo protetto, viene poi rilavata prima dell'impiego con l'acqua a più elevata resistività in un bagno ad ultrasuoni. I reagenti impiegati nell'acidificazione iniziale a pH = 1 dei campioni (raccolti in contenitori di polietilene accuratamente lavati) e nel trattamento successivo sono Suprapur Merck. La preparazione e filtrazione viene eseguita entro una glove-box costruita interamente in PVC e protetta dall'aria-ambiente. Ne seguono bianchi a basso o nullo contenuto nei sei metalli finora tarati, e soprattutto molto ripetitivi. In Fig. 1 e riportato lo spettro PIXE ottenuto da un bianco (volume standard filtrato: 15 cc) con le concentrazioni laddove colcolabili per calibrazione; i segnali di S e Pd sono dovuti alIa metodica di estrazione e di taratura.

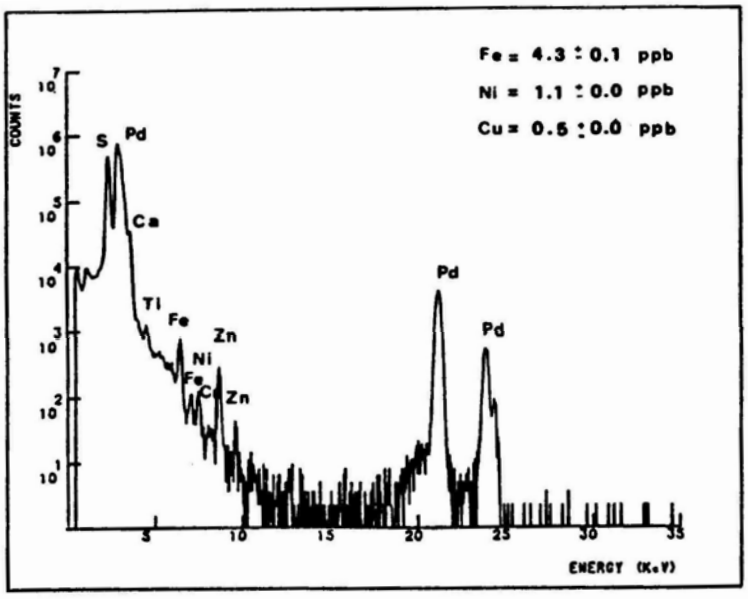


Fig. 1 - Analisi PIXE di un bianco relativo all'intera procedura di trattamento dei campioni liquidi (15 cc).

Si noti che gia i filtri Nuclepore sono accreditati dalla Casa con

tracce di elementi; se ne riportano alcuni con le concentrazioni areali risultate dal PIXE suI bianco in questione (se calcolabili) in relazione a quelle massime dichiarate per il filtro:

	Bianco (ng/cm^2)	Nuclepore (ng/cm^2)
Ti	-----	12.0
Fe	82.1	90.0
Ni	21.0	7.0
Cu	9.5	3.0
Zn	-----	6.0

Naturalmente la buona costanza dei bianchi permette. per sottrazione del bianco medio. di ridurre l' incertezza a valori molto bassi (qualche ng/cm^2). A titolo di esempio e ricordando che i dati in questione possono variare con le condizione di protezione da impurezze dell'intera procedura, la standard deviation α di un gruppo di 6 bianchi risultano, per 15 cc e sull'intera procedura:
Fe = 0.2 ng/cc; Ni = 0.1 ng/cc; Cu = 0.1 ng/cc; Pb = 0.5 ng/cc; Hg = 0.2 ng/cc.

Inoltre il volume del campione incognito può essere agevolmente aumentato rispetto ai 15 cc standard delle operazioni di taratura, incrementando così il segnale rispetto ai contenuti spuri.

ANALISI PRELIMINARI DI METALLI NEL GOLFO DI GENOVA

Le prestazioni fin qui riportate hanno suggerito di usare le analisi PIXE in connessione con misure di temperatura. salinità. particellato in sospensione ed in relazione a misure forni te da correntometri, per supportare un modello teorico di previsione delle inversioni nella corrente costiera del Golfo di Genova.

In occasione di tali inversioni ci si aspetta. in zone opportunamente scelte. una variazione del contenuto in metalli dell'acqua di mare, stante l'apporto di masse dalle zone ad ovest, meno inquinate. Per mettere a prova la capacita PIXE di discriminare tra acque del Golfo a diverse gradi di inquinamento. sono state compiute analisi su campioni prelevati sia nella zona del porto (Diga foranea) che 2.7 Km al largo (Piattaforma attracco petroliere) .

In Fig. 2 e mostrato 10 spettro X fornito da un bersaglio ottenuto da 15 cc di acqua prelevata in prossimità della Diga foranea e bombardato con 20 μc di protoni. Sono riportate le concentrazioni misurate per Fe, Ni, Cu, Hg, Pb; sono altresì individuati qualitativamente Ti, Cr, Mn, Zn e Br.

Un' identica misura, effettuata però su di un campione d'acqua prelevato vicino alla piattaforma. e rappresentata in Fig. 3. Sono

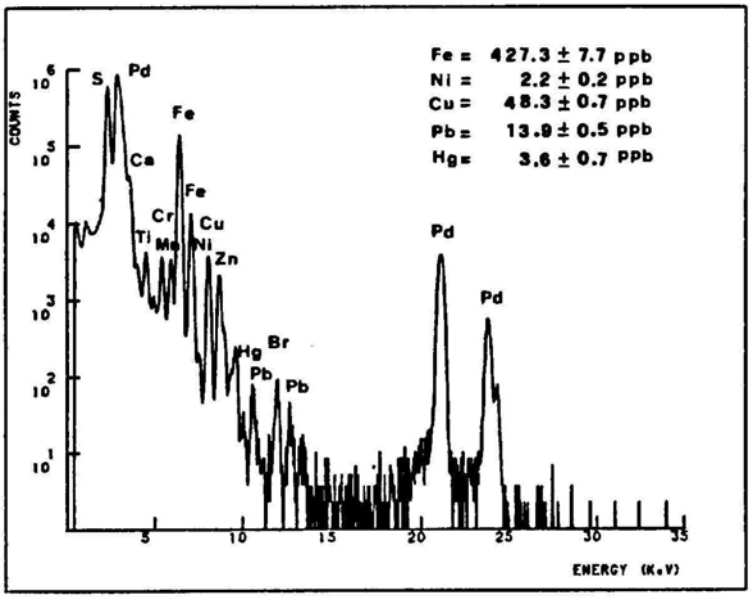


Fig. 2 - Analisi PIXE di acqua (soluto più sospeso) della Diga foranea (15 cc, 20 μC)

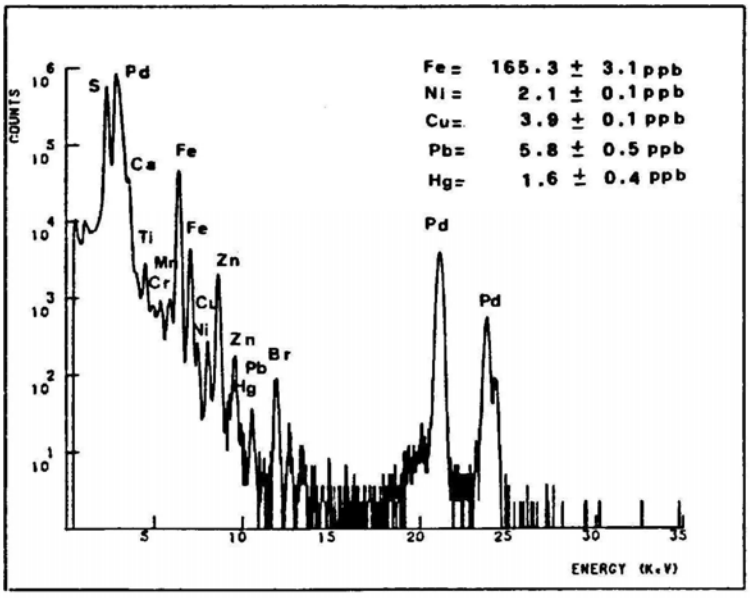


Fig. 3 - Analisi PIXE di acqua (soluto più sospeso) della Piattaforma, 2.7 Km al largo di Genova (15 cc, 20 μC)

ancora rivelati gli stessi elementi, ma come si può notare le concentrazioni misurate risultano (tranne che per Ni) sistematicamente inferiori alle precedenti, e con diminuzioni (tranne che per Hg) largamente superiori agli errori e pari a circa il 60% per Fe, Pb e Hg, e addirittura del 90% per Cu. Qualora poi si confrontino le aree dei picchi X emessi dagli stessi elementi nelle due misure, si riscontrano almeno per Fe e Cu, variazioni nei conteggi PIXE pari ad alcune migliaia.

Quanto risulta dalle precedenti misure preliminari, peraltro effettuate trattando un basso volume di campione, sembra quindi confermare l'attitudine della tecnica PIXE precedentemente descritta a distinguere, sulla base di più elementi, il diverso contenuto di metalli in acque relative a diverse zone del Golfo di Genova, incoraggiandone l'uso sistematico nel tentativo di correlare le concentrazioni degli stessi elementi con Ie fasi di corrente costiera ciclonica od anticiclonica.

BIBLIOGRAFIA

Aprilesi, G., R. Cecchi, G. Ghermandi and G. Magnoni. 1981. Stima dell'errore in misure idrogeologiche PIXE di elementi metallici. Atti Soc. Nat. e Mat. di Modena, 112: 95-102.

Aprilesi, G., R. Cecchi, G. Ghermandi and G. Magnoni. 1983. Trasferimento di inquinanti in mare: metodo1ogie per l'analisi multipla di basse concentrazioni di metalli pesanti. Atti del V Congresso Nazionale A.I.O.L., 131-143.

Aprilesi, G., R. Cecchi, G. Ghermandi and G. Magnoni. In press. Extraction of metals as carbamates from natural waters verified by PlXE analysis. In press on Chemistry in Ecology.

Aprilesi, G., R. Cecchi, G. Ghermandi, G. Magnoni and R. Santangelo. In press. Calibration and errors in the detection of heavy metals in fresh and sea waters by PIXE in the ppb - ppm range.In press on: Nucl. Instr. Meth., 231.

Bernardi, S., F. Costa, R. Santangelo, S. Vazzoler, R. Cecchi, G. Ghermandi and G. Magnoni. 1982. Protection of the City of Venice and its Lagoon: flow of fresh water and pollutants into the Lagoon. Proc. Int. Symp. Polders of The World, II: 193-203.

Cecchi, R., G. Ghermandi and M. Menziani. 1981. Microelementi nelle acque naturali della Pianura Padana con fluorescenza X indotta da protoni accelerati.. Geologia Tecnica, 1: 47-51.

ALCUNE OSSERVAZIONI SUI CAMPI DI PRESSIONE E DI VENTO NEL BACINO LIGURE

M Astraldi, G. P. Gasparini

C.N.R. - Istituto per lo Studio della Dinamica delle Grandi Masse
Stazione Oceanografica, Pozzuolo di Lerici (SP)

SUMMARY

Long records of pressure and wind data along the N-W Italian coast are analysed with the purpose of investigating about the most relevant space and time scales influencing the related marine circulation. From the spatial structure analysis a general system for the whole Ligurian-Tyrrhenian basin and a more local system fitting the cyclonic circulation of the Ligurian sea are emphasized.

INTRODUZIONE

II vento e la pressione sono fra i fattori più significativi che influenzano la dinamica delle correnti marine. Mentre i loro campi a grande scala possono essere dedotti dalle carte sinottiche, nel caso di bacini di limitata estensione può essere importante la conoscenza di scale spaziali più piccole. In questi casi la distribuzione dei parametri di interesse per la circolazione marina può derivare, in mancanza di osservazioni dirette in mare, da misure prese dalle sfazioni meteorologiche costiere. Un simile tentativo è stato fatto per il bacino ligure-tirrenico, allo scopo di individuare quelle strutture, legate ad efatti soprattutto locali, in grado d'influenzare la dinamica marina.

MATERIALI E METODI

Si analizzano i valori triorari di pressione e del vento raccolti presso le seguenti stazioni dell' Aeronautica Militare (fig. 1): Genova, Pisa, Calvi, Nizza, Capo Mele, Civitavecchia, Ponza per il Periodo 1-1-78/31-7-79 con lo scopo specifico di valutare le strutture spazio-temporali più significative.

ATTI 6° CONGRESSO A.I.O.L. – da Pag. 211 a Pag. 216

RISULTATI

Le pressioni medie, riferite ad un anno di dati, presentano per tutte le stazioni valori simili (P-1013-1014 mb) e analoga variabilità (σ =8mb). La correlazione fra le varie stazioni è molto elevata (C>0.90) mentre la coerenza spaziale è significativa a tutte le frequenze subinerziali. L'analisi spettrale indica delle concentrazioni di energia intorno a 20g, 6-8g e 4g sia per il bacino ligure che per quello tirrenico.

Il campo del vento, pur presentando caratteristiche più complesse rispetto a quello della pressione, si mantiene pressoché"inalterato in tutte le stagioni. Nel M. Ligure esso assume una distribuzione organizzata in forma ciclonica (fig. 1).A causa dei suoi rapporti con la dinamica marina è stato valutato lo stress del vento espresso nella sua forma quadratica (dyn/cm^2). I valori medi sono riportati in tabella, da cui si nota come Genova, Ponza e Capo Mele siano le località che presentano i valori medi più elevati.

L'analisi spettrale indica che su entrambe le componenti e per tutte le stazioni l'energia si concentra su alcune frequenze ben distinte (18-22g, 6-Bg,4-5g e2-3g). A parte l'ultima, esse corrispondono ai periodi già trovati per la pressione. L'analisi di coerenza fra le componenti N-S (fig. 3) e E-W (fig. 2) delle stazioni del M. Ligure indica che sul bacino la coerenza è significativa in corrispondenza di queste oscillazioni e la fase è vicina allo zero.

Sulle distanze maggiori la componente R-W (fig. 2) presenta una coerenza significativa per scale superiori a 6g, quella N-S conserva la coerenza solo per l'oscillazione di 6-8g (fig. 3). Su una scala più ampia esiste quindi una caduta di coerenza della componente N-S rispetto a quella E-W, che sembra indicare il carattere più regionale di questa componente. Il senso di propagazione complessivo delle fluttuazioni è nella direziono NW-SE.

Il rotore dello stress del vento, calcolato utilizzando le stazioni di Genova, Ponza e Nizza, ha un valore medio di $(5.15\pm20)\times 10^{-6}$ dyn/cm^3 mentre il suo spettro mostra notevoli concentrazioni di energia per scale temporali superiori a 6g e picchi intorno a 20g, 8g e 2-3g. Sia per i 2-3g che per gli 8g c'è coerenza e opposizione di fase fra rotore e pressione (fig. 4) per cui queste due oscillazioni sembrano collegate a fenomeni depressionari. L'ultimo periodo in particolare sembra essere associato alla ciclogenesi, come deriva dalla coerenza esistente fra la temperatura e la pressione dell'area; infatti la risalita della

pressione connessa con questo fenomeno è accompagnata dall'ingresso di un fronte freddo nel Mediterraneo. L'oscillazione sui 20g sembra invece essere indipendente dalla pressione atmosferica (fig. 4).
L'organizzazione spaziale dello stress del vento sui due bacini è stata valutata applicando alle serie temporali 1'analisi delle componenti principali nella sua formulazione complessa (Hardy e Walton, 1978). Dall'analisi applicata a tutte le stazioni sul periodo di un anno emerge che possono essere individuate due strutture; una, rappresentata dalla prima componente principale, che coinvolge l'intero sistema ligure tirrenico con il 48% della varianza. La distribuzione del primo autovettore caratteristico (fig. 5) indica un prevalente flusso in direzione W-E nel bacino tirrenico ed un flusso verso nord nel bacino ligure. La seconda componente (32% della varianza totale) (fig. 6) evidenzia la peculiare struttura ciclonica del bacino ligure, che risulta particolarmente accentuata nel Golfo di Genova. Entrambe le strutture si conservano, seppure con diversa intensità, in tutte le stagioni.

DISCUSSIONE

La coerenza delle strutture spazio-temporali individuate permette di concludere che per frequenze subinerziali i dati raccolti presso le stazioni costiere sono in grado di rappresentare adeguatamente le principali fenomenologie del bacino ligure-tirrenico e possono quindi essere utilizzati per valutare i forcings che influiscono sul la dinamica degli stessi.
Per quanto riguarda 1'influenza delle varie scale temporali sul mare, dalle analisi già fatte (Elliott,1978; Astraldi e Manzella, 1983) emerge che tutte in varia misura si sono rivelate importanti. Occorre tuttavia ricordare che, fino ad ora, le osservazioni sono state svolte lungo la fascia costiera dei due bacini, mentre è poco noto il comportamento della parte profonda degli stessi. Sembra comunque che una chiara risposta del bacino si abbia solo in corrispondenza di fenomeni atmosferici spazialmente ben organizzati. Per quanto riguarda il M. Ligure, le possibili risposte a forcing atmosferici subinerziali con periodi inferiori a 25-30g, possono solo essere di tipo forzato (Gasparini e Manzella, 1984), quindi sono presenti solo nelle immed'iate vicinanze della zona in cui agisce il forcing e tendono a smorzarsi rapidamente al cessare dello stesso,

RINGRAZIAMENTI
Si ringrazia il Servizio Meteorologico dell'A. M. che

ha gentilmente messo a disposizione i dati per 1'analisi. Si ringrazia il Sig. P.L,. Neri che ha curato la parte grafica.

BIBLIOGRAFIA

1. Astraldi, M. and G. Manzella. t983. Some, observations on current measurements on the East Ligurian shelf, Mediterranean Sea. Cont. Shelf. Res. 2, 183-193.
2. Elliott, A. J. 1980. The effect of low frequency winds on sea level and currents in the Gulf of Genova. Oceanol. Acta, 2, 429-433.
3. Gasparini, G. and G. Manzella. 1984. The response of the Ligurian sea to large scale atmospheric fluctuations. Oceanol. Acta, 7, 49-52.
4. Hardy, D. M. and J. J. Walton. 1978. Principal components analysis of vector wind measurements. Jour. of appl. meteor., 17, 1153-1162.

TABELLA

	τ_{E-W} 10^{-1}dyn/cm²	τ_{N-S} 10^{-1}dyn/cm²
Genova	-2.0±2.0	-4.8±1.4
Pisa	0.3±1.2	0.2±0.3
Calvi	0.3±0.4	0.3±0.4
Nizza	0.1±0.3	-0.1±0.2
Capo Mele	1.0±1.2	-1.3±2.4
Civitavecchia	0.5±1.9	0.2±1.8
Ponza	1.6±3.4	0.3±1.1

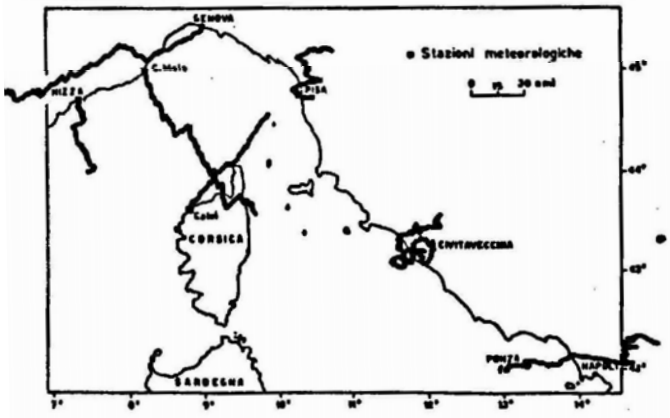


Fig.1

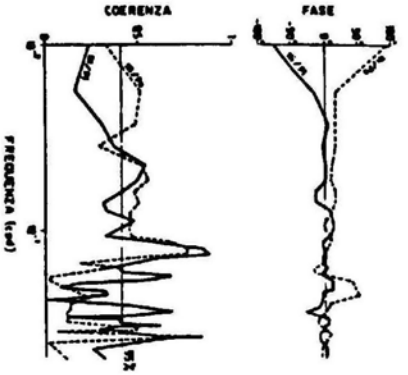


Fig. 2

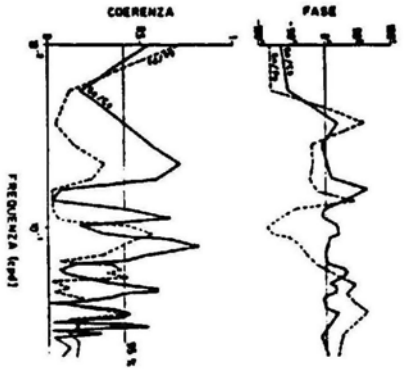


Fig. 3

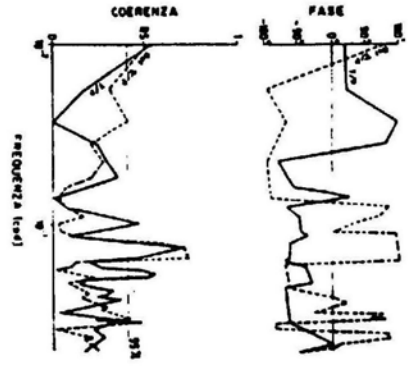


Fig. 4

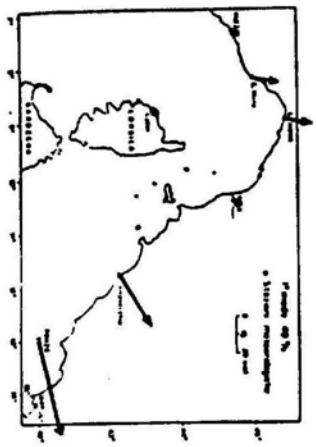


Fig. 5

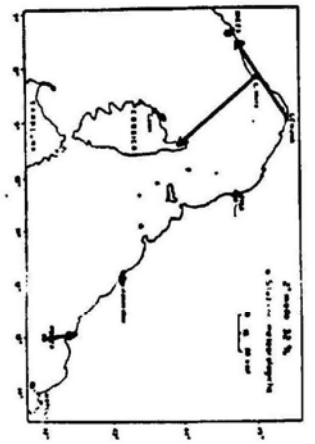


Fig. 6

CARATTERISTICHE SEDIMENTOLOGICHE E MINERALI ARGILLOSI DELL'AREA MARINA ANTISTANTE IL TEVERE.

Bagnari Tullio[2], Frascari Franca[1], Landuzzi Miro[1] e Ravioli Mariangela[1].

[1] Istituto di Geologia Marina - CNR Via Zamboni, 65 Bologna
[2] Dipendente Amministrazione Provinciale di Ravenna

RIASSUNTO

Nel quadro di una serie di indagini sull'influenza del Fiume Tevere sulle caratteristiche dell'ecosistema marino costiero, si è ritenuto importante introdurre lo studio dei meccanismi di distribuzione a mare e della natura mineralogica del materiale terrigeno fine che proviene dalle foci.

È nota infatti, che molte sostanze inquinanti e nutrienti e la stessa materia organica seguono spesso la fenomenologia deposizionale della frazione fine del sedimento. È ipotizzabile, inoltre, che i diversi minerali argillosi possano avere un ruolo particolare nella scambio di alcune sostanze fra l'acqua (interstiziale o di fondo) e il materiale solido.

Dallo studio dei processi di sedimentazione si può valutare che l'apporto terrigeno fine in tutta l'area studiata è prevalentemente di derivazione Tiberina.

Le specie principali dei minerali argillosi hanno scale di variabilità molto ristrette. Le loro proporzioni reciproche sono in media confrontabili con quelle che si ritrovano nei depositi deltizi del Mediterraneo Nord Occidentale, mentre variano di poco, con valori lievemente più alti di minerali argillosi espandibili e più bassi di caolinite, rispetto a quelle dei depositi del Tirreno Centro Meridionale.

I minerali argillosi espandibili si trovano prevalentemente nelle zone di flocculazione ed in quelle dove il prodelta tende a prolungarsi in profondità, cioè a Sud ed a Sud Ovest delle foci. Valori alti si rilevano anche nell'estremo Nord Ovest dell'area. I massimi di illite sono distribuiti prevalentemente alle maggiori profondità sulla piattaforma continentale ad Ovest e a Sud Ovest rispetto alla cuspide del delta. Le quantità maggiori di caolinite si trovano in una fascia che, da zone

ATTI 6° CONGRESSO A.I.O.L. – da Pag. 217 a Pag. 226

antistanti le foci, si espande verso Nord Ovest nel senso della direzione prevalente del "plume" superficiale del fiume. Valori alti di clorite si ritrovano davanti alla foce principale, sia nelle zone di flocculazione, che lungo la scarpata antistante.

SUMMARY

Sedimentological and mineralogical investigations were carried out in front of the Tiber Mouth as a contribution to the assessment of marine pollution in a middle Thyrrenian Sea coastal
area.

The study put in evidence sedimentation patterns of the finer fractions, that are likely to be strongly related to pollutant dispersion in the marine environment.

Clay mineral distributions were also investigated and the following observations can be pointed out: 1)"expandable clay minerals" preferably accumulate in prodelta areas; 2) kaolinite mainly settle NV of principal mouth along an area which seems to be bounded by prevailing river plume dispersion patterns; 3) illite minerals show the highest content in the outer continental shelf.

INTRODUZIONE

L'area marina antistante il Tevere è stata di recente oggetto di studi ambientali (IRSA, 1983), anche a carattere sedimentologico (Bortoluzzi et al.,1983).

È noto che molte sostanze inquinanti si legano facilmente alla componente fine del sedimento. Dato che i minerali argillosi possono essere molto attivi nei fenomeni di scambio chimico-fisico, si è ritenuto opportuno eseguire una indagine preliminare su qua Ii specie di minerali siano presenti e su come siano distribuite nell' area antistante la foce del Tevere.

II fronte del delta attuale (Fig.2) appoggia su una struttura morfologica formata: a) da una piattaforma poco inclinata (profondità da 10 a 20 mt) con prevalenti depositi sabbiosi,in parte, probabilmente relitti, e localizzati depositi fini; b) da una scarpata più ripida (da 90 a 100 mt di profondità) con depositi fini (siltosi e argillosi) e interessata da fenomeni di collasso gravitativo. Quest'ultima

struttura termina verso il bordo della piattaforma continentale (profondità 130-150 mt), a cui segue l'omonima scarpata.

CAMPIONATURA E METODI ANALITICI

I fondali descritti sono stati campionati con benne nel giugno 1979 (Fig.1). L'analisi granulometrica del sedimento è stata eseguita mediante tubo di sedimentazione (suI materiale grossolano) e sedigrafo (materiali fin i). La distribuzione dei depositi fini con dimensione inferiore a 2 micron (circa 9 phi) è riportata a Fig.2. I campioni analizzati sono a ovest della linea segnata in fig.2.

fig.1

fig.2

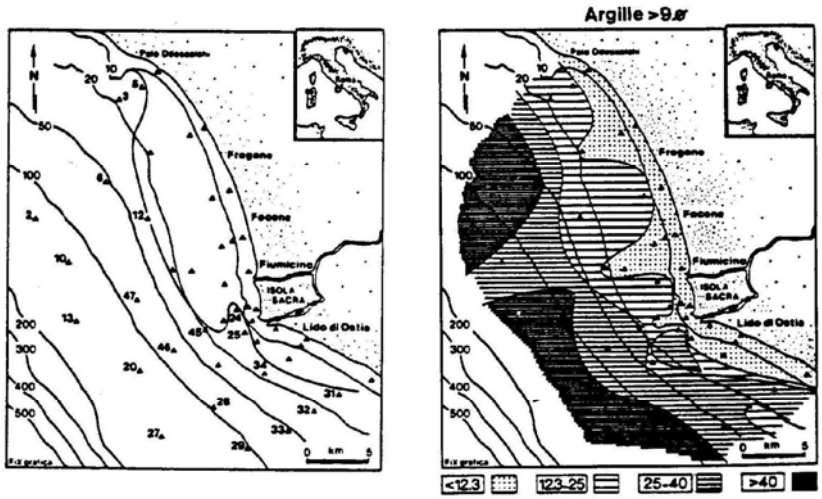


Fig.1 Ubicazione delle stazioni di campionamento. I numeri dei triangoli si riferiscono al 1979.
Fig.2 Distribuzione della fraz. argillosa di dimensioni inferiori a 9 phi.

I campioni fini sono stati sottoposti ad analisi difrattometrica a raggi X. A questo scopo è stata separata la frazione con dimensione minore di 2 micron da sospensioni in acqua distillata priva di ogni disperdente. I preparati si sono ottenuti per sedimentazione di parte del separato su supporti di vetro. Questo metodo può dare facilmente risultati semiquantitativi diversi da quelli dello "smear on the glass

(spalmatura).

I difrattogrammi sono stati eseguiti sia sui campioni naturali, che su quelli saturati con glicole etilenico. I criteri di identificazione dei minerali sono indicati in Tomadin (1969). Le maggiori difficoltà verificatesi in questa lavoro preliminare, sono nella distinzione tra clorite e caolinite e nella identificazione dei diversi minerali a reticolo espandibile con glicole etilenico. Si è preferito ragruppare questi ultimi in una unica denominazione di "minerali argillosi espandibili". Una analisi semi quantitativa è stata tentata sulla base del metodo di Biscaye (1964,1965) e attribuendo il "peso di 1" da Biscaye riportato per la smectite alle aree dei picchi dei "minerali argillosi espandibili".

RISULTATI

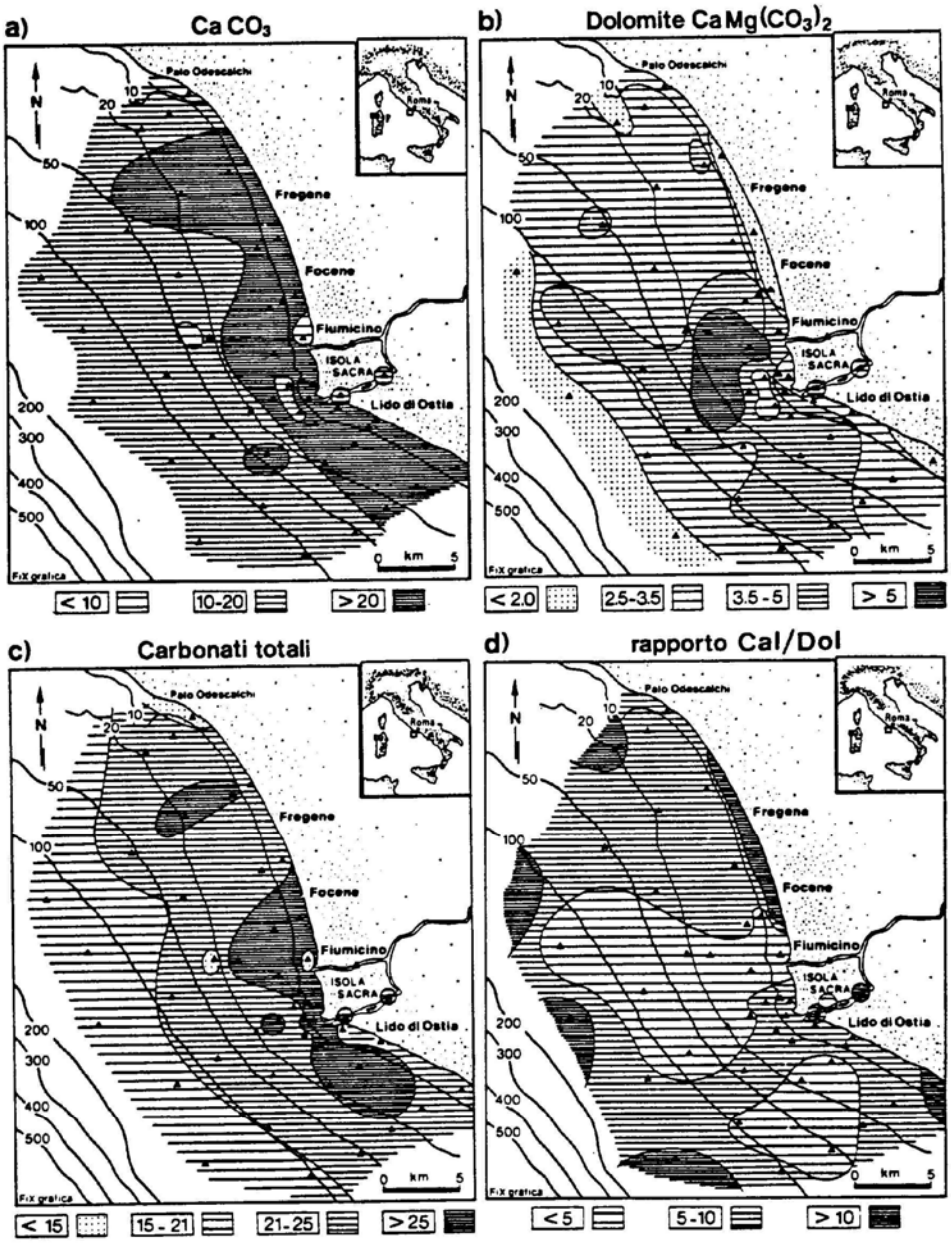
I minerali identificati sono illite, "minerali argillosi espandibili", caolinite, clorite, quarzo, calcite. Il serpentino, probabilmente presente in tracce in diversi campioni, non viene considerato nell'anal1si semiquantitativa.

Secondo Anselmi et al. (1982) le formazioni argillose della valle tiberina sono caratterizzate da associazioni di smectite, clorite, clorite e caolino (alcune o molte decine in percento).

I limiti di variabilità, da noi trovati, delle percentuali dei diversi minerali assieme ai valori medi sono riportati alla Tab.1.

	ILLITE	MIN.ARG.ESP.	CAOL.	CLORITE
MAX	54	29	18	14
MIN	45	20	12	8
MED	50	24	15	11
	%	%	%	%

Tabella 1 : Valori medi e limiti di variabilita' delle percentuali dei minerali argillosi.



Figg. 3 a, b, c, d. - Distribuzione areale delle percentuali di a) $CaCO_3$ b) $CaMg(CO_3)_2$ c) Carbonati Totali d) Rapporto Cal/Dol.

È da notare che gli intervalli di variabilità dei diversi minerali sono molto bassi; essi potrebbero rientrare nei limiti dell'errore che si può avere in queste anal1si semiquantitative. Risulta quindi una uniformità dell'area per quanta riguarda le proporzioni relative fra i minerali argillosi, e ciò può portare ad ipotizzare una derivazione preferenziale dei materiali fini da una unica fonte. Esaminando la distribuzione dei carbonati, $CaCO_3$, $CaMg(CO_3)_2$, carbonati total1 e rapporto Cal/Dol , si osservano anche per essi dei campi di variabilità bassi con valori decrescenti da costa verso il largo per i carbonati totali e per il $CaCO_3$ (correlati allo 0.001 % con la frazione 3-4 phi), per la dolomite si ha un aumento prevalente nelle zone di deposizione dei sedimenti tiberini di sabbie fini e silt grossolani (correlazione allo 0.001 % tra il 3-5 phi), conseguentemente varia il rapporto Cal/Dol. Tutto questa potrebbe confermare l'origine prevalente dei sedimenti da una unica fonte, il Tevere, figg. 3 a, b, c, d.

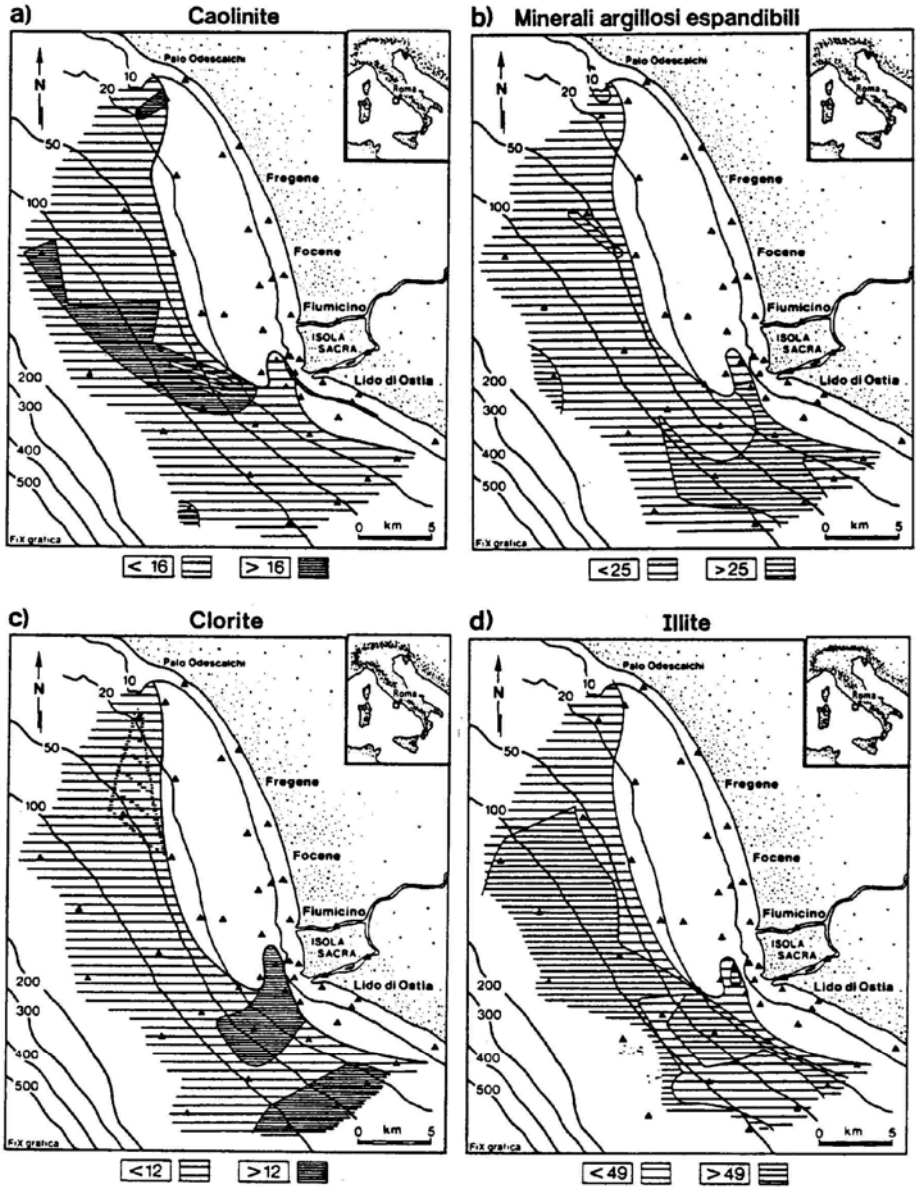
È interessante osservare che le analisi della fraz. fine del sedimento fluviale del Tevere, eseguite da Quakernat (1968) assegnano "quantità" comparabili a minerali argillosi espandibili, illite, "kandite" (caolinite), più bassi alla clorite.

Le proporzioni tra i diversi minerali argillosi ricavati in questo lavoro, valutabili anche confrontando i valori medi, assegnano una importanza decrescente a illite, "minerali argillosi espandibil1", caol1nite, e clorite. Nei confronti che seguono dei risultati qui presentati, con quelli riportati in altri lavori, si sono considerati approssimativamente corrispondenti i termini smectite, montmorillonite, "complexe gonflant" (Chamley, 1971) e "minerali argillosi espandiblli".

Le proporzioni da noi trovate sono abbastanza simili a quelle trovate da Tomadin (1973) al "top" di alcune carote raccolte sia nella parte settentrionale che nella parte meridionale del Tirreno; un poco più ricche in "minerali argillosi espandibl1i" e meno in caolinite dei sedimenti superficiali del Tirreno centro meridionale (Tomadin, 1974).

I sedimenti antistanti 11 Po risultano più ricchi in illite, più poveri in "smectite" e di poco più poveri in caolinite (Tomadin, 1979); qui la provenienza è più eterogenea, essendo influenzata anche dai fiumi più settentrionali (Veniale et al., 1974).

I sedimenti profondi del Mediterraneo nord occidentale sono mediamente più ricchi in clorite, abbastanza più ricchi in illite, più poveri in "complexe gonflant" e in caolinite



Figg. 4 a, b, c, d.- Distribuzione areale delle stime percentuali semiquantitative di a) Caolinite, b) Minerali Argillosi Espandibili, c) Clorite, d) Illite.

(Chamley, 1971)".
Sebbene i "ranges" di variabilità dei singoli minerali argillosi e i risultati percentuali siano affetti da errore, si è tentato di esaminare la distribuzione area le delle quantità maggiori dei vari minerali, Fig. 4 a, b, c, d.

Valori alti di caolinite si registrano in una fascia ad ovest della foce principale, tra i 20 e i 120 mt di profondità, su una linea abbastanza coincidente con una delle direzioni prevalenti di espansione del "plume" fluviale (Bortoluzzi et al., 1983). Alte quantità di "minerali argillosi espandibili" si trovano nei depositi di prodelta, a basse profondità antistanti la foce principale, a somiglianza quanta verificato nei prodelta del Mediterraneo nord occidentale (Aloisi et al., 1975; Monaco,1975) e davanti alla foce del Po (Tomadin, 1979). Questi valori alti si distribuiscono a maggiori profondità verso sud e sud-ovest delta foce principale. In questa zona si hanno valori massimi di alcune sostanze inquinanti come i PCB (Frignani et al., 1984). Zone con valori alti di "minerali argillosi espandibili" si trovano all'estremo nord e nord-ovest oltre i massimi di caolinite (Fig.4a). La loro origine potrebbe essere spiegata in due modi: a) per apporto diretto da corsi d'acqua minori, sfocianti nelle parte Nord dell'area considerata; b) per deposizione selettiva successiva a quella della caolinte, del materiale sospeso trasportato dal "plume" principale del Tevere, e deviato verso Nord dalla corrente di circolazione genera le (Todisco, 1982, 1983), Figg. 4 a, b.

I valori più alti di clorite si trovano anch'essi nella zona di deposizione del "plume" e proseguono verso sud-ovest in direzione ,terra-largo rispetto alla foce . Una altra zona relativamente abbondante in clorite è posta alla estremità meridionale dell'area considerata e giunge a profondità attorno ai 100 mt, Fig. 4 c.

La illite, ovunque abbondante, presenta valori massimi sulla piattaforma continentale (100-130 mt di profondità) e in pochi punti sparsi a profondità di 40-90 mt e in prossimità della foce del Tevere (si notano massimi di 137-Cs in corrispondenza delle zone a maggiore concentrazione di illite ,Frignani et al. 1984), Fig. 4 d.

Il contributo dato da questo studio è limitato alla zona di mare antistante la foce del Tevere dove le frazioni fini sono più abbondanti. II proseguimento di questo studio sarà lo sviluppo dell'indagine, già abbozzata, dell'inquadramento mineralogico della zona, con particolare riguardo agli apporti fluviali. Sarà altresì estesa l'indagine sui minerali argillosi

all'intera area campionata nella campagna del 1979.

BIBLIOGRAFIA

ALBERTAZZI S., BOPP R.F., FRIGNANI M, MERLIN O.H., MENEGAZZO VITTURI L., RAVAIOLI M., SIMPSON J.H., TASSI PELATI L. and TRIULZI C. (1984): "137-Cs as a tracer for processes of marine sedimentation in the vicinity of the Po river delta (Northern Ad. Sea)". Atti Conv.SGI, S.Benedetto Tronto.

ALOISI J.C., MONACO A. and PAUC H. (1975): " Mecanisme de la formation des prodeltas dans le Golfe du Lion: example de 1'embouchure de l' Aude (Languedoc)". Bull.lnst.Geol.Bass. Acquit., 18:3-12.

ANSELMI B., BRONDI. A., FERRETTI 0., GERINI W., (1982):"Possibilità di utilizzazione dei parametri granulometrici e mineralogici nella ricostruzione paleogeografica dei bacini sedimentario II Parte - Ricerche preliminari in alcuni bacini pliocenici italiani. Rend. della Soc. Ital. di Miner. e Petrol. Vol. 38, Fas. 2, 883-896.

BISCAYE P.E. (1965): "Mineralogy and sedimentation of recent deep-sea clay in the Atlantic Ocean and adiacent seas and oceans". Geol.Soc.Am.Bull.,76:803-832.

BISCAYE P.E. (1964): "Distinction between kaolinite and chlorite in recent sediments by x-ray diffraction". Am.Mineral., 49: 1281-1289.

BORTOLUZZI G., FRASCARI F., GUERZONI S., RAVAIOLI M. and ROVATTI G. (1983): "Caratterizzazione sedimentologica e chimica (nutrienti) dei fondali marini In: (LaNoce, Pagnotta, Pettine e Puddu, eds.)"L'esperimento Tevere. Influenza di un fiume sull'ecosistema marino alla sua foce", Quad.IRSA-CNR, 66:255-307.

CHAMLEY H. (1971): "Resherches sur la sedimentation argileuse en Mediterraneè". Sc.Geol.Mem., 35, 209pp.

FRIGNANI M., RAVAIOLI, M., BOPP, J., and SIMPSON, J.H. (1984): "Contribuition to the study of pollution and recent sedimentation in the marine areas in front of the Tiber mouth". Atti Conv. AIOL, Livorno.

MONACO A. (1975): "Les facteurs de la sedimentation marine argileuse. Les phenomenes physico-chimiques a 1'interface". Bull. BRGM, 2me Ser., IV(3): 147-174.

QUAKERNAAT J., (1968): "X-Ray analyses of clay minerals in some recent fluviatile sediments along the coasts of centra

Italy".Publicaties van de Univerziteit van Amsterdam, 128pp.
TODISCO A. (1982): "Indagini sulla immissione del fiume Tevere nel Mar Tirreno". Quad.IRSA-CNR, 62.
TODISCO A. (1983): "Foce del Tevere: fenomenologia della dinamica costiera e simulazione dei processi di circolazione". IRSA-CNR, Rapp.Tecn., 91.
TOMADIN L., (1969): "Ricerche sui sedimenti argillosi fluviali dal Brenta al Reno". Giornale di Geologia XXXVI, pp.159-184.
TOMADIN L. (1973): "Mineraux argileusex des vases tyrrheniens". Rapp.Comm.Int.Her Hedit., 21(11):908-912. TOMADIN L. (1974): "Les minearux argileux dans les sediments actuels de la mer Tyrrhenienne". Bull.Groupe Franc.Arglles, t.XXVI:219-228.
TOMADIN L. (1979): "Clay mineralogy of recent sediments around the Po river delta". Gior.Geol.,43:249-275.
VENIALE F., SOGGETTI F., PIGORINI B. and DAL NEGRO A. (1974): "Effetto delle correnti marine sulla dispersione dei minerali argillosi nei sedimenti del mare adriatico. 1:area estendentesi dal delta del Po al golfo di Trieste". Estudios Geol., XXX:389-392.

VARIAZIONI DEI PARAMETRI IDROLOGICI, DEL PARTICELLATO E DELLA BIOMASSA PLANCTONICA DURANTE UM CICLO TIDALE NELLA LAGUNA DI VENEZIA.

A. BARILLARI, F. BIANCHI, A. BOLDRIN, F. CIOCE, A. COMASCHI SCARAMUZZA S. RABITTI, G. SOCAL

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

SUMMARY

A hydrological and biological survey was carried out in the northern basin of lagoon of Venice on September 1982, during a period of 15 hours. Hydrological features, suspended matter, phytoplankton and zooplankton were taken in consideration as a function of time in a tidal cycle. Strong vertical gradients for temperature and salinity were not found. Oxygen saturation ranged between 752 and 125%, in relation to biological processes. The suspended matter trend showed an irregular pattern, with highest values near the bottom, probably due to resuspended sediment Phytoplankton abundance (inversely correlated with salinity) varied from 10^6 to 73x10^6 cells/1. The community was dominated (80-99%) by diatoms (Pennales). The chlorophyll a (strictly related to phytoplankton abundance) shoved an average value of 9.3 mg/l; the phaeopigments were present mainly in samples collected during the night, in low tide conditions. The zooplankton standing crop (range 206-1050 ind/m^3) was positively correlated with salinity. Copepods were the most abundant group. The flux computations, integrated over a 12 hours sampling period, on the studied section, showed a net water discharge of 24 m^3/s and a net salt flux of 439 kg/s out from the considered box toward the lagoon and, viceversa, a transported solid flux of 0.5 kg/s from the lagoon toward the studied area.

IMTRODUZIONE

La Laguna di Venezia, il più esteso sistema costiero dell'Adriatico, ed in particolare il suo bacino settentrionale, costituiscano l'oggetto di studio di un programma di ricerca a lungo termine dell'Istituto di Biologia del Mare di Venezia.

Nel 1982 ha avuto inizio 1'attività sperimentale con lo scopo di raccogliere dati sul l'idrologia e la biologia di questo particolare ambiente, caratterizzato da una eterogenea distribuzione spaziale e temporale dei parametri fisici, chimici e biologici,

ATTI 6° CONGRESSO A.I.O.L. – da Pag. 227 a Pag. 234

spaziale e temporale dei parametri, fisici, chimici e biologici, controllata dai rapporti di mescolamento tra le acque dolci di origine continentale e le ingressioni saline legate al moto tidale. La prima fase della ricerca si è concentrata sulla palude di Cona, area dove maggiori sono le immissioni di acqua dolce (Cavazzoni 1973; fig. 1).

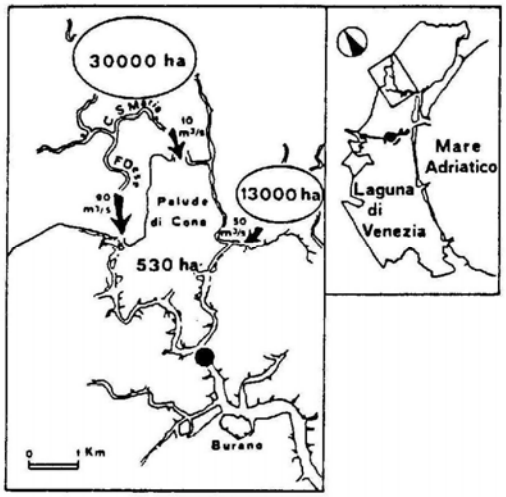


FIG. 1. Localizzazione della palude di Cona e dei punti di immissione. Sono indicate le portate massime e le superfici dei bacini scolanti. (● = stazione di campionamento)

Per le sue caratteristiche topografiche, la palude è schematizzabile, in rapporto alle aree circostanti, come un sistema chiuso, con ben definiti punti di scambio con la terraferma (fiume Dese, canali S. liaria e Siloncello) e con la parte rimanente del bacino lagunare (canale Borgognoni). Tale situazione rende possibile la valutazione quantitativa degli scambi che avvengono tra le varie componenti del sistema.

Le informazioni acquisite nel corso di precedenti indagini idrologiche e biologiche riferiscono su ampie escursioni di temperatura e salinità ed evidenziano come le acque presentino un contenuto in nutrienti, largamente superiore alle zone circostanti(Cioce,Comaschi Scaramuzza, Lombardo, Socal 1979). Le comunità biologiche sono caratterizzate da una sensibile riduzione del numero delle specie presenti rispetto alla rimanente parte del bacino settentrionale. Mentre per lo zooplancton alla bassa diversità corrisponde anche una riduzione della biomassa (Comaschi Scaramuzza e Marcino 1978), per le popolazioni algali la disponibilità dei nutrienti nel carico disciolto e particellato rappresenta condizione favorevole per la crescita del fitoplancton (Socal 1981).

In questa nota si riferiscono alcune osservazioni preliminari sulle variazioni dei parametri idrologici e biologica seguiti dunte un ciclo di marea sizigiale nel mese di settembre 1982 in una sezione del canale Borgognoni profonda 12 metri, prossima alla palude di Cona.

MATERIALI E METODI

Sono stati studiati nella massa d'acqua: velocità di corrente, temperatura, salinità, pH, ossigeno disciolto, sostanza sospesa, biomassa fito e zooplanctonica con una frequenza media di campionamento al 90' (tabella 1). Per il calcolo dei bilanci dei flussi si sono seguiti i metodi suggeriti da Dyer (1979). L'elaborazione statistica è stata operata mediante tecniche di analisi multivariata (Davis 1973).

TABELLA 1. Metodi e quote di prelievo.

Parametro	Quote		Metodo
	colonna	sup. e fondo	
Salinità	*		conduttimetrico
Temperatura	*		termistore
pH		*	polarimetrico
Ossigeno disciolto		*	Winkler
Velocità di corrente	*		correntometro
Altezza di marea			mareografo
Peso secco		*	gravimetrico
Clorofilla a		*	spettrofotometrico (Lorenzen)
Feopigmenti		*	spettrofotometrico (Lorenzen)
Fitoplancton		*	conteggio (Utermöhl)
Zooplancton		*	conteggio su camera di Kolkwitz

RISULTATI E DISCUSSIONE

La colonna d'acqua, nel periodo considerato (dalle 2100 TMBC del 16.09.82 alle 1200 del 17.09.82) è risultata pressoché omogenea a meno di una lieve stratificazione (0.25 σt/m) manifestatasi al culmine della fase di riflusso, in corrispondenza ad una intensità di corrente prossima allo zero; le velocità maggiori si sono verificate nei periodi centrali delle due fasi, con massimi, in marea uscente superiori ai 50 cm/s (fig. 2). La salinità ha subito un'ampia variazione, da 18%. in fase di riflusso a 36 $\%_o$ alla fine della fase di flusso; i valori di temperatura sono variati da 20,8 a 24.2 °C e quelli di σt tra 10.8 e 26.1.

I profili verticali medi, calcolati su 12 ore per ciascuno

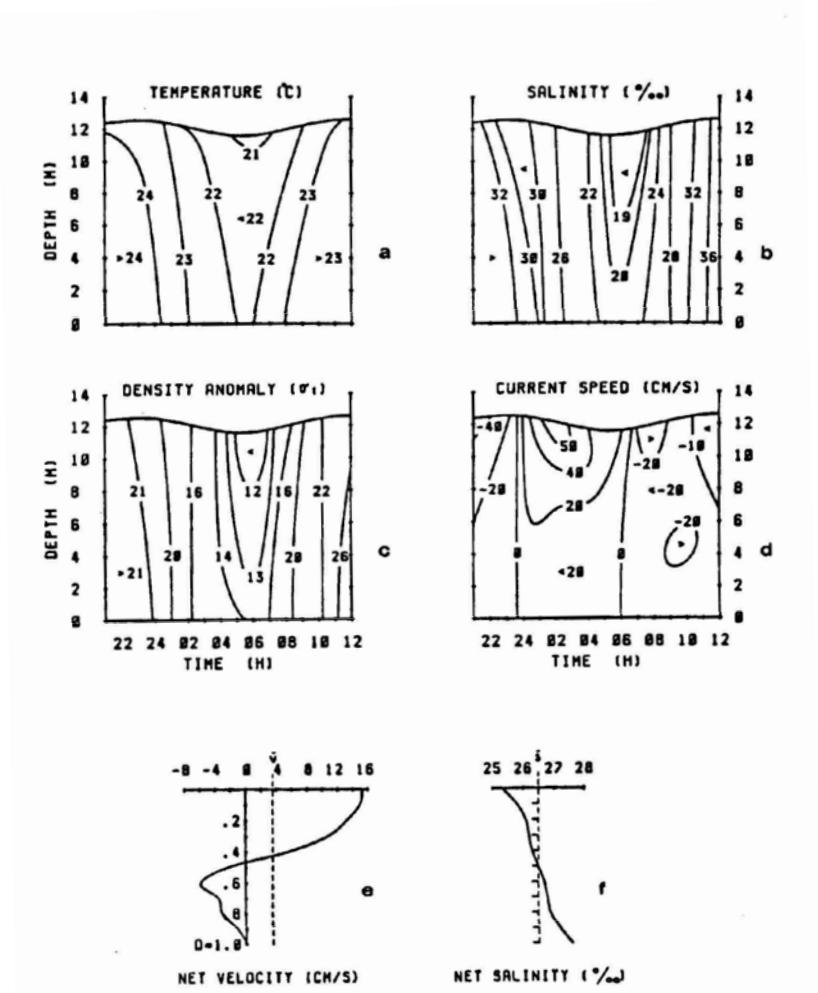


FIG. 2. Distribuzione della temperatura (a), salinità (b), anomalia di densità (c) e velocità di corrente (d) in funzione della profondità e del tempo. I valori negativi di velocità indicano condizioni di flusso, quelli positivi condizioni di riflusso. Profili netti della velocità (e) e della salinità (f) calcolati come valori medi per strato; viene indicato il valore medio sulla colonna.

strato della colonna d"acqua, indicano che la direzione media della corrente è orientata dalla palude di Cona verso la laguna negli strati superficiali, mentre in quelli più profondi vi è un'inversione; analogamente i valori della salinità sono inferiori alla media in superficie, presentando i massimi negli strati profondi (fig. 2) ed evidenziando la maggior influenza della diluizione flu,

viale nelle acque superficiali e dell'ingressione salina al fondo.

La percentuale di saturazione dell'ossigeno ha subito una variazione dal 75 al 125%. L'andamento di tale parametro suggerisce un legame più stretto con l'attività biologica (produzione e respirazione) legata al ciclo nictemerale piuttosto che con la dinamica tidale (fig. 3).

Il seston, espresso come peso secco totale, appare irregolarmente distribuito durante il periodo considerato (valori tra 15 e 100 mg/l). La maggior concentrazione di sostanza sospesa rilevata nel-

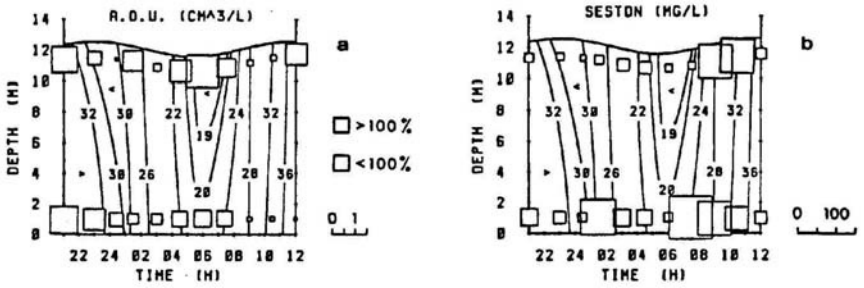


FIG. 3. Distribuzione del A.O.U. (a) e del peso secco (b). I simboli sono sovrapposti alle isoaline.

lo strato più profondo fa ritenere prevalenti sui fenomeni di trasporto i fenomeni di risospensione del sedimento di fondo (fig.3).

Le osservazioni riguardanti la distribuzione della biomassa fitoplanctonica evidenziano un andamento opposto a quello della sali-

TABELLA 2. Matrice di correlazione tra le variabili esaminate.
*** = $p < 0.05$; ** = $p < 0.01$.**

	Sal.	Temp.	O_2%	pH	Sosp.	Cl.a	Feop.	Diat.	Flag.	Zoo.
Salinità	1									
Temperat.	.82**	1								
Ossig. %	.74**	.90**	1							
pH	-.53**	-.30	-.20	1						
Sospeso	.19	.03	-.18	.04	1					
Clor. a	-.46*	-.51*	-.40	-.09	-.05	1				
Feopig.	-.64**	-.68**	-.71**	.44*	.27	.32	1			
Diato.	-.70**	-.84**	-.73**	.09	.04	.84**	.62**	1		
Flagell.	-.36	-.57**	-.66**	-.09	.06	.47*	.35	.62**	1	
Zoopl.	.88**	.54**	.48*	-.73**	.13	-.25	-.60**	-.43*	-.08	1

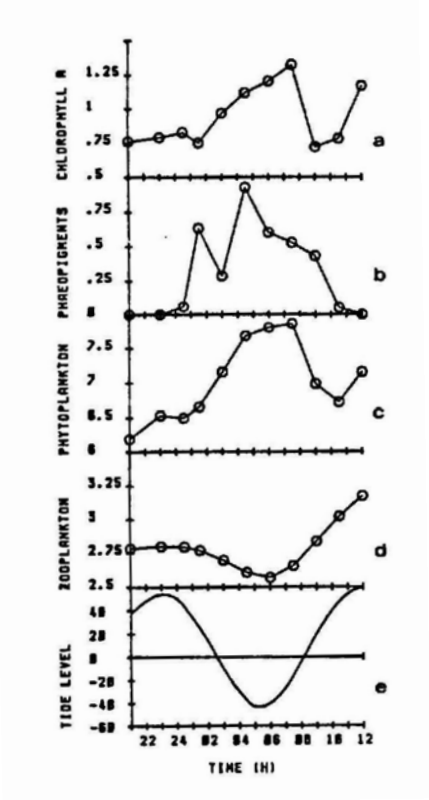


FIG. 4. Andamento dei parametri biologici nel periodo considerato.
a,b: log (µg/l+1); c: log (n cell/l+1); d: log (ind/m^3+1); e: cm.

nità (tabella 2, fig. 4); i valori di abbondanza sono distribuiti tra 10^6 e 73x10^6 cellule/1, quelli di clorofilla a da 2.7 a 21.4 mg/1; i prodotti di degradazione (feopigmenti) risultano prevalenti nelle ore notturne, in coincidenza con la altezza minima di marea.

La comunità è rappresentata per 1'80-99% da diatomee pennate, in particolare da specie ad affinità dulciacquicola o largamente curialine (Gomphonema sp, Cocconeis placentula Ehrenberg, Nitzschia sp, Mitzschia longissima de Brébisson, Cocconeis scutellum Ehrenberg, Amphoran veneta Kutzing, Kavicula cryptocephala Kutzing), mentre la presenza dei fitoflagellati è risultata scarsamente significativa.

Le variazioni nel tempo dell'indice di diversità, calcolato secondo Shannon e Weaver, suggeriscono resistenza di due tipi di associazioni fitoplanctoniche, in relazione alle diverse fasi tidali: una prima legata prevalentemente all'ambiente salmastro della fase di riflusso, con indice di diversità di 0.08 indicante la dominanza di una singola specie (Hitzschia sp) per il 99% della comunità, ed una seconda, associata a tenori di salinità più tipicamente marini, in cui l'indice di diversità raggiunge il valore di 1.4 in corrispondenza all'aumento del numero delle specie presenti ed alla comparsa tra queste di forme neritiche, quali Thalassiosira minima Hasle e Leptocylindrus danicus Cléve.

La comunità zooplanctonica (da 206 a 1050 individui/m^3) è composta prevalentemente da copepodi resistenti alle forti escursioni saline (Acartia clausii Giesbrecht, Acartia teclae Bradford, Paracalanus parvus Claus, Centropages kroyeri Giesbrecht; Com'aschi Scaramuzza, Mtartino 1981). I massimi ed i minimi di abbondanza si

sono verificati in concomitanza ai massimi ed ai minimi della marea (fig.4)

Alle variabili idrologiche e biologiche e stato applicato un modello di analisi fattoriale Q-mode con rotazione degli assi Vari-max. Le proiezioni dei 22 punti campione sul piano degli assi fattiriali relativi al primo ed al secondo autovalore (rispettivamente 96.42% e 2.08% di informazione) mostrano un andamento ciclico

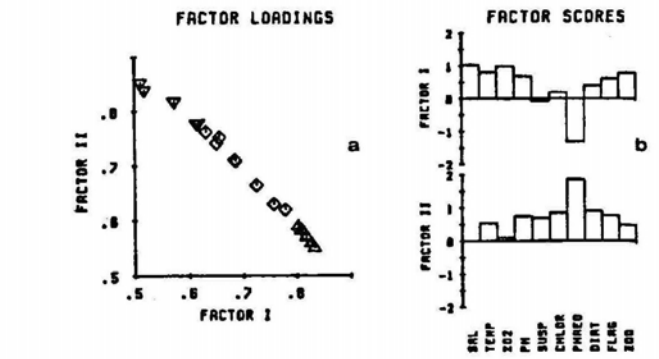


FIG. 5. Proiezioni dei factor loadings (a) e peso delle variabili originali sui fattori I e II (b).
▽ = altezza di marea < -20 cm; △ = altezza di marea > 30 cm;
◇ = altezze di marea intermedie.

delle caratteristiche idrobiologiche della massa d'acqua, in relazione alle oscillazioni tidali, con estremi corrispondenti alle .fa**si** di alta e bassa marea (fig. 5).

Dalle misure di salinità e carico solido, normalizzate mediante interpolazione cubica, e di velocità di corrente, normalizzate mediante interpolazione cubica e logaritmica, si sono ottenuti i valori per 10 strati di uguale spessore. L'integrazione di tali valori sulla colonna d'acqua e per un periodo di 12 ore, ha permesso

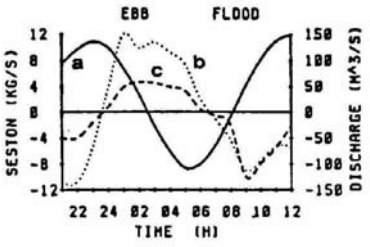


FIG. 6. Variazioni nel tempo della marea (a), della portata (b) e del carico solido (c).

di calcolare i relativi bilanci per la portata, il carico salino e il carico solido (fig. 6). Tali bilanci, per la sezione studiata, sono risultati di 24 m^3/s per la portata e di 439 kg/s per il carico salino in uscita dalla palude di Cona, e di 0.5 kg/s per il solido trasportato in direzione opposta. Si conferma così l'importanza dell'apporto fluviale nella dinamica dell'area, mentre il carico solido trasportato sembra non dipendere sostanzialmente dall'input fluviale, ma essere legato piuttosto a fenomeni locali di risospensione del sedimento di fondo, come già ipotizzato dall'esame delle distribuzioni istantanee.

La validità delle considerazioni suesposte è limitata al breve periodo di tempo considerato e le osservazioni tratte rappresentano solamente una situazione istantanea del sistema. Conclusioni di maggior respiro e validità potranno essere ricavate solo dopo uno studio esteso su una scala temporale e spaziale più ampia.

RINGRAZIAMENTI

Si ringrazia il sig. A. Locatelli per la fattiva collaborazione durante le operazioni di campionamento.

BIBLIOGRAFIA

Cavazzoni, S. 1973. Acque dolci nella laguna di Venezia. Lab. Din. Gr. Masse, C.N.R., Venezia T.R. 64, 40 pp.

Cioce F. A. Comaschi Scaramuzza, A. Lombardo, G. Socal. 1979. Hydrological and biological data from the northern basin of the Venice lagoon. June 1977-June 1978. Atti Ist. veneto Sci., 137:309-342.

Comaschi Scaramuzza, A. e E, Martino. 1978. Studio del ciclo annuale dei Cladoceri nella laguna di Venezia mediante l'analisi incomponenti principali. Archo Oceanogr. Limnol., 19:19-120.

Comaschi Scaramuzza, A. e E. Martino. 1981. Ciclo annuale dei Copepodi planctonici e loro distribuzione nel bacino settentrionale della laguna di Venezia. Maggio 1975-luglio 1976, Archo Oceano gr. Limnol., 20:91-111.

Davis, J.C. 1973. Statistics and data analysis in Geology. John Wiley and Sons Publ., 550 pp.

Dyer, K.R. Ed. 1979. Estuarine hydrography and sedimentation. Cambridge Univ. Press, 230 pp.

Socal, G. 1981. Nota sulla distribuzione quantitativa del fitoplancton nel bacino settentrionale della laguna di Venezia. Giugno 1977-giugno 1978. Ist. veneto Sci., Rapporti e studi, 8: 105-119.

RISULTATI DELLE INDAGINI PRELIMINARI SULLA CONOIDE SOMMERSA DEL DELTA DEL TEVERE (+)

P.BELLOTTI°, P. TORTORA°, P. VALERI°

Istituto di Geologia e Paleontologia, Università di Roma

SUMMARY

The examination of morphological and sedimentological data collected from the submerged Tiber River delta-fan shows: a) the delta-front is constitued mainly from sandy sediments between 0 and -25 is. Further seaward the sediments are mainly pelitic; b) the delta-front is not channalized so that it is possible to suppose that there is a hypopicnal fluvial flow; e) the prodelta is characterized from pelitic slumpings between -50 and - 120 m; d)fro the edge o£ the continental shelf 12 canyons pass through the continental slope.

INTRODUZIONE

Nell'ambito delle ricerche svolte sul delta del Tevere vengono presentati i primi risultati delle indagini svolte sulla piattaforma antistante la costa compresa tra Tor Paterno e la Torre di Maccarese, La foce principale del Tevere (Fiumara Grande) divide questo tratto di costa in parti pressoché uguali mentre la foce minore (Fiumicino) è sita nel tratto settentrionale.
La progradazione e le posizioni assunte nel tempo dalle due foci sono ben documentate dall'epoca romana ad oggi (BELLOTTI & DE LUCA, 1979). Intendiamo con questa nota fornire informazioni sul-le principali caratteristiche morfologiche e sedimentologiche attuali della conoide sommersa tiberina di cui alcuni lineamenti sono noti in letteratura: BORTOLUZZI, FRASCARI, GUERZONI, INCREMONA,RAVAIOLI & ROVATTI (1982). Le ricerche in mare effettuate con la pilotina IRSA MARE hanno consentito la registrazione con ecoscandaglio lungo 7 profili terra-mare tra -10 e -150 m nonché lungo fa tre profili trasversali (fig. 1). Lungo i sette profili sono stati raccolti 49 campioni di fondo alle quote di -10, -20, -30, -40,-100 e -150 m. Sono stati raccolti, inoltre, campioni di battigia sul prolungamento a terra dei sette profili.

CARATTERISTICHE SEDIMENTOLOGICHE E MORFOLOGICHE DEL DELTA SOMMERSO

I dati ricavati dalle analisi dimensionali mostrano che;

a) il Mz si dispone secondo fasce parallele alla costa e di valore crescente verso il largo; anomalie di tale andamento sono evidenti ristrette aree site poco al largo delle foci;
b) i sedimenti costieri sono per lo più moderatamente classati, mentre oltre 1'isobata -10 essi risultano poco classati con aree

---

+Ricerca svolta con fondi M.P.I. 60%

ATTI 6° CONGRESSO A.I.O.L. – da Pag. 235 a Pag. 240

di ulteriore minor classamento poco al largo delle due foci;
c) i campioni di spiaggia mostrano asimmetrie positive e negative senza un trend definibile. I campioni di fondo mostrano asimmetrie positive fino alle isobate -30, -40 m e negative al di là di tali limiti. Anomalie a tale disposizione spaziale dei valori di Sk si riscontrano al largo di Fiumara Grande;
d) i sedimenti presentano variazioni tessiturali tali da passare da aree prettamente sabbiose ad aree prettamente politiche secondo fasce parallele alla costa (fig.l) fatta eccezione per le aree site al largo delle foci dove aumenta la concentrazione di polite.

Il delta-front si estende fin circa all'isobata -25 m con pendenze medie di 0°.17 - 0°.26 , risulta privo di canalizzazioni e solo le barre in prossimità delle foci ne interrompono 1'andamento monotono. La scarpata di prodelta scende con pendenze massime di 1°.32 tra -25 e -85 m e tutta l'area mostra, al di sotto di -50 m, evidenti scivolamenti gravitativi più accentuati al largo delle foci. I profili trasversali più esterni evidenziano la presenza di 12 canyons che scendono lungo la scarpata continentale con pendenze di circa 4° e massime pendenze delle pareti di 7°.41 I profili più meridionali, infine, mostrano alcune tracce di morfologie relitte da attribuire a probabili cordoni litorali (fig2) poste tra -115 e -136 a,

CONCLUSIONI

Il flusso di evidente tipo ipopicnale (LEGHI & TODISCO, 1980) e causa dell'assenza di canalizzazione nel delta-front nonché del1'abbandono del materiale sabbioso nelle immediate vicinanze delle foci, e del trasporto di gran parte del sedimento in sospensione verso il largo. Gran parte del materiale tende quindi a depositarsi per flocculazione nelle aree dove 1'andamento degli indici statistici e della tessitura mostra le massime anomalie rispetto all'andamento generale dell'area esaminata .

Alcune caratteristiche del delta-front (estensione delle barre di foce, andamento della progradazione e delle linee di riva ecc.) si sono recentemente modificate. In tal modo il delta-front tiberino, che un tempo poteva essere assimilato ad un modello in cui risulta dominante 1'interazione fiume+moto ondoso (GALLOWAY,1975), tende oggi ad assumere i lineamenti più tipici di un modello ad esclusivo dominio ondoso. Ciò è in accordo con la sensibile diminuzione degli apporti torbidi tiberini registratisi nell'ultimo quarantennio ed in gran parte dovuti all'azione antropica (BELLOTITI & DE LUCA, 1979).

E' risultata altresì evidente 1'abbondanza degli scivolamenti gravitativi sulla scarpata di prodelta particolarmente evidenti nei profili antistanti le foci ed in quelli più settentrionali ed assenti al contrario nei due profili più meridionali. Essi deriverebbero da un eccessivo accumulo di sedimento e sarebbero favoriti da movimenti che interessano la stabilità dell'intera area deltizia (variazione della verticale apparente; BELLOTTI, BIAGI,PIRO & VALERI, 1981).

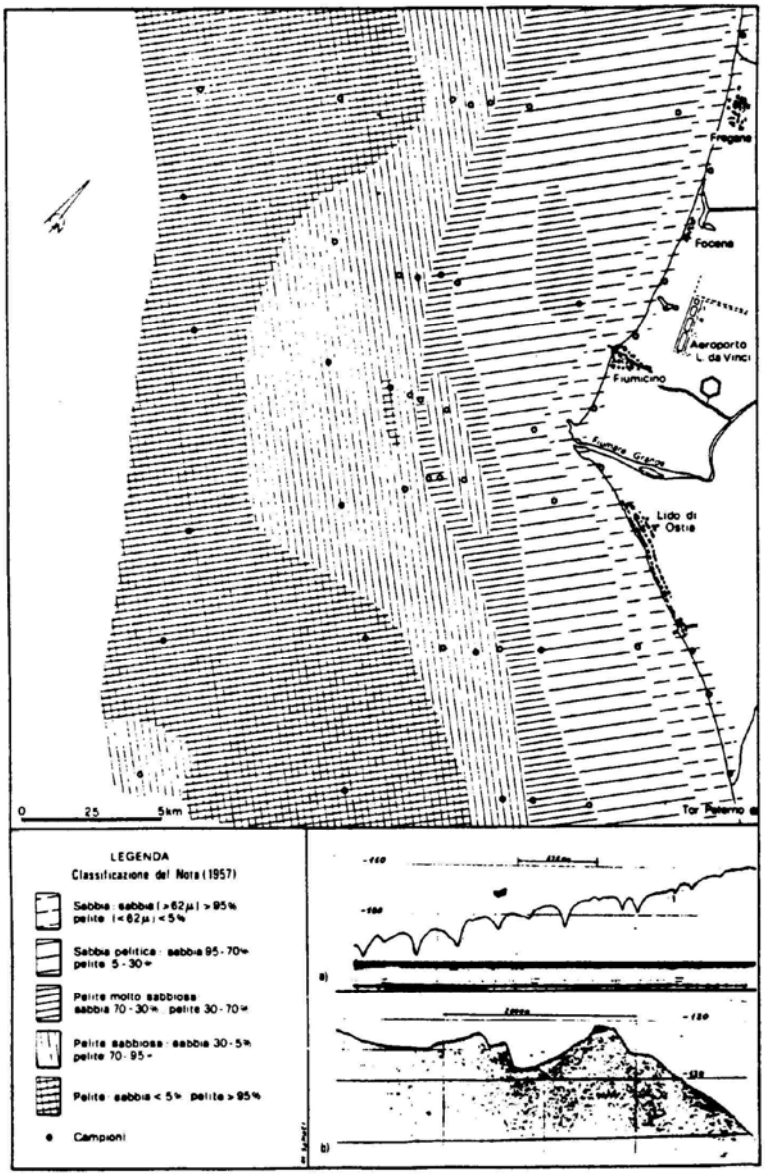


Fig.1 - Caratteristiche granulometriche dei sedimenti superficiali; a) registrazione ecometrica delle sezioni dei canyons; b) registrazione ecometrica dei cordoni litorali relitti.

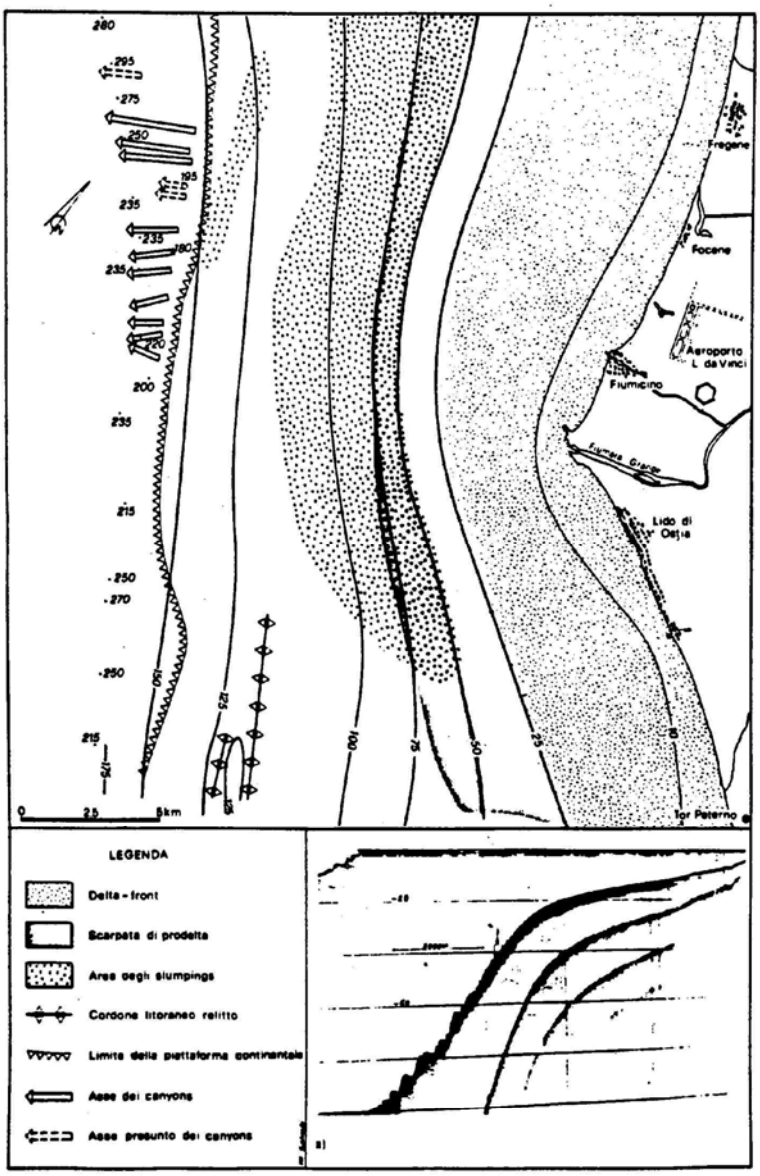


Fig. 2 - Carta batimetrica e dei lineamenti morfologici; a) il profilo ecometrico mostra il delta-front e la scarpata di prodelta interessata dai fenomeni di slumping.

La presenza di canyons sulla scarpata continentale antistante potrebbe avere un ruolo importante nella dinamica dei sedimenti deltizi; di tali canyons non si conosce attualmente ne la ne il grado di attività, ma è probabile che convoglino verso i bacini profondi una parte dei sedimenti dell'instabile scarpata di prodelta.

Allo stato attuale non è noto se le morfologie costiere relitte siano presenti solo nell'area più meridionale, non interessata dalla progradazione deltizia, o se esse si estendano verso nord al di sotto dei sedimenti del delta.

RINGRAZIAMENTI

Si ringrazia il Prof. Passino per l'autorizzazione all'uso della pilotina IRSA MARE nonché 1'equipaggio dell'imbarcazione.

BIBLIOGRAFIA

BELOTTI, P. BIAGI.P.F. PIRO, S. S P. VALERI. 1981. Le variazioni di inclinazione dell'ala sinistra del delta del Tevere nel periodo Gennaio 1979-Giugno 1980. Geol. Tecn., 28:5-8.

BELOTTI, P. & G. DE LUCA. 1979. Erosione del litorale del Lido di Roma: cause ed effetti. L'Universo, 59: 1169-1182.

BORTOLUZZI, G. FRASCARI, F. GUERZONI, S. INCREMONA, N. RAVAIOLI, M. & G. ROVATTI. 1982. Some sedimentological and chemical features of the seafloor in front of the Tiber River. Geog. Fis.Dinam. Quat., 5:120-128.

GALLOWAY, W.E. 1975. Process framework for describing the morphologic and stratigraphic evolution of delcaic depositional system. In:"Deltas, Models for exploration". M.L. Broussard ed., Huston Geological Society, 87-98.

LECHI, G.M. & A. TODISCO. 1980. Prospettive di impiego del telerilevamento nello studio delle dispersioni a mare di scarichi idrici inquinanti. P,F. Ambiente, A/Q/2/6. Roma.

DISTRIBUZIONE DEGLI ELEMENTI IN TRACCIA NEL GOLFO DI TARANTO. DETERMINAZIONE DI Fe, Ni, Mn, Cu, Co, Cr, Ca. Sr E Ba NELLA ZONA ANTISTANTE LA FOCE DEL FIUME SINNI ***

R. BONIFORTI*. R. RUGGIERO*
R. FERRAIOLI **, D. HELTAI ***
*ENEA-Centro Ricerche Energia Ambiente La Spezia

** CISE S.p.A. Segrate (Milano)

***Lavoro svolto nell'ambito del contratto BIO-322-81-I
con la CCE

SUMMARY

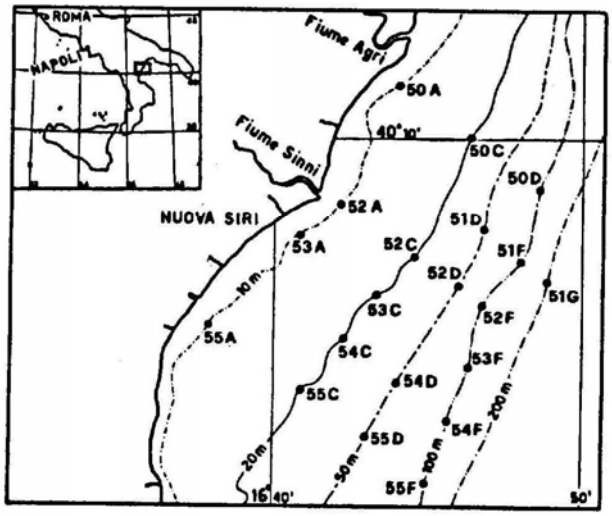
In connection witch an environmental and radioecological survey carried out in the Gulf of Tarante in the area facing the Trisaia nuclear plant, seawater samples Here collected from the Sea stretch influenced by the discharge of River Sinni. Surface samples were collected at water column depth of 10 in and both surface and bottom samples at water column depths of 20, 50, 100 and 200 m. Surface samples were hand-collected from board a plastic boat by means of polyethylene bottles rigorously cleaned and bottom samples were collected by means of Teflon-coated GO-FLO samplers using a nylon hydrographic wire and a Teflon-coated messenger. Fe, Mn, Ni, Cu, and Co were preconcentrated and separated by using Chelex 100 resin and Cr(III+VI) by coprecipitation with Fe(II). These elements were then determined by ETA-AAS, whereas Ca, Sr and Ba were determined
directly by ICP-OES. The accuracy of the methods was tested by using the reference seawater sample NASS1.

ATTI 6° CONGRESSO A.I.O.L. – da Pag. 241 a Pag. 248

INTRODUZIONE

Nel corso di una campagna ambientale e radio ecologica condotta nel giugno 1983 nel Golfo di Taranto di fronte al sito della Trisaia, 27 campioni di acqua di mare superficiale alla batimetria dei 10 m. e superficiale e di fondo alle batimetriche del 20, 50, 100 e 200 m sono stati raccolti di fronte alla foce del fiume Sinni (Fig. 1).

Fig. 1 - ZONA E PUNTI DI CAMPIONAMENTO



Per quanto uno studio idrologico completo del Golfo non sia ancora disponibile, si può ritenere con ragionevole approssimazione che nel periodo indicato là circolazione prevalente sia stata di tipo ciclonico (Accerboni, Grancini, Lavenia,1975).

MATERIALI E METODI

I campioni di fondo sono stati prelevati mediante campionatori GO-FLO ricoperti internamente in Teflon ed equipaggiati con rubinetti in Teflon e guarnizioni in silicone. prima dell'uso i campiona-

tori sono stati trattati con Microdetergente, risciacquati con acqua Milli O (Waters) e riempiti con 2 M HC1 per 2 giorni. In tutti i trattamenti descritti si è utilizzato HC1 Ultrex (Baker) e acqua Milli Q. Il trattamento con HC1 è stato ripetuto e quindi i campionatori sono stati sciacquati con acqua Milli Q. Infine i campionatori sono stati riempiti con HC1 al 2%. Prima del trasporto i campionatori sono stati vuotati e rinchiusi in due sacchetti di politene. Per il sottocampionamento sono state usate bottiglie in politene a bassa densità (Kartell) pretrattate sotto flusso laminare con HC1 secondo la procedura usata per i campionatori GO-FLO e anch'esse trasportate in campagna avvolte in due sacchetti di politene. Il cavo idrografico era di nylon e il messaggero ricoperto di Teflon. I campioni di superficie sono stati invece raccolti a mano con le bottiglie di politene usando una barca ausiliaria in plastica. Tutti i campioni sono stati filtrati a bassa pressione entro 8 ore massimo dal campionamento mediante filtri Nuclepore da 0,45 mm precedentemente trattati con 2 N HC1 e quindi acidificati a pH-1 con HC1. Gli elementi analizzati sono stati Fe, Ni, Mn, Cu, Co, e Cr (mediante spettrofotometro per assorbimento atomico Varian mod. AA-1475 equipaggiato con atomizzatore elettrotermico Varian mod. GTA 95) e Ca, Sr e Ba mediante spettroscopia ottica di emissione con sorgente ICP operata a 1,25 kw(monocromatore Jobin-Yvon 1000 e sorgente Plasma Therm 2500). Salinità e temperatura sono state determinate mediante sonda multiparametrica (Idronaut). Fe, Ni, Mn, Cu e Co sono stati preconcentrati in batch mediante resina Chelex 100 da 200-400 mesh (Biorad) e il Crd(III+VI) mediante coprecipitazione con Pe(II) idrossido (Boniforti, Ferraroli, Frigieri, Heltai e Queirazza, 1984). Ca e Sr sono stati determinati direttamente su campioni diluiti 1/100, mentre il Ba è stato determinato su campioni tal quali. La procedura di preconcentrazione in batch è stata preferita a quella su colonna in quanto consente la chelazione anche di alcuni complessi non-labili (Figura e McDuffie, 1980).Prima dell'uso la resina è stata purificata mediante

ripetuti lavaggi con 2,5 N HNQ, (purificato mediante distillazione sotto il punto di ebollizione) e infine trasformata in forma ammoniacale. Il Fe(II] idrossido non è stato purificato in quanto il suo contributo al bianco del Cr è risultato trascurabile. Tutte le procedure analitiche sono state eseguite in laboratorio Classe 100.

RISULTATI

L'analisi di metalli in traccia in acqua di mare è complicata a causa di vari fattori. Tra i più importanti vi sono la elevata concentrazione salina della matrice, la bassissima concentrazione dei determinandi nonché tutti i fattori di contaminazione legati al campionamento, conservazione e trattamento dei campioni. I metodi di preconcentrazione adottati hanno consentito (per gli elementi da noi considerati) di risolvere soddisfacentemente i primi due problemi, mentre la adozione delle procedure sopra descritte per la pulizia dei campionatori e delle bottiglie di sottocampionamento è conforme a guanto la letteratura descrive come affidabile allo stato attuale delle conoscenze relativamente agli elementi da noi analizzati. Abbiamo quindi affrontato i residui problemi connessi con la analisi dell'acqua di mare e cioè la percentuale di recupero ottenibile con la procedura adottata nonché la precisione e accuratezza dell'analisi. La percentuale di recupero è stata controllata mediante campioni di acqua di mare ai quali sono stati aggiunti i metalli da determinare in modo da avere concentrazioni di 10 μg/L. I dati sono riportati nella Tab.l. Sono state inoltre eseguite delle prove di recupero utilizzando lo standard MASSI. Queste prove hanno mostrato che la percentuale di recupero rimaneva soddisfacente anche alle concentrazioni normalmente riscontrate in acqua di mare.

TABELLA 1. Percentuale di recupero per aggiunte di 10 ug/L di ogni metallo

Matrice	Cr(III)	Cr(VI)	Mn(II)	Fe(III)	Co(II)	Ni(II)	Cu(II)
Acqua Q*	30±10	0	95±5	95±3	98±3	100±4	100±3
Acqua di mare *	25±10	0	86±3	90±15	92±3	95±6	88±3
Acqua Q**	90±7	95±5	89±3	98±4	87±2	81±7	84±7
Acqua di mare **	80±3	80±3	-	-	-	-	-

* Preconcentrazione con Chelex 100

** Preconcentrazione con Fe(II) idrossido

La accuratezza e la precisione sono state verificate mediante lo standard NASS1. Esse sono riportate nella Tab.2 la quale mostra che raccordo tra i valori sperimentali e quelli certificati è eccellente per Fe, Co, Cr e Mn, soddisfacente per il Ni, mentre qualche fattore non noto aumenta 1'errore sistematico del Cu al 23%.

TABELLA 2. Valori sperimentali e certificati (ug/L) per lo standard NASS1; la precisione sperimentale è data come 2 x s.d., n=4

	Valore sperimentale	Valore certificato
Fe	0,10±0,06	0,192±0,036
Co	0,0036±0,0007	0,004±0,001
Ni	0,233±0,014	0,257±0,027
Cu	0,122±0,018	0,099±0,010
Cr	0,184±0,017	0,184±0,016
Mn	0,025±0,013	0,022±0,007

Il contenuto dei metalli analizzati nonché 1'andamento della salinità e temperatura negli strati superficiale e di fondo sono riportati rispettivamente in Tab.3 e Tab.4.

TABELLA 3. CONTENUTO DI METALLI E ANDAMENTO DELLA SALINITA' E TEMPERATURA DEI CAMPIONI SUPERFICIALI
(dati in ug/L; mg/L per Ca e Sr)

STA	BAT	Fe	Ni	Mn	Cu	Co	Cr	Ca	Sr	Ba	Sal	T
50A	10	2,0	0,40	1,70	0,43	0,024	0,18	450	9,0	4,0	ND	ND
52A	10	1,4	0,41	0,96	0,59	0,028	0,14	453	9,0	4,5	38,31	21,00
53A	10	1,5	0,44	2,30	1,15	0,031	0,21	438	9,8	4,5	38,73	20,36
55A	10	1,6	1,06	1,73	0,81	0,043	0,13	449	9,1	4,5	ND	ND
51D	50	1,9	0,34	0,24	0,50	0,025	0,19	446	9,3	4,5	38,77	20,78
52D	50	1,6	0,35	0,44	0,64	0,024	0,19	429	9,1	4,5	ND	ND
55D	50	2,3	0,83	0,66	1,78	0,028	0,24	438	9,3	4,0	ND	ND
50F	100	1,3	0,45	0,34	0,45	0,020	0,17	441	9,1	4,0	38,52	20,23
51F	100	1,7	0,50	0,61	0,47	0,017	0,17	434	9,3	4,0	38,56	20,58
52F	100	2,8	0,56	0,30	1,26	0,026	0,28	440	8,3	4,5	38,71	20,54
53F	100	2,1	0,36	0,28	0,36	0,022	0,23	440	8,2	4,0	38,67	20,54
54F	100	2,5	0,34	0,30	0,97	0,022	0,24	447	8,2	4,0	38,67	20,38
55F	100	2,2	0,60	0,43	0,74	0,021	0,16	440	9,0	4,5	ND	ND
INTER=		1,3	0,34	0,24	0,36	0,017	0,13	429	8,2	4,0	38,31	20,23
VALLO		2,8	1,06	2,30	1,78	0,043	0,28	453	9,8	4,5	38,77	21,00
MEDIA		1,9	0,51	0,79	0,78	0,025	0,19	442	9,0	4,3	38,62	-----
E.S.		0,1	0,07	0,21	0,13	0,006	0,01	2	0,1	0,1	0,50	-----

E.S. = Errore standard della media

TABELLA 4.CONTENUTO DI METALLI E ANDAMENTO DELLA SALINITA' E TEMPERATURA DEI CAMPIONI DI FONDO
(dati in ug/L; in mg/L per Ca e Sr)

STAZ	BAT	Fe	Ni	Mn	Cu	Co	Cr	Ca	Sr	Ba	Sal	T
50C	20	1,3	0,55	0,42	0,46	0,021	0,15	436	9,6	5,0	38,46	19,55
52C	20	2,5	0,31	0,32	0,44	0,029	0,13	470	8,5	4,0	38,75	19,94
53C	20	0,8	0,38	0,44	0,34	0,023	0,20	467	9,1	4,5	38,75	20,16
54C	20	2,2	0,45	0,81	0,49	0,027	0,20	450	9,9	4,5	38,72	20,36
55C	20	7,5	0,43	1,03	0,52	0,044	0,23	426	8,1	4,5	ND	ND
51D	50	2,5	0,47	0,26	0,37	0,017	0,18	442	8,9	4,0	38,71	16,92
52D	50	1,6	0,31	0,20	0,38	0,015	0,23	447	8,2	4,0	ND	ND
54D	50	0,8	0,31	0,12	0,28	0,070	0,21	469	8,9	5,0	ND	ND
55D	50	5,2	0,60	0,72	1,68	0,072	0,28	440	9,5	4,5	ND	ND
50F	100	1,3	0,50	0,13	0,35	0,013	0,20	465	8,7	4,0	38,77	14,14
51F	100	1,0	0,36	0,15	0,25	0,015	0,24	466	9,8	5,0	38,69	14,00
52F	100	1,2	0,43	0,20	0,35	0,010	0,16	433	9,4	3,5	38,85	14,76
55F	100	1,3	0,45	0,20	0,53	0,016	0,12	439	8,1	4,5	ND	ND
51G	200	1,3	0,32	0,88	0,29	0,017	0,15	452	8,2	4,5	ND	ND
INTER=		0,8	0,31	0,12	0,25	0,010	0,12	426	8,1	3,5	38,46	14,00
VALLO		7,5	0,60	1,03	1,68	0,072	0,28	470	9,9	5,0	38,85	20,36
MEDIA		2,2	0,42	0,42	0,48	0,027	0,19	450	8,9	4,4	38,71	-----
E.S.		0,6	0,03	0,11	0,11	0,007	0,02	5	0,2	0,1	0,11	-----

E.S. = Errore standard della media

DISCUSSIONE

I dati di salinità mostrano che la massa d'acqua campionata era omogenea. La distribuzione areale degli elementi analizzati sia in superficie che in profondità non mostra evidenti tendenze legate alla batimetria. La matrice dei coefficienti di correlazione lineare mostra che in superficie si ha correlazione (p=0,05)positiva per le coppie Fe-Cr, Ni-Co e Mn-Co, e negativa per la coppia Fe-Sr, mentre per i campioni di fondo si ha correlazione (positiva) per le coppie Fe-Mn e Ni-Cu. Considerando separatamente i campioni di superficie e di fondo e assumendo che la distribuzione delle concentrazioni nei due strati sia casuale, si può osservare che solo per il Ni e il Cu vi è una certa differenza tra i due strati, essendo entrambi questi elementi mediamente più concentrati nello stato superficiale.

BIBLIOGRAFIA

Accerboni, S., Grancini, G. , Lavenia, A. 1975. Variability of water masses and geostrophic circolation in the Tarante Gulf. Boll. Geofis. Teor. Appl., XVIII: 267-297.

Boniforti, R., Ferrarolì, R., Frigieri, P., D.Heltai, G. Queirazza. 1984. Intercomparison of five analytcal methods for the determination of Mn, Fe, Co, Zn, Cu and Cr in sea water. Anal. Chim. Acta,(in stampa).

Figura, P., McDuffie, B. 1980. Determination of labilities of soluble trace metal species in aqueous environmental samples by anodic stripping voltammetry and Chelex 100 column and batch methods. Anal. Chem., 52: 1433-1439.

Mart, L. 1979. Prevention of contamination and other accuracy risks in voltammetric trace metal analysis of natural waters. Part I: Preparation steps, filtration and Storage of water samples. Part II: Collection of surface water samples, Fresenius Z. Anal**.** Chem,, 296: 350-357; ibid.,299: 97-102.

LO STATO TROFICO DEL LAGO SCANZANO (PALERMO) (+)

S, CALVO, R. BARONE, G. GENCHI

Gruppo di Ecologia Acquatica - Istituto di Botanica Università dì Palermo

SUMMARY

The main physical and chemical factors as well as standing stock of phytoplankton, in terms of numerical density, biovolume and chlorophyll "a" concentrations, of a sicilian water supply reservoir (Scanzano Lake) were investigated. The studies, covering the annual cycle of parameters and accompanied by remarks about nutrients loading and hydrological characteristics", were carried out for estimating trophic status of the reservoir. Average values of total phosphorus (32 ug P.l), virtual lack of Cyanophyceae, numerical density (almost $<5.10^6$ cells.l^{-1}), phytoplankton biovolume (<3 $cm^3.m^3$), maximum (13 $mg.m^{-3}$) and average (6 $mg.m^{-3}$) values of chlorophyll "a", bring out a mesotrophic status for Scanzano reservoir.

INTRODUZIONE

Questa indagine, volta alla valutazione dello stato trofica del lago Scanzano (Fig. i)., si inserisce nell'ambito di una serie di ricerche sviluppate, negli ultimi anni, sui maggiori invasi della Sicilia nord-occidentale (Barone e Calvo, 1982; Oliveri ed altri, 1982; Barone, 1983).

Il lago Scanzano è stato realizzato, negli anni 1957-63, mediante sbarramento, con due dighe in terra zonata, dei torrenti Rossella e Scansano. In tabella 1 sono riportate le principali caratteristiche morfometriche del serbatoio, adibito prevalentemente ad integrare la disponibilità idrica della città di Palermo.

Il tempo teorico di rinnovo delle acque, valutato nell'anno della ricerca (1980), è di 104 giorni, con valori mensili variabili da un massimo di 366 giorni nel mese di Marzo, ad -un minimo di 48 giorni nel mese di Novembre.

Il bacino imbrifero, soggetto ad un clima di tipo "mesomediterraneo" (Cirrito, 1983) e geologicamente caratterizzato da rocce arenarie ed argillose (Liguori, 1983), è composto da un bacino diretto (26,6 Km^2) e da quattro allacciati (60,3 Km^2). E' da rilevare che più del 50% del bacino imbrifero ricade nelle più elevate classi di erosione potenziale (Santoro e Dazzi, 1963). Si evidenzia, inoltre, un ridotto insediamento umano ed industriale ed un'estesa superficie agricola (33 Km^2) prevalentemente adibita alla viticoltura.

Il carico dei nutrienti che giungono alle acque lacustri, stimato utilizzando gli indici unitari riportati da Provini ed altri (1971), risulta pari a 3,72 g $P.m^{-2}.anno^{-1}$ e 64,60 g $N.m^{-2}.anno^{-1}$. Questi valori sono notevolmente superiori a quelli ritenuti ammissibili per i laghi naturali (Vollenweider, 1968 e 1976). In particolare il carico di fosforo è circa 9 volte superiore al carico teorico ammissibile

---

(+) Lavoro eseguito con il contributo della Cassa per il Mezzogiorno (Convenzione Ente Acquedotti Siciliani - Università di Palermo)

(0,43 g $P.m^{-2}.anno^{-1}$)

Ipotizzato, pertanto, un elevato stato trofico del lago Scanzano, è stata rilevata, ai fini di una verifica, una serie di parametri fisici, chimici e biologici.

MATERIALI E METODI

I prelievi sono stati effettuati, nell'arco di un anno e con frequenza mensile, in una stazione posta al centro del lago.

Le concentrazioni dei nutrienti algali ($N\text{-}MH_4$,, $N\text{-}N0_3$, $N\text{-}N0_2$, $P\text{-}PO_4$, P_{tot}, $Si\text{-}Si0_3$) sono state valutate (Golterman ed altri, 1978, Mackerth ed altri, 1978) su campioni prelevati a tre diverse quote (superficie, fondo e profondità inedia risultante).

I campionamenti per 1'analisi del fitoplancton sono stati realizzati alle profondità di 0, 1, 2,5, 5 e 10 metri. La concentrazione della clorofilla "a", corretta per la feofitina, è stata determinata mediante estrazione in solvente acetonico al 90% (Golterman ed altri,1978). Il numero di cellule per ogni campione, fissato con Lugol acetico, è stato rilevato con il metodo Utermöhl (1931). La biomassa,
espressa come peso fresco algale, è stata determinata dai volumi cellulari assimilando le specie ad appropriate figure geometriche (Findenegg, 1974). I valori di clorofilla, di densità e di biomassa fitoplanctonica sono stati mediati nella colonna d'acqua di 10 metri.

In situ sono stati determinati la temperatura, 1'ossigeno disciolto (YSI modello 57), il pH, la trasparenza (Disco di Secchi) ed il solfuro libero (elettrodo Orlon).

RISULTATI

L'analisi delle isoterme (Fig. 2) nel periodo di stratificazione (Maggio - Ottobre) evidenzia curve termiche "anomale" (Barbanti ed altri, 1979) caratterizzate da una gradualità più accentuata fra Giugno e Settembre. Il salto termico più elevato si riscontra a Settembre (10-12 a), probabilmente in relazione alla. attivazione della bocca di presa posta a maggiore profondità.

Durante il periodo di stratificazione termica, in accordo con la diversificazione chimico-fisica e biologica delle masse d'acqua, si rilevano, negli strati superficiali, elevati valori di pH (8,7) e di sovrasaturazione di ossigeno disciolto (130%) imputabili alla attività degli organismi fotosintetici. Negli strati più profondi, per il prevalere dei processi demolitivi, il pH si sposta verso la neutralità (7,4), l'ossigeno viene rapidamente consumato ed il solfuro libero raggiunge elevate concentrazioni (3,22 $mg.l^{-1}$in prossimità,del fondo).

La forma dominante di azoto inorganico, durante il periodo di circolazione, è rappresentata dall'azoto nitrico (Fig. 3). Al suo progressivo accumulo corrisponde, peraltro, un decremento di azoto ammoniacale, in accordo con gli elevati valori di ossigeno disciolto che accelerano i processi di nitrificazione. Nello strato superficiale si assiste ad un brusco calo di azoto nitrico da Maggio (804,4 $\mu g\ N.l^{-1}$) a Luglio (93,1 $\mu g\ H.l^{-1}$), in relazione allo sviluppo filoplanctonico. Marcata si presenta nel contempo la sua diminuzione negli altri strati, a causa dei processi di riduzione che si manifestano con 1'aumentata concentrazione di azoto ammoniacale da Giugno

(22,8 μg $N.l^{-1}$) ad Agosto (228,5 μg $N.l^{-1}$). Quest'ultimo processo interessa maggiormente la massa d'acqua in prossimità del fondo, dove più intensa è, durante il periodo tardo-primaverila ed estivo, fattività dei batteri ammonificanti. L'azoto nitroso, sempre presente in modeste concentrazioni, non mostra significative variazioni stagionali.

Rispetto ai sali di azoto il fosforo reattivo è nello Scanzano nolto deficitario (N/P=152). In particolare, la struttura geologica del bacino imbrifero unitamente alle caratteristiche chimico-fisiche delle acque sembra potere influenzare significativamente il ciclo del fosforo e la disponibilità di ortofosfato reattivo attraverso reazioni sia prettamente chimiche (sali di metalli poco solubili) sia soltanto fisiche (fenomeni di adsorbimento sul parti celiato fine) (Stumm and Morgan, 1981). Non sono stati ottenuti, infatti, significativi valori di correlazione lineare tra le forme di fosforo esaminate ed i corrispondenti valori di densità e biomassa fitoplanctonici. In periodo di stratificazione, nello strato profondò, non e segnalato un apprezzabile rilascio di ortofosfato solubile in relazione al costante aumento di solfuro libero. Ciò suggerirebbe un meccanismo di riciclo non controllato esclusivamente dalla coppia Fe^{++}/Fe^{+++} Anche assumendo, dunque, che una frazione del fosforo sedimentato sia refrattaria e divenga parte permanente del sedimento, si deve convenire che un'altra frazione rientri nella fase acquosa sotto altre forme, organiche ed inorganiche, per fornire un meccanismo a feed-back (Hays and Phillips, 1958; Fenchel and Blackburn, 1979; Stumm and Morgan, 1981). In considerazione della notevole plasticità dell'elemento, resta, comunque, evidente 1'importanza di poter disporre di dati relativi a periodi più lunghi e ad altre forme di fosforo biologicamente significative.

Le concentrazioni di silicio, che nei primi mesi dell'anno manifestano valori dell'ordine di 5 $mg.l^{-1}$ lungo l'intera colonna d'acqua, evidenziano, nello strato superficiale, una buona correlazione con il ciclo delle Diatomee. A tale proposito è particolarmente evidente la brusca caduta che si verifica a Giugno, in relazione allo sviluppo di Cyclotella ocellata e Melosira granulata.

La comunità fitoplanctonica del lago Scanzano è composta da 71 specie così distribuite:4 Cianoficee, 13 Diatomee, 2 Crisoficee. 3 Criptoficee 5 Dinoficee ficee» 9 Euglenoficee e 35 Cloroficee. Diatomee, Criptoficee. Dinoficee Cloroficee assumono nella dinamica dei popolamenti il ruolo di classi protagoniste, mentre Cianoficee, Crisoficee e Euglenoficee possono considerarsi virtualmente assenti(Fig.4). Da un esame complessivo la comunità fitoplanctonica del lago Scanzano evidenzia, nella sua distribuzione "temporale, un'associazione a Cyclotella-Peridinium-Cryptomonas con forte presenza di Cloroficee , nei mesi primaverili ed autunnali.

L'andamento dei valori di densità totale (Fig. 5) evidenzia un picco massimo ($16.9.10^6$ cellule.l^{-1}) nel mese di Giugno, addebitarle alla fioritura di Cyclotella ocellata che rappresenta il 76% delle cellule conteggiate. Per il resto dell'anno la concentrazione dei fitoplanctonti è, per lo più, al di sotto di 5.10^6cellule.l^{-1}.

Il valore più elevato di biomassa si registra, invece, nel mese di Maggio (2,85 $mg.m^{-3}$) e corrisponde alla codominanza di specie di notevoli dimensioni (Cryptomonas ovata e Peridinium elpatieWskyi). Un Picco successivo (2,74 mg.m'S) si verifica nel mese di Ottobre, in

corrispondenza di un lieve incremento della densità totale, per una significativa pulsione dei popolamenti a Peridinium elpatiewskyi accompagnata da una espansione della cloroficea Pediastrum simplex. Complessivamente la biomassa si mantiene su valori abbastanza modesti, sempre inferiori ai 3 $mg.m^{-3}$.

L'andamento delle concentrazioni di clorofilla "a" sembra riflettere, attraverso tre picchi successivi, le corrispondenti pulsioni della biomassa (Fig. 6). E' d'interesse, peraltro, rilevare come alla fioritura di Cyclotella ocellata non corrisponda va elevato valore di clorofilla. Questa apparente incongruenza può trovare un valido chiarimento nel ridotto contenuto citoplasmatico delle Diatomee in conseguenza del notevole sviluppo dei vacuoli(Sicko-Goad ed altri,1977).

I valori di trasparenza, non correlati ai parametri biologici, sono principalmente da attribuire al particellato non vivente.

CONCLUSIONI

Le concentrazioni medie di fosforo totale (32 μg $P.l^{-1)}$ ed i valori massimo (13 $mg.m^{-3}$) e medio (6 $mg.m^{-3}$) di clorofilla "a" rivelano, secondo i limiti proposti dall'OECD (1982), una stato mesotrofico del lago Scansano. La sua contenuta trofia è inoltre evidenziata dalla virtuale assenza di Cianoficee (Ravson, 1956) e dai bassi valori (<3 $cm^3.m^3$) di biomassa (Vollenveider, 1968).

L'ipotesi, espressa precedentemente, di un elevato stato trofico dell'invaso, non è stata pertanto verificata nel corso della nostra ricerca. I motivi sono probabilmente da ricercare nella scarsa disponibilità di. fosforo ortofosforico e nella notevole quantità di particellato non vivente che riduce fortemente lo strato eufotico.

BIBLIOGBAPIA

Barbanti L., H. Secchi, M. Manca, e A. Cossu. 1978. Metodologie per lo studio dell'eutrofizzazione negli invasi artificiali. Atti del Convegno sulla Eutrofizzazione in Italia. Bona, 209-221.

Barone B. 1983. Il fitoplancton e lo stato trofico del lago Poma(Sicilia Nord-occidentale). Atti del V Congresso A.I.O.L.. Pallanza,177-187.

Barone B. e B. Calvo. 1982..Ciclo primaverile-estivo del fitoplancton di due bacini artificiali siciliani attraverso l'analisi dei pigmenti fotosintetici. Giorn. Bot. Ital., suppl. 1, 116:131-132.

Cirrito V. 1983. Modello di studio integrato del territorio (Ficuzza-Palermo). Nota n. 1 - Caratterizzazione climatica. Quaderni di Agronomia. Palermo, 10:15-32.

Fenchel T. and T.H. Blackburn. 1979. Bacteria and mineral cycling. Academic Press, p. 225.

Findenegg I. 1974. Estimating quanti ty and quality of biomass. Expressions of populations. In: B.A. Vollenveider, J.F. Talling and D.F. Westlake (eds). A manual on methods for measuriog primary production in acquatto environments, including a chapter on bacteria. Blackwell Scientific Publications. IBP handbook N. 12, p.213.

Golterman H.L., E.S. Clymo and M.A.M. Ohnstad. 1978. Methods for physical and chemical analysis of fresh water. Blackwell Scientfic, Publications, IBP Handbook n. 8, p.213.

Hays F.B. and J.E. Phillips. 1958. Lake water and sediment. III. Radiophosphorus equilibrium vith mud, plants and bacteria under oxidized and reduced conditions. Limnol. Oceanogr., 3:459-475.

Liguori V. 1983. Modello di studio integrato del territorio (Ficuzza-Palermo). Bota n. 2 - Geologia tecnica e geomorfologica. Quaderni di Agronomia, Palermo, 10:33-52.

Mackereth F.J.K,, J. Heron and J.F. Talling. 1978. Water analysis: some revised methods for limnologists. Freshwater Biological Association, Seientific Publications, n. 36, p. 120.

O.E.C.D. 1982. Eutrophisation des eaux— Méthodes de surveillance d'évaluation e de lutte. O.E.C.D., Parigi, p.154.

Oliveri B., M. Di Benedetto, B. Barone, A. Casuccio, M. Ajello, S. Calvo. 1982. Indagini ecologiche su due bacini artificiali siciliani; Piana degli Albanesi e Poma. Giornale di Igiene e MedicinaPreventiva, 23:10-Ul.

Provini A.,.B. Mosello, M. Pettine, A. Puddu, E. Bolle e F.M. Spaziani. 1978. Atti del Convegno sulla Eutrofizzazione in Italia,Roma, 121-158.

Rawson D.S. 1956. Algal indicators of trophic lake types. Limnol. Oceanogr., 1:8-25.

Santoro M. e C. Dazzi. 1983. Modello di studio integrato del territorio (Ficuzza-Palermo). Nota n. 8 - Deduzione dell'erosione potenziale. Quaderni di Agronomia, Palermo, 161-195.

Sicko-Goad L. E.F. Stoermer, B.G. Ladewski. 1977- A morphometric method for correcting phytoplankton celi volumme estimates. Protoplasma. 93:147-163.

Stumm W. and J.J. Morgan. 1981 Aquatic chemistry. Wiley Interscience, New York.

Utemöhl H. 1931. Keue Wege in der quantitativen Erfassung des Planktons (mit besonderer Berucksichtigung des Ultraplanktons) Verh. int. Ver. theor. angew. Limnol., 51567-596.

Vollenveider B.A. 1968. Scientific fundamentais of the eutrophication of lakes and flowing waters, with particular reference to phosphorus and nitrogen as factors in eutrophication. O.E.C.D., Technical report D.A.S./C.S.I./68.27.

Vollenweider B.A. 1976. Advances in defining criticai loading level for phosphorus in lake eutrophication. Mem. Ist. Ital. Idrobiol.,33:53-83

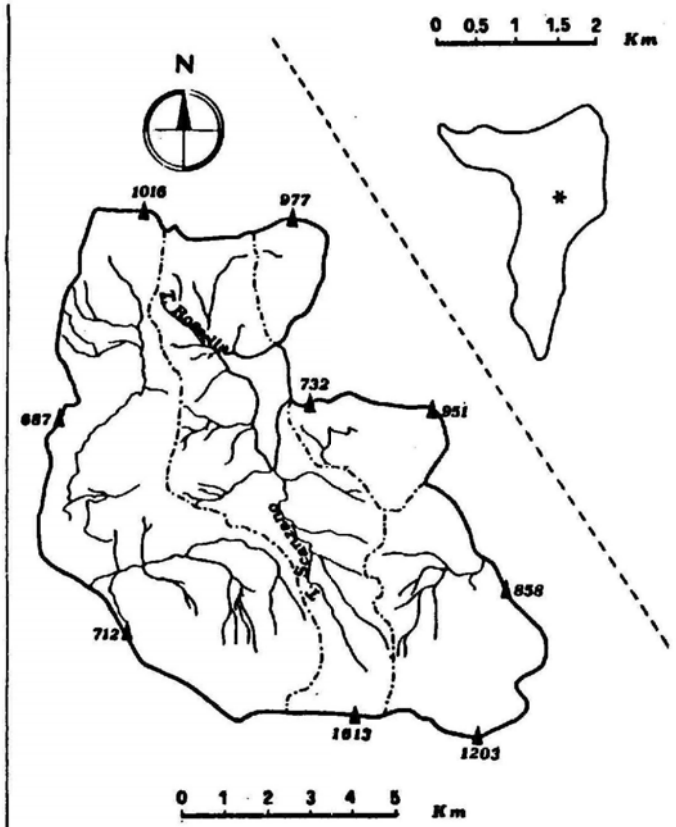


Fig.1-Il lago Scanzano ed il suo bacino imbrifero.

Tab.1-Principali caratteristiche morfometriche del lago Scanzano.

Superficie bacino imbrifero (compresa area del Lago)	Km^2	86,9
Quota massimo invaso (s.l.m.)	m	525
Quota fondo (s.l.m.)	m	483,5
Quote bocche di presa (s.l.m.)	m	501-511
Superficie (+)	Km^2	1,48
Volume (+)	$10^6 \times m^3$	17,8
Profondità massima (+)	m	41,5
Profondità media (+)	m	12

(+)misure riferite alla quota di massimo invaso.

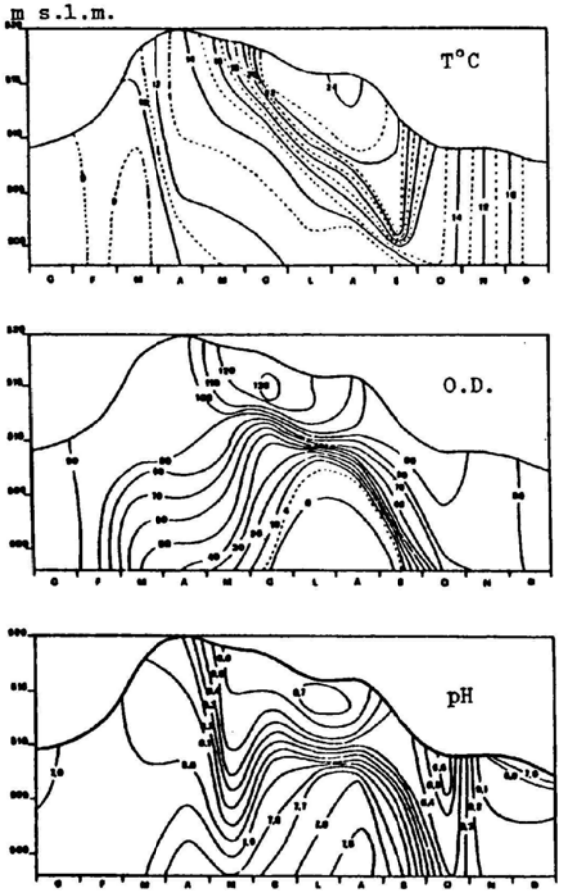


Fig.2-Isoplete della temperatura, ossigeno disciolto(% di saturazione) e pH.

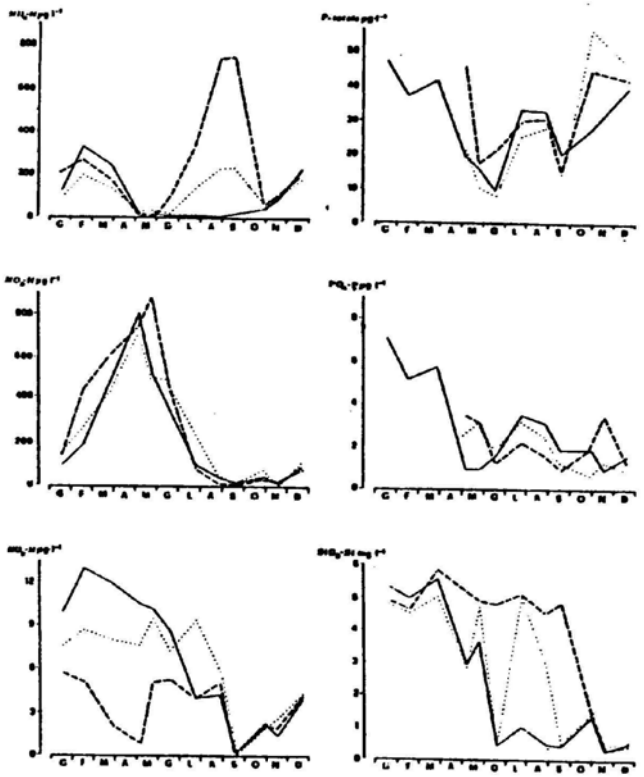


Fig.3-Andamento delle concentrazioni dei principali nutrienti algali negli strati superficiale (——), intermedio (·····) e profondo (- - - - -).

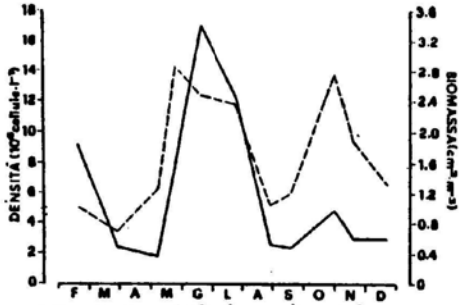


Fig.5-Densità (——) e biomassa (- - - -) del fitoplancton.

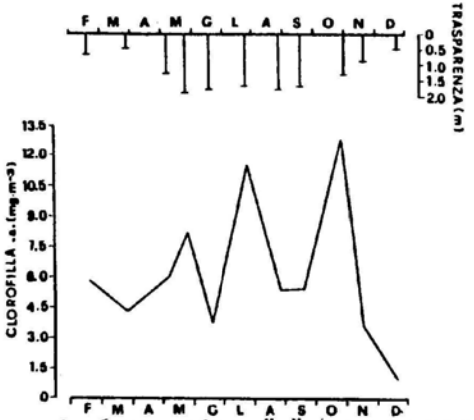


Fig.6-Clorofilla "a" e trasparenza.

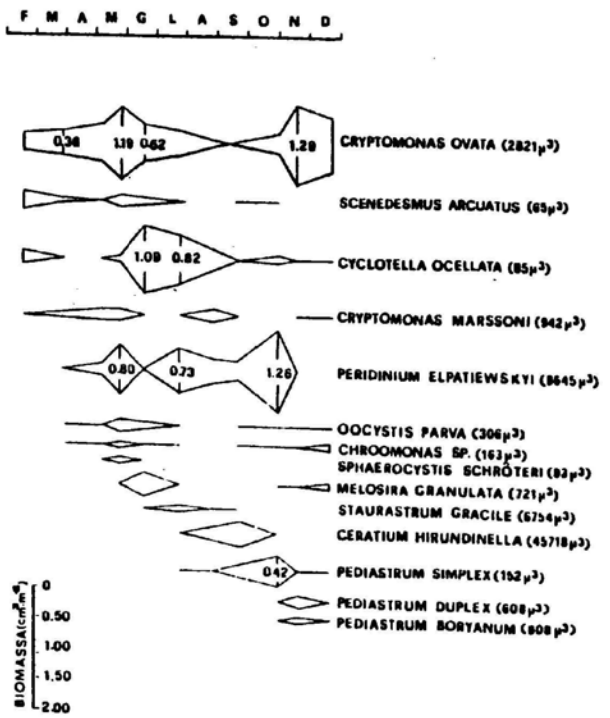


Fig.4-Successione dei principali popolamenti fitoplanctonici.

RAPPORTO DI COMPOSIZIONE DEGLI ACIDI GRASSI NEL PLANCTON.

Carli A.,° Balestra V.,°° Pane L.,°°° Valente T.,°°°

° Istituto di Scienza Ambientali Marine – Cattedra di Planctologia Università di Genova.
°° Dipartimento di.Scienze Statistiche – Università di Bologna.
°°° Istituto di Medicina del Lavoro - Università di Genova.

SUMMARY

Connection of the fatty acids composition in plankton;-The study concerns the fatty acid composition observed in the plankton drawn from two stations in the
Ligurian Sea using a standard plankton net (mesh 200 micron) during two years (from June 1978 to May 1980). The drawings were carried out at the depths of -100 a. and -50 m. from the surface. From the study of the distributions of frequency it was observed that the fatty acid in greater quantity was the palmitic one, followed by the oleic, the palmitoleic, and the stearic acid. The short and long chain fatty acids are less frequent. The arachidonic acid showed a considerable variation in percentage, resulting present only in few samples. Little variability was noted in the case of the pentadecanoic and palmitic acid. On the whole, the palmitic, pamitoleic, stearic, oleic and myristic acids generally represent about the 4/5 of the total fatty acids. The arachidonic acid, when present in great quantity, and this happoned at least in three drawings, caused a reduction of the above mentioned fatty acids more than of the others.

INTRODUZIONE

La variabilità del contenuto in acidi grassi negli organismi del plancton, anche in considerazione della loro importanza nella catena trofica marina, ed. ha indotto ad eseguire una elaborazione statistica in termini di distribuzione di frequenza del contenuto in per-

ATTI 6° CONGRESSO A.I.O.L. – da Pag. 257 a Pag. 262

centuale degli acidi grassi stessi reperiti in numerosi campioni di plancton da noi raccolti.

MATERIALI E METODI

I campioni sono stati prelevati con retino standard (maglie da 200 micron) in due stazioni fisse nel Mar Ligure nell'arco di due anni (Giugno 1978 - Maggio 1980T, dalle profondità di -100 m. e -50 m. alla superficie m L'analisi degli acidi grassi è stata eseguita per via gascromatografica (Carli A., Chiapperini D., Valente 1983; Bruzzone C., Carli A., Chiapperini D., Pane L.,Valente T., Vignola S., 1981).

RISULTATI

Nel grafico n°l vengono riportate le distribuzioni cumulate relative al tasso percentuale di ciascun acido grasso per ogni campione di plancton prelevato in
entrambe le stazioni. Questo tipo di elaborazione statistica risulta particolarmente indicato sopratutto nella fase di primo approccio, quando non è solo importante valutare il valore medio (o mediano) ma è sopratutto indispensabile valutare 1'ampiezza della dispersione dei dati. Nel grafico n°l (a) sono riportate le spezzate cumulate relative agli acidi grassi riscontrati in tutti i campioni in quantità consistente. Si rileva che gli acidi grassi 16:0 ed il 16:1 sono sempre presenti a in percentuale elevate; per il 16:0 tra un minimo del
10% e un massimo del 40%, mentre per il 16:1 1'andamento è in gran parte sovrapponibile con eccezione per un campione in cui la percentuale è risultata particolarmente bassa. Minor consistenza percentuale si ha per il 18:1, 18:0 e 14:0, i cui valori mediani risultano rispettivamente; 13%, 10%, 8%. Altri acidi grassi con mediana compresa fra il 3% e il 5% risultano il 18:3, il 18:2, il 20:4, ed il 17;0. Tra questi si osserva che è sopratutto il 20 i 4 ad assumere un andamento estremamente disperso. Nel grafico n°l(c) sono riportati i restanti acidi grassi con mediana inferiore al 2%, tra cui spiccano gli acidi grassi 10:0 e 15:0. Nel complesso, quindi, si può rilevare come siano 5 gli acidi grassi che assommati tra loro vengono a rappresentare circa i 4/5 del totale degli acidi grassi. E' interessante seguire l'andamento nelle due stazioni ed alle due diver-

se profondità (figura n°2). Si nota come esistano variazioni sopratutto evidenti nei confronti della presenza più o meno massiva dell'acido grasso 20:4: quando questo è presente in quantità elevata si rileva netta riduzione del totale degli altri acidi grassi.

CONCLUSIONI

L'indagine specifica delle forme presentì nei campioni di plancton (Bruzzone C. e coli. 1981; Carli A., Valente T., in stampa), ha mostrato che i Copepodi sono sempre presenti in percentuale elevata; pertanto la composizione degli acidi grassi rinvenuti potrebbe essere indicativa della composizione lipidica in questi Crostacei, anche perché composizioni simili si sono osser vate in Copepodi (Tigriopus fulvus) prelevati in ambiente naturale (Carli A., Colacello F., Valente T., 1983). Tuttavia occorrono indagini anche sugli altri gruppi presenti nel plancton per una sua completa valutazione dal valore nutrizionale.

BIBLIOGRAFIA

Bruzzone C., Carli A., Chiapperini D., Pane L., Valente T., Vignola S. 1981. Ricerche relative alla produzione marina nelle acque costiere del Golfo di Genova (Atti del Convegno delle Unità Operative afferenti ai sottoprogetti "Risorse biologiche e inquinamento marino"), C.N.R., Roma 10-11 Novembre,225-239.

Carli A., Chiapperini D., Valente T. 1983. Studi preliminari sulla composizione in acidi grassi dello zooplancton del Mar Ligure. Oceanol. Limnol., 48:1-11.

Carli A., Colacello F., Valente T. 1983. Variazioni stagionali degli acidi grassi in popolamenti di Tigriopus fulvus (Ficher), Copepoda Harpaeticoida, delle pozze di scogliera della costa Ligure (Atti Soc. Ital. Sci. Nat. Museo Civ. Stor. Nat. Milano,124:11-20.

Carli A., Valente T.. Contributo allo studio dello zooplancton (-50 m., superficie) in un'area del Mar Ligure (in corso di stampa su Rivista di Idrobiologia).

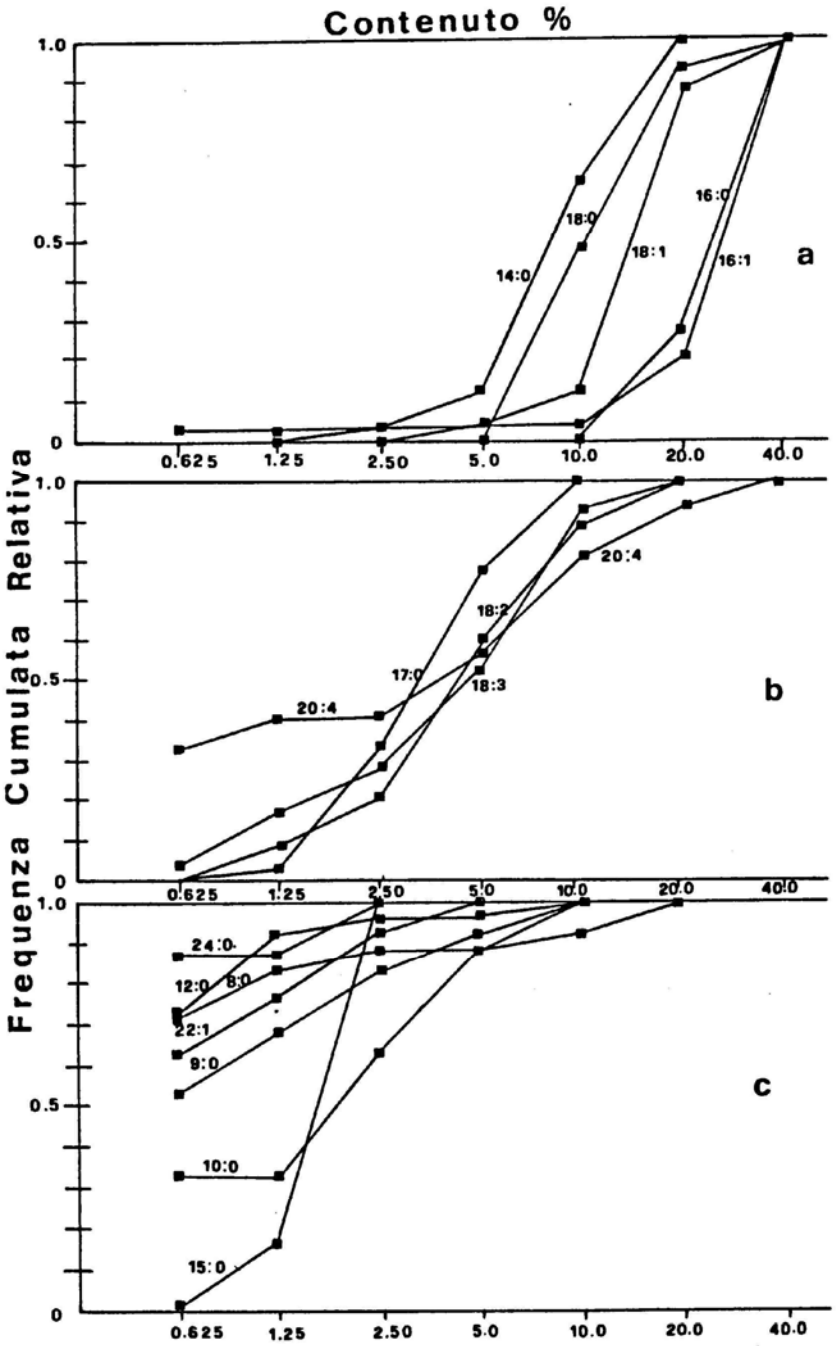


Fig. 1 - Distribuzione cumulata del contenuto percentuale rappresentato da ciascun acido grasso, in riferimento al loro totale.

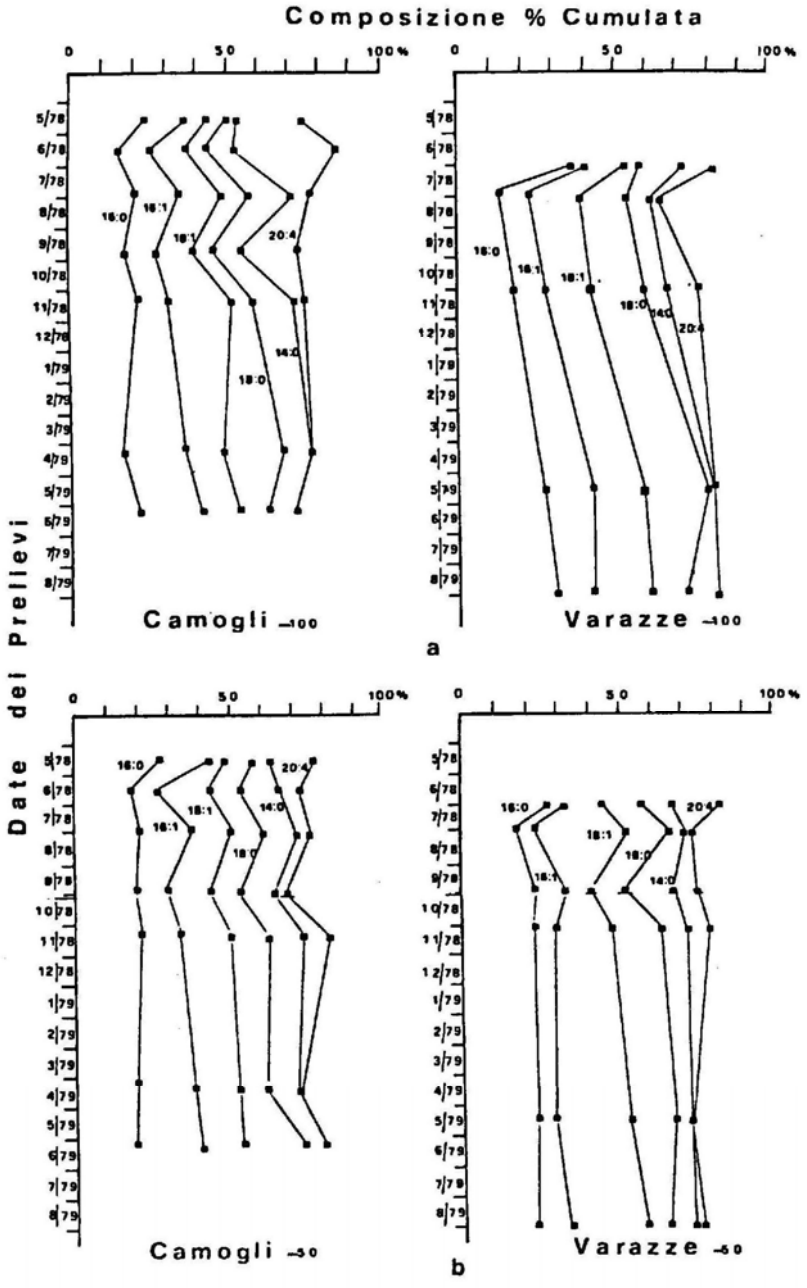


Fig. 2 - Andamento nel tempo della composizione percentuale cumulata dei 6 acidi grassi con tasso mediano più elevato.

PROVA DI APPLICAZIONE A MARI POCO PROFONDI DI METODI OCEANICI PER L'IDENTIFICAZIONE DI TIPI D'ACQUA.

G. CATALANO°, D. BREGANT°, D. DEL PIERO°°

° C.N.R. - Istituto Talassografico di Trieste,
°° Istituto di Zoologia, Università di Trieste.

SUMMARY

The method proposed by Alvarez-Borrego et al. (1975} on the Redfield's model for Oxygen-Nutrient relationships is used for characterizing the stratification of the water column in two stations over the Meso-Adriatic trench.
The relative small depth (260 m) and thickness of the layers questioned the possibility to applicate such a method in this area.

In fact a situation the least of three layers is shown under the surface-layer by the Alvarez-Borrego method; an improvement can be obtained by using the cluster analysis on the data yielded by the multiple linear regression.

INTRODUZIONE

L'analisi della regressione lineare multipla per le relazioni Ossigeno-Nutrienti è stata usata con successo da Alvarez-Borrego e al. (1975) sia come test del modello di Redfield sia come metodo di individuazione di diversi tipi d'acqua. Il carattere oceanico delle stazioni studiate da questi autori, ha indubbiamente favorito il loro compito e le informazioni attenute sono state superiori a quelle dei paralleli diagrammi T/S. Rimane il quesito se metodi studiati per oceani funzionano in mari poco profondi, dove i diversi strati possono avere uno spessore di sole poche decine di metri e la variazione dei parametri presi in esame è molto piccola.

A tal fine, il metodo è stato verificato in due stazioni denominate IT3 ed IT5, poste in corrispondenza delle massime profondità degli avvallamenti occidentale

ATTI 6° CONGRESSO A.I.O.L. – da Pag. 263 a Pag. 268

ed orientale della Fossa Mesoadriatica, ove era presumibile fossero soddisfatti i requisiti necessari alla prova, cioè sufficiente profondità ed esistenza di più tipi d'acqua segregati (Franco, Bregant 1983).

MATERIALI E METODI

Il campionamento è stato effettuato ai primi di maggio del 1983, con prelievi ogni 10 m, dalla superficie al fondo. I dati T/S sono stati raccolti dall'Osservatorio Geofisico Sperimentale di Trieste con un CTD
Neil Brown, nell'ambito di una collaborazione tra Istituti. L'ossigeno disciolto è stato determinato immediatamente a bordo, mentre i campioni di nutrienti, filtrati su filtro Whatman GF/C e subito congelati, sono stati analizzati a terra entro un mese dal prelievo, secondo Striekland e Parsons (1972).

RISULTATI

Le distribuzioni dei tipi di residui considerati sono rappresentate nella figura 1.

DISCUSSIONE

Lo strato fino a 50 m è escluso a priori dalla trattazione in quanto più interessato da mescolamenti e scambi con l'atmosfera che dalla storia della massa d'acqua. Premesso che l'utilizzo dell'02 (res.Si03) non sarebbe del tutto corretto in quanto la regressione che lo produce non tiene conto della frazione di origine inorganica, e che ciò è possibile, divenendo questo contributo rilevante in profondità, solo per il fatto, che noi lavoriamo in un mare poco profondo; per la trattazione di Alvarez-Borrego gli 02 (res.) avrebbero caratteristiche conservative. I loro massimi e minimi relativi rispetto ad un altro parametro conservativo come la T denoterebbero i vari tipi d'acqua a somiglianza di un diagramma T/S. Dai diagrammi a noi risultanti (fig. 1), affermare l'esistenza di 3 o 4 tipi d'acqua è problematico, sia per il relativamente basso numero di punti, sia per l'incertezza analitica globale: cioè la somma degli errori di campionamento, conservazione ed analisi, che nel nostri mari è spesso dello stesso ordine della variazione vera dei parametri. Se si sfrutta però la caratteristica di conservatività dei residui e li si congloba in una

cluster analisi insieme ai T ed S, il risultato ne guadagna in chiarezza ed oggettività (fig. 2).

Pur con la cautela che questi trattamenti richiedono, soddisfatte contemporaneamente le condizioni di somiglianza statistica e vicinanza fisica tra strati, prendendo come valore discriminante il 90% della somiglianza media totale, in IT3 si individuano tre strati uno da 60 a 100 m, uno da 110 a 150 ed uno da 190 a 245, caratterizzati rispettivamente dai seguenti valori medi e limiti di confidenza (P=0.05) di T, S e sigma-T: 13.349 ± 0.140. 38.549±0.005, 29.07±30.027 ; 12.835±0.126, 38.517±0.006, 29.155±0.028 ; 11.489±0.047, 38.578±0.003, 29.472±0.010; oltre ad una zona incerta tra i 150 ed i 180 m.

In IT5 risultano ancora tre strati: da 60 a 100 m (13.260±0.137, 38.546±0.010, 29.089t0.022), da 120 a 160 m (12.765±0.144, 38.520±0.010, 29.173±0.036) e da 170 a 265 m (11.491±0.080, 38.597±0.030, 29.486±0.037). In questa stazione, forse perché manca 1'02 (res.P04) i risultati sono meno buoni.

Vanno tuttavia annotati positivamente i seguenti fattori: concordanza fra le profondità e fra i valori medi caratteristici degli strati corrispondenti in IT3 ed IT5, sovrapposizione degli strati così. individuati a tipi d'acqua risultanti dai diagrammi T/S.

Sulle inevitabili obiezioni che questo inusuale trattamento fa sorgere, è nostra opinione che prima di dire una parola definitiva bisognerà riesaminare 1'intera operazione di produzione dei dati; anche se ovviamente non sarà tralasciato l'uso di statistiche più raffinate, è soprattutto sul miglioramento dell'
accuratezza che punteremo nel prossimo futuro.

RINGRAZIAMENTI

Si ringraziano: 1'Osservatorio Geofisico di Trieste per l'uso dei dati T/S; i sigg. M.Maselli e R. Marcolin per il lavoro in laboratorio ed il Comando B l'equipaggio della n/o Bannock per l'aiuto prestato.

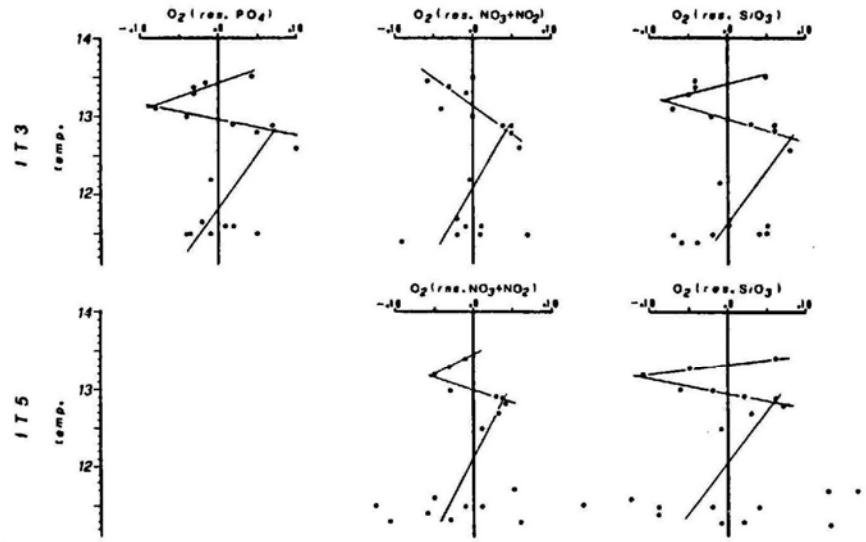


Fig. 1 - Diagrammi O2(res.) rispetto la temperatura in IT3 e IT5.

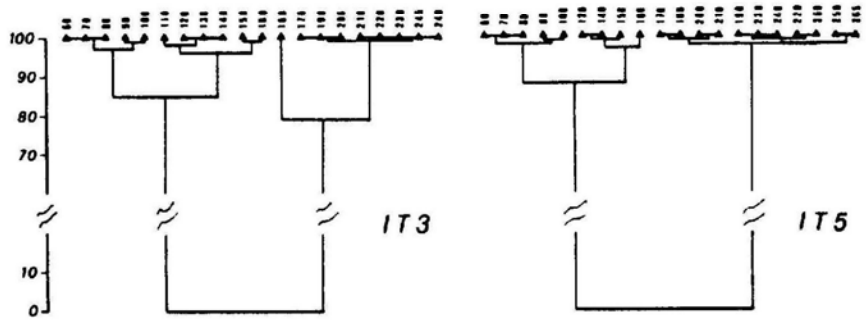


Fig. 2 - Cluster analisi, dendrogrammi risultanti in IT3 e IT5.

BIBLIOGRAFIA

Alvarez-Borrego, S.,D. Guthrie, C.H. Culberson and P.K. Park. 1975. Test of Redfield's model for oxygen-nutrient relationship using regression analysis. Limnol.Oceanog., 20: 795-805.

Franco, P. and D. Bregant. 1983. Ingressione invernale di acque dense nord-adriatiche nella Fossa del Pomo. Nota preliminare. Atti IV° Convegno A.I.O.L. Chiavari 1-3 dicembre 1980. (1-10).

Strickiand, J. D.H. and Parsons, T.R., 1972. A practical handbook of seawater analysis. J.Fish. Res.Bd.Can. 167, II ed., 310 p.