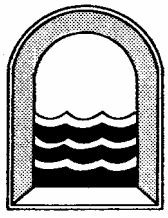
ATTI DEL 4° CONGRESSO
DELLA
ASSOCIAZIONE ITALIANA DI OCEANOLOGIA E LIMNOLOGIA

Chiavari, 1-3 Dicembre 1980

a cura di
Roberto Frache
e
Federico de Strobel

ATTI DELL'ASSOCIAZIONE ITALIANA
DI
OCEANOLOGIA E LIMNOLOGIA
(A.I.O.L.)

dal 1° Gennaio 1979 al 31 Dicembre 1980



Genova 1983

Si ringraziano il Consiglio Nazionale delle Ricerche, la Cassa di Risparmio di Genova e Imperia, la Regione Liguria, l'Istituto Universitario Navale di Napoli e il Banco di Chiavari e della Riviera Ligure che hanno contribuito finanziariamente alla stampa di questo volume.

Si ringrazia anche il SACLANT ASW Research Centre di La Spezia per la cooperazione in personale e mezzi tecnici alla realizzazione di questo volume.

INDICE

Presentazione	pag.	III
Atti del IV Congresso Nazionale dell'Associazione Italiana di Oceanologia e Limnologia	"	V
Elenco degli iscritti al IV Congresso Nazionale dell'Associazione Italiana di Oceanologia e Limnologia	"	VII
Seduta inaugurale	"	XV

Relazioni

L. TONOLLI - Situazione e prospettive della limnologia in Italia	"	1/1-11
H. LACOMBE - L'Océanographie des détroits et canaux de la Mediterranee	"	2/1-50
G.P. HARRIS - Spatial and temperal scales of physical and biological processes in the Laurentian Great Lakes and the importance of non-equilibrium phytoplankton dynamics .	"	3/1-19

Comunicazioni

P. BERTACCHI, M. TOMASINO - Moto ondoso dei mari Italiani	"	4/1-10
G. CICCONI, I. DAGNINO, A. ALBERT - Su alcuni parametri significativi del moto ondoso a Genova	"	5/1-17
L. CAVALERI, G. GRANCINI, R. TOSI - Hindcast - estimate of design wave conditions in the Tyrrhenian Sea	"	5/1-13
L. CAVALIERI - Statistiche direzionali del moto ondoso . .	"	7/1-7
F. de STROBEL - Sistemi oscillanti per acquisizione continua di profili delle caratteristiche chimico-fisiche della massa d'acqua	"	8/1-9
L. BERTOTTI, L. CAVALERI - I modelli fisici e parametrici per la previsione del moto Ondoso	"	9/1-9
A. TOMASIN, M. TOMASINO - Nuove conoscenze idrografiche relative allo Stretto di Messina	"	10/1-9
V. CUOMO, F. VANZANELLA, F. CINELLI - I -funghi alghicoli marini dell'isola d'Ischia	"	11/1-9
F. VANZANELLA, V. CUOMO - I funghi marini lignicoli presenti nelle acque del porto di Torre Annunziata . . .	"	12/1-8
GRASSO S., LO PARO G., CUOMO V. – Sulla presenza dei funghi lignicoli nel lago salmastro di Faro	"	13/1-8

G. ALBERTELLI, M. CATTANEO - Contributi agli studi della piattaforma continentale del Mar Ligure ed Alto Tirreno. III. Analisi faunistico-bionomica del macrobenthos in quattro zone campione . . . . . " 14/1-12

B. ANSELMI, A. BRONDI, 0. FERRETTI, C. PAPUCCI - Foce Verde Latina – Confronto fra distribuzione di radionuclidi e caratteri sedimentologici e mineralogici dei sedimenti marini costieri . . . . . " 15/1-18

L.S. MONTICELLI, E. GRISAFI - Sulla identificazione di batteri eterotrofici aerobi isolati da acque e sedimenti marini . . . . . " 16/1-8

M. DE DOMENICO, L.S. MONTICELLI, E. DE DOMENICO - Distribuzione di batteri ossidanti idrocarburi in acque costiere tirreniche siciliane . . . . . " 17/1-9

H. MUNTAU, R. BAUDO, R. DE BERNARDI – Heavy metal abundance and distribution in the aquatic ecosystem southern Lake Maggiore . . . . . " 18/1-9

W. AMBROSETTI, L. BARBANTI, R. MOSELLO - Relazioni tra variabili idro-meteorogiche e profondità di mescolamento nei laghi profondi sudalpini . . . . . " 19/1-9

G. SALMOIRAGHI - II lago di Brasimene: Bacino serbatoio superiore del sistema idroelettrico di generazione e pompaggio Suviana – Brasimene . . . " 20/1-8

R. BERTONI, C. CALLIERI - Variazioni spaziali e temporali della microflora batterica nel Lago Maggiore . . . . . " 21/1-10

R. MOSELLO, L. GUIDETTI, A. CALDERONI, C. COMINAZZINI, E. DE GIULI, M.T. BATTIGLI – La qualità delle acque tributarie ed emissarie del Lago Maggiore in relazione all'antropizzazione del bacino imbrifero . . . . . " 22/1-14

N. SECHI, A. COSSU - Lo stato trofico del Lago di Oschiri (Sardegna settentrionale) . . . . . " 23/1-11

N. SECHI - II fitoplancton e lo stato trofico di alcuni laghi articifiali della Sardegna . . . . . " 24/1-12

N. SECHI, R. MANCA - La comunità fitoplanctonica e lo stato trofico del Lago di Oschiri (Sardegna meridionale) . . . " 25/1-9

P. FRANCO, D. BREGANT - Ingressione invernale di acque dense Nord-Adriatiche nella fossa del Pomo. Nota preliminare . . . . . " 26/1-10

E. ANGELI, G. ARCARI, S. BERNARDI, R. CECCHI, F. COSTA, G. GHERMANDI, M. MENEGHIN, R. RUGGERI, F. SALVIATI, R. SANTANGELO, F. SIMIONATO, S. VAZZOLER, G. ZAMPERONI, R. ZENNARO - Metodologia per la misura diretta delle immissioni di acqua dolce e di inquinanti, e dell'intrusione salina nella parte nord della Laguna di Venezia . . . . . " 27/1-13

L. BERTOTTI, L. CAVALERI, A. BERGAMASCO, MALANOTTE RIZZOLI - La situazione estiva del regime di onde di vento nella fascia sottocostiera dell'Emilia-Romagna	"	28/1-7
P. MALANOTTE RIZZOLI, BERGAMASCO A. - Modellistica della circolazione e delle proprietà idrologiche nella fascia sottostante dell'Emilia-Romagna	"	29/1-9
L. PAPA - Una verifica numerica di un circuito anticiclonico nel Golfo di Genova	"	30/1-6
M. ASTRALDI, A. BRUSCHI, G. BUFFONI, A. ESPO-SITO, G. GASPERINI, G. MANZELLA.R. MELONI, C. STOCCHINO - Circolazione nei canali dell'arcipelago della Maddalena	"	31/1-9
M. ASTRALDI, G. BUFFONI, A. BRUSCHI, A. ESPO-SITO, G.P. GASPARINI, G. MANZELLA, R. MELONI - Sviluppo di modelli idrodinamici dell'arcipelago della Maddalena	"	32/1-11
S. ROSSI - Configurazione geomorfologica del mare Jonio settentrionale	"	33/1-17
A. OZER, M. PICCAZZO, A. ULZEGA -Osservazioni sulla paleogeografia delle Bocche di Bonifacio (risultati delle campagne ocea-nografiche effettuate nel 1974 e nel 1979) .	"	34/1-11
F. FANUCCI - Piattaforme mioceniche del margine continentale del l'Appennino Ligure	"	35/1-12
A. ANSELMI, A. BRONDI, 0. FERRETTI, A. FEL-LETTI - Studio granulometrico e mineralogico dei sedimenti della piattaforma costiera compresa fra punta Mesco e Viareggio	"	36/1-22
F. VENIALE, F. SOGGETTI, M. SETTI, F. CAUCIA - Distribuzione di quarzo e feldspato nei sedimenti di fondo del mare Adriatico	"	37/1-12
P.V. CURZI, R. LENAZ, E. RABBI, L. TOMADIN - Contributo sedimentologico per la caratterizzazione dei fondali a scampi in Adriatico	"	38/1-12
P.L. ROSSI, S. ROSSI - " Fanghi Rossi " del Mar Rosso ("Nereus Deep")	"	39/1-16
P. MALANOTTE RIZZOLI, A. BERGAMASCO, L. BERTOTTI, L. CAVALIERI -La modellistica di ecosistemi marini : metodologia	"	40/1-9
P. MALANOTTE RIZZOLI, A. BERGAMASCO, L. BERTOTTI, L. CAVALERI - La regione sottocostiera nordadriatica : fenomenologia	"	41/1-11
F. STRAVISI - Misure di trasparenza (disco secchi) nel Golfo Trieste	"	42/1-13
D. BREGANT, G. CATALANO - Distribuzione di alcuni elementi nutrienti alla Bocca di Primero (Laguna di Grado)	"	43/1-14

E. DE DOMENICO, G. PULICANO' - Distribuzione dei nutrienti nelle acque costiere del mare Tirreno Meridionale " 44/1-10
M. FABIANO - Caratteristiche ambientali e pigmenti clorofilliani in aree costiere liguri (maggio 1977 e ottobre 1978) . . . . . " 45/1-9
A. ARILLO, C. MARGIOCCO, F. MELODIA,?. MENSI, N. MANISCALO - Effetti biochimici del cromo esavalente in fegato di Salmo Gairdneri Rich . . . . . " 46/1-12
F. ARGENTESI, L. GUZZI - Identificazione di alcuni modelli per la misura indiretta di variabili funzionali in ecosistemi acquatici . . . . . " 47/1-7
A. CARLI, D. CHIAPPERAI, T. VALENTE – Studi preliminari sulla composizione in acidi grassi dello zooplancton del Mar Ligure . . . . . " 48/1-11
S. STURA - Interpretazione di rilievi di correnti litoranee a Lavagna . . . . . " 49/1-11
L. GUGLIELMO - Bio-mel eastern canadian arctic cruise (Summer 1980) methodology and zooplankton preliminary observations . . . . . " 50/1-13
N. CALAFIORE - Primi risultati sulle larve dei crostacei decapodi (escluso Brachiuri) dello stretto di Messina e dei Mari Limitrofi . . . . . " 51/1-10
T. ZUNINI SERTORIO, P. SALEMI PICONE, N. DELLE CROCE - Aspetti stagionali dello zooplancton lungo le coste Liguri . . . . . " 52/1-12
M. VIEL, V. DAMIANI, S. DE ROSA - Etude granulometrique et geochimique des sediments superficiels du Lac Majeur . . . . . " 53/1-14
V. DAMIANI, S. DE ROSA, M. VIEL - Forme di fosforo presenti nei sedimenti superficiali del Lago Maggiore - primi risultati . . . . . " 54/1-14
R. BONIFORTI, C. PERONI, R. RUGGIERO - Esperimenti di laboratorio su integrazioni di CR con sedimenti e batteri marini . . . . . " 55/1-10
R. BONIFORTI, M. CAMBIAGHI, P. FRIGIERI - Determinazione di elementi metallici in acque interstiziali di sedimenti acquatici . . . . . " 56/1-8
R. BONIFORTI, R. RUGGIERO, F. BO, J.C. TOUSSAINT - Analisi chimica e mineralogica di sedimenti marini fluviali e lacustri raccolti nella zona compresa tra il Lago Massaciuccoli e le Cinque Terre . . . . . " 57/1-10
E. COCCO, G. CASTALDO, M.A. MAGISTRIS, T. DE PIPPO, G. D'IORIO - Dinamica ed evoluzione del litorale Campano-Laziale settore a Sud del F. Volturno . . . . " 58/1-11
E. COCCO, T. DE PIPPO - Erosione e trasporto dei sedimenti lungo il litorale metapontino (Golfo di Tarante) . . . . " 59-13
Atti dell'Associazione Italiana di Oceanologia e Limnologia (A.I.O.L.) dal 1 Gennaio 1979 al 31 Dicembre 1980 . . . . . " XVII

A. I. O. L.

CONSIGLIO DI PRESIDENZA
PER GLI ANNI 1979-1980

Presidente:	Giuliano FIERRO
Consiglieri:	Arturo DE MAIO Riccardo DE BERNARDI Emilio DE DOMENICO Paolo FRANCO Francesco CINELLI Davide BREGANT
Segretario:	Roberto FRACHE

PRESENTAZIONE

II presente volume raccoglie gli Atti del IV Congresso Nazionale e i documenti amministrativi relativi all'attività dell'Associazione Italiana di Oceanologia e Limnologia per il biennio 1979-1980. Un esame della documentazione mostra come l'A.I.O.L. abbia continuato la sua attività nel contesto interdisciplinare che la caratterizza e che ne fa un punto di incontro per quanti desiderano sviluppare la loro ricerca oceanologica o limnologica in una ottica di integrazione delle metodologie e delle conoscenze.

E' nostro auspicio che i buoni risultati fin qui raggiunti dall'A.I.O.L. progrediscano in maniera armonica con gli inevitabili aggiustamenti che, in una fase di crescita si renderanno indispensabili.

GIULIANO FIERRO RICCARDO DE BERNARDI

ROBERTO FRACHE

ATTI
4° CONGRESSO NAZIONALE
DELL'ASSOCIAZIONE ITALIANA
DI OCEANOLOGIA E LIMNOLOGIA
(A.I.O.L.)

CHIAVARI 1-3 DICEMBRE 1980

ELENCO DEGLI ISCRITTI
AL 4° CONGRESSO
DI OCEANOLOGIA E LIMNOLOGIA

ALBERTELLI G. - Cattedra di Idrobiologia e Pescicoltura - Via Balbi 5 - Genova.

AMATUCCI F. - Istituto di Idraulica e Costruzioni Idrauliche - Via Claudio 21 - Napoli.

AMORE C. - Istituto di Scienze della terra - Corso Italia 55 - Catania.

ANGELUCCI A. - Istituto di Geologia e Paleontologia dell'Università - Piazzale Aldo Moro 5 - Roma

ARGENTESI F. - Dipartimento A - Centro Comune di Ricerca - Ispra (VA).

ARILLO A. - Istituto di Zoologia dell'Università - Via Balbi 5 - Genova.

ASTRALDI M. - Stazione Oceanografia C.N.R. - Via Bagnara 2 - S. Terenzo La Spezia

BAFFI F. - Istituto Chimica Generale e Inorganica - Università - Viale Benedetto XV, 3 - Genova;

BARBANTI L. - C.N.R. Istituto Italiano di Idrobiologia - Verbania Pallanza - Novara.

BARONE R. - Istituto ed Orto Botanico - Via Archirafi, 38 - Palermo.

BATTAGLIA B. - Istituto di Biologia del Mare - C.N.R., Riva Sette Martiri 1364/A - Venezia.

BELLAVERE C. - Istituto di Ecologia - Università di Parma - Parma.

BENASSAI E. - Istituto di Idraulica e Costruzioni Idrauliche - Facoltà di Ingegneria - Via Claudio 21 - Napoli.

BERGAMASCO A. - Istituto Studio Dinamica Grandi Masse - CNR - S. Polo 1364 - Venezia.

BERTONI R. - C.N.R. Istituto Italiano di Idrobiologia - Verbania Pallanza Novara.

BERTOTTI L. - Istituto Studio Dinamica Grandi Masse - CNR - S. Polo 1364 - Venezia.

BIANCHI F. - Consiglio Nazionale delle Ricerche - Istituto di Biologia del Mare - Riva 7 Martiri - Venezia.

BONIFORTI R. - Laboratorio per lo studio dell'ambiente marino - CNEN - Fiascherino - La Spezia.

BREGANTI D. - C.N.R. - Istituto Talassografico - Viale R. Gessi - Trieste.

BRONDI A. - C.N.E.N. - 00060 Santa Maria di Galeria - Roma.

CALAFIORE N. - Istituto di Zoologia - Università di Messina - Via dei Verdi, 75 - Messina.

CAPELLI R. - Istituto Chimica Generale e Inorganica - Università - Viale - Benedetto XV, 3 - Genova.

CARLI A. - Istituto di Zoologia - Via Balbi 5 - Università di Genova.

CATALANO G. - C.N.R. - Istituto Talassografico - Viale Gessi 2 – Trieste.

CATALDO P. - Via Marconi 14 - Ercolano - Napoli.

CATTANEO M. - Cattedra di Idrobiologia e Pescicoltura - Via Balbi 5 - Genova.

CINELLI F. - Laboratorio Ecologia del Benthos - Ischia Porto - Napoli.

COCCO E. - Istituto Geologia e Geofisica - Largo San Marcellino 10 - Napoli.

COMASCHI A. - Istituto di Biologia del Mare - Riva 7 Martiri - Venezia.

CONTARDI V. - Istituto Chimica Generale e Inorganica - Università - Viale Benedetto XV, 3 - Genova.

CORTEMIGLIA G.C. - Istituto Geologia - Università - Corso Europa 30 -Genova.

COSMA B. - Istituto Chimica Generale e Inorganica - Università - Viale Benedetto XV, 3 - Genova.

COSSU A. - Istituto di Botanica - Via Muroni 25 - Sassari.

CRISAFI E. - Via dei Verdi 75 - Messina - Istituto di Idrobiologia e Pescicoltura - Università di Messina.

CUOMO V. - Ciba-Geigy S.p.A. - Research Lab. - Via Schito 131 – Torre Annunziata - Napoli.

CURRELI M.P. - Istituto di Botanica - Via Muroni 25 - Sassari.

DAGNINO I. - Istituto Geofisico e Geodetico - Università - Via Balbi - Genova.

DAMIANI V. - Centro Ricerche Montedison - V.N. delle Brecce 150 - Barra - Napoli.

DE BERNARDI R. - C.N.R. - Istituto Italiano di Idrobiologia - Pallanza - Novara.

DE DOMENICO E. - Istituto di Idrobiologia - Università di Messina - Via dei Verdi 75 - Messina.

DE DOMENICO M. - Istituto di Idrobiologia - Università di Messina.- Via dei Verdi 75 - Messina.

DELLA CROCE N. - Cattedra di Idrobiologia e Pescicoltura - Università -Via Balbi 5 - Genova.

DE MAGISTRIS M.A. - Istituto di Geologia e Geofisica - Largo San Marcellino 10 - Napoli.

DE MAIO A. - Istituto di Meteorologia e Oc. - Via Acton 38 - Napoli.

DE ROSA S. - Istituto Guido Donegani - (C.R. Napoli) - Via Nuova delle Brecce 150 - Napoli.

DE STROBEL F. - Saclant Centre - San Bartolomeo 400 - La Spezia

DI COLA G. - Istituto di Matematica - Università di Parma.

DRAGO N. - Cattedra di Idrobiologia e Pescicoltura - Università - Via Balbi 5 - Genova.

FABIANI M. - Cattedra di Idrobiologia e Pescicoltura - Via Balbi 5 - Genova.

FANUCCI F. - Istituto di Geologia - Università - Corso Europa 30 - Genova.

FERRARI I. - Istituto di Zoologia - Via Università 12 - Università di Parma.

FERRETTI O. - Laboratorio Geologico Analisi CNEM - Casacci a Santa Maria di Galeria - Roma.

FERRO R. - Istituto Chimica Generale ed Inorganica - Università - Viale Benedetto XV, 3 - Genova.

FIERRO G. - Istituto di Geologia dell'Università - C.so Europa 30 - 16100 Genova.

FIRPO M. - Istituto di Geologia - Università - C.so Europa 30 - Genova.
IV AIOL

FOSSATO V. - Istituto di Biologia del Mare - Riva 7 Martiri 1364/A - Venezia.

FRACHE R. - Istituto di Chimica Generale ed Inorganica - Università - Viale Benedetto XV, 3 - Genova.

FRANCO P. - Istituto di Biologia del Mare - C.N.R. - Castello 1364/A - Venezia.

GENOVESE S. - Istituto di Idrobiologia - Università di Messina - Via dei Verdi 75 - Messina.

GHETTI P.F. - Istituto di Ecologia - Università di Parma.

GHIRARDELLI E. - Istituto di Zoologia dell'Università - Via A. Valerio, 32 - Trieste.

GIACOBBE S. - Istituto di Idrobiologia - Università di Messina - Via dei Verdi, 75 - Messina.

GIUFFRIDA E. - Istituto di Scienze della Terra - C.so Italia 55 - Catania.

GIUSSANI G. - Istituto Italiano di Idrobiologia - Verbania Pallanza - Novara.

GRASSO S. - Istituto di Idrobiologia Università - Via dei Verdi, 75 - Messina.

GRIMALDI E. - CNR Istituto Italiano di Idrobiologia - Verbania Pallanza -, Novara.

GUGLIELMO L. - Istituto di Idrobiologia - Università di Messina.

GIULIZZONI P. - Istituto Italiano di Idrobiologia - C.N.R. - Verbania Pallanza - Novara.

GUZZI L. - ENEL - Centro di Ricerca Termica e Nucleare Bastioni di Porta Volta, 10 - Milano.

LEONARDI Marcella - Istituto di Idrobiologia - Università di Messina - Via dei Verdi, 75 - Messina.

LO PARO G. - Istituto di Idrobiologia dell'Università - Via dei Verdi, 75 - Messina.

MAGAZZU' G. - United Nations Dev. Progr. Post. Box 358 TRIPOLI Libya (Fino al 15 settembre 1980) dopo: Via Consolare Pompea, 11 Compl. Gabbiano, Pace-Messina,

MALANOTTE P. - Istituto Studio Dinamica Grandi Masse - CNR - S. Polo 1364 Venezia.

MALLANDRINO G. - Via Piana di Gallo 34 - Palermo.

MANCA R. - Istituto di Botanica - Via Muroni 25 - Sassari.

MANCINELLI G. - Istituto di Fisiologia Generale - Corso Europa - Palazzo delle Scienze - Genova.

MANISCALCO N. - Istituto di Zoologia dell'Università - Via Balbi 5 - Genova.

MARGIOCCO C. - Istituto di Zoologia dell'Università - Via Balbi 5 - Genova.

MELODIA F. - Istituto di Zoologia dell'Università - Via Balbi 5 - Genova.

MENSI P. - Istituto di Zoologia dell'Università - Via Balbi 5 - Genova.

MERLIN M. - Via Configliacchi, 2/11 - Padova.

MONTICELLI L.S. - c/o Istituto di Idrobiologia e Pescicoltura - Via dei Verdi 75 - Messina.

MORETTI M. - Istituto di Meteorologia e Oceanografia - Via Acton 38 - Napoli.

MOSELLO R. - C.N.R. Istituto Italiano di Idrobiologia - Pallanza - Novara.

MUNTAU H. - Centro Comune di Ricerche - Ispra - Varese.

ORUNESU M. - Istituto di Fisiologia Generale - Corso Europa - Palazzo delle Scienze - Genova.

OZER A. - Istituto Geologia e Geografia Fisica - Piace XX Aout - Liegi (Belgio).

PAGNOTTA R. - c/o IRSA - CNR - Via Reno 1 - Roma.

PALAU C. - Istituto Geofisico e Geodetico - Via Balbi - Genova.

PALMERO S. - Istituto di Fisiologia Generale - "Palazzo delle Scienze" -Corso Europa 30 - Genova.

PAPA L. - Istituto Geofisico e Geodetico - Via Balbi 30/23 - Genova.

PERTICA M. - Istituto di Fisiologia Generale - Palazzo delle Scienze - Corso Europa - Genova.

PIATELLI M. - Istituto per l'automazione navale - Viale Causa - Genova.

PICCAZZO M. - Istituto Geologia dell'Università - C.so Europa 30 - Genova.

PICONE P. - Cattedra di Idrobiologia e Pescicoltura - Via Balbi 5 - Genova.

PULICANO' G. - c/o Istituto di Idrobiologia e Pescicoltura - Via dei Verdi, 75 – Messina.

RAGONE Prof. Ing. A. - Istituto di Idraulica e Costruzioni Idrauliche - Facoltà di Ingegneria - Via Claudia 21 - Napoli.

ROSSI S. - Istituto Geologia Marina - Via Zamboni 65 - Bologna.

SALMOIRAGHI G. - Istituto di Zoologia - Università degli Studi di Bologna Via San Giacomo 9 - Bologna.

SANSONE E. - Istituto di Meteorologia e Oceanografia - Via Acton 38 - Napoli.

SECHI N. - Istituto di Botanica - Via Muroni 25 - Sassari.

SOCAL G. - Istituto di Biologia del Mare - C.N.R. - Riva 7 Martiri 1364/A Venezia.

SOLAZZI A. - Istituto di Botanica - Via Orto Botanico 15 - Padova.

SPEZIE G. - Istituto di Meteorologia e Oceanografia - Via Acton 38 - Napoli.

STRAVISI F.- C.N.R. - Istituto Talassografico di Trieste - Viale R. Gessi 2 - Trieste.

TOMASIN A. - C.N.R. - Dinamica grandi masse - 1364 San Polo - Venezia.

TOMASINO M. - ENEL/DSR, Centro Ricerca Idraulica e Strutturale - C.so del Popolo, 245 - Mestre - (Venezia).

TONOLLI L. - C.N.R. - Istituto Italiano di Idrobiologia - Pallanza - (Novara).

TOUSSAINT N. - Joint Research Cent. Chemistry Dept. - Euratom CCR -Ispra, (Varese).

TUCCI S. - Istituto di Geologia - Università - C.so Europa 30 - Genova.

VANZANELLA F. - Ciba-Geigy S.p.A. - Research Lab. - Via Schito 131 -Torre Annunziata - Napoli.

VENIALE F. - Istituto di Mineralogia e Petrografia dell'Università - Via Bassi 4 - Pavia.

VIARENGO A. - Istituto Fisiologia Generale - Corso Europa - Palazzo delle , Scienze - Genova.

VULTAGGIO M. - Istituto di Meteorologia e Oceanografia - Via Acton 38 - Napoli.

ZANICCHI G. - Istituto Chimica Generale ed Inorganica - Università - Viale Benedetto XV, 3 - Genova.

ZUNINI SERTORIO T. - Cattedra di Idrobiologia - Via Balbi 5 - Genova

SEDUTA INAUGURALE

Alle ore 10 del giorno 1 dicembre 1980, nel Salone dell'Azienda Autonoma di Soggiorno di Chiavari, si è aperto il IV Congresso della Associazione.

Il Presidente Prof. G. Fierro si è rivolto ai convenuti ringraziando, tra le Autorità,in particolare il Sindaco Ammiraglio Luigi Gatti e il Presidente dell'Azienda Autonoma di Soggiorno Dott. Giuseppe Corticelli che, con il loro appoggio cordiale, hanno consentito di realizzare il Congresso per la seconda volta in un centro della Riviera Ligure dove certamente i Soci troveranno l'atmosfera più idonea per un proficuo svolgimento dei lavori.

II Presidente si rivolge quindi al Preside della Facoltà di Scienze dell'Università di Genova Prof. Riccardo Ferro che ha voluto prendere parte ai lavori anche in rappresentanza del Magnifico Rettore.

Un'ulteriore menzione è stata rivolta agli Enti ed alle persone che, con il loro contributo finanziario e con donazioni, hanno permesso l'organizzazione del Congresso e la futura stampa degli Atti.

Il Presidente si congratula per la grande affluenza di Soci e simpatizzanti e sottolinea la presenza di alcune Ditte che hanno accettato di presentare le loro attrezzature per questa occasione. Si tratta dell'avvio di una manifestazione che si auspica possa in futuro essere incrementata. Segue un breve rendiconto delle riunioni del Consiglio di Presidenza svoltosi in diverse località (Genova 20/6/79, 28/2/80; Roma 17/12/79, 8/10/80; Napoli 6/6/80 e Chiavari 30/11/80).

Tra le manifestazioni più significative di questo periodo viene ricordata la conferenza del Prof. Disteche all'Assemblea Generale di Roma e 1a Tavola Rotonda per 1'intercalibrazione di metodologie fisiche in Oceanografia coordinata dall'Ing. F. de Strobel sempre in occasione dell'Assemblea Generale del dicembre 1979.

Il Presidente legge quindi i telegrammi del Presidente del C.N.R. Ernesto Quagliariello e del Presidente della Giunta Regionale Ligure Giovanni Persico che, impossibilitati ad intervenire, formulano i migliori auguri per i lavori del Congresso.

Particolare ringraziamento viene rivolto dal Presidente alla Professoressa Livia Tonolli, al Prof. Henry Lacombe ed al Prof. Graham P. Harris che hanno aderito all'invito di svolgere le relazioni generali. Nel contempo il Prof. Fierro esprime il rincrescimento per l'assenza del Prof. G. Vollenweider, assolutamente impossibilitato ad intervenire, e per quella del Prof. A. De Maio che, come altri Soci residenti nelle aree colpite dal terremoto, non ha potuto raggiungere la sede del Congresso.

Seguono considerazioni sui finanziamenti dei Progetti Finalizzati dei raggruppamento "Territorio e Ambiente" che hanno indubbiamente consentito ricerche di maggior impegno nelle discipline afferenti alle tematiche trattate dall'A.I.O.L. L'attività del Consiglio di Presidenza è stata facilitata dalla fattiva collaborazione di tutti i membri del Consiglio che il Presidente intende ringraziare.

Un particolare cordiale ringraziamento è rivolto al Segretario dell'Azienda Autonoma di Soggiorno Sig. Alfredo Sanguineti ed al Dott. Mauro Piccazzo che hanno validamente collaborato.

Il Presidente da la parola al Sindaco Ammiraglio Luigi Gatti che porge il benvenuto ai congressisti e ricorda l'interesse della Città di Chiavari ai problemi del mare ed in particolare a quelli di idraulica costiera connessi alle spiagge del Chiavarese.

In qualità di ospite prende infine la parola il Dott. Giuseppe Corticelli, Presidente dell'Azienda Autonoma di Soggiorno, che si dichiara lieto di poter ospitare il Congresso dell'A.I.O.L.

Il Presidente dichiara aperto il Congresso.

RELAZIONI

L.TONOLLI

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

Ho aderito con piacere all'invito a fare il punto sullo stato attuale e sulle prospettive della ricerca limnologica nel nostro Paese, tanto cortesemente rivoltomi dal Presidente e dai Consiglio Direttivo dell'AIOL, che vivamente ringrazio, anche perché mi permettono di esprimere riflessioni, rammarichi, speranze, auspici, che da tempo stanno prendendo forma sempre più definita in me in questi anni dedicati a tirare le somme di sforzi compiuti, e a fare proposte, tanto difficili da veder realizzate in tempi ragionevoli.

Non vorrei offendere la suscettibilità di alcuno, se mi permetto di richiamare a questo punto una corretta definizione di ciò che si deve intendere per limnologia, sembrandomi che da diverso tempo si siano un po' persi di vista il significato e gli scopi di questa disciplina.

Desidero per un momento tornare indietro di molti anni, vale a dire alla prefazione, del 1892, al trattato "Le.Léman", al quale F.A. Forel diede il sottotitolo "Monographie 1imnologique", espressione che 1'Autore, scusandosene, definisce un neologismo, avendo in un primo tempo considerato preferibile "Océanographie des lacs".

Non c'è miglior sede dell'Associazione Italiana di Oceanologia e Limnologia per esprimere qualche riflessione che il grande Forel fa seguire a questa sua disquisizione, anche perché ci affratella tutti come studiosi delle scienze dell'acqua. "Océanographie et limnologie sont soeurs. Les champs d'étude de ces deux sciences sont analogues". L'acuta intelligenza dell'Autore lo induce poi a definire le differenze tra le due discipline, pur identificando in forma straordinariamente moderna i diversi settori di ricerca che devono essere affrontati per una corretta impostazione dei problemi e comprensione dei fenomeni che si svolgono in un lago, differenziatisi ovviamente da quelli di un mare o di un oceano. Passando poi alla identificazione delle discipline che Forel considera coinvolte nella limnologia, mi piace trarle direttamente dal suo testo: la geografia, la fisica, la chimica, la zoologia, la botanica, la storia, l'economia.

E questo risale al 1892. Non è senza ragione che ho voluto ricordare, forse con un sentimento un po' romantico da parte mia, questa testimonianza così antica di quel concetto, che da qualche anno si è riscoperto modernissimo: essere la limnologia - e, ovviamente, a maggior ragione, l'oceanologia - scienza interdisciplinare.

II nocciolo del problema sta proprio qui. Poiché è inammissibile che esistano cervelloni che riescano ad affrontare da soli i diversi problemi che i molti compartimenti che le scienze limnologiche impongono oggi all'attenzione con sempre maggiore complessità, è assolutamente indispensabile che si configurino e si strutturino vere e proprie comunità di specialisti nei vari settori, che abbiano una ottima preparazione di base, una convergenza di interessi e che sopra tutto sappiano colloquiare tra loro in un'ottica comune ed in una critica costruttiva.

Oggi si tende ad usare con molto compiacimento l'espressione, ritenuta più attraente, di ecologia delle acque interne; ma se esami m'amo, dal punto di vista strutturale e funzionale le singole unità ambientali che costituiscono l'ecosistema lacustre, risulta chiaro che 1'ecologia delle acque interne non è altro che la limnologia. E a questo punto sarebbe interessante darne una definizione moderna, ma questo annoierebbe molti di voi, cari amici, e sopra tutto suonerebbe a presunzione da parte mia, dato che è in fase di sviluppo e di completamento la "bibbia" dei limnologi, "A treatise on limnology" di George Evelyn Hutchinson, giunta al suo quarto ponderoso volume.

Comunque, tento di delineare, sia pure a grandi tratti, le variabili che compongono il sistema lacustre e che, tutte insieme, ne rappresentano la carta di identità: geografiche, geologiche, litologiche, pedologiche, climatologiche, idrologiche, insieme con lo stato di urbanizzazione, di forestazione, di industrializzazione, caratterizzanti i bacini versanti di ciascun lago.

Questi fattori esterni al lago, insieme con le caratteristiche morfometriche proprie di ciascun ambiente acquatico, determinano una serie di conseguenze idrodinamiche, fisiche e chimiche, che giuocano un ruolo determinante sui compartimenti biologici del sistema lacustre.

Ed ecco che qui ritorna a imporsi come irrinunciabile il concetto, d'altra parte vecchissimo, come abbiamo visto, della multicompartimentalità della limnologia, che esige competenze specifiche per settori onde affrontare in modo appropriato i problemi strutturali e funzionali dei singoli tasselli del mosaico che costituiscono il sistema acquatico visto nel suo insieme.

Tutto questo è vero, se ci si limita a un discorso di carattere generale e sopra tutto ad una affermazione di quello che dovrebbe essere, e che per lo più non è, la ricerca limnologica in Italia.

Non vorrei che in questa mia affermazione si ravvedesse qualcosa che non intendo dire. Bisogna rifarsi alla storia: nel nostro Paese si è sviluppata con successo, dall'epoca di Pietro Pavesi, di Rina Monti, di Edgardo Baldi, e di altri, e per merito di ricercatori ancor assai bene operanti, l'idrobiologia, intesa come lo studio del comportamento biotico dell'ecosistema acquatico: tassonomia, analisi qualitativa e quantitativa dei popolamenti floristici e faunistici delle comunità limnetiche, rapportati tra produzione primaria e secondaria, il tutto spesso accompagnato da scarse, sporadiche e mal definite analisi chimi che e dalla misura di qualche parametro fisico, il più spesso limitato alla sola temperatura.

E questo si deve, però, soltanto all'entusiasmo ed alla preparazione di alcuni docenti e ricercatori operanti nelle Università, ai quali dobbiamo esprimere tutto il nostro riconoscimento per essere riusciti a dedicare tempo e fatiche a ricerche di campagna e di laboratorio in mezzo agli ormai ponderosi impegni che la loro posizione nell'Università impone loro di svolgere.

Mi si conceda di ricordare il gruppo di idrobiologi della Università di Roma, molto avanzato in studi tassonomici, biogeografici e fisiologici di organismi acquatici, l'Istituto di Idrobiologia dell'Università di Perugia, a Monte del Lago sul Trasimeno; alcuni idrobiologi facenti capo rispettivamente all'Istituto di Biologia Animale e di Botanica della Università di Padova; un gruppo di botanici dell'Università di Sassari, in fase di avanzata strutturazione verso una buona unità limnologica. E nessuno me ne voglia se in questo breve elenco non posso ricordare tutte 1 e iniziative sorte in ambito universitari o, sempre altamente apprezzabili, ma con strutturazione insufficiente.

Un certo impulso ad alcuni settori delle scienze dell'acqua è derivato dal Progetto Finalizzato "Promozione della qualità dell'ambiente", che ha reso possibile la realizzazione e la stampa di una trentina di "Guide per il riconoscimento delle specie animali delle acque interne italiane", a cura del Prof. Sandro Ruffo del Museo Civico di Storia Naturale di Verona e che ha inoltre fecalizzato alcuni aspetti del processo di eutrofizzazione dei laghi (Lago d'Iseo: Padova; laghi-serbatoio: Sassari, rapporti tra variabili meteorologiche e profondità di circolazione in grandi laghi profondi: Pallanza; ecc.).

La realtà è però che la sordità e la incuranza delle autorità costituite, che dovrebbero avere a cuore tutta la gravissima problematica delle acque interne, non hanno certamente promosso lo sviluppo delle ricerche limnologiche nel nostro Paese, che sono troppo spesso giunte alla ribalta dell'opinione pubblica e della preoccupazione politica soltanto dietro la spinta di eventi clamorosi e, purtroppo, spesso sottostimati nelle loro conseguenze.

Mi sembra presuntuoso parlare a questo punto del nostro Istituto, ma vi prego di voler intendere quello che dico nel suo giusto significato. Nella sua ormai lunga vita - quasi quarantadue anni - esso si è lentamente trasformato da un ente di ricerca nato per svolgere studi prettamente idrobiologici, come denuncia d'altra parte la sua intitolazione del tutto consona all'epoca della sua fondazione, in un centro dove si cerca veramente di affrontare una serie di problematiche limnologiche, grazie alla stretta collaborazione nella stessa sede di limnologi fisici, idrologi, chimici, botanici, - algologi e macro fitologi, - planctologi, bentologi, ittiologi, microbiologi, ecc. L'assetto attuale dell'Istituto, che ha certamente bisogno di ulteriori ritocchi nella sua strutturazione, è nato e si è sviluppato, - devo dirlo - grazie alla lungimiranza e alla convinzione di bene operare di una persona, Vittorio Tonolli, che oltre vent'anni fa ebbe l'intuizione che, nello studio idrobiologico di un lago, non si poteva prescindere dall'analisi del bacino versante, dal significato del tempo di residenza dell'acqua e dei suoi soluti e sospesi nei laghi, oltre che dalle variabili fisiche e chimiche che determinano sempre interazioni con le componenti biotiche.

Ma purtroppo è, questa, una esperienza unica nel nostro Paese, pur riconoscendo che oggi si stanno facendo tentativi di aggregazione di competenze - più o meno valide - per affrontare lo studio di singoli laghi.

Il problema, infatti, è complesso: esistono alcune realtà di fatto comuni nell'ambito della limnologia, e su quelle non si discute: come affrontare in forma appropriata io studio di processi di eutrofizzazione, alcuni casi specifici di inquinamento (C.R.N. - Istituto Ricerca sulle Acque),

Non si può però assolutamente sottovalutare il fatto che a monte deve esistere un bagaglio di conoscenze che permettano di valutare come è strutturato e come funziona un lago. Non è possibile identificare uno stato patologico di un organismo, se non se ne conoscano l'anatomia e la fisiologia.

E qui, per di più, le cose si complicano. Non esiste un lago uguale ad un altro: basti pensare alle diversità strutturali, in tutti i sensi, dei bacini versanti, alla morfometria estremamente differenziata, ai diversi bilanci idrologici e di conseguenza chimici dei singoli laghi, alla locazione latitudinale e altitudinale degli stessi, ecc. Non esiste purtroppo un modello unico di comportamento per tutti i laghi: la conseguenza è che non si possono estrapolare, neppure per similitudine, risultati da un corpo d'acqua all'altro. Qualche esempio. I problemi che presenta il Lago Trasimeno, con profondità massima di poco superiore ai cinque metri, sono ben diversi da quelli che sono propri dei laghi marginali subalpini, con le loro cospicue profondità (sempre di alcune centinaia di metri): mentre per il Trasimeno, come per tutti i laghi piatti, la ricerca più interessante e significativa dovrebbe vertere sugli scambi che intervengono all'interfacies sedimenti-acqua, per i grandi laghi subalpini, cui aggiungerei i laghi laziali di origine vulcanica con profondità superiore ai cento metri, l'attenzione deve essere fecalizzata sulla interfacies bacino imbrifero-lago.

E che dire dei bacini artificiali, dei laghi-serbatoio, soggetti a variazioni di livello spesso molto cospicue, per i quali lo studio limnologico classico deve sempre tener conto degli aspetti idraulici, che influiscono fortemente sui processi di stratificazione termica, chimica e biologica?

E' forse, questo, a mio avviso, l'aspetto più affascinante della limnologia, che permette di confrontare un certo numero di sistemi lacustri, ben differenziati 1'uno dall'altro, che continuano a contrapporre la loro complessità ai tentativi intesi ad estrarne i parametri fondamentali. Ogni volta che ci si avvicina ad un lago nel tentativo di caratterizzarlo, bisogna essere preparati a tutto: è sempre un'esperienza nuova, quasi un'avventura.

II problema è, però, che in Italia è spesso più un'avventura che un'esperienza: quei tentativi di accomunare in uno sforzo collegiale meteorologi, idrologi, geologi, fisici, biologi provenienti da sedi diverse e senza un background culturale comune è quasi sempre poco produttivo.

Esiste, poi, un altro aspetto della limnologia che dovrebbe imporre una svolta politica nella ricerca in questo settore. I laghi sono in continua modificazione: non si può pensare che una ricerca, anche accurata, condotta su un lago nell'anno x, sia valida nei suoi risultati anche nell'anno x+l0.

E qui bisogna fare un distinguo tra modificazioni in tempi brevi e in tempi lunghi. Un esempio di fluttuazione in tempi brevi: basta che le condizioni meteorologiche nell'ambito del bacino imbrifero presentino un andamento diverso anche tra un anno e il successivo - sopra tutto per quanto attiene alle temperature atmosferiche, ai venti, alle precipitazioni - perché il lago ne risenta sensibilmente: l'apporto di acqua, la profondità di piena circolazione vengono ad essere modificati, con tutte le conseguenze di una mancata destratificazione, che comporta effetti chimici e biologici di grande portata.

Se, poi, volessimo illustrare modificazioni di comportamento di laghi in tempi 1unghi, dovremmo di re che queste sono assolutamente generalizzabili. Per tutti esiste il problema gravissimo del peso progressivamente crescente dei bacini versanti sui laghi, con tutti i carichi chimici (di nutrienti e di sostanze estranee e spesso dannose al metabolismo dei corpi d'acqua), che derivano dal sempre più intenso sfruttamento di queste aree, l'impluvium delle quali è rappresentato dai laghi, che rispondono per lo più con progressivamente crescenti produzione e sedimentazione di materiale organico.

Esiste oggi una legge dello Stato che definisce il limite massimo di concentrazione accettabile di molti elementi e composti chimici nelle acque superficiali, con un rigore più spinto per quanto riguarda i laghi. Mai si è pensato, però, nei decenni passati, a programmare e a limitare lo sviluppo degli insediamenti e delle attività umane che producessero "scorie" che venivano immesse nei corpi d'acqua lacustri.

Ma diciamo subito anche che queste lamentazioni sono inutili, perché quello che è non si cambia più: si tratterebbe di trovare qualche mezzo per non aggravare ulteriormente la situazione. E1 esattamente di un decennio fa una ricerca limnologica condotta per tre anni sui laghi di Bracciano, di Bolsena e di Vico, nel distretto lacustre laziale: sono certa che i risultati emersi allora non sono più validi oggi, poiché i loro bacini versanti non sono stati salvaguardati, ignorando completamente tutte le raccomandazioni da noi espresse nella relazione conclusiva: i laghi saranno certamente diventati molto più produttivi, vale a dire eutrofizzati, a causa dei nutrienti in ingresso.

L'Istituto di Pallanza è stato chiamato spesso da amministrazioni pubbliche - regionali, provinciali - o da Enti pubblici a definire lo stato trofico di laghi di tipologia diversissima, il che ha sempre presupposto uno studio accurato che permettesse di dare risposte basate sulla elaborazione di dati raccolti in tempi sufficientemente lunghi , onde evitare di considerare vai i de situazioni che possono essere casuali o abnormi . E questo è ricerca, ed ha rappresentato per noi accumulo di esperienza. Le cose non possono, però, continuare su questa strada: non vogliamo rappresentare i "limnologi volanti", dai laghi alpini a quelli lucano-pugliesi. La politica scientifica del nostro Istituto non si concilia con questo tipo di ricerche.

Esistono, comunque, oggi nel nostro Paese esigenze impellenti per quanto riguarda il censimento dei laghi che, secondo la determinazione della legge 650 del 24 Dicembre 1979, In parte modificante la 319, altrimenti nota come Legge Merli, avrebbe dovuto essere compiuto entro il 31 Marzo 1981: tale censimento non si limita alla descrizione della giacitura, della morfometria del corpo idrico, ma esige il rilevamento di parametri fisici, chimici e biologici in due periodi nel corso dell'anno, vale a dire in primavera (in corrispondenza ad una presumibile piena circolazione) ed in autunno (al termine del periodo di stratificazione, corrispondente nella maggior parte dei casi ad un secondo periodo di circolazione). Naturalmente, esiste una serie di casi speciali, per i laghi che si coprono di ghiaccio durante l'inverno, i laghi-serbatoio, ecc. Questa operazione dovrebbe essere compiuta ogni due anni.

Niente di più auspicabile: si verrebbero a identificare tutti i laghi italiani di una certa consistenza, con le loro caratteristiche di base e con le loro modificazioni attraverso il tempo. Ma chi porrà mano in forma organica e ben programmata a questa operazione? La legge definisce chiaramente questo punto: le Regioni, che possono delegare il compito alle Province - vale a dire ai Reparti Chimici e Microbiologici dei Laboratori Provinciali, oltre che agli Uffici del Genio Civile per quanto possa essere di loro competenza: Enti, tutti, già tanto oberati dai più disparati obblighi.

Questo che cosa significa? O che il censimento dei laghi non si farà, ignorando così il dettato della legge, o che si farà in modo non programmato e raccogliendo dati in modo non uniforme, analizzati con metodologie diverse, e pertanto con scarso o nullo significato. Nella legge si fa anche menzione all'aiuto che dovrà esser offerto da Istituti di ricerca particolarmente esperti nel settore, ma qui c'è veramente qualcosa da dire. Il censimento e il monitoraggio dei laghi italiani non possono configurarsi come ricerca e rappresentano un'impresa non gratificante dal punto di vista intellettuale, perché si tratta di una constatazione di situazioni, che difficilmente potranno assumere qualche significato anche in futuro.

Il compito fondamentale da affidare agli Istituti di ricerca è piuttosto quello di preparare una serie di competenze da inserire nelle strutture pubbliche, al fine di non vanificare "intenzioni" che sulla carta presentano un valore positivo notevole per raggiungere un livello di conoscenze soddisfacente sulle risorse idriche del nostro Paese. E questo, sì, è compito degli Istituti di ricerca, che hanno il dovere di migliorare sempre la propria qualificazione, il che spesso si ottiene insegnando e addestrando adeguatamente personale giovane con buona preparazione tecnica che deve essere messo a disposizione delle pubbliche Amministrazioni che dovranno presto far fronte a compiti nuovi: mi riferisco ai Laboratori Provinciali e alle istituende Unità Sanitarie Locali, che dovranno avere competenze anche nel settore ambientale.

E mi si conceda qui di fare un'ultima notazione, che non so se debba essere posta in appendice o in testa a questa prima parte della mia chiaccherata. La limnologia non ha come oggetto soltanto lo studio dei laghi, sia pure con quello dei loro tributari, ma anche quello dei corsi

d'acqua, per i quali la carenza di informazioni è veramente ragione di preoccupazione, nel nostro Paese. Con la quasi scomparsa di quel benemerito Ufficio Idrografico del Po, le cui competenze sono passate in parte alle Regioni e in parte a Consorzi legati a singoli fiumi, è venuta a mancare la spina dorsale delle ricerche sulle acque correnti; mi pare del tutto chiaro che anche il chimismo, ivi compreso l'inquinamento con tutto lo spettro di significati che si da a questa espressione, dei fiumi ha un significato soltanto se se ne conoscono i deflussi, le portate» ecc. E non si può pensare che sia molto frequente il caso di Istituti, di gruppi di ricercatori, che possano prendere l'iniziativa, dispendiosa in danaro e in tempo, di sostituirsi a questo Servizio per poter dare un senso compiuto a ricerche programmate su acque correnti e per lunghi periodi di tempo.

Un po' più avanzata è la ricerca biologica in questo ambiente, sopra tutto se 1 ' interesse è portato alla analisi tassonomica di comunità, prevalentemente bentoniche, insediate nei corsi d'acqua. E' doveroso ricordare che presso le Università di Perugia, di Padova, di Napoli, di Milano, e in poche altre sedi, operano ricercatori in questo settore di ricerca basilare non soltanto dal punto di vista della descrizione di ambienti, ma anche da quello propedeutico a indagini su effetti di inquinamento nei diversi corsi d'acqua. Ma l'inquinamento deve rifarsi alla idrochimica, e questa ai deflussi: si chiude il cerchio e si torna alla necessità di riavere un efficiente Ufficio Idrografico: l'auspicio è che il Ministero dei Lavori Pubblici si renda conto di questa esigenza e ci restituisca il mal tolto.

Questa indiscutibile carenza di informazioni si riflette anche su alcune iniziative internazionali. Ne citerò soltanto due.

Per il recepimento della direttiva comunitaria europea "Qualità delle acque dolci idonee alla vita dei pesci", approvata il 30 Maggio 1978, era fatto obbligo agli Stati membri di applicare entro due anni tale direttiva (art. 12) e di preparare un "catalogo delle acque interne (art. 12 bis), nel quale queste fossero classificate a seconda delle loro caratteristiche chimico-ecologiche". Nel successivo quinquennio, poi , vale a dire tra il 1980 e il 1985, avrebbe dovuto essere raccolto materiale informativo sufficiente per redigere un rapporto scientifico dettagliato sullo stato delle acque, onde stabilire gli ambienti da proteggere sopra tutto come direttamente interessati allo sviluppo di popolazioni ittiche. Il Ministero per l'Agricoltura e Foreste si fece parte diligente per innescare questa operazione sin dall'Aprile 1978, ma apparentemente tutto è rimasto nella fase delle buone intenzioni, anche perché la collaborazione da parte di chi avrebbe dovuto fornire informazioni adeguate è stata molto scarsa.

Un secondo caso che va ricordato è quello della modesta partecipazione dell'Italia al Programma OECD di Cooperazione sul monitoraggio delle acque interne, al quale hanno partecipato 18 Paesi, relativo al controllo dell'eutrofizzazione e inteso a quantificare il rapporto tra carico di nutrienti e laghi, definendone la loro reazione trofica. Tale programma era suddiviso in quattro Progetti, due dei quali potevano interessare il nostro Paese: il "Progetto Alpino" e quello sui "Laghi Piatti e i laghi serbatoio". Mentre al primo l'Italia ha partecipato fornendo dati sui

Laghi di Mergozzo, sul Lugano, suddiviso nei suoi nove sub-bacini, sul Maggiore e su sei piccoli laghi della Lombardia, al progetto sui laghi piatti e i laghi-serbatoio, che ha preso in esame ben 32 ambienti, nessuna informazione è stata offerta dal nostro Paese anche se, dobbiamo ammetterlo, non sarebbero mancati casi interessanti in questo settore del Programma OECD.

Il contributo principale, che emerge dai risultati della elaborazione di molti dati analizzati in questo Rapporto, relativi non soltanto ai laghi europei, ma anche ad oltre cinquanta laghi nord-americani e ad alcuni giapponesi, consiste nella identificazione delle variabili che è necessario conoscere e quantificare con precisione per definire il livello trofico dei laghi e tentare di prevederne l'evoluzione: carico dei nutrienti, e sopra tutto del fosforo, dal bacino versante; concentrazione della clorofilla come misura della biomassa fitoplanctonica; deficit ipolimnetico di ossigeno in rapporto al carico di nutrienti, trasparenza, profondità media dei laghi, tempo di ricambio delle acque, ecc.

Mi scuso per avere così brutalmente riassunto in poche parole quello che mi sembra metta in evidenza un grande sforzo per passare da una fase descrittiva di fatti metabolici dei laghi, che esitano nell'ormai grande e diffuso fenomeno dell'eutrofizzazione, ad una fase di quantificazione, di collegamento tra cause ed effetti: in poche parole, ad uno strumento conoscitivo che permetta di comprendere la concatenazione di una serie di fenomeni che devono ormai essere descritti attraverso modelli semplici e alla portata di tutti.

E' questo il risultato di molti tentativi precedenti, che si sono susseguiti da una quindicina di anni e che ora hanno trovato una sorta di regola generale attraverso l'analisi di dati che mettono in evidenza comportamenti comuni di laghi appartenenti ad areali geografici molto differenziati.

Ed ecco che a questo punto mi si coglie in una netta contraddizione con quanto avevo precedentemente affermato: essere ogni lago un organismo con una propria carta di identità ben definita e non assimilabile a nessun altro. Non rinnego quanto ho detto, che resta valido, ma risulta nel contempo ben evidente che, attraverso appropriate analisi di alcune variabili ben scelte, si può giungere dall'esame di molti laghi ad una valutazione sintetica di un certo tipo di comportamento, in questo caso il processo di eutrofizzazione, che può essere generalizzato, almeno nella maggiore parte dei casi.

La situazione in Italia in questo settore è abbastanza buona, sopra tutto grazie ad alcune ricerche sui risvolti fisici, chimici e biologici (produzione primaria e fenomeni a questa collegati) che 1'assenza, la presenza e la profondità massima della piena circolazione, in funzione di variabilità meteorologiche, hanno sul livello di trofia sopra tutto dei grandi laghi profondi del distretto subalpino. Questa indagine è condotta da ricercatori dell'Istituto di Pallanza già da oltre quindici anni, e i dati ora disponibili per l'elaborazione sono ormai molto numerosi, ed in ogni caso sufficienti per trarre alcune conclusioni interessanti e modellabili.

Su due laghi, di competenza territoriale italiana e svizzera, il Maggiore e il Lugano, sono inoltre in atto ricerche molto impegnative sull'apporto, attraverso i tributari e quindi dal loro bacino imbrifero, di elementi e di sostanze alloctone, con particolare riguardo ai composti di azoto e fosforo, su variabili fisiche e chimiche dei rispettivi corpi d'acqua e, infine, sulla loro produzione. Questa intrapresa è regolata da un accordo internazionale tra la Repubblica Italiana e la Confederazione Elvetica, il cui scopo è la protezione delle acque comuni ai due Paesi.

L'interesse dell'iniziativa è indiscutibile, sopra tutto oggi che siamo alla vigilia - sempre nella scala dei tempi italiana - della installazione di impianti di trattamento delle acque reflue, che dovrebbero sopra tutto procedere all'abbattimento dei sali di azoto e di fosforo in eccesso rispetto alle concentrazioni che potrebbero ancora essere recepite dai laghi, al fine di non incrementare ulteriormente, o almeno di controllare, quel processo di eutrofizzazione che nel Lago di Lugano ha già assunto aspetti drammatici e che nel Maggiore è assai meno avanzato, ma sempre preoccupante. Queste ricerche sono iniziate già da diversi anni e sono destinate a proseguire per tempi lunghi.

Sono convinta che indagini di questo tipo, pur estremamente impegnative e qualche volta defatiganti, sono di grande interesse per i tecnici, sopra tutto ingegneri, che, prima di por mano alla progettazione, e quindi all'istallazione di impianti di depurazione, dovrebbero avvalersi dei dati che i limnologi mettono a loro disposizione, al fine di valutare le caratteristiche e il dimensionamento degli impianti. Il tecnologo dovrebbe operare sempre a valle rispetto agli specialisti nelle scienze dell'acqua, per non commettere errori, come talora avviene, che possano compromettere anche più pesantemente la salute dei corpi idrici, senza calcolare la dispersione a vuoto del nostro danaro.

I processi che portano all'eutrofizzazione possono, a mio avviso, avere un posto ben definito nel grande capitolo dell'"inquinamento", espressione che ha assunto oggi un significato che coinvolge le reazioni metaboliche di un lago, dei suoi popolamenti, una serie di interazioni tra compartimenti abiotici e biotici in risposta all'introduzione di inquinanti chimici ambientali, uno qualsiasi dei 20-30 mila numericamente valutati come veri e propri tossici. Molto spesso si usa l'espressione "inquinamento" senza alcuna precisazione, una parola che compendia una enorme gamma di realtà, ciascuna delle quali richiede competenze specifiche e studi accurati.

Inquinamenti da una miriade di sostanze organiche, da metalli e da composti inorganici, da calore, per ricordare soltanto tre grossi capitoli alla ribalta, corrispondenti ad altrettante cause fortemente perturbanti l'equilibrio della vita nelle acque interne, sono ben lungi dall'essere identificabili anche semplicemente da un punto di vista "sistematico", per così dire, ma tanto peggio dei loro effetti. Anche le metodologie che vengono usate per lo studio di presenza, concentrazione, bio-accumulo, di elementi e di composti anche complessi, reazioni enzi-matiche, mortalità degli organismi, ecc. non sono assai spesso confrontabili ed i risultati che ne derivano portano a numeri che sono purtroppo quasi casuali. Mi permetto di riportare qui una frase tratta direttamente da un documento CEE: "Ricerche sistematiche sull'abbondanza,

vie di passaggio e accumulo di inquinanti di natura inorganica e organica richiedono metodologie analitiche altamente attendibili per garantire risultati significativi; questo, a sua volta, coinvolge la disponibilità di standars di materiali di riferimento, la cui composizione sia ben nota e il più possibile simile a quella dei campioni da analizzare (zooplancton, fitoplancton, macrofite, ecc.). Un'ampia gamma di materiali di confronto deve essere studiata e analizzata".

Questo è un grosso capitolo della limnologia moderna che è proprio ai primi passi e che rende indispensabile una stretta collaborazione di chimici, inorganici e organici, di tossicologi ambientali, di biochimici, di biologi. Mi limito a questi brevi cenni, perché è impossibile entrare in questa sede in troppi dettagli, che potranno certamente essere posti nella giusta luce da persone molto più qualificate di me. Concludendo, e non per fare del pessimismo che non si addice alla mia mentalità, non mi sembra potersi affermare che la limnologia del nostro Paese abbia sinora raggiunto traguardi di primo piano, anche se devo ammettere che è già molto positivo che qua e là si siano identificati alcuni problemi fondamentali .

La situazione non è però né drammatica né senza speranza. Quello che sì impone come sempre più indispensabile è la strutturazione di qualche Istituto di Limnologia con alta specializzazione, uno locato nella zona centro-meridionale italiana ed uno possibilmente orientato allo studio dei problemi dei laghi-serbatoio, dei quali l'Italia avrà certamente sempre più bisogno, sopra tutto nel Sud e nelle isole maggiori.

Un'altra cosa sento il bisogno di dire. In quasi tutte le Facoltà di Scienze delle Università italiane esiste un corso d1insegnamento di Idrobiologia, assai spesso accomunato alla Pescicoltura, per lo più affidato a docenti convertiti a questa disciplina dalla zoologia, dalla biologia, dalla botanica o da altro.

Tre sono gli auspici che vorrei esprimere su questo punto. Quello, relativamente modesto, ma burocraticamente complesso, che ci si decida a trasformare l'intitolazione del corso di Idrobiologia e Pescicoltura in Limnologia, molto più compiuto nel suo significato globale. Un altro voto desidero ribadire, di importanza fondamentale, che cerco di sostenere e di diffondere da vari anni tra gli addetti ai lavori, senza alcun successo, devo ammetterlo, per la strutturazione di un corso di laurea in Scienze Ambientali, per il quale i tempi mi sembrano ormai più che maturi, e infine che le Scienze dell'Acqua rappresentino in questo corso di laurea un settore di studi altamente specializzati di un triennio, dopo un biennio propedeutico, con una sua dignità ben definita e con una preparazione correttamente orientata.

Questo non sarebbe certamente tutto, ma almeno una base di partenza: ci sono sempre, poi, gli Istituti o comunità di ricercatori disponibili a mettersi a disposizione di tutti coloro che richiedano addestramento o perfezionamento.

E tutto questo, secondo me, non basta ancora. Bisogna non lasciarsi adescare dalla maggiore facilità della ricerca provincializzata, che secondo me rappresenta sicuramente la morte della ricerca, ma bisogna

rimanere in stretto contatto con la comunità scientifica internazionale, non soltanto per conoscere, ma per collaborare. Le iniziative oggi si moltiplicano e le possibilità di inserirvisi stanno diventando sempre più facili. L'isolamento non è più ammissibile, direi anzi che può assumere quasi il significato di volersi sottrarre a confronti e a precise responsabilità, sopra tutto quando si tratti di affrontare problemi come quello delicatissimo delle acque interne, che ha coinvolgimenti con la vita del Paese in tutti i suoi settori.

Sono perfettamente consapevole che questa mia chiacchierata rappresenta soltanto il tentativo di richiamare l'attenzione sulle carenze e su qualche punto che ritengo personalmente essenziale per rendere tali carenze meno vistose e gravi nel nostro Paese. Ho abusato della vostra pazienza, anche perché temo che tra dieci anni qualcun altro, al mio posto, vi dirà le stesse cose.

L'OCÉANOGRAPHIE DES DETROITS ET CANAUX DE LA MEDITERRANEE

H. LACOMBE

Laboratoire d'Océanographie Physique
Muséum National d'Histoire Naturelle, Paris

INTRODUCTION

La Mediterranee: mer à seuils

Si la Méditerranée, dans son ensemble, est un bassin à seuil séparé de l'Océan Atlantique par le détroit et le seuil de Gibraltar, elle est elle-même constituée par une série de bassins à seuils communiquant entre eux par des "détroits" ou des "canaux". L'emploi de l'un ou l'autre de ces termes résulte, souvent, de l'usage plutôt que d'une définition qui distinguerait un "canal" d'un "détroit"; le premier est, selon le dictionnaire, "un bras de mer resserré entre deux rivages", alors que le second est "un bras de mer resseré entre deux terres"; on conçoit qu'ils puissent être employés indifféremment et que c'est l'usage qui en dicte l'emploi. Presque toujours, le détroit - ou le canal - est associé à un "seuil", minimum de profondeur au droit du canal ou du détroit.

Le Détroit de Gibraltar: un détroit-type (Carte A)

Il suffit de jeter un coup d'oeil sur la carte de la Méditerranée pour que saute aux yeux la succession, d'Est en Ouest, de bassins et de détroits (ou canaux) dont elle est constituée jusqu'au seuil final de Gibraltar. C'est de celui-ci surtout que nous parlerons, car il y a, dans l'océan mondial, des "cas-types" où se déroulent a l'état exemplaire des phénomènes qui peuvent servir de "modèles" pour des phénomènes analogues rencontrés dans un nombre plus ou moins grand d'autres cas.

Ainsi, le détroit de Gibraltar est un détroit à seuil constituant un remarquable "modèle" de régime d'un détroit faisant communiquer l'océan avec un bassin de concentration. Il est, pour nous, méditerranéens, d'autant plus exemplaire que la plus grande partie des seuils et détroits internes à la mer Méditerranée ont le même caractère et, en particulier, le "détroit de Sicile". En outre, de tous les "détroits" et "canaux" de la Méditerranée, c'est celui qui est le moins mal connu, car de nombreuses nations, de l'Angletere, depuis des siècles, pourrait-on dire, du Danemark avec le "Thor" (1907) et la "Dana" (1928), à la France pendant et après l'année géophysique puis, surtout, l'OTAN qui, en 1961, permit le rassemblement de 8 navires (Norvège, Belgique, Italie, France et même Espagne -"Aragonese", "Calypso", "Eupen", "Helland-Hansen", "Origny","Staffetta","Amiral-Mouchez" et "Xauen"). Puis, à nouveau, en

1962, puis 1965, l'OTAN organisait des travaux à l'Est (Mer d'Alboran), puis a l'Ouest (Mediterranean Outflow) de Gibraltar, enfin dans le détroit même (1970). Sporadiquement, des navires y font des travaux: 1967, 1974, etc...

Ce m'est un plaisir de saluer, parmi l'assistance, des collègues ayant participé a l'opération de 1961 et notamment le Professeur FIERRO, Président de 1'Association Italienne d'Océanographie et de Limnologie, dont la présente réunion me vaut l'honneur de me trouver ici, et le Professeur Della Croce et le Dr. Bregant. Nous venons d'apprendre avec regret que notre ami, le Dr. A. Di Maio, avait été retenu à Naples par les consèquences des tremblements de terre qui ont ravagé l'Italie centrale.

Je m'autoriserai de ce critère de "détroit-type" que constitue le détroit de Gibraltar pour centrer sur lui presque tout mon expose. J'aurais pu rechercher davantage d'information sur les autres détroits; j'en avais l'intention, mais je vous avouerai que je n'en ai pas eu le temps matèriel, malgré mon désir. Et d'ailleurs, il y a dans l'assistance des personnalités scientifiques qui présenteront leurs intéressants travaux dans d'autres détroits, notamment le détroit de Sicile et qui en parleront plus savamment que moi.

La plupart des détroits méditerranéens, comme celui de Gibraltar, sont le théâtre des phénomènes hydrodynamiques très divers résultant des échanges d'eaux entre les bassins qu'ils séparent et des effets, sur leur régime, de phénomènes issus de l'extérieur, comme la situation metéorologique et les marées. Ceux-ci, a leur tour, peuvent y déclencher, par l'intervention de mécanismes non-linèaires, des phénomènes complexes d'ondes et d'instabilités que nous évoquerons rapidement.

Il me paraît indiqué, pour aller du simple au complexe, de faire l'approche des mécanismes des phénomènes en partant du "regime moyen" puis, sur cette "toile de fond" régulière, d'aborder ensuite les phénomènes d'échelle de temps plus petite.

L'étude du régime moyen peut se faire par: A- des considérations de bilans (eau, sel, chaleur); B- des considérations dynamiques.

L'avantage de la voie "bilans" est de conduire, moyennant des considérations simples (sinon précises), fondées sur des mesures dans le détroit, à des éléments importants concernant tant le régime de la mer que celui du détroit.

L'approche dynamique, par contre, met en évidence des caractères plus fins de 1'écoulement et des notions de "résistance" du détroit a l'écoulement et de "sections de centrale", mais elle exige une schématisation radicale des phénomènes et du domaine même où ils se déroulent, tant l'approche analytique réaliste est ardue. Sans doute des modèles numériques pourraient-ils constituer une approche moins idéalisée.

Nous présenterons ces deux approches:

Sur l'image obtenue pour le régime moyen, il est possible d'examiner l'effet, sur ce régime,

- d'une part, des conditions extérieures appliquées au détroit;

- d'autre part, des phénomènes d'écoulement interne non-linéaire.

Encore faut-il ajouter que tous les mouvements évoqués, et, particuliérement, les derniers, engendrent dans le détroit des mélanges d'eau qui ont une incidence sur l'approche à faire des bilans. En outre, ce qui se passe dans le détroit peut avoir d'importantes influences sur les étendues marines situées de part et d'autre du détroit: là encore le cas de Gibraltar est exemplaire.

I. LE REGIME MOYEN

Le régime moyen d'un détroit méditerranéen est imposé par les conditions climatiques règnant sur le bassin, fermé a l'Est; en fait, la Méditerranée est un système qui transforme 1'eau Atlantique entrant dans le détroit, $S \cong 36{,}15$ ‰) en une eau sortante devenue typiquement méditerranéenne sous l'effet du climat sur la mer.

Le climat de la Méditerranée et de son bassin versant est caractérisé par sa diversité. Des terres désertiques occupent une grande partie de la région Est de son périmètre méridional. Au contraire, le bassin versant qui alimente au NO est boisé et humide, particulièrement en hiver. Le débit des fleuves qui s'y jettent est surtout important dans le Nord de la Mer et en Mer Noire; le seul grand fleuve du rivage Sud est le Nil. Mais, si les débits du Rhône, du Pô, du Danube sont relativement réguliers au cours de l'année, ceux des fleuves russes vers la Mer Noire présentent un débit maximum à la fin du printemps et au début de l'été.

Pour l'ensemble du bassin versant, les étés sont secs, les hivers sont humides. En été, l'anticyclone des Açores s'avance vers l'Europe occidentale; 1'échauffement solaire sur les grandes étendues continentales à l'Est et au Sud de la Mer y engendre des pressions relativement faibles, en sorte qu'il y a tendance a l'établissement, sur la Mer, d'un régime de vents anticycloniques, soufflant du Nord dans l'Est de la Mer et soufflant de l'Est sur la partie occidentale des côtes d'Afrique du Nord. En hiver, les dépressions météorologiques venant de l'Atlantique balayent le bassin d'Ouest en Est mais tendent fréquemment a stationner et à se creuser dans certaines régions comme le Golfe de Gênes, l'Adriatique, Chypre. Aussi, la circulation des vents tend-elle à être cyclonique et à provoquer des précipitations particulièrement fortes sur les côtes exposées à l'Ouest. Mais ces situations entraînent, derrière les dépressions, la présence de vents violents soufflant du NW ou du Nord, particulièrement forts dans le Golfe du Lion (Tramontane, Mistral) et dans le Nord de l'Adriatique (Bora). En hiver, les régions Nord des bassins, occidental et oriental, peuvent être soumises a l'influence d'arrivées d'air polaire continental, sec et froid, lorsque le versant Sud d'anticyclones situés sur l'Europe centrale et orientale couvre les rivages septentrionaux de la mer.

Un caractère metèorelogique particulier est la présence de phénomènes transitoires, à petite échelle, mais très violents, pour les vents comme pour les précipitations. Celles-ci, en particulier, sont brusques, diluviennes et courtes. Des masses d'eau considérables, chargées en matériaux solides, sont alors déversées a la mer par des fleuves còtiers à crues soudaines. Des courants de turbidité, chargés en sédiments et issus de ces fleuves, sont capables de jouer un grand rôle dans l'apport et la dispersion des sédiments, même à grande profondeur.

I. A - L'approche du règime moyen par les bilans

La Méditerranée, Mer Noire comprise, étant fermée à l'Est, la masse de sel et la masse d'eau qu'elle contient sont invariables a l'échelle de temps de la vie humaine, puisque son niveau et sa salinité demeurent invariants dans le temps (la salinité, depuis 1907-10: "Thor"). D'autre part, l'évaporation E excède les gains P des précipitations et des apports des fleuves. Bethoux (1980) présente (fig. 1) le bilan d'eau a travers la surface de divers secteurs méditerranéens. Partout (sauf en Mer Noire et dans le Nord de 1 ' Adriatique), il y a dèficit d'eau douce. Dans le Gol fé du Lion, le bilan est nul. Il en résulte que la Mediterranee est un bassin de concentration; l' eau typique méditerra-néenne (S > 38 ‰) est plus dense que 1 ' eau Atlantique entrante et sort sur le fond du détroit de Gibraltar.

Si le dèficit d'eau était compensé par une entrée d'eau Atlantique, le sel que véhicule celle-ci serait à l'origine d'une augmentation indéfinie du sel présent dans la mer, contrai rement à ce qu'on constate. Dans le détroit se produit donc une entrée d'eau Atlantique (en surface) et, près du fond, une sortie d'eau méditerranéenne plus dense qui, sous un volume un peu moindre, contient la même quantité de sel.

La figure 2 schématise la situation.

Exprimant

- la conservation du sel: $\rho_i V_i S_i - = \rho_0 V_0 S_0$

$$\rho_i \cong \rho_0 \ (\Delta \cong 2.10^{-3}) \rightarrow V_i S_i = V_0 S_0$$

- et la conservation de l'eau : $V_i + P = V_0 + E$

on déduit:

$$\frac{V_i}{S_0} = \frac{V_0}{S_i} = \frac{V_i - V_0}{S_0 - S_i} = \frac{E - P}{S_0 - S_i} = \frac{\Delta V}{\Delta S} \qquad (1)$$

E - P étant, bien entendu, afférent a l'ensemble de la mer.

Toutes les grandeurs intervenant dans l'équation (1) sont mesurables ou évaluables, mais avec des degrés de simpiicité et de précision très différents.

I.A-1) Mesures dans le détroit.

Parmi elles, les plus accessibles sont les grandeurs locales qu'on n'a à mesurer que dans le détroit: V_i, V_0, S_i, S_0, mais c'est évidemment leur valeur moyenne locale qu'il faut saisir. Or, l'élimination des effets des marées, des éléments météorologiques, des fluctuations de tous ordres constatés dans ces facteurs, exige, dans des conditions marines difficiles (grande profondeur, violence des courants, navigation intense, brumes, vents d'Est et d'Ouest ...), des mesures de longue durée, de façon à avoir accès aux valeurs moyennes. La présence de mélanges importants dans le détroit exige que tous les facteurs soient mesurés en un même point représentatif.

L'hydrologie nous est donnée par des stations effectuées au même endroit pendant un cycle de marée au moins (fig. 3). Nos mesures de 1960 au point A4 nous ont conduit a $S_i \cong 36{,}15$ ‰: $S_0 \cong 37{,}90$ ‰. Cette évaluation est assez délicate, à cause de la couche de transition entre les eaux, couche d'autant plus épaisse que les mélanges sont importants. On a donc $\Delta S = 1{,}75$ ‰.

L'évaluation des flux V_i, V_0 est plus difficile encore. Les valeurs en sont présentées (fig. 4) pour le point A4 où ont été déterminées S_i et S_0. Il y a de très grandes variations dans les flux "moyens" sur 12 h et 24 h (100 %). L'onde diurne est appréciable.

La précision sur ces flux est malaisée à évaluer; cependant, la section profonde étant beaucoup plus étroite que la section superficielle, le flux profond est sans doute plus précis: il a une moyenne de $1{,}15\ 10^6$ m^3sec, soit sensiblement $36\ 10^{12} m^3$/an. Le flux entrant mesuré le surpasse d'une quantité qui est de Tordre de l'écart relatif de salinité ($1{,}26\ 10^6$), quoique supérieur.

Du flux sortant, mieux defini, et de l'écart de salinité, on déduit $V_i = 37{,}7\ 10^{12}$ m^3/an $\cong 1.2\ 10^6$ m^3/sec.

Le gain d'eau à Gibraltar est donc de l'ordre de $1{,}7\ 10^{12}$ m^3/an; comme le gain net d'eau par les Dardanelles est de $0{,}2\ 10^{12}$ m^3/an (Tixeront, 1970), c'est que le dèficit total d'eau de la Mediterranee proprement dite est $1{,}9\ 10^{12}$ m^3/an; rapporté a l'unite de surface ($2.53\ 10^{12}$ m^2); on obtient

$\frac{1.9}{2.53} m = \underline{0.75 m/an}$, dèficit d'eau moyen annuel. Avec la valeur admise par Tixeront sur P, soit 0.55 m/an, 1'évaporation atteindrait en moyenne 1.30 m/an.

D'autre part, le flux total d'eau entrant en Méditerranée proprement dite, soit 37,7 10^{12} m^3/an par Gibraltar + 0.4 10^{12} mVan par les détroits de la Mer Noire = 38,1 10^{12} m^3/an en tout, donne accès au temps de renouvellement de l'au de la mer, quotient du volume d'eau total par le flux d'eau qui y arrive,

$$\text{soit : } \frac{3{,}17 \cdot 10^{15}}{38{,}1 \cdot 10^{12}} \frac{m^3}{m^3 / an} \cong 98 \text{ ans}$$

I.A.-2) Mesures dans le détroit combinées à des èvaluation sur l'ensemble de la Mer.

Bethoux (1978-79) a eu l'idèe d'évaluer E par le bouclage du bilan thermique de la mer: la chaleur perdue par évaporation par la mer étant la resultante des effets d'échauffement (rayonnement solaire + advection par le détroit qui est faible) et des effets de refroidissement (rayonnement infra-rouge, pertes sensibles). D'autre part, il évalue P et déduit E-P = V_i-V_0. La valeur unitaire de E-P est alors d'environ 1 m/an. Prenant les même valeurs de salinités V_i et V_0, il obtient par l'équation (1) Vi et V0. Il trouve V_i = 53.10^{12} m^3/an; V_0 = 50,510^{12} m^3/an. En outre, négligeant l'apport de la Mer Noire, il obtient un temps de renouvellement des eaux de

$$\frac{3.71}{53.} \frac{10^{15}}{10^{12}} = 70 \text{ ans}$$

Les flux trouvés surpassent donc d'environ 30% les valeurs obtenues d'après les mesures directes de courant dans le détroit. Etant donné l'incertitude, difficile à évaluer, des éléments intervenant dans l'une et l'autre méthodes, cet écart n'est pas surprenant.

I.A-3) Par la conservation du sei dans l'ensemble de la mer.

Ajoutons que la connaissance de E-P permet une approche d'un "temps de transformation" de l'eau entrante en eau méditerranéenne.

Ce temps est celui qui est nécessaire pour transformer l'eau d'un bassin fermé sur 1'océan, rempli initiallement d'eau Atlantique à 36.15 ‰ (Miller et Stanley), supérieure de 2,45 ‰ à celle de l'eau entrante. Or, la profondeur moyenne de la Méditerranée proprement dite est 1470 m. Chaque année une évaporation de 1 m augmente sa salinité de 1/1470 de sa valeur, c'est-à-dire 36,15/1470 ‰ = 0,0246 ‰. Elle augmentera donc de 2,45 ‰ en un nombre d'années égal à 2,45/0,0246 ≅ 100 ans.

L'ordre de grandeur est le même.

En ce qui concerne le seul bassin oriental, c'est-à-dire à l'Est du détroit de Sicile, la méthode de Béthoux conduit a un E-P de 1.8 10^{12} m^3/an. Les salinités entrantes et sortantes étant 37,05 ‰ et 38,74 ‰, l'application de la formule (1) conduit à V_i = 39,8 10^{12} m^3/an; V_0 = 38,0 10^{12} m^3/an. Cependant, A. Morel (1971) deduit d'évaluation du courant géostrophique dans certaines parties profondes du détroit de Sicile V_0 = 22 10^{12} m^3/an environ (en fait 0.6 à 0.8 10^6 m^3/sec, soit 19 à 25 10^{12} m^3/an).

I.B- L'approche du régime moyen par des considérations dynamiques

I.B-1) Kullenberg (1953), en régime non tournant et sans frottement, évalue, aux différentes immersions, en deux points de part et d'autre du détroit, les pressions hydrostatiques résultant de la distribution des densités réelles sur les deux verticales des deux points: il y a donc un impact observationnel. Les gradients horizontaux trouvés donnent accès au courant longitudinal dans le détroit. Si on impose aux deux flux d'avoir un écart relatif de 5%, on en déduit l'immersion moyenne de l'interface et les flux échangés. Si l'on peut trouver des stations convenables de part et d'autre, a différentes saisons, on deduit l'évolution saisonnière. Kullenberg trouve des valeurs de flux entrants allant de 1,58 10^6 m^3/sec (≅ 50 10^{12} m^3/an) a 2,11 10^6 m^3/sec (≅ 66 10^{12} m^3/an). La différence de niveau trouvée de part et d'autre est de l'ordre du dm (12,5 cm en moyenne): c'est le moteur du système. La méthode serait à reprendre avec des stations plus nombreuses faites depuis 1953. Mais la complexité très grande de l'écoulement en Mer d'Alboran, maintenant reconnue, jette un doute sérieux sur l'applicabilité pratique de la méthode (il faut supposer nul le courant longitudinal aux deux stations).

I.B-2) L'approche de Stommel (1952) est plus théorique. Le détroit est non tournant et sans frottement; il est suppose de profondeur constante et de section rectangulaire. Le mouvement est permanent (fig. 5). Approche dynamique; régime permanent; f = 0

$$1: u_1 \frac{\partial u_1}{\partial x} = -g \frac{\partial}{\partial x}(D_1 + D_2)$$

Equations dynamiques

$$2: u_2 \frac{\partial u_2}{\partial x} = -g\left[\frac{\rho_1}{\rho_2} \cdot \frac{\partial(D_1 + D_2)}{\partial x} + \beta \frac{\partial D^2}{\partial x}\right]$$

$$\beta = \frac{\rho_2 - \rho_1}{\rho_2}$$

Continuité:

$$\frac{\partial(D_1 u_1)}{\partial x} = 0; \frac{\partial(D_2 u_2)}{\partial x} = 0$$

d'où très sensiblement (car $u^2_1 \ll g D_1$; $u^2_2 \ll g D_2$)

$$\frac{u_1^2}{gD_1} + \frac{u_2^2}{gD_2} = \beta \qquad \text{ou} \qquad \frac{u_1^2}{g'D_1} + \frac{u_2^2}{g'D_2} = g' = g\beta = g\frac{\Delta\rho}{\rho^2}$$

La somme des nombres de Froude internes est égale a 1.

Si on pose $D_1 = nD$; $D_2 = (1-n)D$ et qu'on introduit le débit par unité de largeur, soit

$$Qi = u_1 D_1 - u_1 nD,$$

$$Q_2 = u_2 D_2 = u_2 (1-n)D,$$

$$\frac{Q_1^2}{n^3} + \frac{Q_1^2}{(1-n)^3} = g' D^3$$

Ici, $Q_1 \approx Q_2$. Le débit est maximum si n= $\frac{1}{2} \rightarrow D_1 = D_2 = \frac{D}{2}$

$$Q_1 max = \frac{D}{4}\sqrt{g'D} \rightarrow Q^2_{1\,max} = \frac{g'}{16/D^3}$$

g'est la force motrice des mouvements dans le détroit (qui sont nuls si

g' = g $\frac{\Delta}{\rho^2}$). $\frac{1}{D^3}$ constitue une "resistance"au débit.

Anati (1980) a cru pouvoir généraliser a toutes les formes de détroit la relation de Froude; considérant alors $\underline{n}$ variable = $\frac{D'}{D}$ et aussi une

section variable des surfaces offertes aux deux écoulements, soit A_1 = NA, A_2 = (1-n) A avec A(x) = aire totale, il en conclut que :

$$Q^2 = \frac{g' A^2 D}{N^2 n + (1-N)^2 (1-n)}$$

Dès lors la "resistance" est en $(A^2D)^{-1}$, qui ne dépend que de la geometrie du détroit tandis que le terme $N^2n+(1-N)^2$ (1-n) dépend aussi de l'immersion de l'interface.

L'examen de la topographie du fond permet d'étudier $(A^2D)^{-1}$, la résistance, et on trouve aisément la section qui fournit la résistance maximale; cette section est en general bien définie (“section de contrôle”). Quant a 1' expression de N et n, on en prend la valeur d'après l'observation sur la section de résistance maximale.

I. B-3) Whitehead et al. (1974) ont introduit l’effet de la rotation. Celle-ci a pour l’effet de faire apparaître (pour le regime permanent) une pente transversale de l'interface qui est d'autant plus grande que la différence de vitesses entre les deux couches est plus importante. Il en résulte que l'intersection de l'interface peut se faire, soit avec le fond (pour des vitesses grandes, une rotation rapide ou une grande largeur), soit avec une rive (rotation lente ou petite largeur). Autrement dit, par rapport au cas sans rotation, la "section de contrôle" peut ètre differente si on considère cette rotation. Nous noterons aussitôt que les approches dynamiques ne nous donnent accès à aucune valeur des flux moyens échangés et que l'observation ne peut pas directement s'injecter dans des formules theoriques pour nous le fournir.

I.C- Quelques autres caractères du regime moyen selon les lieux.

I.C-1) Profil vertical de vitesse moyenne. L'un des caractères importants du regime moyen réel est la forme du profil vertical de vitesse moyenne sur diverses verticales dans le détroit. La largeur du chenal, sur les diverses sections, aux différentes immersions, l'emplacement de l'interface jouent un rôle considerale illustre par les figures 6 et 7.

En effet, dans l'Ouest du détroit en A_4 (Carte A), la profondeur ne dépasse pas 400-450 m et la section offerte a l'écoulement sortant profond est bien plus faible que celle qui est offerte a l'écoulement entrant près de la surface; au contraire, dans l'Est du détroit (points B'2 ou C2), la profondeur est grande, la largeur est grande aussi en profondeur, en sorte que la section offerte a l’écoulement profond est bien plus grande que celle qui est offerte a 1'écoulement superficiel entrant.

I.C-2) Regime hydrologique moyen et mélanges entre couches. Nous avons employé jusqu'à présent les termes eau Atlantique entrante et eau Méditerranéenne sortante pour qualifier les eaux intéressées par des mouvements moyens superposés inverses. Il est utile de mieux préciser leurs caractéristiques.

L'eau Méditerranéenne présente dans les couches profondes de la section Est du détroit (section du Rocher de Gibraltar) a, très sensiblement, les caractères d'une "eau-type", ceux de l’eau profonde de Méditerrané occidentale ayant une temperature T d'environ 12,9°C et une salinités S très proche de 38,4 $^0/_{00}$.

Du côte Atlantique, on n'a pas affaire a une telle eau-type mais, au moins dans la gamme de profondeur 50-180 m environ, a une "masse d'eau" caractérisée par un segment rectiligne sur un diagramme TS; c'est un segment de l’ Eau Centrale Nord-Atlantique définie par Sverdrup (1942);

ici, les couples de valeurs TS se répartissent sur un segment de la droite joignant les points T = 16°, S = 36,2 $^0/_{00}$ et T = 13,5°, S = 35,9 $^0/_{00}$. Au-dessus (0-50 m) et en été, notamment, les points représentatifs sont distincts de cette droite du fait des répercussions sur cette couche superficielle de l'échauffement solaire.

Lorsque, par suite des conditions de marée, l'interface entre les deux eaux présentes dans la partie Ouest du détroit (méridien du Cap Spartel) est pius profonde, les salinités et températures du bas de la couche Atlantique atteignent des valeurs plus basses que lorsque cette interface est plus élevée; les valeurs les plus basses sont d'environ T = 13,3°C; S = 35,84 $^0/_{00}$.

Les caractères rencontrés dans la couche de transition - assez peu épaisse - entre les deux nappes d'eau résultent d'un mélange entre l'eau Méditerranéenne M et la partie de la couche d'eau centrale Nord-Atlantique située au-dessus de l'immersion de l'interface mais a proximité (fig. 8). Le fait que les points intermédiaires entre M et N se trouvent au-dessus de la ligne MN mentre que les eaux en question résultent du mélange entre l'eau M et des couches moins profondes du bas de l' eau Atlantique, soit que ces mélanges aient eu lieu lorsque le bas de cette couche était moins profond (autre état de marée) ou que de violents mouvements ascendants en certains points du détroit, notamment sur le seuil, provoquent des mélanges entre l'eau M et une eau Atlantique intermédiaire entre P et N; l'eau mélangée formée peut ensui te être entraînée par les courants sur le méridien du Cap Spartel (A4). Les densités du bas de la couche Atlantique sont inférieures de 0,002 a celles de l'eau méditerranéenne; cet écart de densité, quoiqu'apparemment très faible, constitue un écran très efficace a l'échange des propriétés et des mouvements des eaux a travers l'interface: le mélange exige, en effet, un apport d'energie potentielle au système.

Si l'on examine les conditions qui règnent dans l'Est du détroit, près du méridien du Rocher (point C2), le diagramme TS (fig. 9)montre que 1'eau centrale Nord-Atlantique n'existe plus que sur une étroite gamme d'immersion et n'est présente que dans une couche superficielle peu épaisse: le profil vertical de salinité en C2 (fig. 3 à droite) montre aussi que l'épaisseur de la couche de mélange est plus grande, de l'ordre d'une centaine de mètres et que son immersion est moindre.

Les conditions hydrologiques règnant sur le seuil du détroit (point S, Carte A) sont sujettes a des variations très radicales au cours de la marèe et (fig. 10) selon les heures de marées on retrouve, soit des conditions analogues à celles que l'on rencontre dans l'Ouest lorsque l'interface est profonde, soit au contraire une couche de mélange venant jusqu'à la surface, notamment au voisinage du moment de la pleine mer, où le minimum de salinité remonte très près de la surface de la mer.

Avant de clore cette présentation du règime moyen des courants et de l'hydrologie dans le détroit, il convient de noter que, du fait de la force de Coriolis, la présence de courants moyens différents de part et d'autre de 1'interface implique que celle-ci presente une inclinaison transversale au détroit, l'interface étant plus profonde du côté Sud du détroit que du côté Nord; la différence des densités des deux couches transversale

superposées étant de 1'ordre de 0,002, la pente transversale de l'interface, pour la latitude 36°, atteint environ 4,3 m par km pour un courant relatif de 1 m/sec vers l'Est entre les deux couches: on doit donc s'attendre des immersions moyennes de l'interface plus grandes d'une cinquantaine de mètres au Sud du détroit qu'au Nord. Ce phénomène peut avoir pour conséquence, sur la rive Nord du détroit, que l'interface vienne crever la surface.

I.C-3) Forme de l'interface moyenne. Quant à la forme de l'interface moyenne d'Ouest en Est, elle est figurée sur la figure 11 qui présente une coupe verticale longitudinale pour l'hydrologie moyenne depuis 6°40'W jusqu'au méridien du Rocher de Gibraltar. L'isohaline 37,5 $^{0}/_{00}$, qui représente bien la transition, passe de 600 m de protondeur a l'Ouest a 100 m a l'Est; le graphique se réfère a la vive-eau (mesures de 1961). A l'Ouest, la pente de la surface du minimum de salinité se rapproche de cel le du fond. L'ampiitude de l'onde interne, évaluée d'après le déplacement vertical local de l'isohaline 37 $^{0}/_{00}$ au cours d'une marée de vive-eau, est maximale entre le Seuil et la section de Tarifa (bas de la figure).

II. FLUCTUATIONS IMPOSEES AU REGIME MOYEN PAR LA MAREE

La différence notable des caractères de la marée dans le golfe de Cadix, d'une part, en Mer d'Alboran, d'autre part, induit dans le détroit de profondes modifications périodiques des règimes hydrologique et de courant.

Il est utile d'abord de donner quelques indications sommaires sur la marée dans la région. La marèe dans le détroit et en ses abords est essentiellement semi-diurne. Son amplitude est notablement plus importante (de l'ordre de 2 mètres) a l'entrée Ouest du détroit qu'au centre (1,3 a Tarifa) et qu'à l'Est (0,8 a 1 m); il y a un amortissement notable de l'amplitude.

L'onde de marée de l'Atlantique aborde les approches Ouest du détroit environ deux heures après le passage (supèrieur ou inférieur) de la lune au méridien de Greenwich; elle atteint Tanger un peu plus tôt que Cadix. Mais, dans la région située entre le seuil et Gibraltar, la pleine mer se produit très sensiblement au même moment, qui precède d'environ deux heures Vheure de la pleine mer de Brest.

En ce qui concerne les fluctuations imposées aux courants par le marée, nous commencerons par en présenter les aspects les plus simples; elles se rencontrent a l'Ouest du détroit, sur le méridien du Cap Spartel (point A3, Carte A).

II. A- Fluctuations dues a la marée dans la vallée au Sud du Banc de Spartel

Nous avons indiqué ci-dessus (I.C-1) que la variation avec l'immersion de la largeur du chenal (Carte A) imposait au courant moyen des valeurs faibles près de la surface et des valeurs plus élevées en profondeur.

A ce règime de courant moyen, se superpose un courant de marée présentant essentiellement une composante semi-diurne (période 12,4 h) et une faible composante diurne; ces composantes périodiques s'inversent avec la marée; leur amplitude est supérieure à la composante moyenne entrante du courant dans les couches superficielles; elle est au contraire inférieure dans les couches profondes (au-delà de 250 m). Aussi, le courant global résultant s'inverse-t-il dans les couches superficielles; au contraire, au-delà de 250 m d'immersion, il garde constamment une direction sortante (fig. 12).

On a porté en ordonnée, de haut en bas (fig. 12), les heures comptées avant et après la pleine mer (de Tarifa) et en abscisses la composante instantanée du courant à diverses immersions selon l'axe de la vallée située au Sud du Banc de Spartel (direction 55° - 235°); les courants entrants sont portés vers la droite, les courants sortants vers la gauche.

On notera que les composantes globales du courant, comme leur part strictement alternative, ont leurs valeurs maximales sensiblement au même moment: 3 à 4 heures avant la pleine mer pour le maximum de sortant; 3 heures après la pleine mer pour le courant entrant (ou le minimum de courant sortant dans les couches profondes). Le courant entrant s'établit dans les couches superficielles environ1 heure avant la pleine mer de Tarifa et le courant sortant environ6 heures après cette pleine mer.

Les valeurs maximales moyennes atteintes sont, d'après nos mesures de 1960 :

	vers l'Est	vers 1'Ouest
10 m	1,8 noeuds	1,4 noeuds
50 m	2,1	1,2
100 m	1,8	1,1
200 m	1,8	2,3
	vers 1'Ouest	vers 1'Ouest
350 m	0,5 .(sortant)	2,25

Mais il y a des fluctuations notables de courant d'une marée semi-diurne à la suivante (fig. 4). On noterâ combien est rapide l'évolution du global à 200 m au voisinage de PM + 1 h, qui coincide avec le maxi mum de descente de1'interface: avant, on se trouve dans l' eau l'eau Méditerranéenne(S ≈37,5 °/oo après, dans l'eau Atlantique(S ≈36,5 °/oo)

(cf. fig. 13).

L'IOS britannique de Wortnley (Dr. Thorpe; communication personnelle) a exécuté en 1974 (juillet-septembre) un très bel enregistrement de courant près du point A4, par environ 390 m de profondeur. Il montre

l'invariance du courant moyen et, en vive-eau pendant quelques marées, une très courte inversion du courant global.

Le regime hydrologique subit également d'importants effets de la marée; ceux-ci se traduisent par le fait qu'une isotherme ou une isohaline (ligne d'égale valeur de la salinité) voit son immersion changer au cours du temps (fig. 13-14) au rythme même de la marèe; ces oscillations traduisent la présence d'"ondes internes", animant notamment la couche de transition entre eaux Atlantiques et eaux Méditerranéennes et dont l'amplitude totale atteint environ 50 à 60 m. La "plelne mer" de l'onde interne précède la pleine mer superficielle d'environ 1 heure et, par conséquent, cette "pleine mer" interne coincide avec le moment où s'établit près de la surface le courant entrant.

La "basse mer" de l'onde interne coincide au contraire avec le moment où le courant sortant commence. La salinité est relativemment très homogène en profondeur au-délà de 300 m; elle correspond a une eau Méditerranéenne a peine diluée.

Le profil de l'onde interne, tel qu'il est décelé par les figures 13 et 14, a une allure sinusoidale régulière et sa phase est, en quelque sorte, verrouillée sur la pleine mer de la marèe superficielle, en avance sur elle d'environ 1 heure.

II.B -Fluctuations dues à la marée dans la partie Est du détroit (voisinage du meridien du Rocher de Gibraltar).

Le regime de ces fluctuations est, dans cette région, notablemment différent de celui qui règne sur le méridien du Cap Spartel.

En ce qui concerne les courants et plus particulièrement au point C2 (Carte A et fig. 15), on ne rencontre de courant fort que dans la couche superficielle, jusqu'à 80 a 100 m de profondeur. La figure 15, qui présente la variation du courant longitudinal a diverses immersions aux différents moments de la marée, mentre qu'à l'inverse de ce qui se passe dans l'Ouest le courant global ne s'inverse pas dans les couches superficielles et s'inverse, au contraire, dans les couches profondes, où les courants demeurent très faibles mais avec une résultante vers l'Ouest. Le minimum de courant entrant dans la couche superficielle se rencontre vers + 2 h 30' (Tarifa)*, le maximum vers - 6 h (Tarifa); en profondeur, les phases de la part alternative de courant semblent, assez

---

* Ces heures sont comptée avant (-) ou aprés (+) l'heure de la pleine mer de Tarifa

curieusement, opposées, c'est-à-dire que le maximum entrant se produit vers + 2 h, le maximum sortant vers - 3 h (Tarifa).

Dans la partie Sud du détroit (4, Carte A), par grands fonds (latitude 35°57'6), le courent en surface est minimum entrant (1,2 noeud) vers + 5 h et maximum entrant (2,5 noedus) vers + 2h (Tarifa).

En ce qui concerne le regime hydrologique, les ondes internes constatées ont, d'une part, une immersion moyenne plus petite et, d'autre part, une amplitude plus faible que dans l'Ouest; cependant, leur amplitude est franchement plus importante au Sud du détroit qu'au Nord, où elle est faible (fig. 16 et 17).

Ainsi, que ce soit au point de vue des courant (inversion en surface a l'Ouest, inversion en profondeur a l'Est au cours d'un cycle de marée et absence d[1]inversion dans les couches profondes a l'Ouest, dans les couches de surface a l'Est), il y a des différences radicales dont il faut chercher le mécanisme dans le centre du détroit entre le seuil et le méridien de Tarifa (Carte A).

C'est ce secteur que nous allons examiner maintenant.

II. C- Fluctuations dues a la marèe dans la partie moyenne du détroit, entre le seuil et l'Est du méridien de Tarifa.

C'est a l'Est du Seuil que s'introduisent des modifications radicales du regime du détroit, tant du point de vue des courants de marèe que de l'hydrologie. L'évolution spatiale rapide des phénomènes nous conduit a examiner ce qui se passe d'abord sur le seuil puis, ensuite, plus a l'Est, aux environs de la section de Tarifa.

II. C-1) Le Seuil. Au point de vue des courants et de leur évolution au cours d'une marée, la figure 18 montre que, dans les couches superficielles, comme dans la couche profonde, la phase de la composante alternative du courant par rapport a la marée superficielle est très analogue a la phase homologue rencontrée en A4 (avance d'environ1 heure). On notera seulement que dans la centaine de mètres superficiels le courant atteint des valeurs beaucoup plus élevées (environ 3,5 noeuds vers l'Est et 2 noeuds vers l'Ouest), après une très brutale renverse aux environs de -0 h 30 (Tarifa), variation de 3 noeuds en une demi-heure(entre - 1 et PM Tarifa). Sur le Seuil même, la phase de courant sortant (de - 5 h 30 a -0 h 30 Tarifa) est accompagnée, en surface, de remous stationnaires pratiquement permanents, ce qui est à rattacher a la structure hydrologique de l'eau pendant cette phase.

Les mesures de courant dont on dispose, pour la couche profonde, n'ont pas une durée suffisante ni n'atteignent le voisinage même du fond.

En ce qui concerne l'hydrologie (fig. 19, 20 pour le Seuil du Sud S_S et fig. 21 pour le Seuil du Nord S_N), des déterminations faites au cours des

mesures de courant ont mis en évidence un profll très heurté tant pour les salinités que pour les températures (fig. 19). En 1967 mesures a la bathysonde(fig. 20 en S_S, fig. 19 en et mème, en S_N), les profils sont différents et même. En S_S au cours de deux marées successives. Encore doit-on ajouter que toute cette hydrologie a ètè acquise par des navires dérivants, manoeuvrant pour demeurer au point fixe...

Au lieu de présenter, comme c'était le cas rencontré sur le méridien du Cap Spartel en A4 (fig. 14), un profil sinusoidal régulier, l'interface semble être animée de mouvements irréguliers et occuper parfois deux paliers, l' un vers 150 m entre 1 heure de la basse mer et PM - 4 h, puis un autre vers 80 m entre PM - 4 et PM + 0 h 30, suivi d'un effondrement de 1 ' interface (fig. 19). Il y a tout lieu de penser qu un tel comportement de 1'immersion de l'interface ne se produit pas régulièrement a toutes les marées(Peluchon et Bockel, T.R. OTAN, 2 Oct. 1962).

Avant d'avancer des explications pour cette "variabilité" nous rapprocherons l'évolution des courants dans le temps (fig. 18) et l'onde interne (fig. 19) relevée simultanément. Nous noterons que de - 5 h a -0 h 30 h Tarifa, le courant est sortant dans les 200 m superficiels; c'est aussi le moment de palier superieur de l'onde interne; ce courant coincide donc sensiblement avec la position haute des isohalines et des isothermes: les eaux typiquement Méditerranéennes (S = 38,3 °/oo) se rapprochent de la surface et, peu avant la PM (PM -0 h 45), la température superficielle diminue de plus de 3 degrés en 45 minutes, cependant que dans le même temps le minimum de salinité atteint la surface. Ceci montre que la plus grande partie de la couche d'eau sur le Seuil est occupée ou, au moins, directement influencée par de l' eau Méditerannéenne en mouvement rapide vers l'Ouest et qui a donc du remonter le versant méditerranéen du Seuil pour venir -presque- crever la surface. Le phénomène est nettement visible sur la courbe de Peluchon et Bockel du T.R. OTAN, n° 2 (16-18 mai 1961). Ce mouvement general crevant la surface provoque l'apparition locale sur le Seuil, pendant toute la période du courant sortant, des remous très visibles déjà cités.

C'est dans ces conditions qu'apparait au Seuil Sud (fig. 18) le brutal renversement de courant des couches superficiel les vers PM - 0 h 30, qui interesse au moins les 100 m superficiels et dont la phase est verrouillée sur la marée superficielle. Il se forme alors un véritable front, une discontinuité de courant correspondant a un apport d' eau Atlantique lié au flux entrant qui s'établit en A4 au même moment. Ce flux bouleverse la structure hydrologique locale et l'onde interne s'effondre rapidement en un temps de l'ordre du quart d'heure. Le phénomène rencontré est analogue au mascaret, sauf que le mascaret en question est ici "interne"; le front de l'onde interne qui se raidit tend à la limite vers le "déferlement interne" qui constitue un "front" se propageant à une vitesse de l'ordre de 3 noeuds a 3,5 noeuds, que l'on peut suivre dans tout l'Est du détroit. C'est un example de discontinuité d'une onde lorsque son amplitude est très grande vis-a-vis de la profondeur fluide offerte a sa propagation.

II.C-2) La section de Tarifa. Ce qui frappe particulièrement sur la section de Tarifa, c'est le fait que dans les 50 mètres superficiels, le courant ne présente pas de composante notable vers l'Ouest, comme c'est le cas sur le Seuil de - 5 h 30 a - 0 h 30 (Tarifa); par contre, la composante vers l'Est subit une véritable discontinuité entre + 1 h 30 (Tarifa) au centre et + 2 h 30 (Tarifa) au Sud, puisque (fig. 22, 23, 24) le courant augmente d'environ 3 noeuds en un temps de l'ordre de 30 minutes.

Le fait que le courant entrant des couches superficielles soit faible entre - 3 h et + 1 h 30 (Tarifa), que le courant sortant en profondeur soit fort entre ces heures, le fait enfin que le maximum de courant Ouest profond coincide avec le moment où l'interface sur le Seuil atteint sa côte maximale conduisent à penser que l'écoulement méditerranéen profond, remontant le versant Est du Seuil, vient crever la surface comme le suggérait l'hydrologie et apporte la compensation liquide nécessaire pour expliquer qu'entre ces heures le courant superficiel diverge de la région comprise entre le Seuil et entrant à Tarifa; il n'est d'ailleurs pas impossible qu'il y ait aussi un apport latéral superficiel d'eau le long des rivages Nord et Sud a l'Ouest de la section de Tarifa.

Le front de courant prend naissance sur le Seuil un peu avant la pleine mer et son passage s'accompagne de l' effondrement de l'interface (fig, 18, 19) immédiatement après la pleine mer. Il se propage ensuite vers l'Est et atteint la section de Tarifa vers + 1 h 30 (Tarifa) au Nord et + 2 h 30 (Tarifa) au Sud (fig. 22, 23, 24). Le passage du front et l'effondrement de l'interface sont accompagnés de l'apparition, en surface, de "raz-de-courant" et de "lignes de clapotis", qui progressent vers l'Est-Sud-Est (110°) à environ 3 noeuds. En 1967, au cours de l'hydrologie a la bathysonde au point B6, un peu au NW de B4, nous avons relevé une demi-douzaine de passages de raz-de-courant, RC, a un rythme de 10 à 20 minutes et avec un écartement dans l'espace d'environ 1500 m. La vitesse de propagation est alors de l'ordre de 3 noeuds.

Le passage du front interne est bien visible sur l'hydrologie en B6 (fig. 26). On notera qu'au Nord de la section, en B5 (fig. 25), l'onde interne est beaucoup plus petite qu'au Sud et son profil bien plus régulier.

Ces discontinuités se propagent vers l'Est. En C4 (fig. 17), elle passe vers PM + 4 h (Tarifa) et on peut, peut-être, lui attribuer la petite discontinuité notée en C2 (fig. 16) à PM + 5 h 30 environ. Le professeur Frassetto (1960) les a suivies en Mer d'Alboran, ainsi que J. Ziegenbien (1969-70).

En conclusion de ce chapitre, on peut dire que si, dans l'Ouest détroit (en A4), l'onde interne est "verrouillée" sur la phase de marée et garde un profil régulier, il s'y superpose a l'Est du Seuil phénomène additionnel très intense consitué par un front interne de discontinuité (onde interne déferlante) qui, plus a l'Est et particulièrement près du bord Sud du détroit, bouleverse le profil de l'onde interne présente et commande, de fait, le regime du courant rythme de la marée.

II D- Quelques indications sur les effets non-linéaires

Que le détroit soit un système capable d'engendrer de tels phénomènes témoigne de son caractère essentiellement non-linèaire. Mais l'approche théorique de tels phénomènes est très difficile. Nous ne citerons ici que quelques-unes des études faites.

Pour le domaine non-tournant et le régime permanent, Long (1953-54) a étudié les "lee-waves" dans des écoulements non-1inéaires; il met en évidence les effets des variations du relief du fond et les ondulations stationnaires affectant l'interface. Selon les conditions de l'écoulement et la valeur du nombre de Froude interne (cf. I.B-2), un ressaut hydraulique interne stationnaire peut se produire.

Cavanie (1969, 1971), en l'absence de courant permanent dans les couches superposées, étudie d'abord le raidissement des fronts de l'onde interne se propageant en regime non tournant à l'interface de fluides superposés de densité différente. Dans l'étude de 1969 il examine l'effet d'un seuil sur la forme de l'interface lorsqu'un flux strictement périodique dû a la marèe et identique en tous points parcourt le détroit. Il montre qu'au niveau du seuil, il peur y avoir génération de ressauts internes. Dans l'étude de 1971, il étudié dans une "boîte" fermée horizontale l'évolution non-linéaire de la forme de l'interface, supposée initialement déplacée de sa position d'équilibre pour affecter la forme d'une "marche" transversale au milieu du "détroit" (avec un court raccordement entre les deux niveaux, de part et d'autre); le système, abandonné a lui-même, rattrape sa position d'équilibre en créant des ondes se propageant a partir de la marche initiale sous forme d'un front qui, selon les conditions, peut se raidir jusqu'à déferler et qui, de toutes façons, est très riche en oscillations formées d'harmoniques très élevées de la longueur fondamentale de la "boîte".

Boyce (1975) se place dans un regime non tournant, sans mouvement relatif des deux couches superposées mais il prend en compte la forme réelle du fond ainsi que l'observation pour expliquer les phénomènes. Il fait agir sur le système un effet strictement barotrope de la marée. Quand la marée superficielle baisse dans le détroit, la topographie du fond et le profil longitudinal de l'interface dans l'ensemble du détroit montrent que la quantité d'eau Atlantique augmente et l' interface descend. Le temps d'ajustement du système dépend de la vitesse de propagation de l'onde interne et, en fait, ce temps est grand vis-à-vis d'un demi-cycle de la marée semi-diurne; l'onde de dépression qu'elle constitue a une dynamique non-linèaire qui exige que le front de cette dépression se raidisse et se mue en une onde interne déferlante se propageant vers l'Est. Au contraire, pendant la marée montante, l'onde d'élévation alors presente et se propageant vers l'Ouest ne peut, du fait des conditions de l'écoulement, atteindre le stade du déferlement interne.

Quant a Frassetto (1960) et Zeigenbein (1969-70), qui ont observé le front dans l'Est du détroit, où il parviendrait sensiblement a PM + 6 h, ils ont note une assez large gamme de variation des temps de passage du front qu'ils attribuent en particulier a la variabilité même, rappelée plus haut (fig. 4), du "courant moyen" qui peut varier du simple au doublé et est donc susceptible de transporter avec lui, à une vitesse variable, les oscillations liées aux fronts.

En domaine constitué par deux couches superposées présentant une différence de vitesse moyenne, l'approche classique de Kelvin-Helmholtz, en milieu non tournant, illustre la possibilité d'instabilités dynamiques prenant naissance pour une différence de vitesse entre les deux couches assez grande vis-a-vis de la célérité des ondes susceptibles de parcourir l'interface en l'absence de courant moyen dans les deux couches (Gade, 1969; Cavarne, 1972). En domaine tournant, cette instabilité est plus difficile a étudier; cependant, il apparaît qu'elle soit possible.

L'inconvénient de ces approches théoriques est la nécessité, pour les aborder, d'une simplification radicale des conditions réelles. Reste a savoir si une modélisation numerique -qui, a ma connaissance, n'a pas été tentée-aboutirait à des résultats intéressants.

III. EFFETS METEOROLQGIQUES

Mais la marée n'est pas le seul phénomène qui induise, dans le détroit, d'importantes modifications de régime. Si tel était le cas, en effet, les valeurs des flux échangés entre Atlantique et Méditerranée, moyennés sur une marée diurne, se reproduiraient sensiblement à l'identique d'une marée a la suivante. Or, tel n'est pas le cas.

La figure 4 le montre bien, qui présente les flux moyens sur 12 h et 24 h franchissant le détroit et calculés d'après les mesures en A4 en 1960 et 1961.

Certes, comparant les valeurs moyennes sur 12 heures, les fluctuations alternées d'une marée-diurne à la suivante donnent une idée de l'onde diurne de courant de marée. Mais la raison d'être de fluctuations d'une marée diurne a la suivante doit être recherchée ailleurs.

A la suite de nos mesures de 1958, nous avons été amené a examiner les effets météorologiques. Ceux-ci peuvent agir à deux échelles d'espace: d'une part, par les effets du vent local agissant dans le détroit et ses abords; d'autre part, par les effets des systèmes dépressionnaires agissant sur la Méditerranée et, plus précisément, sur le bassin occidental de cette mer.

III.l) Le regime des vents est, dans le détroit, longitudinal: en automne et en hiver, le regime dominant est d'Ouest; en été, il est d'Est et souvent violent; les vents de 25 a 35 noeuds sont alors très fréquents dans le détroit et règnent pendant des durées d'une semaine ou plus en plein été. L'effet de frottement du vent sur les couches superficielles est d'accélérer le courant portant dans la direction du vent, ou de retarder ou même de renverser le courant tendant à porter au vent. Les modifications de vitesse portent principalement sur les courants dans les 20 mètres superficiels et les vents règuliers de 20 à 30 noeuds peuvent induire dans cette couche des courants portant dans la direction vers laquelle soufflé le vent, de l'ordre de 0,5 noeud.

Cependant, dans le parti e W du détroit (A4), en mai-juin 1961, il est apparu (fig. 4) que, les jours de vent de SSW, le flux entrant était particulièrement fort.

III.2) Les effets de la distribution générale des pressions atmosphèriques sur le bassin méditerranéen ont une incidence à une autre échelle. Il est bien connu que dans de nombreux ports, il y a une laison étroite entre l'évolution dans le temps du "niveau moyen journalier" (affranchi pratiquement des effets de la marée astronomique) et celle de la pression atmosphèrique locale. Bien souvent, le niveau marin réagit en "baromètre inversé" aux variations de pression atmosphérique: c'est-à-dire qu'une augmentation (diminution) de la pression de 1 mbar* est accompagnée d'une baissée (montée) du niveau liquide de 1 cm.

Cette évolution du niveau marin moyen journalier en "baromètre inversé" est assez bien vérifiée dans les divers ports de la Méditerranée. Dès lors, si on admet que cette loi est également applicable au large, on voit qu'une baisse de la pression moyenne de 1 mbar en un jour sur toute la Méditerranée correspond à une montée de niveau de l'ordre de 1 cm; en un jour donc, le volume d' eau présent dans la mer augmente de 1 cm multiplié par la surface 2,5 10^6 km^2 de la Méditerranée (sans la Mer Noire), soit environ 2,5 10^{10} m^3 et, en une seconde, sensiblement 0,29 10^6 m^3/sec, c'est-à-dire précisément une valeur de l'ordre de 1/4 des flux moyens calculés. Si on ne considère que le bassin Occidental, on arrive a des valeurs de l'ordre de 50% de celle-ci. On peut donc s'attendre a d'importantes répercussions sur le régime du détroit de la distribution des pressions atmosphèriques moyennes en Mediterranee.

Mais nous avons la possibilité de déceler autrement ces effets atmosphériques à grande échelle: en effet, tout "appel" d'eau provoqué à travers le détroit retentit, en présence de la force de Coriolis, sur les niveaux marins Journaliers comparés au Nord et au Sud du détroit; une augmentation du flux superficiel entrant a pour effet d'élever le niveau relatif sur la rive Sud du détroit par rapport à la rive Nord, la variation du gradient transversal de pression ainsi dirige vers le Nord compensant la variation de la force de Coriolis suscitée par le mouvement.

On a donc cherché a relier les variations du niveau moyen journalier de la mer de part et d'autre du détroit aux variations de la pression atmosphérique moyenne sur la Méditerranée: Crepon (1965) a étendu son étude a plusieurs périodes mensuelles au cours desquelles la distribution des pressions atmosphériques a évolué de façon importante sur la bassin. Etudiant le niveau journalier relatif, c'est-à-dire la différence niveau rive Sud - niveau rive Nord du détroit *, il a noté la présence de corrélations souvent satisfaisantes entre cette différence liée aux variations du flux superficiel entrant (lui-même évidemment lié au flux total entrant) et la pression moyenne sur la Méditerranée. Ainsi, des

---

* Rappelons que le millibar est très sensiblement la pression hydrostatique due a une hauteur d'eau de 1 cm.

** Les deux niveaux sont comptés au-dessus d'une référence arbitraire faute de raccord de nivellement entre les rives Nord et Sud qui assurerait la connaissance de l'écart absolu de ces niveaux. Nous n'avons accés qu'aux variations de leur différence avec le temps.

pressions faibles sur cette mer tendent a provoquer un appel d'eau superficielle entrante; des pressions élevées tendent a diminuer le flux entrant. Cette façon de voir qualitative se heurte à diverses difficultés, notamment en ce qui concerne l'équation de continuité (Crepon, 1965) mais elle est un guide simple, quoi qu'approché.

Naturellement, il y a souvent relation entre le regime local des vents dans le détroit et le regime météorologique general sur la Méditerranée occidentale; ainsi, les régimes d'Ouest se rencontrent en présence d'une dépression arrivant sur la Méditerranée et les régimes d'Est (été) en présence de l'établissement de hautes pressions sur la mer et de basses pressions sur l'Afrique tendant a favoriser respectivement les entrées ou les sorties d'eau liées, selon le schéma ci-dessus a la distribution moyenne des pressions sur le bassin méditerranéen, c'est-à-dire qu'il y a souvent concordance entre les sens des effets météorologiques généraux, d'une part, et locaux de l'autre.

IV. EFFET DU REGIME DU DETROIT SUR QUELQUES PHENOMENES CONSTATES A L'EST ET A L' OUEST

Le temps me manque pour évoquer quelques phénomènes résultant des effets du regime du détroit sur les étendues marines qu'il séparé, Mer d'Alboran a l'Est, Golfe de Cadix a l'Ouest.

Je citerai seulement la question du circuit anticyclonique du bassin Ouest de la Mer d'Alboran et les incidences possibles de ce circuit sur 1'"upwelling" situé au large de Malaga et sur la façon dont l'eau profonde Méditerranéenne franchit le détroit vers l'Ouest. Quant a l'existence du "courant de densité" d'eau Méditerranéenne s'écoulant vers l'Ouest dans le fond de la vallée sous-marine prolongeant le détroit a l'Ouest, il ressort nettement des mesures faites; le maintien sur de longues distances de l'individuante de l'eau méditerranéenne, malgré la faiblesse de l'écart de densité des eaux de part et d'autre de l'interface, constitue un remarquable example de l'obstacle au mélange entre couches adjacentes que dresse une faible différence de densité, malgré l'existence de courants très forts (jusqu'à 4,9 noeuds mesurés por les Navégiens en mai 1965 par environ 6°20'W) (cf. Lacombe, 1977; Madelain, 1970; Lanoix, 1972, 1974; Petit et al, 1978; Cheney, Doblar, 1979).

CONCLUSION

Nos conclusions seront d'ordre divers.

1°) - Le détroit de Gibraltar est le siège de phénomènes d'une variété et d'une complication très grandes, ce qui lui confère un intérêt et un caractère de modèle tout-à-fait exceptionnels.

- La grande longueur (de 6°40'W a 5°20'W, soit environ 100 kms) permet a ces phénomènes de se développer pleinement et d'atteindre des valeurs exemplaires.

-La richesse des informations que nous donne l'observation vis-à-vis de celles que peuvent, pour l'instant, apporter les modèles théoriques...

2°) - Ce dernier point illustre que, pour l'océanographe physicien, Vobservation est ancore la source première d'une compréhension des phénomènes réels constatés et l'origine même de la découverte de mécanismes naturels dont, ensuite seulement, les "modèles" analytiques (et peut-être numériques) peuvent faire entrevoir les mécanismes et donc ultérieurement les méthodes de prévision.

BIBLIOGRAPHIE

I. Articles divers cités

ANATI, 1980. A parametrization of the geometry of sea straits. Oceanol. Acta, 3, 395-397.

BETHOUX J.P., 1977. Contribution à l'étude thermique de la Mer Méditerranée, Thèse Etat, Univ. Paris VI, 192 p.

BETHOUX J.P., 1979. Budgets of the Mediterranean Sea. Their dependance on local climate and on the characteristics of the Atlantic waters. Oceanol. Acta, 2, 157-163.

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. Oceanol. Acta, 3, 76-88.

BOYCE F.M., 1975. Internal waves in the Straits of Gibraltar. Deep-Sea Res., Vol. 22, 597-610.

CAVANIE A., 1969. Sur la genèse et la propagation d'ondes internes dans un milieu à deux couches, Cah. Océanogr., XXI, 835-643.

CAVANIE A., 1971. Modèle non linéaire et non hydrostatique appliqué a l'étude des fronts internes dans le détroit de Gibraltar. Cah. Océanogr., XXIII, 611-627.

CAVANIE A., 1972. Observations de fronts internes dans le détroit de Gibraltar pendant la campagne océanographique OTAN 1970 et Interprétation des résultats par un modèle mathématique. Mém. Soc. Roy. Sci. Liège, 6ème sèrie, II, 27-41.

CAVANIE A., 1973. Observations océanographiques dans le détroit de Gibraltar pendant la campagne PHYGIB (sept.-oct. 1971). Ann. Hydrogr. 5ème série, Vol. 1, Fasc. 1, 75-84.

CHENEY R.E., R.A. DOBLAR, 1979. Alboran Sea 1977: Physical characteristics and atmospherically induced variations of the oceanic frontal system, US Naval Oceanogr. Off.; Tech. Note 3700-82-79, 24 p.

CREPON M., 1965. Influence de la pression atmosphèrique sur le niveau moyen de la Méditerranée occidentale et sur le flux à travers le détroit de Gibraltar. Présentation d'observations. Cah. Océanogr., XVII, 15-32.

FRASSETTO R., 1960. A preliminary survey of the thermal microstructure in the Strait of Gibraltar. Deep-Sea Res., 7 (3), 152-163.

FRASSETTO R., 1964. Short-period vertical displacements of the upper layer in the Strait of Gibraltar. Saclant ASW Res. Center, Techn. Rep. n°30, part 1 texte, part 2 diagrammes, Nov.

FRASSETTO R., R.H. BACKUS & E. HAYS, 1962. Sound-scattering layers and their relation to thermal structure in the Strait of Gibraltar. Deep-Sea Res. 9, (1), Jan.-Feb., 69-72.

GADE H.G., F. ERIKSEN, 1969. Notes on the internal tide and short periodic secondary oscillations in the Strait of Gibraltar. Arbok for Universitetet i Bergen, Mat. Naturw. Serie 1969, N°9, 24 p.

KULLENBERG B., 1953. Les échanges d'eau a travers le détroit de Gibraltar. B. Inform. Com. centr. Océanogr. & Et. côtes, 1964. Deuxième contribution a l'étude du regime du détroit de Gibraltar (Travaux de 1960). Cah. Océanogr., XVI, p. 283-327.

LACOMBE H., P. TCHERNIA, C. RICHEZ & L. GAMBERONI, 1964 - Deuxiéme contribution à l'étude du regime du détroit de Gibraltar (Travaux de 1960). Cah. Océanogr., Paris XVI, p. 283-327.

LACOMBE H, F. MADELAIN, J.C. GASCARD, 1968. Rapport sur la campagne "Gibraltar I" du N/0 "JEAN CHARCOT", 7 av. - 12 mai 1967. Cah. Océanogr., XX, 102-107.

LACOMBE H., 1971. Le Détroit de Gibraltar. Océanographie Physique. In Notes et Mém. Serv. Géol. du Maroc, n° 222 bis, 111-146.

LACOMBE H., 1977. The mesoscale and local scale response of the Mediterranean to the transfer and exchange of energy across the sea surface. In Physics of the Oceans and Atmosphere, ICIP Trieste I.1. 211-278.

LANOIX F., 1972, 1974. Etude hydrologique et dynamique de la mer d'Alboran, Thèse IIIème Cycle Paris VI, 28.VI. 72 et Rapp. Tech. OTAN n° 66 (mai 1974).

LONG R.R., 1953, 54. Some aspects of the flow of stratified fluids. I-A theoretical investigation, Tellus V (1953), 42-58. II-Experiments with a two-fluid System. Tellus VI (1954), 97-115.

MADELAIN F. , 1970. Influence de la topographie du fond sur l'écoulement Cah. Océanogr., XXII, 43-61.

MILLER A.R., D.J. STANLEY, 1965. Volumetric T.S, diagrams for the Mediterranean Sea, Rapp. P-V CIESM, 18, 755-759.

MOREL A., 1971. Caractères hydrologiques des eaux échangées entre le bassin occidental et le bassin oriental de la Méditerranée. Cah. Océanogr. XXIII, 329-342.

PELUCHON G., M. BOCKEL, 1961. Travaux océanographiques de l'"ORIGNY" dans le détroit de Gibraltar, 1ère partie: Hydrologie dans le détroit. Cah. Océanogr. XIV, 323-329.

PETIT M., V. KLAUS, R. GELCI, F. FUSEY, J.J. THERY, P. BOULY, J.T. GALLAGHER, 1978. Etude d'un tourbillon océanique d'échelle moyenne en mer d'Alboran par emploi conjoint de techniques spatiales et océanographiques. CR. Acad. Sci. Paris, 287 B, 215-218, 8 fig.

STOMMEL H., H.G. FARMER, 1952, Abrupt change in width in two-layer open channel flow. Journ. Mar. Res. XI, 205-214.

STOMMEL H., H. BRYDEN, P. MANGELSDORF, 1973. Does some of the Mediterranean outflow come from great depth? Pageoph., 105, 879-889.

SVERDRUPH.U. et al., 1942. The Oceans. Prentice Hall.

TIXERONT J., 1970. Le bilan hydrologique de la Mer Noire et de la Méditerranée. Cah. Océanogr., 22, 227-237.

WHITEHEAD J.A., A. LEETMAA, R.A. KNOX, 1974. Rotating hydraulics of strait and still flows. Geophys. Fluid Dynamics, 6, 101-125.

ZIEGENBEIN J., 1969. Short internal waves in the Strait of Gibraltar. Deep Sea Res., 16, 479-487.

ZIEGENBEIN J., 1970. Spatial observations of short internal waves in the Strait of Gibraltar. Deep-Sea Res., 17, 867-875.

Rapports Techniques (T.R.) du Sous-Comité océanographique de l'Organisation du Traité de l'Atlantique Nord (OTAN).

Ces rapports techniques rassemblent souvent des résultats d'observations faites par divers navires et des études de différents auteurs.

T.R. n 2 - Projet Gibraltar. Résultats des observations océanographiques effectuées en mai et juin 1961 dans la région du détroit de Gibraltar. Oct. 1962.

T.R. n° 3 - MOSBY H., 1961-62. Hydrological observations of the M/S "HELLAND-HANSEN" near the Strait of Gibraltar. May-June 1961. Août 1962.

T.R. n° 4 - Current measurements, moteorological observations and soundings of the M/S "HELLAND-HAANSEN" near the Stralt of Gibraltar. May-June 1961. Tables. Nov. 1962.

T.R. n° 7 - BOYUM G., 1963. Hydrology and currents in the area West of Gibraltar. Results from the "HELLAND-HANSEN" Expedition May-June 1961. Mai 1963.

T.R. n° 10 - Projet Gibraltar. Résultats des observations effectuées en mai et juin 1961 dans la région du détroit de Gibraltar. Février 1964.

T.R. n° 14 - Projet Gibraltar. Résultats des observations océagnographiques effectuées dans la région du détroit de Gibraltar. Juill. 1964.

T.R. n° 21 - Projet Gibraltar. Résultats des observations océanographiques effectuées dans la région du détroit de Gibraltar. Mars 1965.

T.R. n° 30 - CANO M., 1966. Campagna oceanografica della nave "STAFFETTA" della marina militare nello stretto di Gibilterra (8 Maggio-19 giugno 1961). Ottobre 1966.

T.R. n° 31 - Projet Gibraltar. Résultats des observations effectuées a bord du navire belge "EUPEN" (mai-juin 1961). Décembre 1966.

T.R. n° 34 -BOYUM H. Hydrological observations of the M/S "HELLAND-HANSEN" in the area West of Gibraltar. May 1965. Tables. Bergen. Févr. 1967.

T.R. n° 36 - BOYUM G., 1967. Hydrology and currents in the West of Gibraltar. Résults from the" HELLAND-HANSEN" Expedition. May 1965. Bergen. Avril 1967.

TABLE DES MATIERES

INTRODUCTION- - La Méditerranée, mer a seuils
- Le Détroit de Gibraltar: un détroit-type

I. Le REGIME MOYEN

I.A Etude par les bilans

I.A-1) Par des mesures dans le détroit

I.A-2) Par des mesures dans le détroit combinées à des évaluations sur l'ensemble de la mer.

I.A-3) Par la conservation du sel dans l' ensemble, de la mer.

I.B L'approche du regime du détroit par des considérations dynamiques

I.B-1) L'approche de KULLENBERG (1953)

I.B-2) L'approche de STOMMEL (1952-3), d'ANATI(1980)

I.B-3) L'approche de WHITEHEAD et al (1974)

I.C Quelques caractères du regime moyen selon les lieux

I.C-1) Profil vertical de vitesse moyenne;

I.C-2) Regime hydrologique moyen et mélanges entre couches

I.C-3) Forme de l'interface moyenne

II. FLUCTUATIONS IMPOSEES AU REGIME MOYEN PAR LA MAREE

II.A Fluctuations dues à la marée dans: l'Ouest du détroit

II. B Fluctuations dues à la marée dans l'Est du détroit

II. C Fluctuations due à la marée dans la partie moyenne du détroit

II.C-1) Le Seuil.

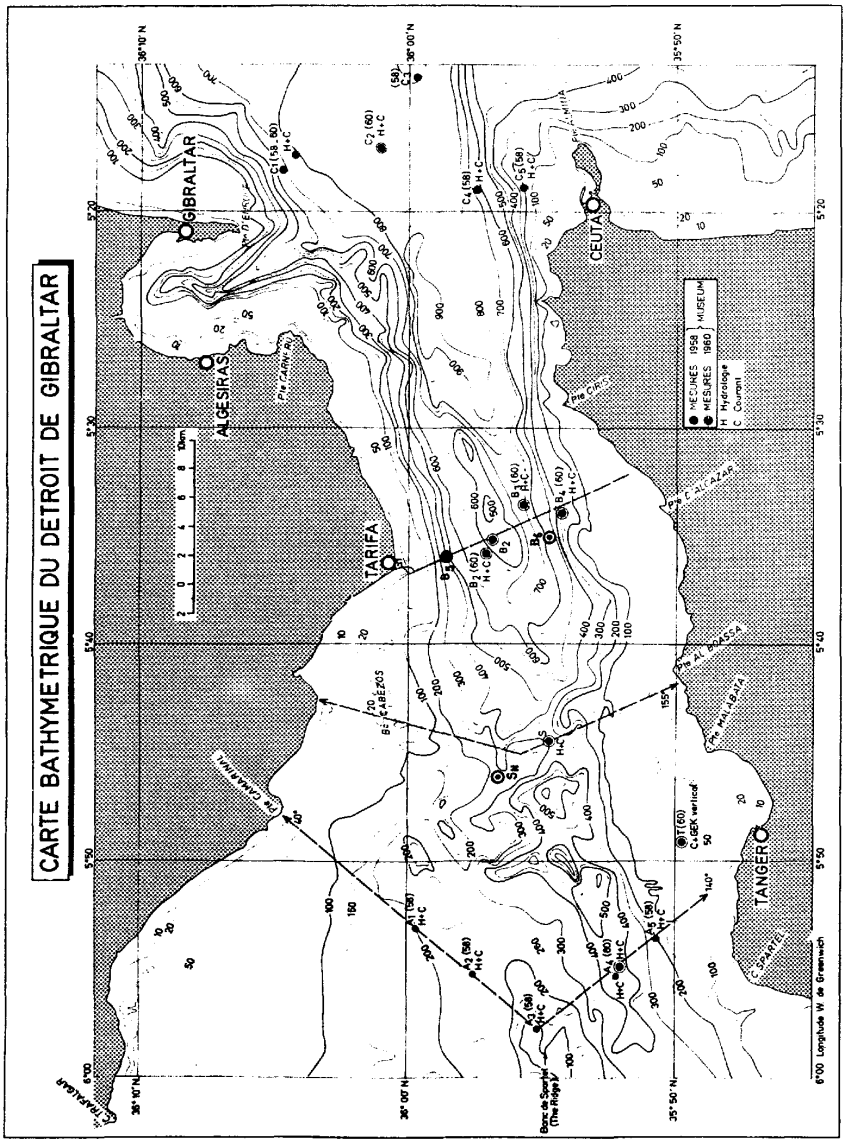
II.C-2) La section de Tarifa

II.D Queìques indications sur les effets non-linèaires

III. EFFETS METEOROLOGIQUES

IV. EFFETS DU REGIME DU DÉTROIT SUR QUELQUES PHENOMENES CONSTATES A L'EST ET A L'OUEST

CONCLUSION



CARTE A : Carte bathymétrique du Détroit de Gibraltar. Profondeur en mètres. Principaux points d'observation occupés en 1958 et 1960, où ont été acquises des données citées dans l'article.

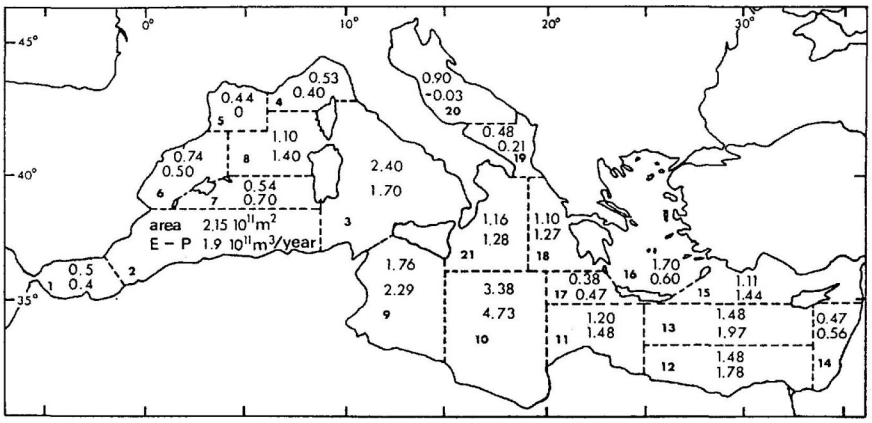


FIGURE 1

Area (upper number in 10^{11} m^2) and mean annual water deficit (in 10^{11} m^3 by year, lower number) in different zones of the Mediterranean.

Superficie (nombre supérieur en 10^{11} m^2) et déficit en eau annuel moyen (nombre inférieur, en 10^{11} m^3 par an) en différentes zones de la Méditerranée.

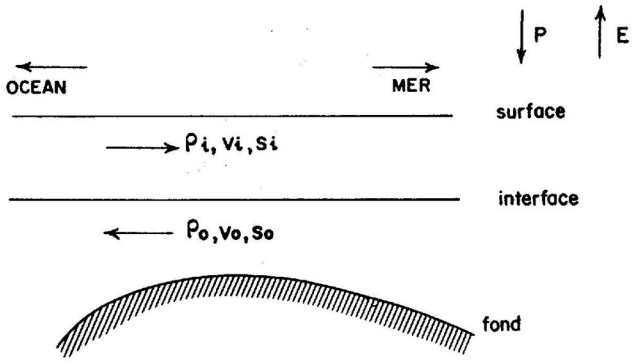


FIGURE 2

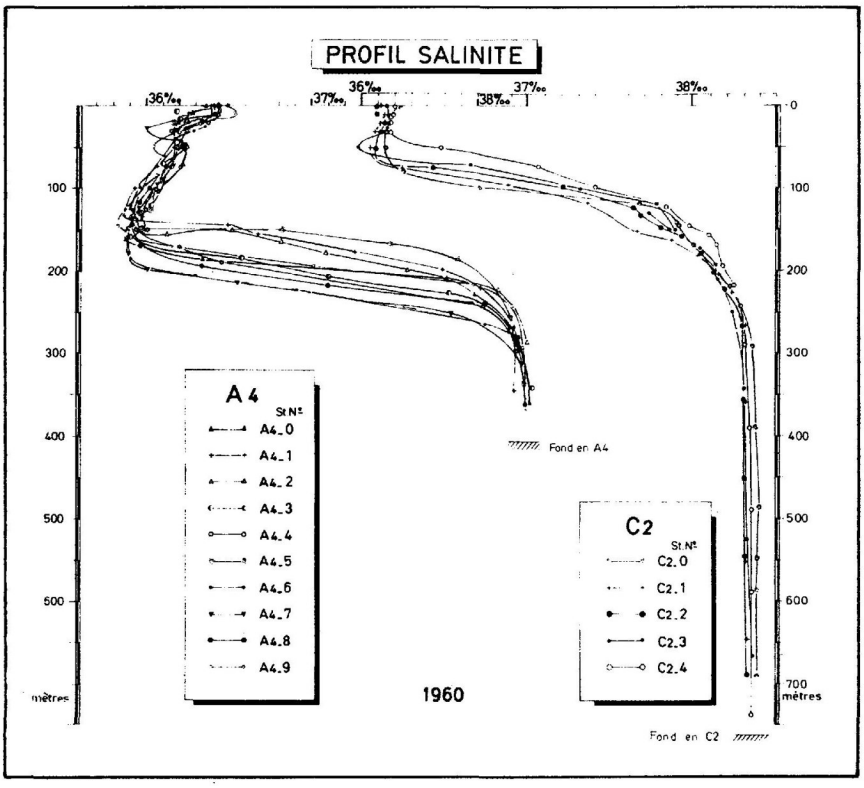


FIGURE 3 : Profils verticaux de salinité à l'Ouest du Détroit, en A4 (10 stations) et à l'Est du Détroit, en C2 (5 stations).

DETROIT DE GIBRALTAR (Sept. 1960- mai-juin 1961)

Flux moyennés sur 12 heures et sur 24 heures, en millions de m^3/sec

	Entrant Vo		Sortant Vm	
	moyenné sur 12 h	moyenné sur 24 h	moyenné sur 12 h	moyenné sur 24 h
Sept.	0,60	0,98	1,11	0,98
1960	1,37	0,95	0,85	1,11
	0,53	0,84	1,38	1,16
	1,15	1,05	0,94	0,96
(Point A4)	0,95	1,31	0,99	0,82
	1,68	1,50	0,66	0,77
	1,33		0,88	
	—		—	
	1,05		0,42	
Mai	1,67		0,46	
	—		—	
Juin	1,87		0,59	
1961	0,25	1,06	1,42	1,01
	—		—	
	1,05		0,89	
	2,49	1,77	0,37	0,63
	1,19	1,84	1,26	0,82
	2,45	1,82	0,58	0,92
	—		—	
	0,99		1,35	
(Point A4)	2,24	1,61	0,72	1,03
	0,86	1,55	1,43	1,07
	1,58	1,22	0,73	1,08
	0,96	1,27	1,15	0,94
	1,32	1,14	1,07	1,11
	—		—	
	0,97		1,71	
	1,57	1,27	0,90	1,30
	0,83	1,20	2,28	1,59
	—		—	
	1,50		0,98	
	0,86	1,18	2,17	1,58
	2,02	1,44	0,78	1,48
	1,26	1,64	1,67	1,23
	1,89	1,57	0,80	1,24
	0,72	1,30	1,13	0,97
	1,21	0,96	1,31	1,22
	1,31	1,26	1,81	1,56
	0,85	1,08	1,22	1,52
	0,53	0,69	1,51	1,37
	0,38	0,45	1,39	1,45

FIGURE 4

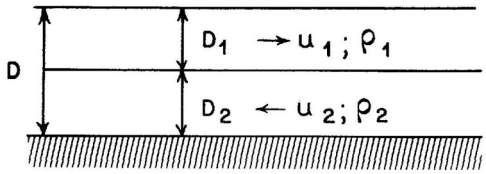


FIGURE 5

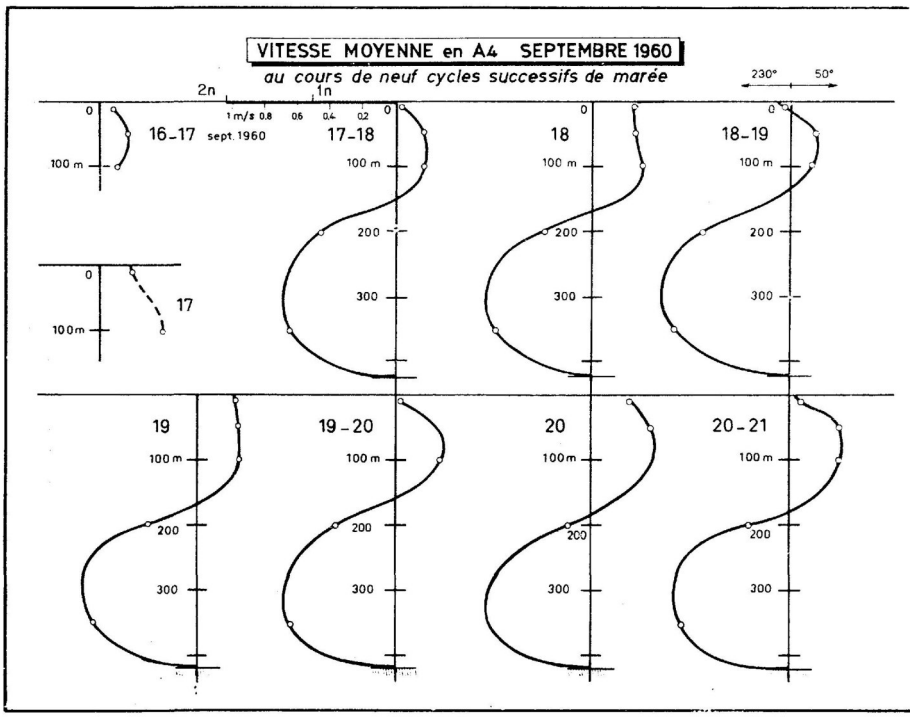


FIGURE 6 : Vitesses moyennes du courant en A4 au cours de 9 cycles successifs de marée, d'après des mesures faites en septembre 1960 (composante de la vitesse perpendiculaire à A3-A4-A5 (cf. FIG. 1)).

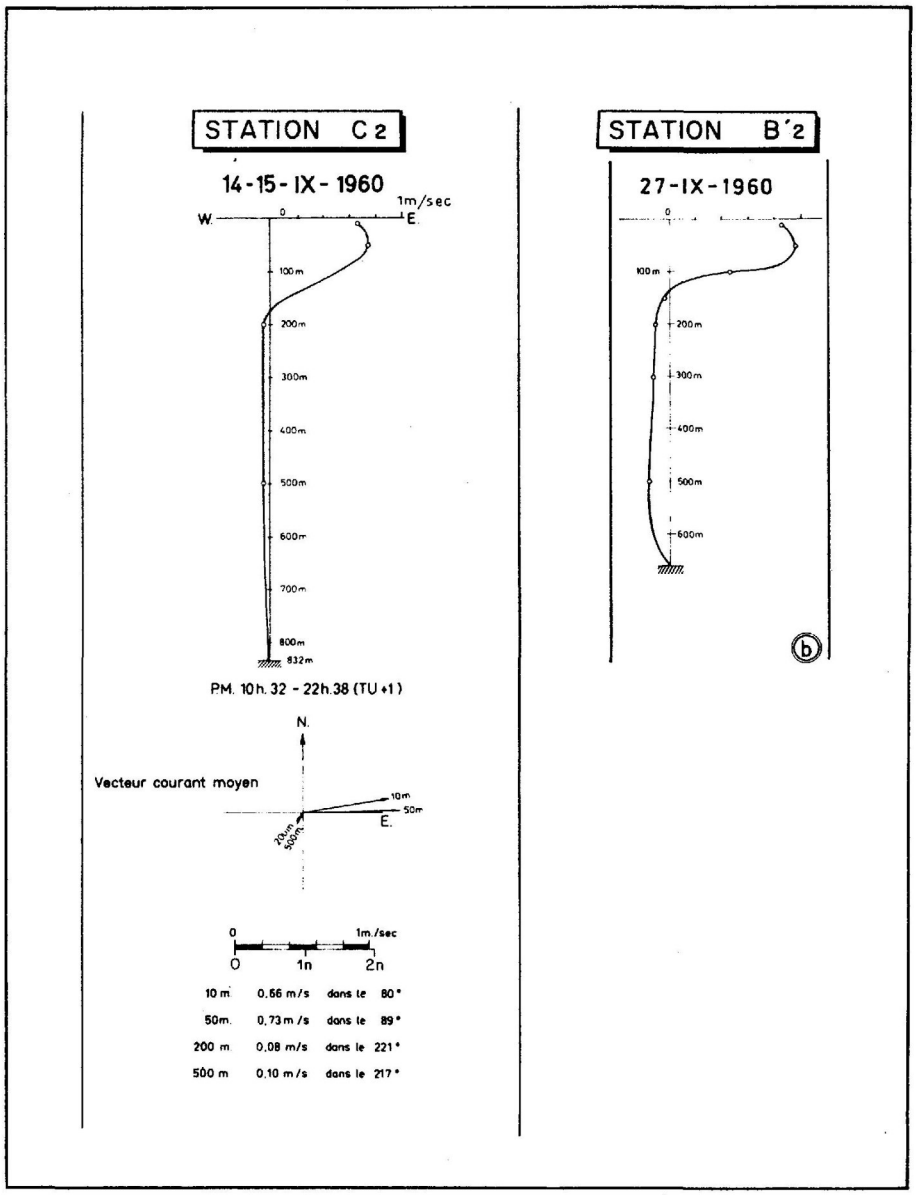


FIGURE 7 : Vitesse moyenne du courant en C2 les 14 et 15 septembre 1960, et en B'2 le 27 septembre 1960. En C2, composante de la vitesse selon la direction E-W, en B'2, selon l'axe du chenal en ce point (65°-245°)

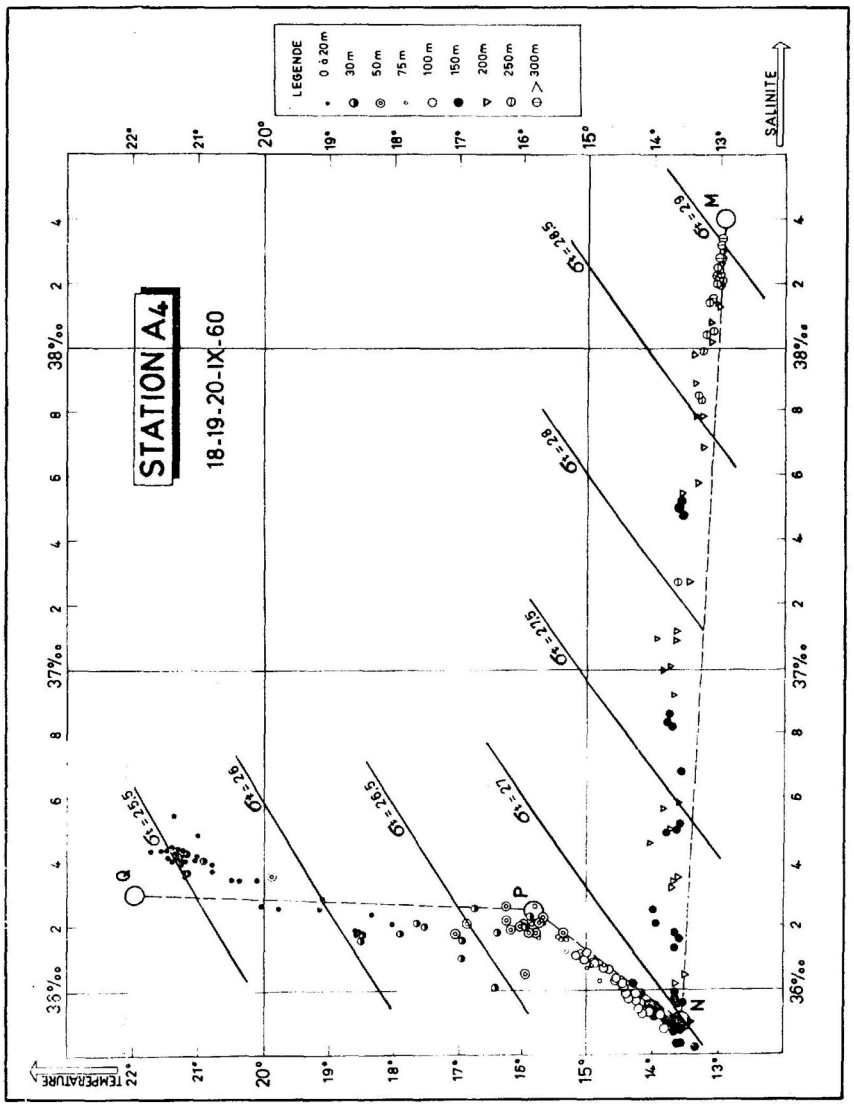


FIGURE 8 : Diagramme TS groupant les points figuratifs de toutes les stations hydrologiques effectuées dans l'Ouest du Détroit, en A4, les 18-19 et 20 septembre 1960. (PN est le segment représentatif de l'eau centrale Nord Atlantique, le point M correspond à l'eau profonde de la Méditerranée Occidentale. La droite QP représente l'eau superficielle).

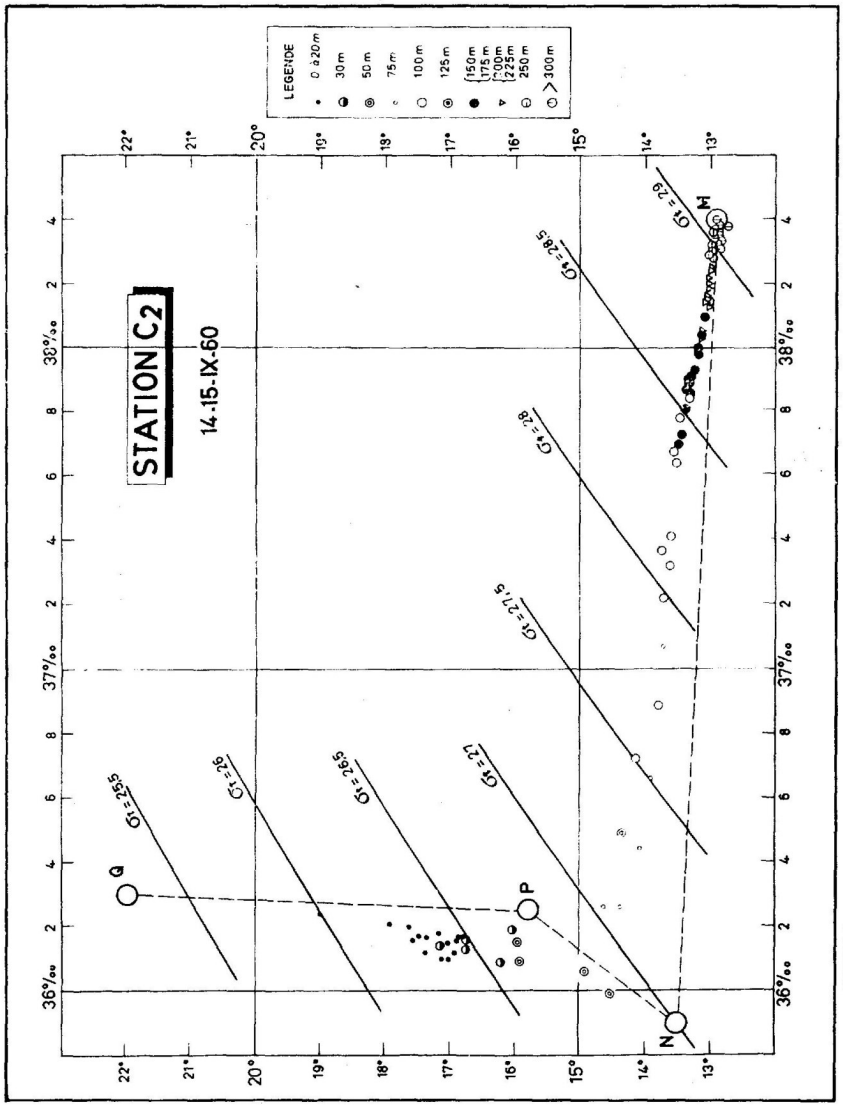


FIGURE 9 : Diagramme TS groupant les points figuratifs de toutes les stations hydrologiques effectuées dans l'Est du détroit, en C2, les 14-15 septembre 1960. On a fait figurer sur ce diagramme les points repères *Q*, *P*, *N*, et *M* (*cf.* FIG. 5).

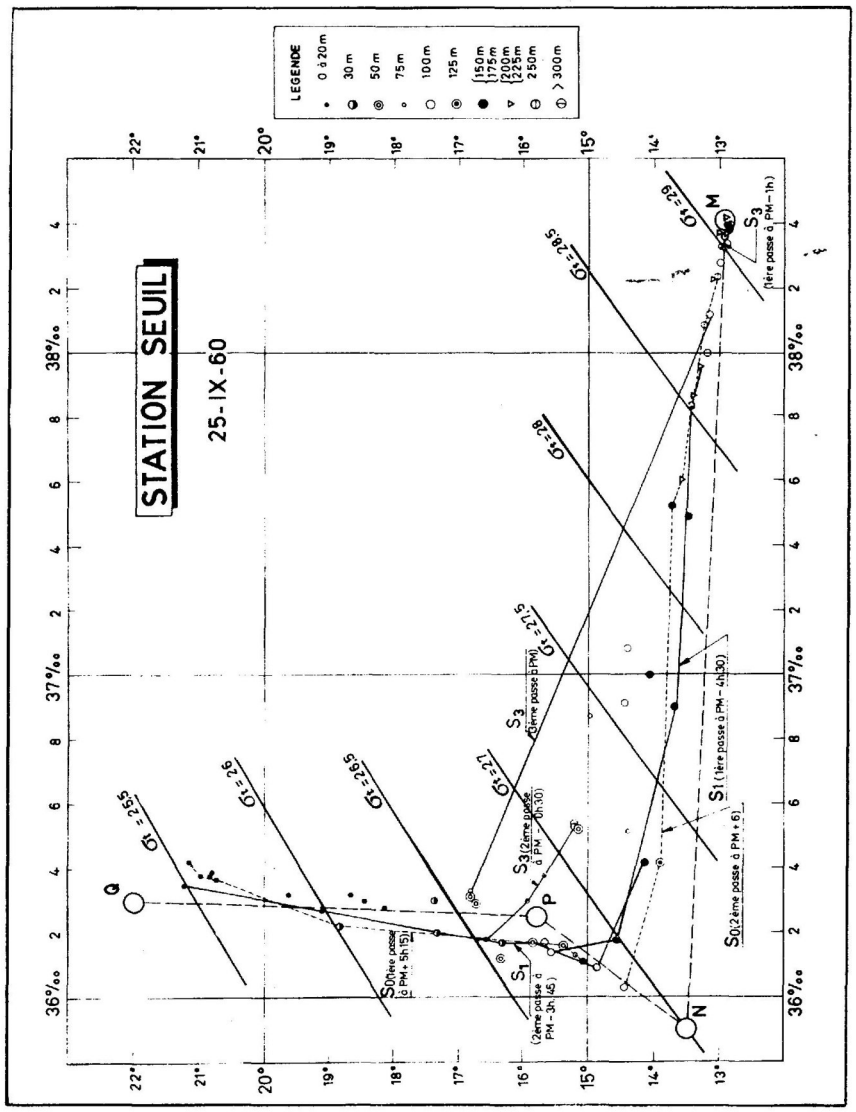


FIGURE 10 : Diagramme TS groupant les points figuratifs des stations hydrologiques effectuées sur le seuil du détroit, au point S, le 25 septembre 1960. Les points figuratifs des stations S0, S1 et S3 ont été joints et les heures par rapport à la pleine mer indiquées, afin de rendre visible l'évolution du diagramme TS au cours d'une marée.

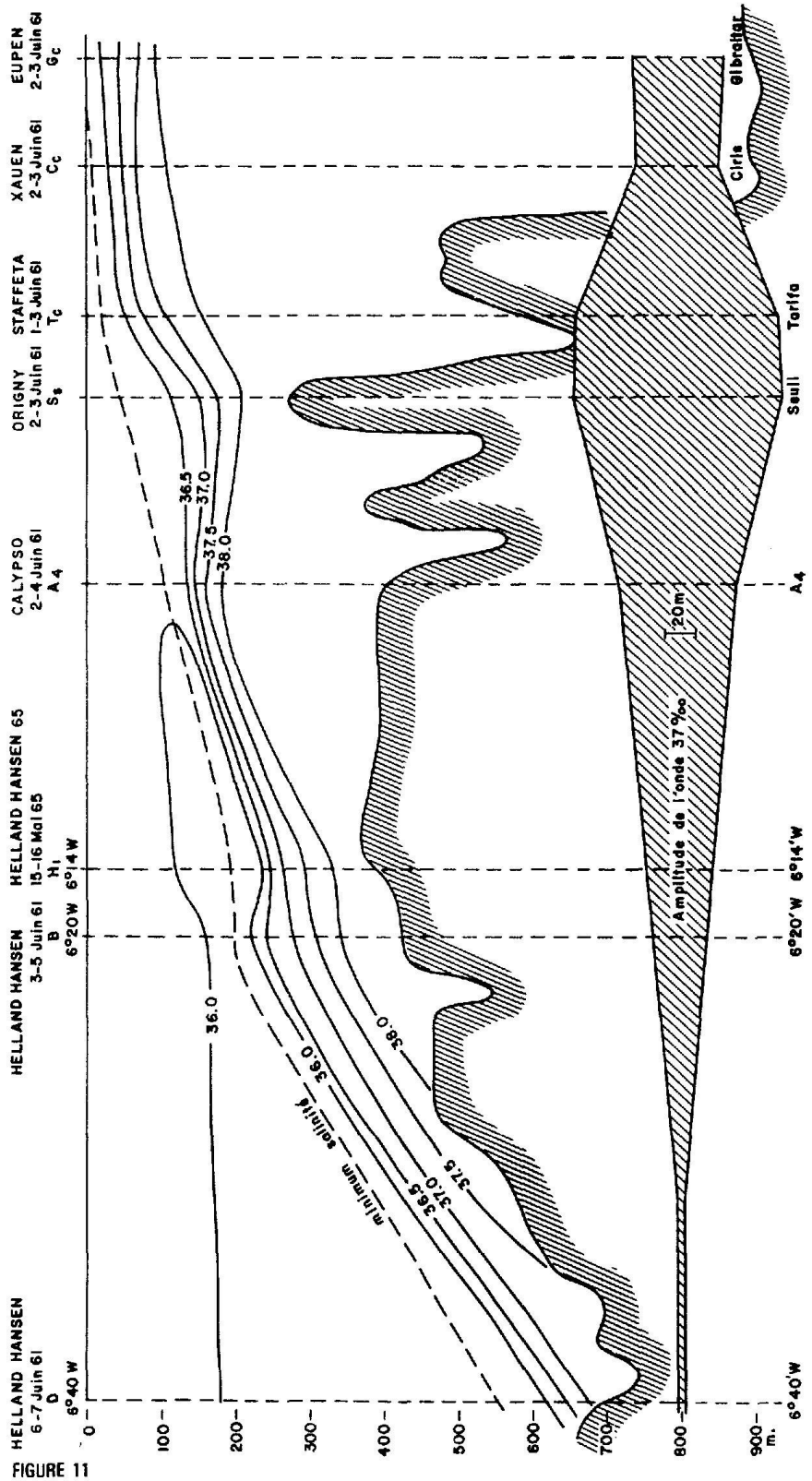

HELLAND HANSEN
6-7 Juin 61
D
6°40 W
HELLAND HANSEN
3-5 Juin 61
B
6°20 W
HELLAND HANSEN 65
15-16 Mai 65
H1
6°14 W
CALYPSO
2-4 Juin 61
A4
ORIGNY
2-3 Juin 61
Ss
STAFFETA
1-3 Juin 61
Tc
XAUEN
2-3 Juin 61
Cc
EUPEN
2-3 Juin 61
Gc
Gibraltar
Ceuta
Seuil
Tarifa
A4
6°20' W
6°14' W
6°40' W
20m
Amplitude de l'onde 37‰
minimum salinity
36.0
36.5
37.0
37.5
38.0
0
100
200
300
400
500
600
700
800
900
m.

FIGURE 11

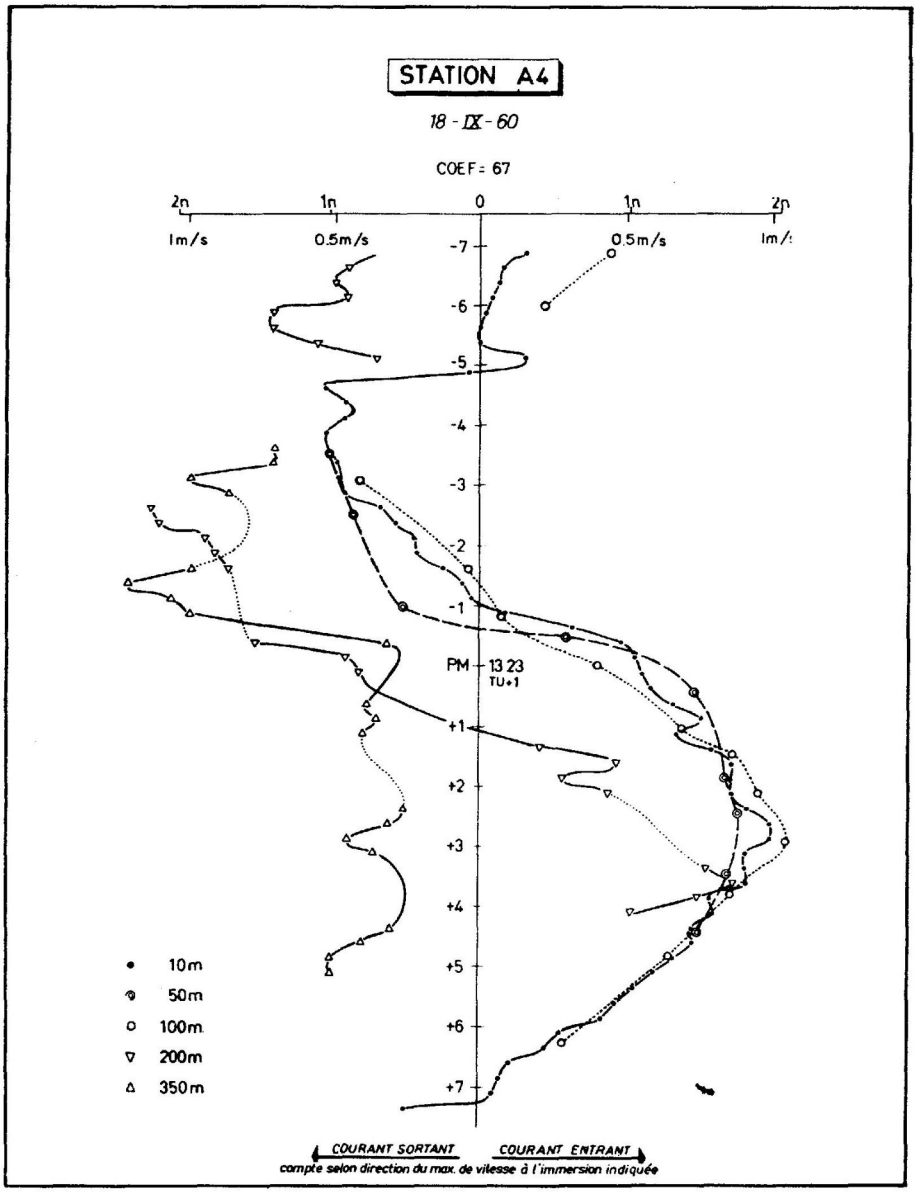


FIGURE 12 : Variation de la composante de la vitesse du courant global selon l'axe du chenal (50°-235°) en fonction du temps à diverses immersions au cours d'une marée, à la station A4, à l'Ouest du détroit.

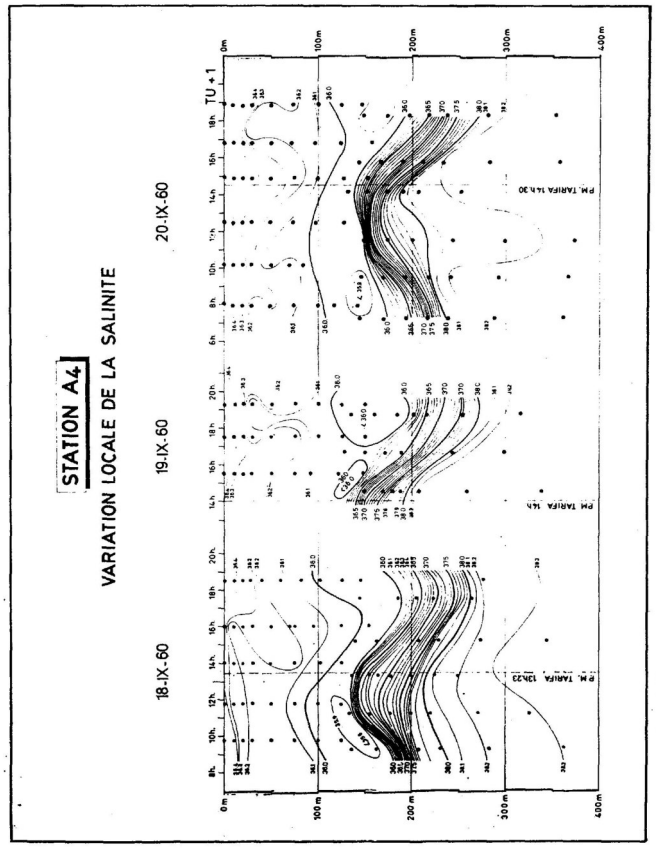


FIGURE 13 : Profil de l'onde interne en A4 : variation locale de la salinité en fonction du temps les 18-19-20 septembre 1960.

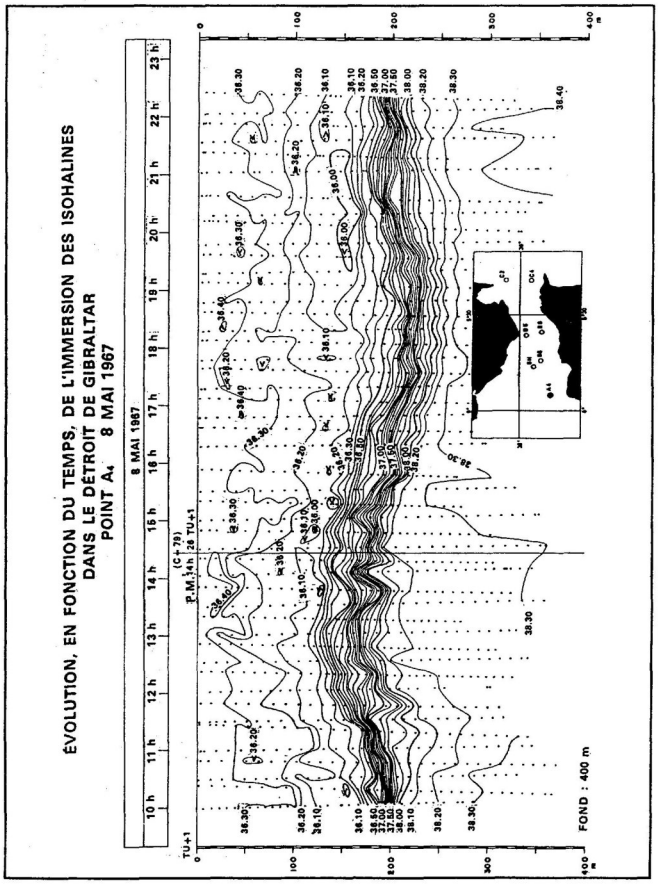

ÉVOLUTION, EN FONCTION DU TEMPS, DE L'IMMERSION DES ISOHALINES
DANS LE DÉTROIT DE GIBRALTAR
POINT A4 8 MAI 1967
8 MAI 1967
10 h
11 h
12 h
13 h
14 h
15 h
16 h
17 h
18 h
19 h
20 h
21 h
22 h
23 h
TU+1
FOND : 400 m

FIGURE 14

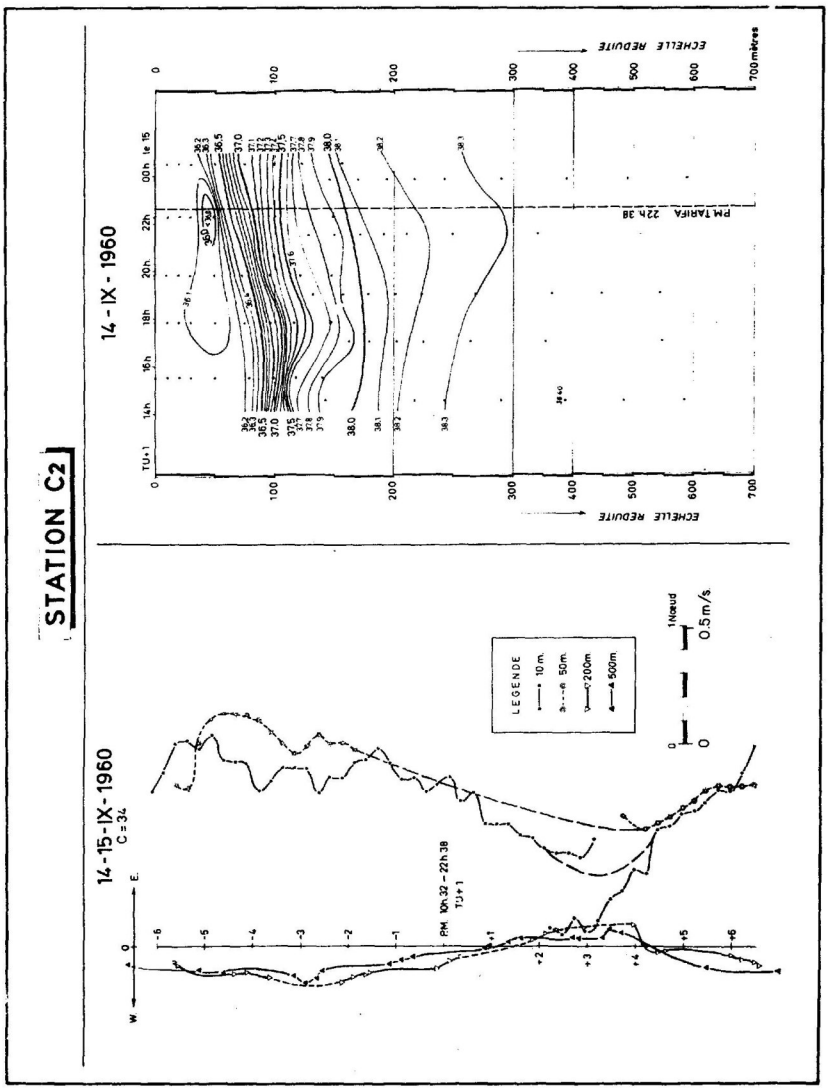


FIGURE 15 : A gauche : variation de la composante longitudinale de la vitesse du courant global en fonction du temps, à diverses immersions en C2, à l'Est du détroit, au cours d'une marée les 14-15 septembre 1960. A droite : variation de la salinité en fonction du temps, au même point C2.

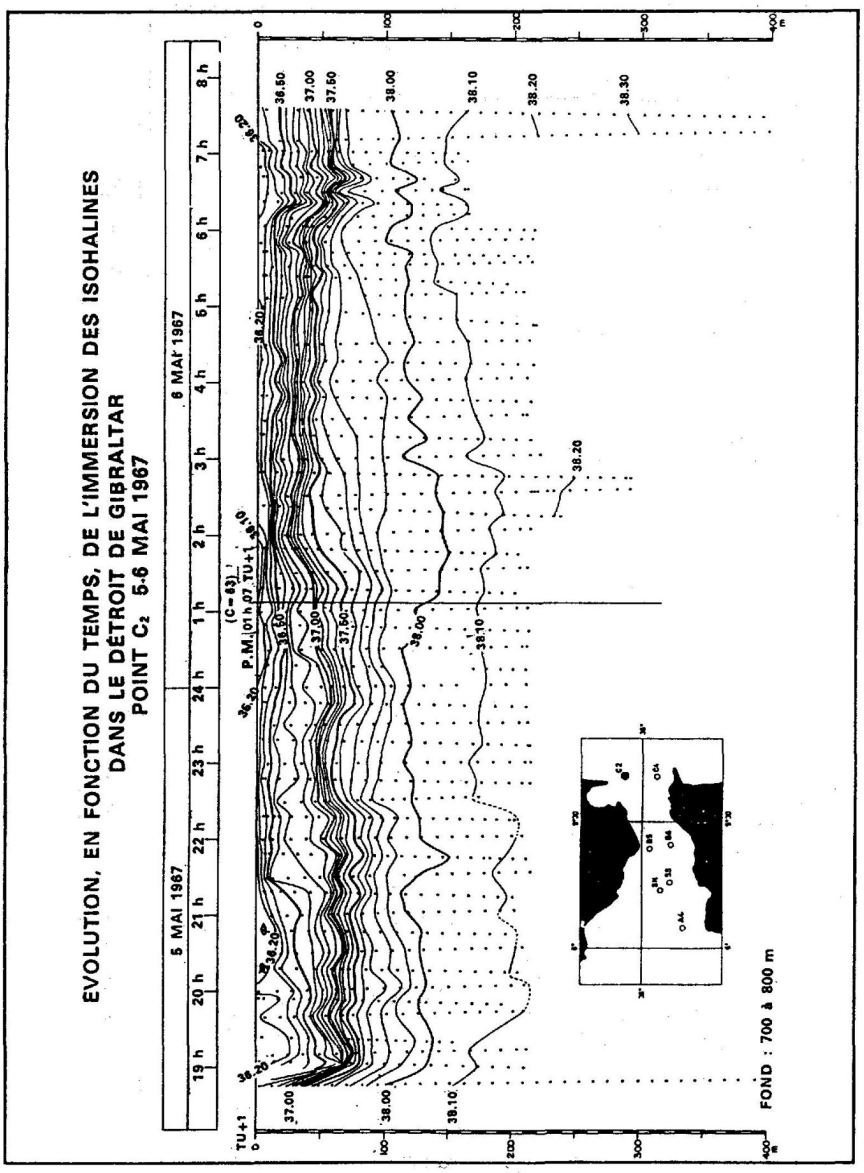

EVOLUTION, EN FONCTION DU TEMPS, DE L'IMMERSION DES ISOHALINES
DANS LE DÉTROIT DE GIBRALTAR
POINT C2 5-6 MAI 1967
5 MAI 1967
6 MAI 1967
19 h
20 h
21 h
22 h
23 h
24 h
1 h
2 h
3 h
4 h
5 h
6 h
7 h
8 h
TU+1
0
100
200
300
400 m
37.00
37.50
38.00
38.10
38.20
38.30
P.M. (01 h 07 TU+1)
(C = 63)
FOND : 700 à 800 m

FIGURE 16

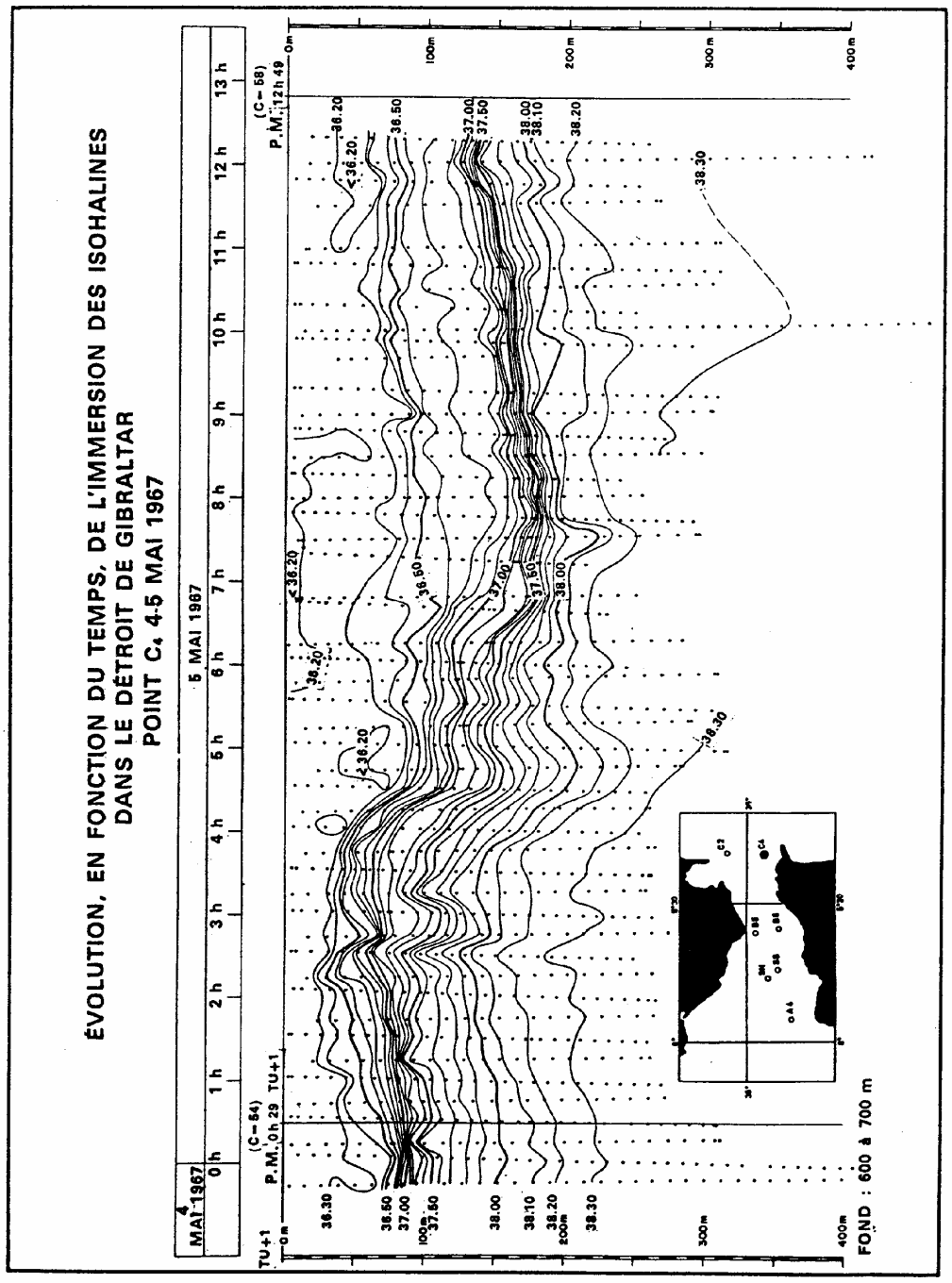

ÉVOLUTION, EN FONCTION DU TEMPS, DE L'IMMERSION DES ISOHALINES
DANS LE DÉTROIT DE GIBRALTAR
POINT C4 4-5 MAI 1967
4 MAI 1967
5 MAI 1967
0 h
1 h
2 h
3 h
4 h
5 h
6 h
7 h
8 h
9 h
10 h
11 h
12 h
13 h
(C-58)
P.M. 12h49
(C-84)
P.M. 0h 29
TU+1
0m
100m
200m
300m
400m
36.20
36.30
36.50
37.00
37.50
38.00
38.10
38.20
38.30
FOND : 600 à 700 m

FIGURE 17

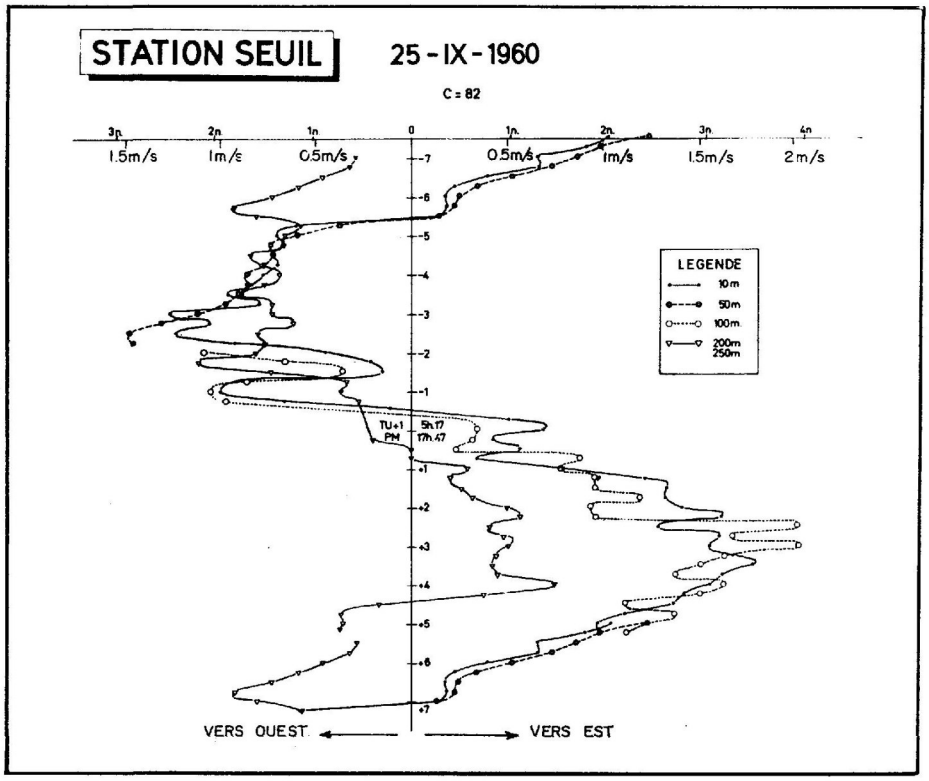


FIGURE 18 : Variation de la composante longitudinale de la vitesse du courant global en fonction du temps, à diverses immersions, sur le Seuil du détroit, au cours d'une marée le 25 septembre 1960.

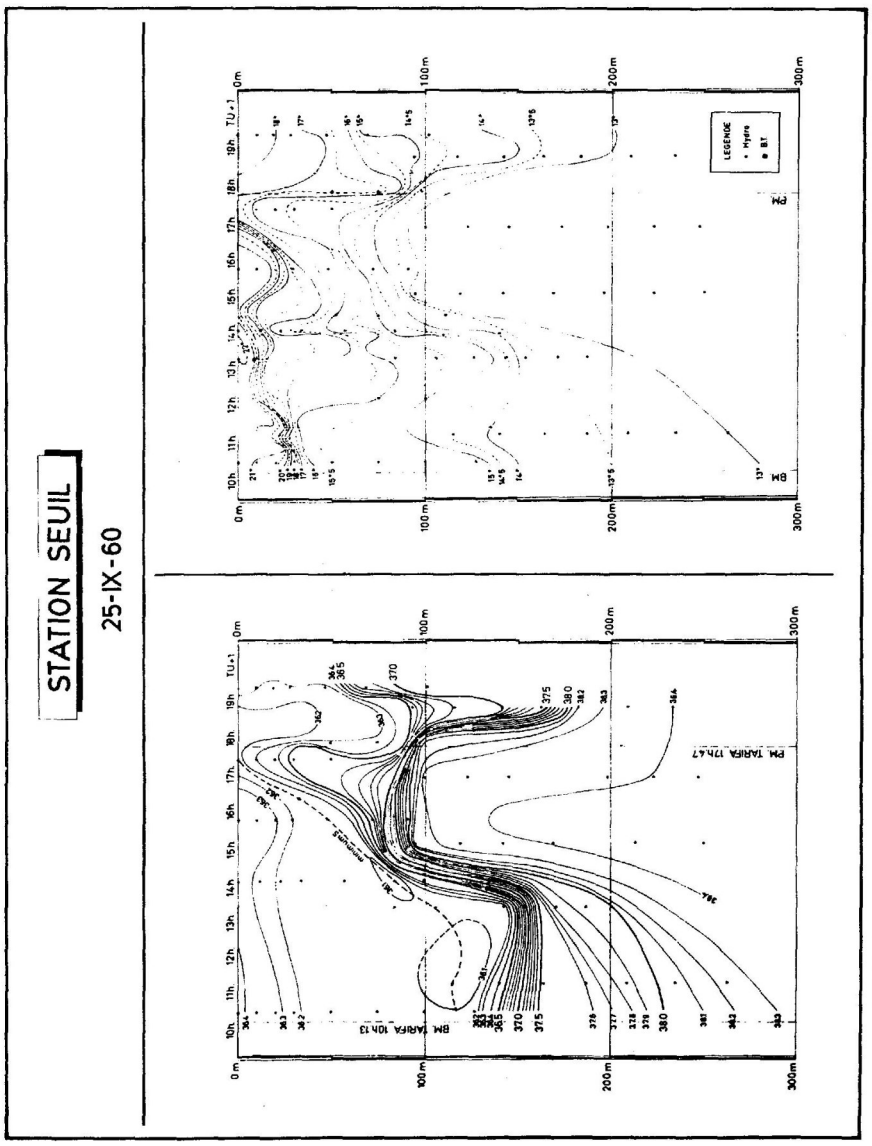


FIGURE 19 : *Profil de l'onde interne à la station Seuil le 25 septembre 1960. A gauche, variation de la salinité en fonction du temps ; à droite, variation de la température.*

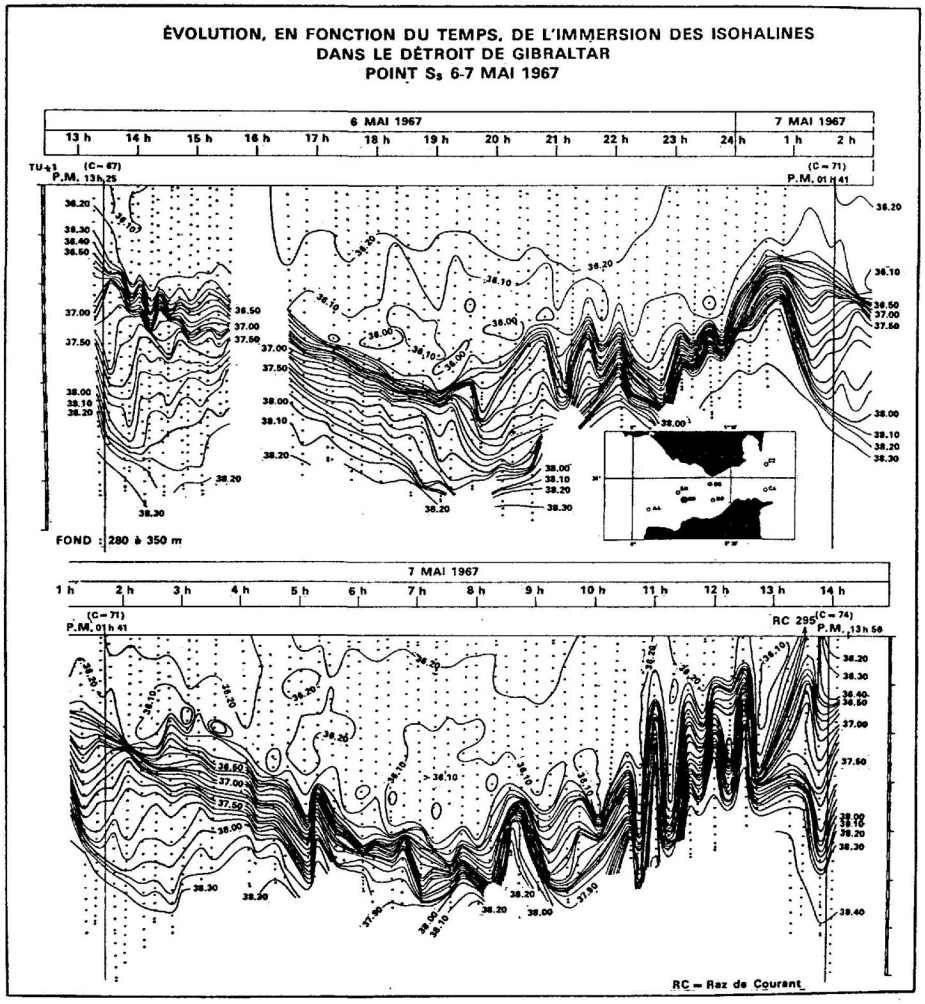

ÉVOLUTION, EN FONCTION DU TEMPS, DE L'IMMERSION DES ISOHALINES
DANS LE DÉTROIT DE GIBRALTAR
POINT S5 6-7 MAI 1967
6 MAI 1967
7 MAI 1967
13 h 14 h 15 h 16 h 17 h 18 h 19 h 20 h 21 h 22 h 23 h 24 h 1 h 2 h
TU+1
(C – 67)
P.M. 13 h 25
(C – 71)
P.M. 01 h 41
FOND : 280 à 350 m
7 MAI 1967
1 h 2 h 3 h 4 h 5 h 6 h 7 h 8 h 9 h 10 h 11 h 12 h 13 h 14 h
(C – 71)
P.M. 01 h 41
RC 295
(C – 74)
P.M. 13 h 50
RC = Raz de Courant

FIGURE 20

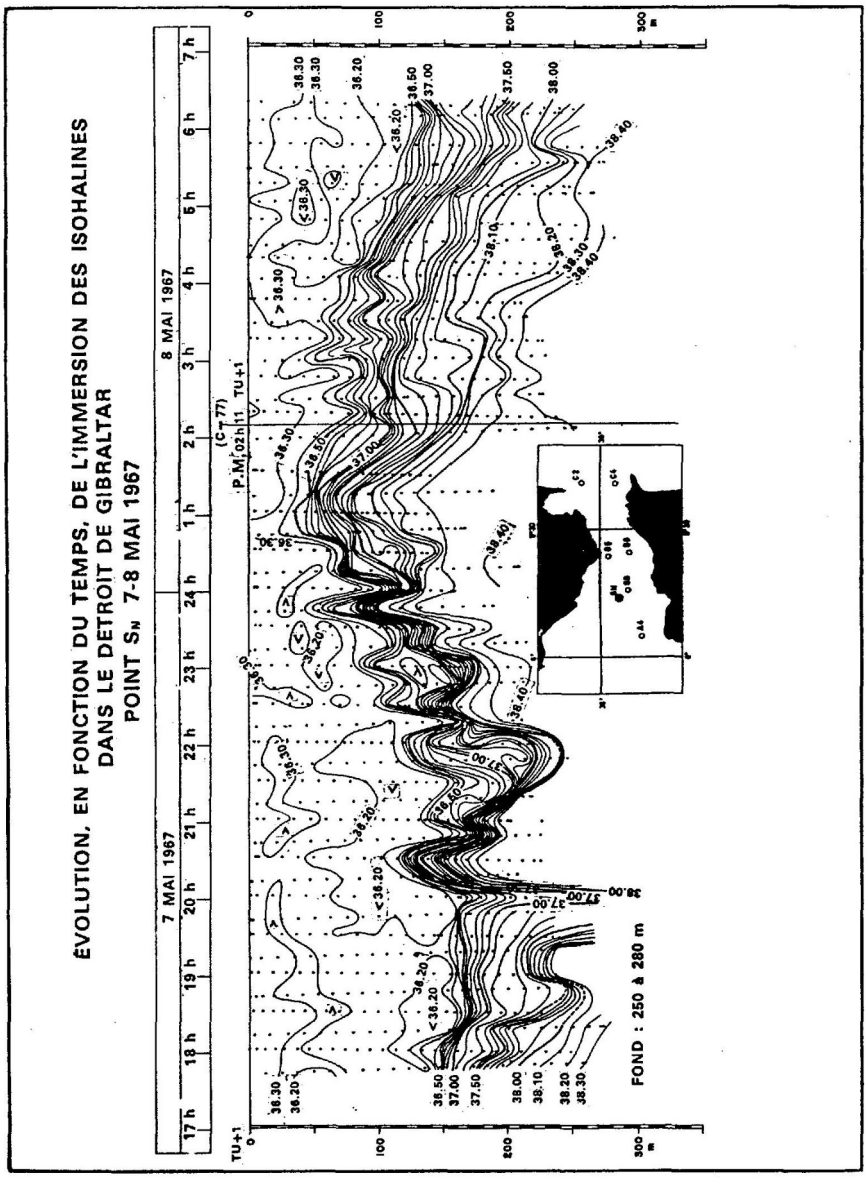

ÉVOLUTION, EN FONCTION DU TEMPS, DE L'IMMERSION DES ISOHALINES
DANS LE DETROIT DE GIBRALTAR
POINT SN 7-8 MAI 1967
7 MAI 1967
8 MAI 1967
17 h
18 h
19 h
20 h
21 h
22 h
23 h
24 h
1 h
2 h
3 h
4 h
5 h
6 h
7 h
TU+1
P.M. 02h11 TU+1
(C 77)
FOND : 250 à 280 m
0
100
200
300 m

FIGURE 21

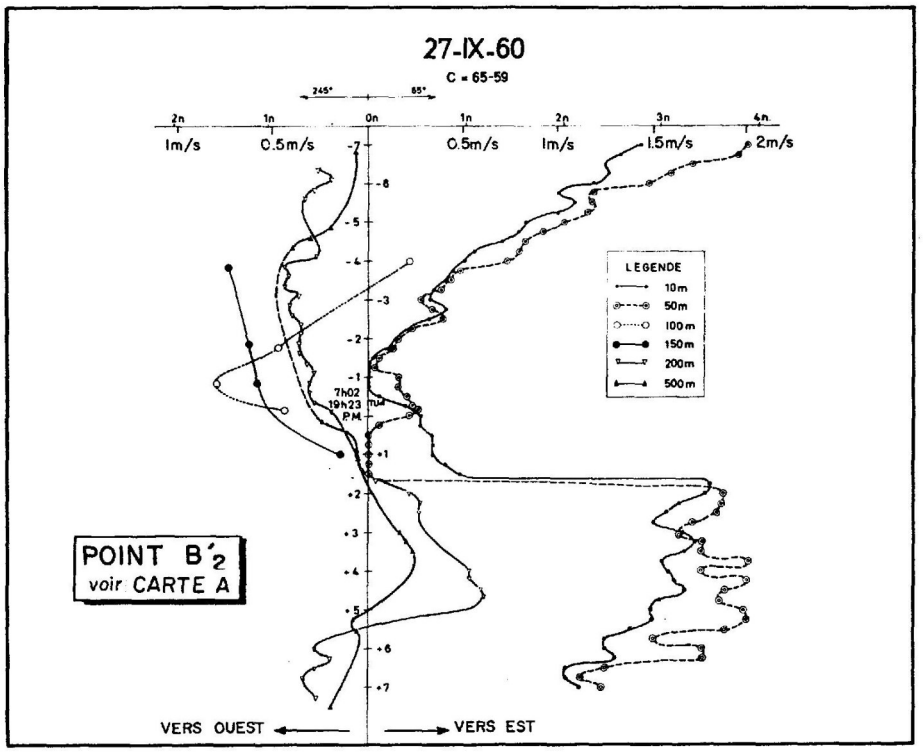


FIGURE 22 : Variation de la composante longitudinale de la vitesse du courant en fonction du temps, à diverses immersions, au point B'_2 sur la section de Tarifa, au nord du détroit.

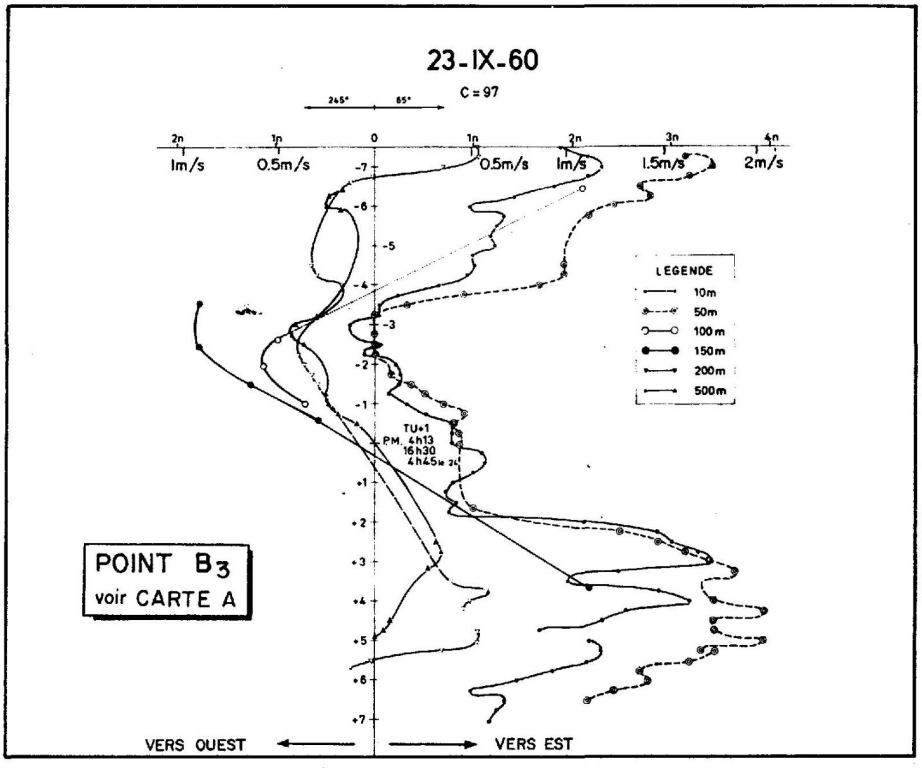


FIGURE 23 : Variation de la composante longitudinale de la vitesse du courant global en fonction du temps, à diverses immersions, au point B_3, sur la section de Tarifa, au centre du détroit.

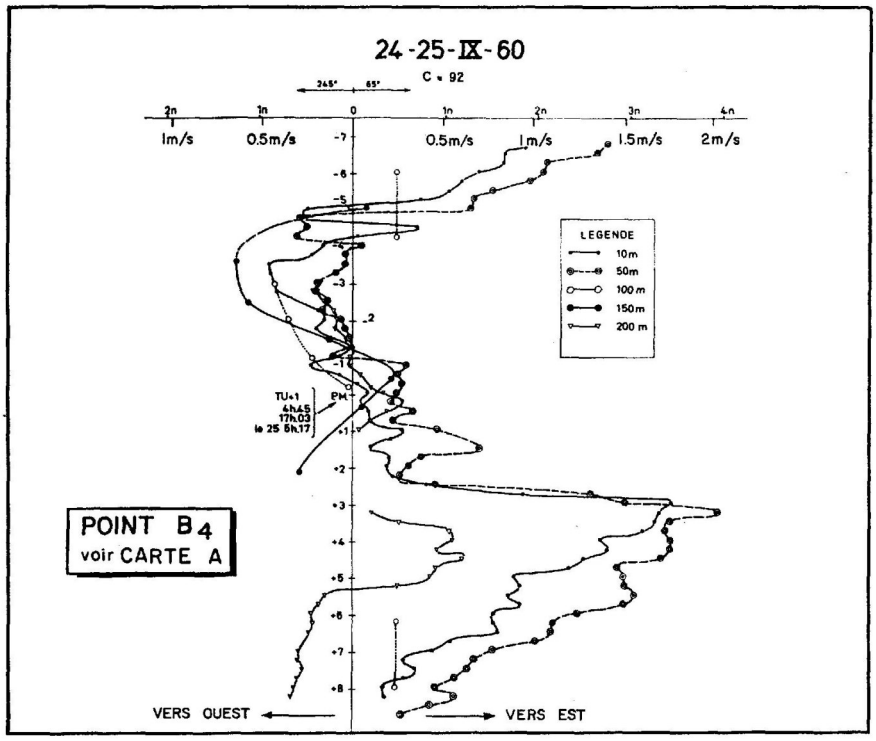


FIGURE 24 : Variation de la composante longitudinale de la vitesse du courant global en fonction du temps, à diverses immersions — au point B_4, sur la section de Tarifa, au sud du détroit.

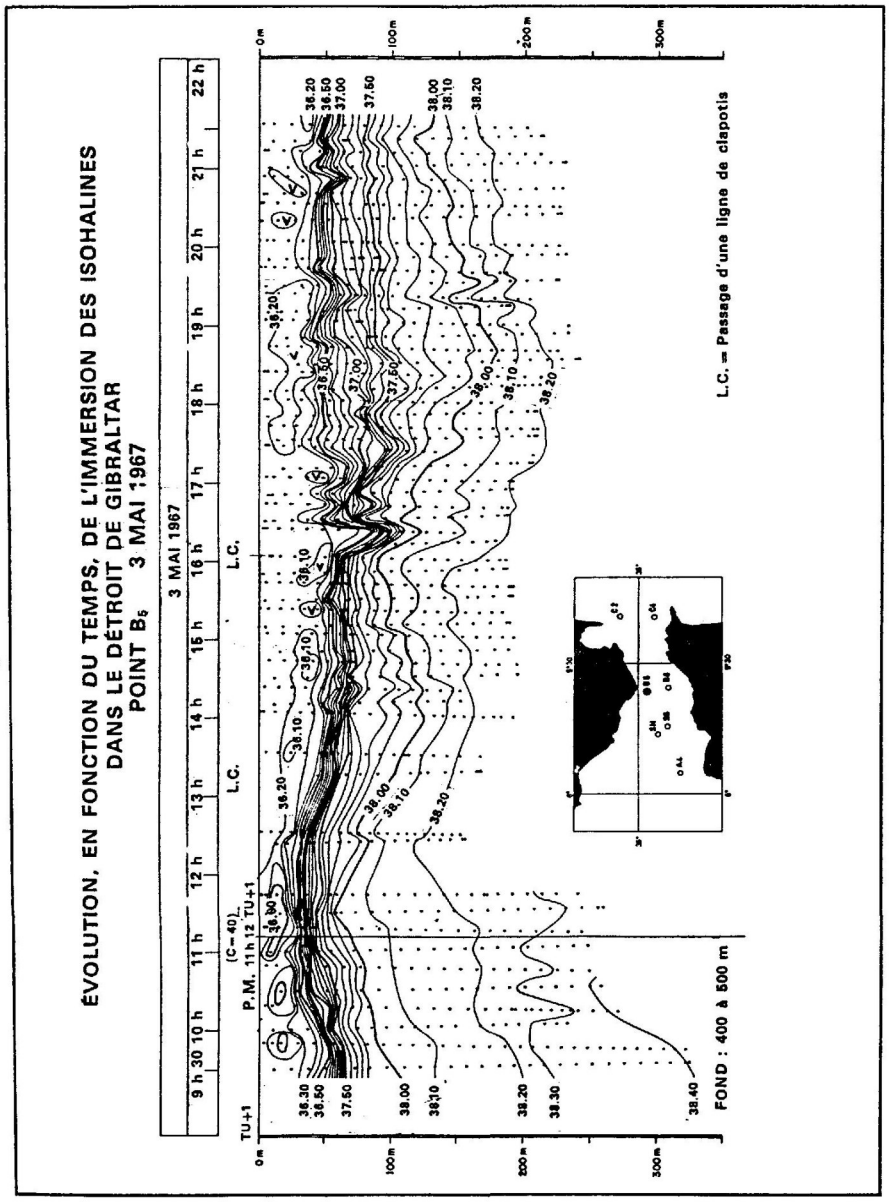

ÉVOLUTION, EN FONCTION DU TEMPS, DE L'IMMERSION DES ISOHALINES
DANS LE DÉTROIT DE GIBRALTAR
POINT B5 3 MAI 1967
3 MAI 1967
9 h 30 10 h 11 h 12 h 13 h 14 h 15 h 16 h 17 h 18 h 19 h 20 h 21 h 22 h
TU+1
L.C.
P.M. 11 h 12 TU+1
(C = 40)
0 m
100 m
200 m
300 m
FOND : 400 à 500 m
L.C. = Passage d'une ligne de clapotis

FIGURE 25

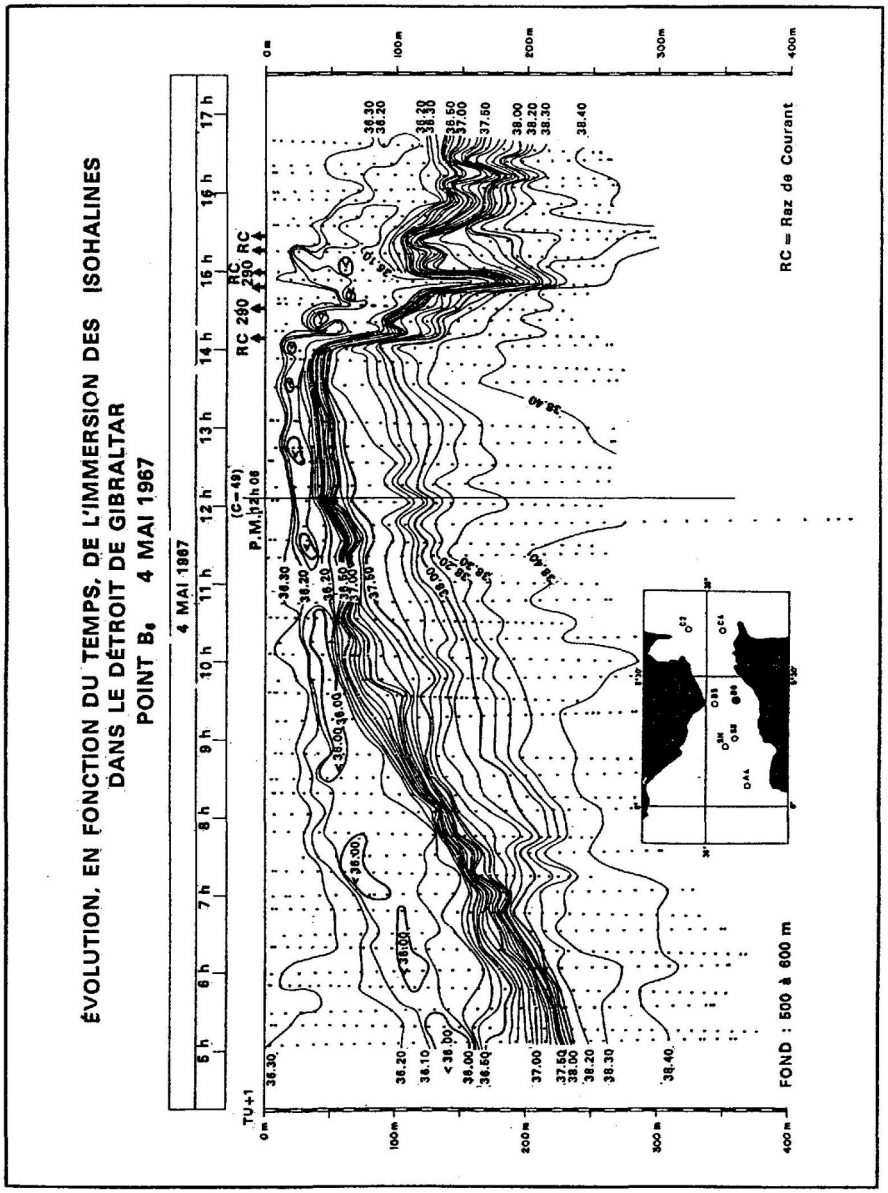

ÉVOLUTION, EN FONCTION DU TEMPS, DE L'IMMERSION DES ISOHALINES
DANS LE DÉTROIT DE GIBRALTAR
POINT B6 4 MAI 1967
4 MAI 1967
RC = Raz de Courant
FOND : 500 à 600 m

FIGURE 26

SPATIAL AND TEMPORAL SCALES OF PHYSICAL AND BIOLOGICAL PROCESSES IN THE LAURENTIAN GREAT LAKES AND THE IMPORTANCE OF NON-EQUILIBRIUM PHYTOPLANKTON DYNAMICS.

GRAHAM.P.HARRIS

Department of Biology
McMaster University
Hamilton, Ontario
Canada

The Laurentian Great Lakes represent the largest System of fresh water lakes In the world. All the lakes rank within the top 14 lakes on the basis of surface area, with areas In the range of 20,000 to 82,000 km2. The mean depth of the lakes ranges from 18 m. for Lake Erie to 184 m. for Lake Superior and the residence times of water in the lakes ranges from 3 to 183 years. Because of their position in temperate latitudes and their large size the Lakes are monomictic (or dimictic depending on ice cover) and show large scale internal motions during the period of summer stratification. The hydrodynamics of the Great Lakes has been reviewed by a number of authors and, while problems remain, the basic phenomena have been described (Boyce 1974, Csanady 1973, 1975, 1978, Mortimer 1974, 1979). Boyce (1974 and pers. comm.) has defined the time scales of interest in lake basins of this size and these may be defined as follows:

where D = area and H = mean depth.

$$T_f = \frac{D^2 H}{Q}$$

$$Ts = \frac{H}{W}$$

$$T_m = \frac{D^2}{K_H}$$

where Tf is the flushing time (in years) with Q0 equal to the annual inflow rate; Ts-1 is the setting time with w equal to the mean setting velocity (m. day) and T is the horizontal mixing time where KH is the horizontal diffusivity.

As indicated previously the flushing time of the Lakes varies widely. For the upper Lakes (Superior, Michigan and Huron) the flushing times are 183, 117 and 30 years respectively. For the lower lakes (Erie and Ontario) the times are 3 and 8 years respectively. Thus alterations of the loadings to such Lakes will result in very slow changes in the concentrations of material in the water. The perceived concentration of non-conservative materials such as total phosphorus will al so be affected by the setting time Ts. As the mean setting velocity of living phytoplankton is less than 1 m.d 1 (Smayda 1970) the values of Ts range from approximately one month to a year in Lake Superior. The horizontal mixing times, Tm are also to be measured in months (Boyce 1974). The value of KH is scale dependant but should reach a maximum at D/2 as the largest eddy size should correspond to one half of the basin dimensions.

For the Great Lakes the maximum value of KH is approximately 1.5 x 106 cm2.s-1 (Boyce 1974, Murthy 1976) which corresponds to a Tm of one or two months (Bowden 1970, Boyce 1974). Thus the time scales of interest in the Great Lakes are long in relation to the biological time scales (Narris 1980a).

In order to understand the interaction between the physical and biological time scales it is necessary to describe the hydrodynamics of basins of the size of the Great Lakes as the internal motions of the Lakes are of great importance. At various times of the year the Lakes exhibit a mixture of baroclinic and barotropic motions which range in period from a few minutes to a number of days (Boyce 1974). Thus these internal motions react very strongly with biological processes at similar scales (Harris 1980a). Ali the Great Lakes are of sufficient size that the Coriolis force is of considerable importance. The inertial period of Lake Ontario is 17.5 hours and, given the mean horizontal current vectors in the Lake, the time to cross the basin is approximately 15 inertial periods (Boyce 1974). Thus the effects of the earth's rotation can be seen in the circulation patterns of many large lakes (Emery and Csanady 1973). In the Great Lakes there is a strong interaction between geostrophic processes and the baroclinic and barotropic modes of oscillation which results in some complex lake hydrodynamics. The hydrodynamics of large lakes has been reviewed by Boyce (1974), Csadady (1975, 1978) and Mortimer (1974, 1979). The most important feature of the hydrodynamics of the Great Lakes is the preponderance of large scale internal waves. The internal Kelvin and Poincaré waves result in large oscillatory displacements in the summer thermocline and produces some important inshore - offshore effects. The internal Kelvin and Poincaré waves are produced in response to surface wind stress and its interaction with the Richardson number (Ri) in the thermocline (Spigel and Imberger 1980). There are a set of relationships between surface wind stress, solar heating, the mixed layer Ri and the aspect ratio of the mixed layer depth to the basin length (Spigel and Imberger 1980). These relationships control whether the basin becomes rapidly mixed as a result of wind stress or mixes slowly with accompanying large scale internal motions. The Ri values and aspect ratios of the Great Lakes result in

internal waves and sharp thermoclines below well mixed surface layers (Boyce 1974, Csanady 1978, Mortimer 1974).

The whole basin circulation of the Great Lakes is a result of the balance of tour forces: wind stress, the Coriolis force, pressure forces and friction forces (Boyce 1974). Together these forces produce both baroclinic and barotrophic oscillations in the water column. The time required to reach equilibrium between a]] these forces may be as long as a period of days to weeks (Boyce 1974) and is certainly equivalent to the time between wind events in the basin (200 - 300 hours). Thus the physical structure of the lakes is rarely» if ever, at equilibrium. The Lakes are always in the process of responding to a past wind stress event. The velocity of the internal waves which is induced by wind stress events is less than that of the surface waves so the response time is also slower. The response time has been estimated to be of the order of 50 - 100 hours (Mortimer 1974). This response time interacts with the frequency of wind stress events to give almost continuous internal wave motion in the Great Lakes in summer.

This theoretical assessment of the situation is borne out by observation (cf. the reviews cited above). The presence of both Poincaré and Kelvin waves has been demostrated in the Great Lakes as well as such lakes as Lac Léman (Mortimer 1979). Representative cross sections of the internal structure of the Lakes in summer are given in the reviews cited.

Boyce (1974) defined a ratio of the time for vertical mixing compared to the time for horizontal mixing. The ratio has a value of the order of 10-2 to 10-4 which indicates that vertical mixing of the surface layers is achieved in one to a few hours while horizontal mixing takes of the order of a month. This is despite the fact that the horizontal diffusivity, KH, is an order of magnitude larger than the vertical diffusivity, KZ (Boyce 1974). The biological result of the rapid vertical mixing and slow horizontal mixing is weak vertical gradients in the mixed layer but large horizontal gradients across the lake surface. This may be seen in such observations as those of Glooschenko et al. (1973, 1974) and Glooschenko and Moore (1973). The observations reveal a concentration of algal biomass around major sources of nutrient inputs with decreasing values offshore and down the Lakes. Alga! biomass it seems to be concentrated in Saginaw Bay (L.Huron), at the western end of Lake Erie and in the inshore waters of Lake Ontario.

The interplay of the four forces also results in basin scale circulation patterns in the Great Lakes and considerable success has been achieved in the numerical simulation of such patterns (Simons 1974, 1975, Lick 1976, Csanady 1978). The surface distribution of algal biomass can be seen to be a function of the surface circulation pattern in the Lakes, particularly in Lake Ontario where the input of water from the Niagara River represents such a large proportion of the total water flow. The surface circulation of the large lakes in the northern hemisphere snows a characteristic anticlockwise motion (Emery and Csanady 1973) with one or more major gyres. The interplay of the distribution of alga! biomass and the surface circulation pattern may be seen in satellite imagery such as that obtained by the NASA LANDSAI vehicles. The analysis of LANDSAI data

from Lake Ontario by Bukata and Bruton (1974) and Harris et al. (1976) shows how well the spatial distribution of biological and chemical water quality parameters may be related to the overal1 water circulation pattern in the Lakes. Thus at the largest scales there is a complete connection between the internal structure of the Lakes and the perceived biological response. A knowledge of the basin scale responses of the lakes is necessary prerequisite for an understanding of the ecology of these large oscillating systems.

One particular feature of the spring circulation of the Great Lakes of great biological and physical interest is the "thermal bar" (Csanady 1971, 1974, 1975, 1978, Mortimer 1974, Rogers 1965, 1966, 1968). This is a feature of the early summer thermocline in which the density gradient becomes tilted to form a vertical "bar" which prevents offshore transport of the spring runoff from the basin. This causes the water quality of coastal regions to differ markedly from the mid-lake conditions. Surveys have revealed that algal biomass becomes concentrated in this region in early summer as the supply of nutrients is increased, the water is warmer than in mid lake and the mixing depth is reduced close to the shore. The "thermal bar" is maintained by the counter-clockwise circulation pattern in the lake (Mortimer 1974) and Csanady (1971, 1974) has shown that the "bar" may be either lens shaped or wedge shaped depending on the direction of the shore parallel current in relation to the shore.

As the waters of the Lakes continue to warm in the early summer a more normal thermal stratification is set up with an equilibrium thermocline depth of approximately 15 m in Lake Ontario. The relationship between the fetch and the depth of the thermocline is approximately

$$D_{th} = 4E^{1/2} \qquad \text{(Ragotzkie 1978),}$$

where D_{th} is the depth to the thermocline (in metres) and E is the fetch (in Kilometres). The internal waves induced by the effects of wind stress on the lake may be classified as both Kelvin and Poincaré waves (Mortimer 1974, 1979, Csanady 1972, 1978). The internal waves may be of sufficient magnitude as to cause upwellings of hypolimnetic water on the upwind or "left hand11 shore (Csanady 1978). The asymmetry is caused by the influence of Coriolis forces on the lake wide circulation. The result of the Coriolis force is to cause the "right hand" or downwind shore to the warm shore and the "left hand" or upwind shore to the cold shore. The interaction of one wind stress with the internal wave motion causes the incidence of upwellings to be sporadic and coupled to the presence of internal Kelvin waves and shore parallel currents (Csanady 1972).

The persistent shore parallel currents - or coastal jets - are a particular result of the effects of wind stress on a stratified lake and the interaction of the four forces mentioned above. The presence of the coastal jets produces a coastal zone in which the currents flow. The coastal jets may be treated by theoretical circulation models or they may be treated by an analogous model, that of the Kelvin wave (Csanady 1972, 1975, 1978, Mortimer 1974, 1979). The presence of both coastal jets

and Kelvin waves leads to some very complex currents and current reversals in the coastal zones which have great importance for biological processes (Boyce 1974). The reversals occur with periods of 5 to 10 days (Blanton 1974, Boyce 1974, Csanady 1978, Simpson and Roggers 1970). these reversal s are coupled to wind stress events but there are al so spontaneous reversals which occur with a frequency of approximately 15 days (Csanady 1978). The net effect to the coastal jets is to concentrate the velocity components parallel to the shore and to minimise the offshore transport of materials. Thus the effects of pollutants entering the lake are concentrated in the coastal zone and the shore is "fumigated" for a period until a current reversal occurs, at which time the offshore transport is rapid (Boyce 1974).

The coastal zone of the Great Lakes which is dominated by large excursions of the thermocline and shore parallel currents is approximately 8 km wide. The motions in this zone are concentrated at low frequencies. Blanton (1974) found that most of the energy in this zone was concentrated at periods greater than 3 days (cf. al so Birchfield and Davidson 1967, Malone 1968). Blanton noted a very abrupt transition between the inshore and offshore zones. Thus the physics of the coastal zone is dominated by low frequency motions which have great importance for both management and biological processes (Boyce 1974) as the loadings of materials to the zone may not be dispersed for some days. This, together with the strong influence of the low frequency motions on the biology of the lake (Harris 1980a), leads to some very complex interactions in such areas. Furthermore, the coastal zone is essentially the zone of perceived water quality as the public use of the Great Lakes is largely concentrated in a narrow zone dose to the shore.

Thus, in order to fully understand the biological events which take place in the Great Lakes (particularly in the coastal zone) it is necessary to fully characterise the physics of the water body in question. Simple diffusion models of such lakes are not sufficient as turbulent mixing events are of great significance.

For the remainder of this paper I wish to concentrate on the dynamics of a region of Lake Ontario which, while it is an enclosed embayment, still shows many of the dynamic properties of a region of the coastal zone of the Lake. Hamilton Harbour lies at the western tip of Lake Ontario and is a large enclosed bay with a mean depth of 13 m. and a maximum east-west dimension of 8 km. (Harris et al. 1980a). The Harbour has been the site of a number of studies over the years largely because it represents a considerable water quality management problem because of large inputs from municipal waste water treatment plants (cf. Harris et al. 1980a). The Harbour is thus highly eutrophic but does not produce alga! blooms in proportion to the magnitudo of the loadings of total P and nitrogen (Harris et al. 1980a). The answer to this apparent paradox lies in the fact that the Harbour is open to the waters of Lake Ontario through a ship canal cut through the sand bar which forms the eastern side of the Harbour. The exchange through this ship canal depends entirely on the hydrodynamics of the two water bodies and is a very complex problem (Harris and Snodgrass 1980). The Harbour exhibits both its own spectrum of internal motions as well as a series of motions which result from forcing by the hydrodynamics of the Lake. This leads to some

highly complex internal motions (Harris et al. 1980a, Palmer and Poulton 1976). In a recent series of papers Harris and his co-workers have investigated the relationships between various biological parameters and the internal motions of the Harbour (Harris et al. 1980a, b, Haffner et al. 1980, Harris and Piccinin 1980, Harris 198Qa, b, Harris and Snodgrass 1980, Harris and Sephton 1981). In this paper I shall review the results of that work and present some new data which will relate the work in the Harbour to the more general problem of the interaction of physics and phytoplankton in large lakes (Harris 1980a).

The exchange between the Harbour and the Lake is as variable at weekly scales as it is at monthly and yearly scales (Harris and Snodgrass 1980). The exchange is driven by the hydrodynamics of the two basin systems; in particular the events in the coastal zone of Lake Ontario are of great significance. Upwellings at the western end of the Lake serve to oxygenate the hypolimnion of the Harbour by causing massive cold water inflows which sink into the hypolimnion of the Harbour (Harris et al. 1980a, Polak and Haffner 1978). This exchange of water through the ship canal exceeds the inflow of water from the drainage basin by a factor of approximately an order of magnitude (Harris et al. 1980a). The result of this large Lake exchange component is twofold; it couples the hydrodynamics of the two systems and it serves to dilute the highly eutrophic waters of the Harbour. The dilution factor explains the absence of the expected biomass/loading relationship. If the concentration of total P in the water is used as a biomass predictor then the Harbour conforms well to the recently published relationship of Vollenweider and Kerekes (1980). The intermittent exchange, however, means that the concentration of total P in the water varies from year to year depending on the hydrodynamics of the System (Harris and Snodgrass 1980). Thus no long term trend in water quality is visible in the Harbour despite some improvement in the performance of the waste water treatment plants discharging into Hargour. On an annual basis the Lake exchange has varied between$1.2Q_0$ and $10.2Q_0$ in recent years (Harris and Snodgrass 1980). The apparent trophic status of the Harbour has varied accordingly.

In discussing the relationship between lake hydrodynamics and phytoplankton in large lakes, therefore, it is necessary to distinguish between the effects on biomass and the effects on community structure (Harris 1980a, Harris and Vollenweider 1981). Algal biomass is yield limited by the concentration of total P in the water (as is verified by the models of Vollenweider 1968, 1975, 1976, and others). Thus at scales much longer than the growth rates of the phytoplankton (Harris 1980a) any physical mechanism which serves to concentrate or dilute total P in the water will influence the algal biomass. Thus in the Great Lakes, where basin-wide scales and such phenomena as coastal zone events and "thermal bars" exist for biologically significant time scales, we see the basin scale patterns of algal biomass which I have al ready described. The effects of lake hydrodynamics on the structure of phytoplankton communities is much more complex (Harris 1980a, Harris and Sephton 1981) as it appears that much of the dynamics of the system is only explicable by non-equilibrium approaches (Harris and Sephton 1981). I wish to discuss this aspect of the problem further.

The exchange of water with the Lake, together with the internal physical structure of the Harbour, causes a weakening of the thermocline which not only allows more rapid hypolimnial reoxygenation (Harris et al. 1980a, Polak and Haffner, 1978) but al so means that rapid changes in the apparent mixing depth occur (Harris et al. 1980a, b). On a week to week basis this leads to irregular changes in the thermocline depth in the Harbour and it was clear in earlier papers that weekly data was not adequate to completely describe the dynamics of the System (Harris et al. 1980a, b). Thus, using data from previous work as well as a 55 day time series in 1979 (Harris and Sephton 1981), we have recently attempted to fully describe the spectrum of variance in the Harbour. Figures 1 and 2 show how the variance in the physical and chemical parameters measured in the Harbour are partitioned at scales from minutes to months. The physical data used is the square of the Brunt-Väisälä frequency which is a measure of the period of the shortest internal waves. In this work it is derived from the density difference between the surface and 6 m. as follows:

$$T_B = \frac{2\pi}{\sqrt{\frac{-gdp}{pdx}}} \qquad \text{(Phillips, 1966)}$$

where TB is the period of the Brunt- Väisälä frequency Brunt- Väisälä, g is the acceleration due to gravity, p is water density and z is depth. The denominator without the square root is usually referred to as N^2.

The variance spectrum of N^2 is shown in Fig. 1. The spectrum shows a number of important features; first, the spectrum shows two frequencies of energy input, one at periods longer than 10^4 hours and one in the region of 10^2 hours. Secondly, the slopes of the spectrum vary from -4/3 at low frequencies to -3 at high frequencies. The break point at high frequencies comes at a frequency which corresponds to a half basin scale (Harris and Sephton 1981) so that the sharp decline in the spectrum at periods below 5 h. represents the distinction between within eddy variance and between eddy variance (Harris and Sephton 1981). As in large lakes the largest eddies are approximately D/2 in magnitude (see above). The energy input at scales of 10^4 hours represents monthly and seasonal scales of the seasonal thermocline whereas the input of energy at scales of 10^2 hours represents an input from storm events and coastal zone events in Lake Ontario. Thus the Harbour spectra, as would be expected, reflect the hydrodynamics of the larger water body. Ali the N^2 spectra show that the Harbour is a "white noise" environment at scales from 10^1 to nearly 10^3 hours. These are the most important scales from a biological point of view (see below).

The spectra of fluctuations in the concentration of such parameters as O_2 and soluble PO_4 are shown in Fig. 2. The basic features of such spectra are very similar to the N^2 spectra. The spectra show regions of energy input, again at scales of 10^4 and 101 to 10^2 hours. As is expected from theory the slopes approximate -4/3 or -5/3 (Ozmidov 1965, Monin et al. 1977, Palmer 1973). (The slope -3 found in the N^2 spectrum (Fig. 1) parallels an observation by Palmer (1973), in the coastal zone of Lake

Ontario. Palmer explained the result by showing that such a slope was characteristic of boundary layers. Palmer (1973), like Blanton (1974), found that most of the energy in his spectra was concentrated at low frequencies. (cf. Fig. 1). Chatwin and Sullivan (1979) found that the slopes of the concentration spectra varied between -1 and -2 but lay closer to -2.

The differences in the spectra for July and September are significant (Fig. 2). Like the N^2 spectrum the July O_2 and PO_4 spectra have an extended plateau from below 10^1 h. to periods of nearly 10^3 hours. The September spectrum of PO_4 has a much smaller plateau in the region of 10^2 hours. The reduced plateau indicates that the September data showed less variance than the July data at scales of 1 to 100 h. a critical region for phytoplankton dynamics (see below). This reduced variance at such scales may be explained by the lack of a thermocline in the September sampling period, and hence a more three-dimensionally homogeneous water body, or by reduced wind stress in the July period (Boyce, personal communication). The importance of vertical entrainment to the horizontal spatial distribution of such parameters as PO_4 has not been studied. During periods of vertical stability strong vertical gradients of PO_4 may exist, even in shallow water (Harris and Smith 1977) and the vertical entrainment of such gradients will greatly affect the perceived horizontal variance, The considerable scatter in the variances observed in the July data at periods of the order of 10^{-2} to 10^{-3} h. indicates that the small vertical gradients may be of some significance during stratified periods.

There is a clear relationship between the variance spectrum of N^2 and the statistical distribution of algal biomass as chlorophyll (chl_a). Remember that we are dealing with a situation in which (at least for periods of a few months) the total P is near constant. The residence time of water in the Harbour is approximately 50 days when the Lake exchange is included. Analysis of the statistical distribution of chl_a for a number of successive years (Harris and Sephton 1981) reveals that the chl_a data is essentially lognormal, in that log transformation of the data yields near normal distributions. Harris and Sephton (1981) have shown that there is a negative correlation between the mean summer chl_a and the standard error of the mean of the mixing depth. In short, increased variance in z_m (and hence N^2) leads to reduced biomass for near constant total P. More importantly there is a strong correlation between the standard deviation of the log transformed chl_a data and the mean value of T_B during the sampling period (Harris and Sephton 1981). Increasing the. mean value of T_B increases the standard deviation of the chl_a data. This finding raises the possibility that it may be possible to predict not only the expected mean chl_a for a water body but also the probability density function. This would make it possible to make some statements concerning the probability of exceeding certain chl_a values. This would

appear to be of great use to water quality managers. Thus we may expect that the statistical distribution of chl_a in different water bodies depends not only on the total P in the water but also on the hydrodynamics of the lake (Harris 1980a, Vollenweider and Kerekes 1980).

The presence of a lognormal distribution for the chl_a data is not in itself surprising (Harris 1980a). What it reveals is that the biomass data is made up of a series of overlapping, independant processes – the dynamics of the individual species. The distribution of the chl_a data arises from Central Limit arguments (May 1974). We have analysed the underlying patterns of species abundance which collectively make up the biomass distributions in the Harbour (Harris and Sephton 1981). The presence of non-equilibrium conditions has made it necessary to use time series techniques. Maximum phytoplankton diversity

is achieved approximately 8 weeks after maximum biomass. The diversity rises continuously during the stratified period reaching a peak approximately one week after the onset of fall turnover (Harris and Sephton 1981). Others have noted that phytoplankton diversity is higher during the stratified periods (Lund 1964, Margalef 1968, Reyolds 1976, 1978). It is tempting to correlate such increased diversity with the change in the variance spectrum in Fig. 2. In July there is more variance at scales of 1 to 50 hours. Does this mean that there are more possibilities for "contemporaneous disequilibrium" (Richerson et al. 1970) at such times? Certainly, time series analysis of the phytoplankton data from a 55 day time series (Harris and Sephton 1981) revealed that the majority of species exhibited dominant lag periods of approximately one doubling time or 24 to 60 hours. The match of the two time scales is most suggestive. Previous work in this laboratory has revealed that there are a number of important physiological processes which operate at scales from fractions of hours up to the doubling time of the cells (Harris and Piccinin 1977, Harris 1978, 1980a, b). Variations between the physiological responses of individual species will allow them to act as transfer functions of the environment and to avoid competition by using the spectrum of environmental fluctuations in different ways (Harris 1980a).

Direct evidence of such a mechanism comes from the time series data of Harris and Sephton (1981). Each of the major species in the Harbour has a unique transfer function which links its changing abundance to the fluctuations in N^2. Some species respond by growth during periods of increased stability and others grow during periods of reduced stability and partial mixing. All the evidence points to the fact that there are two important lag times for phytoplankton. One lag period appears to be of the order of a few weeks, or the time it takes for a species to grow up to the point where it becomes abundant. The trigger mechanism for such events must be sought at the onset of the bloom not at the peak. The point was first made by Vollenweider a number of years ago (Vollenweider 1953). Thus if we can understand the events which lead to the development and maintenance of, say, a blue green algal bloom the time series techniques promise to be of some use in the management of water quality.

The second scale of importance appears to be that of the doubling time of the algal or some small multiple of that number. There are good physiological reasons for assuming that this time scale should be important for the cells (cf. Harris 1978). The 55 days time series in the Harbour (Harris and Sephton 1981) revealed a series of dominant lags of the order of some doubling time with weaker echoes at two and three doubling times. These convert to scales of 50 to 200 hours as the mean doubling time of the cells in the Harbour during the period of study was approximately 50 to 60 hours. Coexistence between the species that make up the phytoplankton community appears to be achieved by virtue of the fact that the species are unique transfer functions of the input environmental spectrum, and that there is a close match between the important scales of variance in the environment and the response times of the cells (cf. the theoretical arguments of Levins 1979 and Harris 1980a). The definition of the niche is thus best written in terms of frequency components (Harris and Sephton 1981).

The need to know both the mean and the variance spectrum for each environmental resource places considerable constraints on the type of data that is needed to understand phytoplankton community structure (Harris 1980a). It would appear that, in order to understand the dynamics of the systems, we require time series data which can resolve time scales of 50 hours or so; time scale considerably shorter than are normally capable of resolution (Harris 1980a). Thus there are severe problems of interpretation with much limnologica! data, particularity that collected in regions such as coastal zones because of the concentration of energy at low frequencies. This situation is illustrated by the analysis of data presented by Harris et al. (1980b) in which weekly data was used to interpret the dynamics of primary productivity in the Harbour between 1975 and 1977. In 1975 the hydrodynamics of the Lake and Harbour were relatively stable over periods of weeks and the use of weekly data revealed a number of significant correlations. In 1976, however, the hydrodynamics of the Harbour were much more dynamic at short time scales and significant correlations were rarely found. In 1976, data collected at weekly intervals was not able to resolve the dynamics of the situation. This has been confirmed by other, more recent, analyses of data from those two years. This means that in order to fully describe the non-equilibrium dynamics of a particular lake we require information about the spectrum of motions before we can design a sampling strategy. The inadequacy of the normal sampling strategies is well illustrated by some of the attempts to analyse the ecology of phytoplankton populations in the Great Lakes, particularly in nearshore areas (Nalewajko 1966, 1977, Vollenweider et al. 1974, Stoermer et al. 1975, Stoermer and Kreis 1980, Schelske et al.1980, S.U.N.Y., Buffalo 1976).

It has been known for some time that there is a considerable gradient in phytoplankton abundance and diversity in the inshore - offshore region of the Great Lakes (Nalewajko 1966, 1967, Vollenweider et al. 1974). It is now possible to interpret that gradient in terms of the hydrodynamics of the Lakes and the non-equilibrium dynamics of the phytoplankton. The situation in the nearshore zone is a particularly interesting one because of the interaction between the dominant environmental scales and the response scales of the algae. As the offshore hydrodynamics of the Lakes show more energy at high frequencies and less energy at frequencies

with periods greater than 3 days (Blanton 1974) then we might expect to find a diversity gradient from inshore to offshore. The concentration of energy at biologically significant periods In the nearshore may produce more "contemporaneous disequilibrium" there. What little data there is tends to support this hypothesis. There is certainly a strong tendency for there to be more species at inshore stations (Schelske et al. 1980) though the trend in diversity is rather weak. Care must be exercised however as there is an input of species from river mouths into the nearshore zone and strong seasonal effects also exist (cf. Fig. 2). There are certainly strong shifts in species composition as distance from the shore is increased (Nalewajko 1966, 1967, Vollenweider et al. 1974, Stoermer et al. 1975, Stoermer and Kreis 1980, Schelske et al. 1980).

In conclusion I wish to point out the close correspondence between the important physical and biological scales in the Great Lakes. The presence of non-equilibrium dynamics is seen in both the hydrodynamics and biological systems. The physical response times of the Lakes are equivalent to the time period between wind stress events and the biological response times are strongly coupled to the physical scales particularly in coastal zones. The widespread occurrence of non-equilibrium dynamics explains the very dynamic nature of the plankton communities in the Lakes. The phytoplankton communities show strong fluctuations at monthly, seasonal and yearly scales (Harris 1980a, Harris and Piccinin 1980, Harris and Vollenweider 1981). No two months are ever alike nor are successive years (Harris and Piccinin 1980). Even the first reports of phytoplankton in the Great Lakes comment on the very great year to year variation in the assemblages in the Lakes (cf. the data for Lake Erie, Kellicott 1878, Vorce 1880, 1881, Mills 1882, Snow 1903, Beeton 1961, Davis 1964, 1969). Indeed Snow (1903) commented on the fact that the data was sufficiently variable to make the decipherment of long term trends very difficult. Planktonic ecosystems may show some abrupt changes after remaining at an apparent steady-state for a number of years (Southward 1980). The ubiquitous presence of non-equilibrium dynamics means that a new generation of lake models will be required (Harris 1980a); models which will have to be of a statistical nature. In future the models in use will have to be much more carefully suited to the variance spectra of the variables in question. Levins (1979) has shown a knowledge of covariance relationships is a necessary condition for the understanding of such systems. In the Great Lakes we are beginning to approach the point where a synthesis of observation and theory is possible. Unfortunately the types of field experiments required to fully determine the important physical and biological scales in, say, a coastal zone, now exceed the resources of one researcher. The organisation of worthwhile field programmes in the Great Lakes now requires the cooperation of a number of organisations. Consequently they are difficult to organize.

BIBLIOGRAPHY

BEETON A.M., 1961 - Environmental changes in Lake Erie. Am. Fish. Soc. Trans. 90, 153-159.

BIRCHFIELD G.E. and DAVIDSON D.R. , 1967 - A case study of coastal currents in Lake Michigan. Proc. 10th Conf. Great Lakes Res. p.264-273. Univ. Mich. Gt. Lakes Res. Div.

BLANTON J.O. , 1974 - Some characteristics of nearshore currents along the North Shore of Lake Ontario. J. Phys. Oceanog. 4, 415-424.

BOWDEN K.F., 1970 - Turbulence II. Oceanogr. Mar. Biol. Ann. Rev. 8, 11-32.,

BOYCE F.M. , 1974 - Some aspects of Great Lakes physics of importance to biological! and Chemical processes. J. Fish. Res. Board Can. 31, 689-730.

BUKATA R.P. and BRUTON I.E., 1974 - ERTS-1 digital classifications of the water regimes comprising Lake Ontario. Proc.2nd. Canadian Symp. Remote Sensing, Guelph, Ontario. 2, 628-634.

CHATWIN P.C. and SULLIVAN P.J., 1979 - Measurements of concentration fluctuations in relative turbulent diffusion. J. Fluid Mech. 94, 83-101.

CSANADY G.T., 1971 - On the equilibrium shape of the thermocline in a shore zone. J. Phys. Oceanogr. 1, 263-270.

CSANADY G.T., 1972 - Response of large stratified lakes to wind. J. Phys. Oceanogr. 2, 3-13. > , r,

CSANADY G.T., 1973 - Wind induced barotropic motions in long lakes. J. Phys. Oceanogr. 3, 429-438.

CSANADY G.T., 1974 - Spring thermocline behaviour in Lake Ontario during IFYGL. J. Phys. Oceanogr. 4, 425-445.

CSANADY G.T., 1975 - Hydrodynamics of large lakes. Ann. Rev. Fluid Mech. 7, 357-386.

CSANADY G.T., 1978 - Water circulation and dispersal mechanisms in "Lakes: Chemistry, Geology, Physics." Ed. A. Lerman. 21-64. Springer, New York and Berlin.

DAVIS C.C., 1964 - Evidence for the eutrophication of Lake Erie from phytoplankton records. Limnol. Oceanogr. 9, 274-283.

DAVIS C.C., 1969 - Plants in Lake Erie and Ontario, and changes of their numbers and kinds. Bull. Buffalo Soc. Nat. Sci. 24, 18-41.

EMERY K.O. and CSANADY G.T. , 1973- Surface circulation of Lakes and nearly land - locked Seas. Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A. 70, 93-97.

GLOOSCHENKO W.A., NICHOLSON H.F. and MOORE J.E., 1973 - Surface distribution of total chlorophyll a In Lakes Ontario and Erie. Tech. Rep. 351. Fish. Res. Board. Canada. 25p.

GLOOSCHENKO W.A., MOORE J.E. and VOLLENWEIDER R.A., 1974- Spatial and temperal distribution of chlorophyll a and phaeopigments in surface waters of Lake Erie. J. Fish. Res. Board Can. 31, 265-274.

GLOOSCENKO W.A. and MOORE J.E., 1973 - Surface distribution of chlorophyll a and primary production in Lake Huron, 1971. Tech. Rep. 406. Fish. Res. Bd. Canada.

HAFFNER G.D., HARRIS G.P. and JARAI M.K.1980, - Physical variability and phytoplankton communities. III. Vertical structure in phytoplankton populations. Arch. Hydrobiol. 89, 363-381.

HARRIS G.P., 1978 - Photosynthesis, productivity and growth. The physiological ecology of phytoplankton. Ergeb. Limnol (Beih. Arch. Hydrobiol.) 10, 1-171.

HARRIS G.P., 1980a - Temporal and spatial scales in phytoplankton ecology. Mechanisms, Methods, Models and Management. Can. J. Fish. Aq Sci. 37, 877-900.

HARRIS G.P., 1980b - The relationship between chlorophyll a fluorescence diffuse attenuation changes and photosynthesis in natural phytoplankton populations. J. Plankton Res. 2, 109-127.

HARRIS G.P., BUKATA R.P. and BRUTON J.E., 1976 - Satellite observations of water quality. Trans. Eng. J. A.S.C.E. 102, TE3, 537-554.

HARRIS G.P., PICCININ B.B., HAFFNER G.D., SNODGRASS W. and POLAK J. 1980a - Physical variability and phytoplankton communities. I. The descriptive limnology of Hamilton Harbour. Arch. Hydrobiol. 88, 303-327.

HARRIS G.P., HAFFNER G.D. and PICCININ B.B., 1980b - Physical variability and phytoplankton communities. II. Primary productivity by phytoplankton in a physically variable environment. Arch. Hydrobiol. 88, 393-425.

HARRIS G.P. and PICCININ B.B., 1977 - Photosynthesis by natural phytoplankton populations. Arch. Hydrobiol. 80, 405-457.

HARRIS G.P. and PICCININ B.B., 1980 - Physical variability and phytoplankton communities. IV. Temporal changes in the phytoplankton community of a physically variable lake. Arch. Hydrobiol. 89, 447-473.

HARRIS G.P. and SEPHTON D.H., 1980 - Coexistence of phytoplankton populations in a physically variable environment. Proc. Rov. Soc. Ser. B. (in press).

HARRIS G.P. and NODGRASS W.J., 1980 - Sources of pollution, their impact and biological processes in Hamilton's receiving waters. Proc. Conf. Envirntnent '80, City of Hamilton, Ontario. 2: Water pollution papers, 31p.

HARRIS G.P. and SMITH R.E.H., 1977 - Observations of small - scale spatial patterns in phytoplankton populations. Limnol. Oceanogr. 22, 887-899.

HARRIS G.P. and VOLLENWEIDER R.A. , 1980 - Palaeolimnological evidence of early eutrophication in Lake Erie. Can. J. Fish. Aq. Sci, (in press).

KELLICOTT D.S., 1978 - Notes on microscopic life in the Buffalo water supply. Am. J. Microscop. Pop. Sci. 3, 250-252.

LEVINS R. , 1979 - Coexistence in a variable environment. Am. Nat. 114, 765-783.

LICK W. , 1976 - Numerical models of lake currents. US-EPA REPORT 600/3-76-Q20.: 1-139. US-EPA, Duluth Minnesota.

LUND J.W.G, 1964 - Primary production and periodicity of phytoplankton. Verth. Internat. Verein. Limnol. 15, 37-56.

MALONE F.D., 1968 - An analysis of current measurements in Lake Michigan. J. Geophys. Res. 73, 7065-7081.

MARGALEF R., 1968 - Perspectives in ecological theory. Univ. of Chicago Press, Chicago. 1-111.

MAY R.M., 1964 - General introduction. in "Ecological stability". Eds. M.B. Usher and M.H. Williamson. Chapman and Hall. London. 1-14.

MILLS H. , 1882 - Microscopic organism in the Buffalo water supply and in Niagara River. Trans. Am. Soc. Microscop. 4, 165-175.

MONIN A.S., KAMENKOVICH V.M. and KORT V.G. , 1977 - Variability of the oceans. Wiley - Interscience, New York. 1-241.

MORTIMER C.H., 1974 - Lake Hydrodynamics. Mitt. Internat. Verein. Limnol. 20, 124-197.

MORTIMER C.H., 1979 - Strategies for coupling data collection and analysis with dynamic modelling of lake motions. in "Hydrodynamics of lakes" Ed. W.H. Graf and C.H. Mortimer. Dev. in Water Sci. 11, 183-222.

MURTHY C.R., 1976 - Horizontal diffusion characteristics in Lake Ontario J. Phys. Oceanogr. 6, 76-84.

NALEWAJKO C., 1966 - Composition of phytoplankton in surface waters of Lake Ontario. J. Fish. Res. Board Can. 23, 1715-1725.

NALEWAJKO C., 1967- Phytoplankton distribution in Lake Ontario. Proc.-10th. Conf. Great Lakes Res: 63-69. Univ. Mich. Gt. Lakes Res. Div.

OZMIDOV R.V., 1965- Certain features of the Oceanic turbulent energy spectrum. Dokl. Acad. Nauk. SSSR. 161, 828-832.

PALMER M.V., 1973 - Some kinetic energy spectra in a nearshore region of Lake Ontario. J. Geophys. Res. 78, 3585-3595.

PALMER M.V. and POULTON D. J. , 1976 - Hamilton Harbour : Periodicities of the physico-chemical process. Limnol. Oceanog. 21, 118-127.

PHILLIPS O.M., 1966 - The dynamics of the upper ocean. Cambridge Univ. Press, Cambridge. 1-261.

POLAK J. and HAFFNER G.D., 1978 - Oxygen depletion of Hamilton Harbour. Water Res. 12, 205-215.

RAGOTZKIE R.A. , 1978 - Heat budgets of lakes. in "Lakes: Chemistry, Geology, Physics". Ed. A. Lerman. Springer, New York, London. 1-19.

REYNOLDS C.S., 1976 - Succession and vertical distribution of Phytoplankton in response to thermal stratification in a lowland mere, with special reference to nutrients availability. J. Ecol. 64, 529-551.

REYNOLDS C.S., 1978 - Notes on the phytoplankton periodicity of Rostherne Mere, Cheshire. 1967-1977. Br. Phyc. J. 13, 329-335.

RICHERSON P.J., AMSTRONG R. and GOLDMAN C.R., 1970 - Contemporaneous disequilibrium: a new hypothesis to explain the "paradox of the plankton". Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A. 67, 1710-1714.

ROGERS G.K. , 1965 - The thermal bar in the Laurentian Great Lakes. Proc. 8th. Conf. Great Lakes Res. 358-363. Univ. Mich. Gt. Lakes Res. Div.

ROGERS G.K., 1966 - The thermal bar in Lake Ontario, spring 1965 and winter 1965-66. Proc. 9th Conf. Great Lakes Res. 369-374. Univ. Mich. Gt. Lakes Res. Div.

ROGERS G.K., 1968 - Heat advection within Lake Ontario in spring and surface water transparency associated with the thermal bar. Proc. 11th Conf. Great Lakes Res. 480-486. Int. Assoc. Gt. Lakes Res.

SCHELSKE C.L., FELDT L.E. and SIMMONS M.S., 1980- Phytoplankton and physical-chemical conditions in selected rivers and the coastal zone of Lake Michigan, 1972. Univ. Mich. Great Lakes Res. Div. Publ. 19, 1-162.

SIMONS T.J., 1974 - Verification of numerical models of Lake Ontario, Pt. I: Circulation in spring, early summer. J. Phys. Oceanog. 4, 507-523.

SIMONS T.J., 1975 - Verification of numerical models of Lake Ontario, Pt. II. Stratified circulations and temperature changes. J. Phys. Oceanogr. 5, 98-110.

SIMPSON W.C. and ROGERS G.K. , 1970 - Currents in Lake Ontario near Toronto. Proc. 13th. Conf. Great Res. 528-539. Inter. Assoc. Gt. Lakes Res.

SMAYDA T.J., 1970 - The suspension and sinking of phytoplankton in the sea. Oceanogr. Mar. Biol. Ann. Rev. 8, 353-414.

SNOW V.W., 1903 - The plankton algae of Lake Erie, with special reference to the chlorophyceae. U.S. Bureau of Fisheries Bull. 22, 369-394.

SOUTHWARD A.J., 1980 - The Western English Channel - an inconstant ecosystem. Nature (London), 285, 361-366.

SPIGEL R.H. and IMBERGER J., 1980 - The classification of mixed layer dynamics in lakes of small to medium size. J. Phys. Oceanogr. 10, 1104-1121.

STOERMER E.F., BOWMAN M.M., KINGSTON J.C. and SCHAEDEL A.L., 1965 - Phytoplankton composition and abundance in Lake Ontario during IFYGL. US-EPA report 660/3-75-004: 1 - 373. US-EPA, Cornovallis, Oregon.

STOERMER E.F. and KREIS K.C., 1980 - Phytoplankton composition and abundance in southern Lake Huron. US-EPA report 600/3-80-061: 1-383. US-EPA, Duluth, Minnesota.

S.U.N.Y. BUFFALO, 1976 - An investigation of the nearshore region of Lake Ontario. IFYGL. US-EPA report 600/3-76-115. Gt. Lakes Lab. State Univ. Coll. New York, Buffalo. 1-269. US-EPA, Duluth, Minnesota.

VOLLENWEIDER R.A., 1963 - Einige bemerkungen zur okologischen Valenzanalyse. Schweiz Z. Hydrol. 15, 1-197.

VOLLENWEIDER R.A., 1968 - The scientific basis of lake and stream eutrophication, with particular reference to phosphorus and nitrogen as eutrophication factors. Tech. Rep. OECD Paris DAS/CSI/68,27 1-182.

VOLLENWEIDER R.A., 1975 - Input - output models. Schweiz Z. Hydrol. 37, 53-84.

VOLLENWEIDER R.A., 1976 - Advances in defining critical loading levels for phosphorus in lake eutrophication. Mem. Ist. Ital. Idrobiol. 33, 53-83.

VOLLENWEIDER R.A., MUNAVAR M. and STADLEMAN P., 1974 - A comparative . review of phytoplankton and primary production in the Laurentian Great Lakes. J. Fish. Res. Board Can. 31, 739-762.

VOLLENWEIDER R.A. and KEREKES J.J , 1980 - Cooperative programme on monitoring of inland waters (eutrophication control). Condensed synthesis report. Draft OECD, Paris. 1-130.

VORCE C.M., 1880 - The minute forms of life in the water of the Lakes. Am. J. Microscop. Pop. Sci. 5, 263-265. /

VORCE C.M., 1881 - Forms observed in water of Lake Erie. Trans. Am. Soc. Microscop. 4, 51-90.

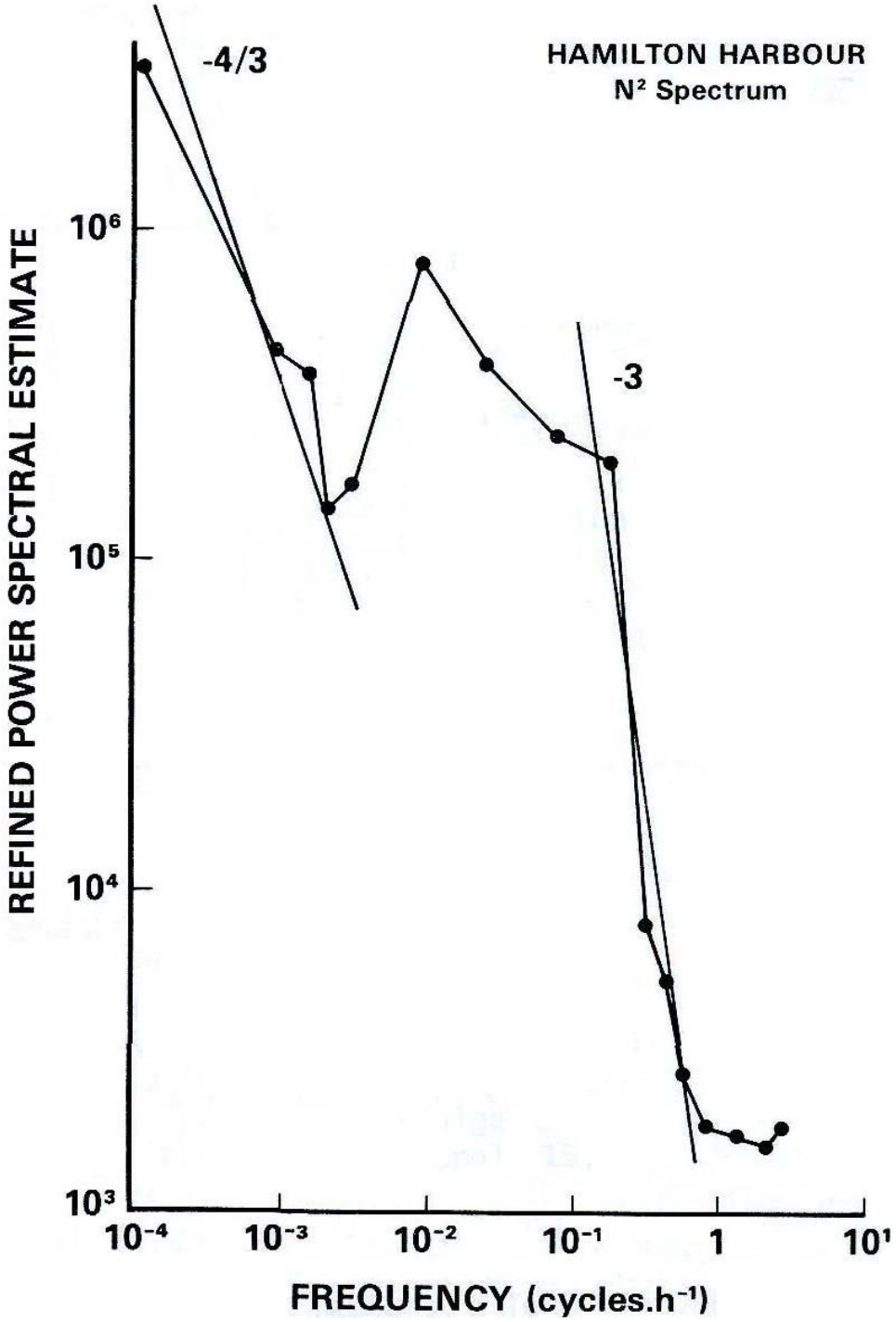


Figure 1.

The refined power spectral estimates of N^2 plotted against frequency (cycles. $Hour^{-1}$). The refined spectral estimates were smoothed by Hanning. Data from Harris and Sephton (1981) and Harris (unpublished).

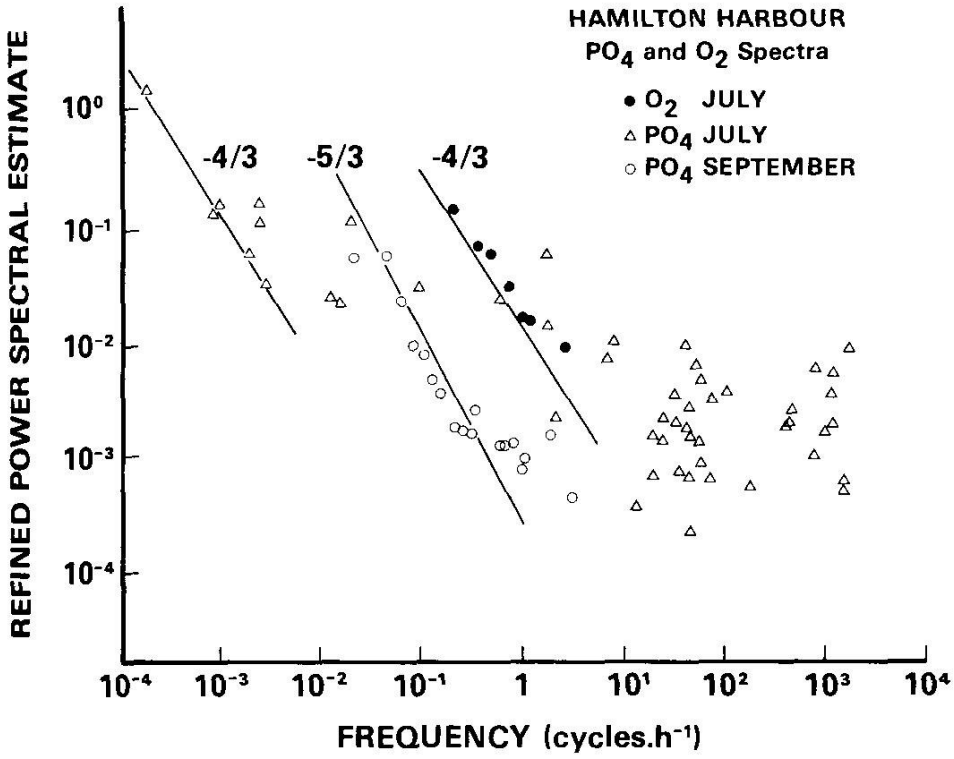


Figure 2.

The refined power spectral estimates of oxygen and PO_4 data plotted against frequency (cycles. $Hour^{-1}$). The refined spectral estimates were smoothed by Hanning. Oxygen data was obtained by the use of continuous records from in situ electrodes (Harris, unpublished) and the PO_4 data was obtained from sets of discrete samples taken at a range of sampling intervals. The crude data was log transformed before analysis (Harris and Sephton 1981).

COMUNICAZIONI

MOTO ONDOSO DEI MARI ITALIANI

P. BERTACCHI, M. TOMASINO

ENEL - D.S.R. - Centro Ricerca
Idraulica e Strutturale - Milano

RIASSUNTO

Allo scopo di progettare e salvaguardare i suoi interventi costieri l' ENEL ha provveduto ad esegui re rilevamenti del moto ondoso. Viene pertanto descritta la rete di ondametri installata lungo le coste italiane, la metodica di elaborazione e la presentazione dei dati di moto ondoso. La statistica di questi ultimi permette già di giungere ad alcune conclusioni quali le durate del moto ondoso e la potenza media teorica disponibili in ciascun sito indagato.

SUMMARY

For optional planning and protection of its shore plants, ENEL, the National Electricity Board of Italy, has been actively interested in wind waves and related phenomena. Field measurements were extensively taken: the network of wave recorders along the Italian coast is described here. The method of processing and displaying the wave measurements is presented as well. The statistical analysis already yields some significant figures for each place of investigation, like wave duration and mean theoretical power.

PREMESSA

Le informazioni statistiche sullo stato del mare sono fondamentali per la corretta impostazione di diversi problemi di ingegneria costiera quali: la progettazione delle opere marittime (moli, banchine, dighe foranee, opere di presa e di scarico di centrali termoelettri che, ecc.) e la conoscenza dell'agibilità delle strutture (sollevamento dei sedimenti di fondo e possibili interramenti delle opere di presa e di scarico). Dette statistiche sono altresì basilari per lo studio della dinamica dei litorali (erosioni e ripascimenti delle spiagge, trasporto litoranee, ecc.), per tarare e gestire, per la loro parte previsionale, i modelli numerici oceanografici (modelli dello stato del mare e modelli delle correnti litoranee) e per lo studio del potenziale energetico del moto ondoso.

Allo scopo di raccogliere ed analizzare i dati reali dello stato del mare il Centro Ricerca Idraulica e Strutturale della Direzione Studi e Ricerche dell'ENEL ha installato lungo le coste italiane, in un lasso di tempo che va dal 1974 ad oggi, una rete di ondametri.

Tale attività, in un'ottica più ampia, si è inserita Progetto Finalizzato "Conservazione del Suolo" del partecipa come Unità Operativa. nell'ambito del CNR cui l'ENEL

RETE DEGLI ONDAMETRI E CARATTERISTICHE STRUMENTALI

La scelta dei siti è stata subordinata alle necessità ed agli interessi dell'ENEL e pertanto l'installazione degli ondametri copre le località ove è in costruzione una centrale termoelettrica od è previsto un nuovo insediamento.

Da parte CNR è stato richiesto di fare il monitoraggio dell'Alto Tirreno e pertanto i siti di Cecina, Lerici e Nervi vengono indagati per conto del Sottoprogetto "Dinamica dei Litorali".

La densità della rete non è fissa e nel tempo si è giunti ad un massimo di 9 stazioni funzionanti contemporaneamente (vedi fig. 1). In detta figura oltre ai siti di interesse sono anche riportati i periodi di effettivo funzionamento di ciascuna stazione.

Per il rilievo del moto ondoso viene utilizzato 1'ondametro di tipo accelerometrico prodotto dalla Datawell olandese.

La scelta è stata motivata dalla relativa semplicità dell'installazione, dalla notevole affidabilità di funzionamento e dal fatto che i valori registrati rappresentano l'effettiva escursione della superficie libera non abbisognando di operazioni correttive della risposta.

L'installazione tipo dell'ondametro e le scale dei suoi errori strumentali sono illustrati in fig. 2. Tale tipo di installazione presenta punti deboli nel cavo di gomma, che permette alla boa di seguire le variazioni della superficie del mare, ma che è facilmente manomesso dai pescatori che esercitano la pesca a strascico e nella relativa fragilità dell'accelerometro contenuto nella boa. Questo ultimo può essere danneggiato irrimediabilmente se soggetto a rotazioni relativamente veloci attorno al suo asse verticale.

Per il rischio allo strappo si è cercato di ovviare cercando tratti di mare dove ostacoli sommersi impediscano quel tipo di pesca e, per evitare il rotolamento, saldando alla boa un triangolo in modo da impedire il rotolamento durante il trasporto o l'urto di striscio di qualche natante.

L'apparecchio a mare trasmette in continuità (l'autonomia è di = 1 anno) ed il segnale è ricevuto a terra da una stazione ricevente che registra, per periodi prefissati con temporizzatore, in forma analogica. Entro l'anno si dovrebbe passare a registrare in digitale.

PARAMETRI CARATTERISTICI DEL MOTO ONDOSO

Tenuto conto delle diverse esigenze e finalità, per ogni sito vengono determinati i seguenti parametri che forniscono le varie informazioni di carattere statistico:

$F\Delta h$ numero di ore nel mese (in percento) durante le quali l'altezza media dell'onda più grossa e ben formata è rimasta compresa nell'intervallo Δh definito dalla scala dell'agitazione del mare;

NE numero nell'anno degli episodi di moto ondoso in cui l'altezza dell'onda significativa ha raggiunto o superato lo stato di "mare mosso" (0.504-1.25 m) per almeno 12 ore consecutive;

DE_i durata (in ore) dell'episodio i-esimo.

Si elaborano poi le registrazioni che hanno riportato onde superiori ai 50 cm ricavandone i parametri caratteristi ei più sotto elencati. Detti parametri variano nel corso del fenomeno (vedi fig. 3) e vanno quindi calcolati con la scansione scelta per la rappresentazione del fenomeno (ad esempio si era scelto di registrare per una durata di 5' ogni ora e mezza, mentre in seguito è risultato preferibile 20' ogni 3 ore).

Hl [cm] somma del massimo cavo e della massima cresta anche non consecutivi; ad esempio:

Hl = A + C con A e C definiti in fig. 3;

H2 [cm] somma del secondo massimo cavo e della seconda massima cresta anche non consecutivi:

H2 = B + D con B e D definiti in fig. 3;

NC [-] numero di creste;

NZ [-] numero di zero crossing con derivata positiva, è il numero dei passaggi del segnale della linea mediana diviso due;

TZ [s] periodo dell'onda, dato da $TZ = \frac{Tr}{NZ}$

dove Tr è il tempo di registrazione;

ε [-] ampiezza spettrale, data da:

$$\varepsilon = \sqrt{1 - \left(\frac{NZ}{NC}\right)^2};$$

H_{rms} (cm) radice quadratica media delle altezze dell'onda; dato che si è eseguita la lettura manuale detto valore viene, per semplicità, calcolato mediamente:

$$H_{rms} = \frac{H_{rms1} + H_{rms2}}{2}$$ dove:

$$H_{rms}=\frac{Hl}{2}\left(\frac{1}{\sqrt{2\ln NZ}\left[1+\frac{0,289}{\ln NZ}-\frac{0,247}{(\ln NZ)^2}\right]}\right)$$

$$H_{rms}2=\frac{H2}{2}\left(\frac{1}{\sqrt{2\ln NZ}\left[1-\frac{0,211}{\ln NZ}-\frac{0,103}{(\ln NZ)^2}\right]}\right)$$

H_m [cm] altezza media del moto ondoso, dove:

$$H_m= (1,1 + 1,77)\ \sqrt{ET}$$

l' intervallo di variazione del coefficiente tiene conto delle variazioni di e (secondo Cartwright e Longuet- -Higgins) [a]; ET (energia per unità di superficie) è data da:

$$ET = 2\ (H_{rms})^2$$

$H_{l/3}$ [cm] altezza media del terzo delle altezze più grandi o altezza dell'onda "significativa"; dove:

$$H_{1/3} = (2,83 + 2,95)\ \sqrt{ET}$$

vale la nota [a]:

$H_{l/10}$ [cm] altezza media del decimo delle altezze più grandi o decimo superiore; dove:

$$H_{l/10} = (3,60 + 4,0)\ \sqrt{ET}$$

vale la nota [a];

$Hl_{max\ r}$ altezza dell'onda massima probabile nell'intervallo di tempo; si ricava sulla base delle distribuzioni statistiche dei fenomeni casuali stazionar!" (secondo Longuet-Higgins) e per l'intervallo di interesse può essere rappresentata analiticamente dalla formulazione:

$$Hl_{max\ r} = 2H_{rms}\ \sqrt{2\ln NZ}\left(1+\frac{0,139}{\ln NZ}-\frac{0,97}{(\ln NZ)^2}\right)$$

$E(f) = D_{sf}$ densità spettrale in funzione della frequenza f; si ricava in base all'analisi spettrale.

I parametri più significativi per episodio ondoso vengono raggruppati sinteticamente in tabella (vedi fig. 4). Per ulteriori considerazioni sulla sensibilità del metodo di lettura adottato si rimanda al lavoro di Cavaleri e Rossi (1975).

DISTRIBUZIONE STATISTICA DELL'ONDA SIGNIFICATIVA NEI MARI ITALIANI

La durata di funzionamento degli ondametri (vedi fig. 1) consente, sin d'ora, di disegnare un quadro abbastanza completo delle condizioni di moto ondoso delle località investigate anche se la statistica fin qui ricavata non è ancora sufficiente per una buona definizione dei valori estremi.

Si sono così potute ricavare le curve di durata(*) dell'altezza dell'onda significativa dove per semplicità in ascissa si è riportato il tempo in %.

I diagrammi riportati in fig. 5 presentano un primo esempio di mappatura della distribuzione dell'altezza significativa del moto ondoso dei mari italiani. Dal loro esame si può così facilmente osservare che il moto ondoso di tutti i siti è molto poco consistente. Infatti il periodo di onde nulle o inferiori ai 50 cm di altezza è nell' intorno dell' 80%.

INDAGINE PRELIMINARE DEL POTENZIALE ENERGETICO DEL MOTO ONDOSO

Pur con la grande limitazione detta sopra si è fatta una prima valutazione della potenza media teorica del moto ondoso utilizzando i valori reali di ogni sito per il periodo esaminato.

Si sottolinea che la potenza media è un dato scarsamente significativo nel contesto dell'utilizzazione pratica di detta potenza in quanto risultante di una distribuzione estremamente concentrata e discontinua di potenze rilevanti che si oppongono a lunghi periodi di assenza pressoché totale di energia utilizzabile. Nella pratica utilizzazione i captatori di energia ben difficilmente possono sfruttare l'intera gamma delle altezze d'onda e quindi la potenza sfruttabile è ancora più ridotta.

Si ricorda che in mari profondi, la potenza trasmessa dalle onde per metro di fronte, è proporzionale al quadrato dell'altezza significativa, in metri, ed al periodo, secondo la:

$$\overline{P} = 0.98\ H_{1/3}^{2}\ TZ\ [kW/m]$$

(*) Si ricorda che per durata di un certo valore di altezza d'onda in un dato periodo di tempo si intende il numero di ore del periodo nel quale detto valore è stato raggiunto o superato.

Per quanto riguarda il calcolo della potenza media si è operato secondo la:

$$\overline{P} = \frac{\sum P_i}{n}$$

dove P. è la potenza dell'iesimo episodio ed n è il numero delle ore di registrazione del periodo osservato. Il conteggio considera le onde superiori ai 50 cm; sotto tale limite si è assunta onda nulla.

Si sono così ottenuti valori medi intorno all'1 kW/m per il mare Adriatico ed intorno a 4 kW/m per il Tirreno ed il Mar Ligure (vedi Tabella n. 1).

II valore di 14 kW/m nell'intorno di Pantelleria, che riportiamo citando uno studio della SNAMPROGETTI /2/, può rappresentare un valore parti-colarmente elevato del Mediterraneo perché si tratta di un rilevamento in mare aperto e quindi di un punto soggetto a perturbazioni di provenienza da tutti i quadranti. Nel caso di detto studio le situazioni ambientali sfruttabili dal punto di vista ingegneristico (utilizzo delle onde superiori ai 2,5 m) riducono poi il periodo utile al solo 10%.

CONCLUSIONI

La rete di ondametri dell'ENEL e del CNR ha permesso il rilevamento reale del moto ondoso e la sua statistica, che per ora non è associata alla direzione di provenienza del fronte d'onda. La durata dei periodi di rilevamento permette di poter già giungere ad alcune conclusioni quali la durata degli eventi ondosi ed il conseguente calcolo della potenza media teorica disponibile dei siti indagati. Quest'ultimo valore, che supera solo a Lerici i 4 kW/m esclude per i nostri mari la convenienza economica di qualsiasi sfruttamento di questo tipo di energia.

BIBLIOGRAFIA

CAVALIERI L., ROSSI G., 1978 - Considerazioni preliminari sulle misure del moto ondoso. La rete di ondametri dell'ENEL - L'Energia Elettrica n. 5.

SNAM PROGETTI - Comunicazioni personale.

TABELLA 1

SITO	$\overline{P}$ (kW/m)
Delta Po	1.9
Termoli	1.4
(Brindisi)	0.4
Termini Imerese	1.3
(Rossano Calabro)	0.4
Montalto di Castro	3.3
Cecina	4.0
Follonica	1.8
Lerici	6.5
Nervi	3.7
Piattaforma* (CNR-VE)	0.9
Pantelleria (SNAMPR.)	14.0

( ) I siti sono poco rappresentativi perché l'ondametro di Brindisi era nell'avanporto e quello di Rossano Calabro si trovava in una insenatura.

* I dati, che si riferiscono al periodo settembre 1978-luglio 1979, sono stati gentilmente concessi dall'I.D.G.M. di Venezia

b)

Stazioni	1974	1975	1976	1977	1978	1979	1980
DELTA PO							
TERMOLI							
BRINDISI							
ROSSANO CALABRO							
TERMINI IMERESE							
MONTALTO DI C.							
FOLLONICA							
CECINA							
LERICI							
NERVI							

Fig. 1 Rete di monitoraggio del moto ondoso a) e periodo di funzionamento di ciascuna stazione b).

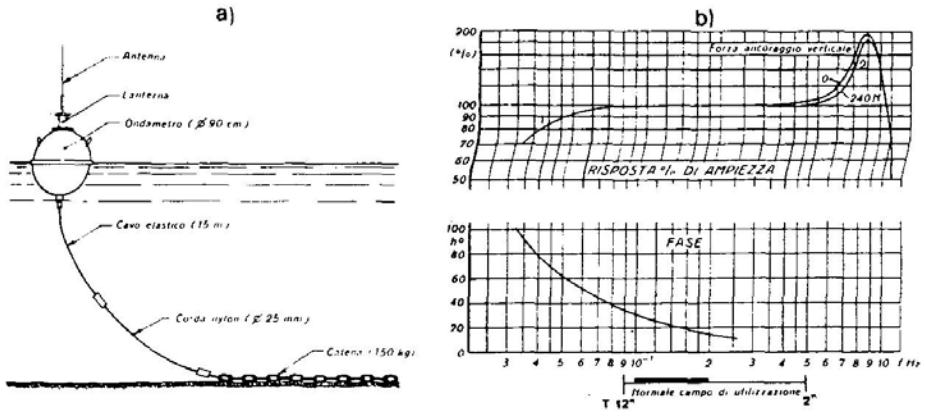


Fig. 2 Ondametro Datawell a) e suoi errori strumentali b).

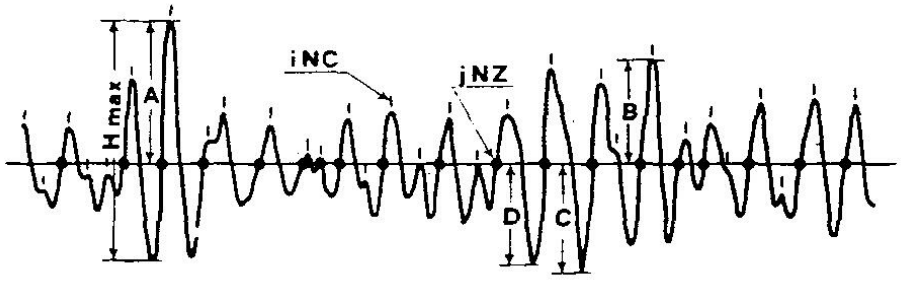


Fig. 3 Esempio di registrazione e definizione dei parametri H_{max}, NC, NZ; A, B, C, D.

Stazione di: NERVI ESAME PARAMETRICO ANNO 1979

EPISODIO ONDOSO N. 5

Dalle ore 10.30 del giorno 4/ 2/79 alle ore 18.00 del giorno 6/ 2/79

Ore	H1 [cm]	TZ [s]	ε [-]	Hrms [cm]	Hmed [cm]	H3 [cm]	H10 [cm]	Hmaxr [cm]
15.00	162	8.3	.78	31.0	50	129	176	222
16.30	159	7.4	.61	29.1	66	122	158	211
18.00	—	—	—	—	—	—	—	—

Fig. 4 Esempio di tabella riepilogativa di un episodio di moto ondoso.

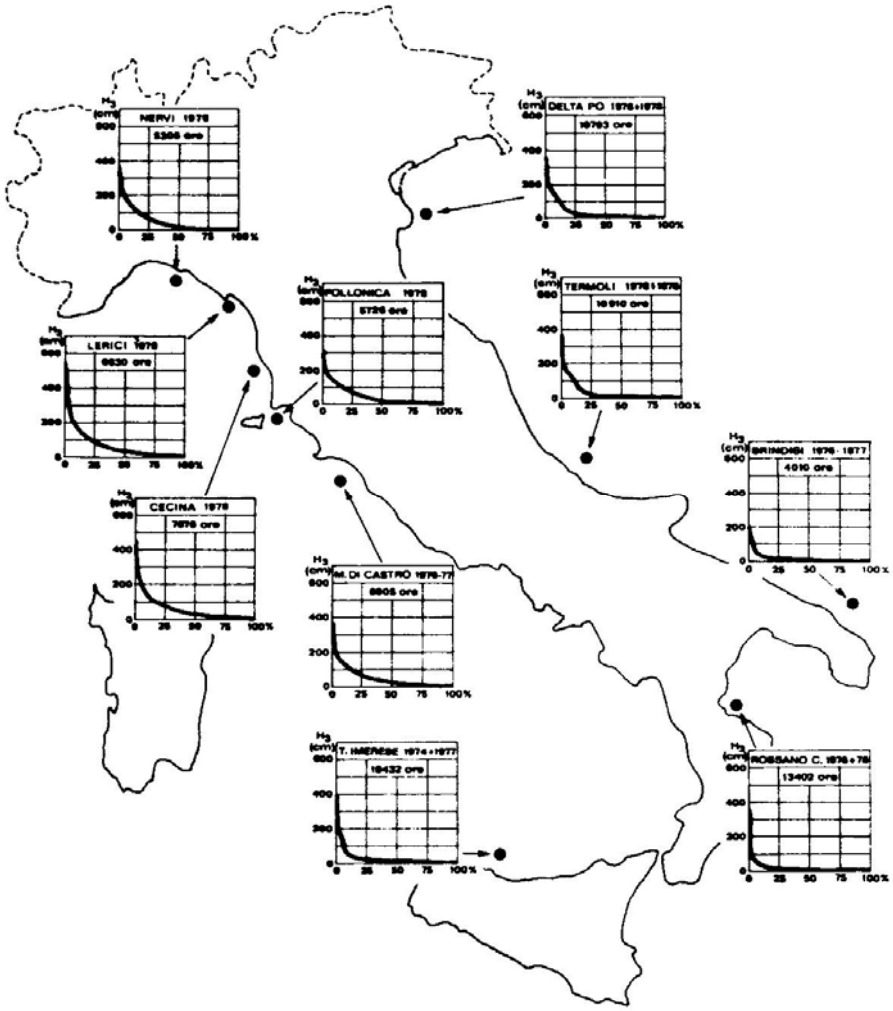


Fig. 5 Curve di durata dell'altezza dell'onda significativa dei siti indagati.

SU ALCUNI PARAMETRI SIGNIFICATIVI DEL MOTO ONDOSO A GENOVA (°)

G. CICCONI* ,I. DAGNINO* .A.ALBERT**

* Istituto Geofisico dell'Università
** Via del Lago 20/4 Arenzano Pineta (Genova)

INTRODUZIONE

A partire dal mese di luglio 1978, funziona a Genova un apparato registratore del moto ondoso.

Un sensore di pressione installato sulla piattaforma di attracco per petroliere di Genova-Multedo, che poggia su un fondale di 50 m, permette di registrare, mediante un ponte radio, lo stato di agitazione del mare nei locali dell'Osservatorio meteorologico dell'Istituto Geofisico dell'Università di Genova (Via Balbi, 5).

Il sensore di pressione è posto a 3 m di profondità ed il segnale perviene con continuità al registratore. La registrazione può avvenire contemporaneamente su carta e su nastro magnetico: per economia di carta e di nastro i dati vengono acquisiti ogni tre ore per la durata di 15 minuti (a partire dalle ore 00.00).

Il segnale perviene in Osservatorio senza interruzione ed è possibile variare a piacere il programma.

I precedenti lavori (Cicconi e Dagnino, 1976; Cicconi e Dagnino, 1978; Cicconi et al. 1979; Cicconi e Dagnino, 1979) riferiamo sulle caratteristiche dell'apparato e su alcuni risultati ottenuti mediante l'impiego di un analizzatore H.P. 3721/20: il copioso materiale sperimentale finora raccolto è in corso di elaborazione con l'impiego di un calcolatore H.P. 85 recentemente acquistato con fondi C.N.R.

La messa a punto di procedimenti idonei per costituisce l'argomento della presente nota.

1'elaborazione dei dati,

ALCUNE CONSIDERAZIONI SULLA VALIDITÀ1 DELLE REGISTRAZIONI.

La disponibilità di una piattaforma di attracco per petroliere poggiente su di un fondale di 50 m in prossimità del Porto di Genova, ci indusse ad iniziare le registrazioni sistematiche del moto ondoso. La piattaforma è

(°) Lavoro eseguito con fondi C.N.R. (Contratto 49/79.01408.88/115.3856).

posta in una zona di transizione tra acqua alta ed acqua bassa: le onde provenienti dal largo restano inalterate se il loro periodo è inferiore od uguale a otto secondi, mentre le onde di periodo più lungo subiscono un'attenuazione di ampiezza allorché cominciano a risentire dell'azione del fondo.

Le onde che risentono maggiormente di questa riduzione di ampiezza sul fondale di 50 m sono quelle aventi un periodo di 14 secondi, per le quali il calo di altezza è dell'ordine del 9%.

I contatti con le Autorità Consortili e le prime prove effettuate ci convinsero che occorreva disporre di sensori molto affidabili e non richiedenti una continua manutenzione, non essendo possibile accedere molto spesso alla piattaforma.

I sensori di pressione precedentemente da noi usati in acqua bassa sono particolarmente adatti allo scopo: il sensore da noi installato nel Luglio 1978 ha funzionato regolarmente ed ininterrottamente fino ad oggi, senza bisogno alcuno di manutenzione.

L'uso dei sensori di pressione introduce alcune limitazioni alla risposta fedele delle variazioni di livello marino: essi manifestano una sensibilità uniforme ed una risposta lineare alle variazioni statiche di pressione ma la risposta non è lineare per le componenti dinamiche della pressione. Viene pertanto esercitata un'azione selettiva con riduzione delle ampiezze pressoché nulla alle più basse frequenze e crescente verso le alte frequenze.

II trasmettitore ha una funzione di risposta selettiva in senso inverso a quella esercitata dal sensore di pressione ed esercitante una attenuazione delle oscillazioni a bassa frequenza lasciando inalterate le frequenze maggiori di 0.2 Hz (5 sec.).

L'effetto globale è tale da fornire una risposta non rigorosamente uniforme ma sufficientemente piatta nel campo delle frequenze predominanti nei casi di agitazione del mare da noi finora esaminati.

L'intero sistema lascia inalterati i periodi.

In Fig.l sono rappresentate le curve di attenuazione del sensore a pressione (curva A a tratto e punto), del trasmettitore (curva B a tratteggio) e la curva di attenuazione globale (curva C a tratto continuo). La curva C mostra che per l'intervallo compreso tra 6 e 12 secondi, l'attenuazione è di circa 4 db.

Abbiamo usato un filtro RC che rende maggiormente uniforme la risposta del sistema: l'introduzione del filtro riduce ed elimina in parte le onde di periodo relativamente breve e non "zero crossing", che contribuiscono al calcolo dell'ampiezza spettrale in base alla nota formula:

$$\varepsilon = \sqrt{1 - \left(\frac{N_Z}{N}\right)^2} \qquad (1)$$

essendo N_Z il numero delle onde "zero crossing" ed N il numero totale delle onde presenti nel tratto di registrazione analizzato.

Il filtro viene usato nelle registrazioni di "routine" su carta e l'acquisizione dei dati su nastro avviene senza filtro.

Il filtro comporta una forte attenuazione del segnale analogico ed uno sfasamento del segnale che, per periodi da 6 a 10 secondi, varia da 0.35 a 1.00 secondi.

Le registrazioni che esamineremo in dettaglio nel corso della presente nota sono state effettuate trasferendo i dati dal nastro su carta in forma convenientemente espansa con inclusione del filtro RC.

Alcuni intervalli di registrazione sono stati riprodotti con o senza filtro per aver modo di effettuare un esame comparato delle analisi. Ad esempio l'analisi della registrazione del 14/XII/1978 ha dato i risultati trascritti nella tabella I: altezza media H, altezza significativa H, altezza massima H , deviazione standard (D/S.) delle altezze delle onde secondo i risultai dello spoglio effettuato con filtro e senza filtro.

I periodi T_m, T_{min} e T_{max} sono relativi alle onde significative H_S:

TABELLA 1

	H_m	H_S	H_{max}	D.S.	T_m	T_{max}	T_{min}
con filtro	2.50	3.82	5.09	1.15			
					8.64	11.8	6.3
senza filtro	2.66	3.93	5.12	1.08			

Le altezze delle onde sono espresse in metri ed i periodi in secondi.

ESAME DEI DATI RELATIVI ALLA MAREGGIATA DEL 13-17 DICEMBRE 1978.

I dati che verranno presi in considerazione sono relativi ad un periodo di agitazione del mare che si protrasse, con alterne vicende, per cinque giorni consecutivi.

Essi riguardano il periodo compreso tra il 13 ed il 17 Dicembre 1978, nei quali il Mediterraneo Centro-Occidentale fu interessato da perturbazioni in rapido spostamento verso levante.

La circolazione atmosferica venne classificata dal Servizio Meteorologico della Germania Federale del tipo W_S (Suedlische Westlage): l'Europa fu interessata dal tratto ascendente di una ampia saccatura con asse disposto in senso zonale dalla Nuova Zemlia all'Inghilterra.

Le correnti al suolo mantennero anch'esse un andamento pressoché zoanle con velocità variabile, dando luogo ad uno stato di agitazione del mare di intensità variabile e classificabile prevalentemente come "mare agitato" o "molto agitato" nella fase massima.

In Fig. 2 sono rappresentati:

- il periodo medio T delle onde "zero crossing";
- l'altezza massima assoluta delle onde in metri;
- l'altezza significativa H delle onde in metri;
- l'andamento della pressione atmosferica a Genova (in mm. e ridotta al l.m);
- la direzione e la velocità del vento in nodi secondo le registrazioni dell'Osservatorio di Monte Capellino.

Nelle prime ore del giorno 13 Dicembre 1978 si ebbe un rapido aumento dell'agitazione del mare per la presenza di una depressione in via di approfondimento, alle ore 00.00 del giorno successivo, era centrata sul Golfo di Trieste (minimo assoluto 995 mb) e collegata con un ampio settore caldo.

I venti a Genova, a partire dalle 6.30 del giorno 13, spiravano con velocità moderata dai quadranti meridionali e con tendenza alla diminuzione nel corso del giorno 14 Dicembre 1978.

Dalle carte sinottiche in macroscala del Deutscher Wetterdienst (Europaeischer Wetterbericht) è possibile dedurre che alle ore 12.00 del giorno 14 il Mar Ligure fu interessato da venti occidentali con velocità di 30 nodi.

Queste correnti operanti in mare aperto contribuirono all'aumento dell'agitazione del mare che a Genova raggiunse il massimo nelle prime ore del giorno 15 Dicembre 1978 (altezza massima assoluta 6 metri tra le 0.00 e le 00.15 ora locale ed altezze significative H_S massime (3.97 metri alle ore 00.03).

In concomitanza con le massime altezze del moto ondoso si ebbero anche i massimi periodi T_m delle onde "zero crossino" (T_m = 8.86 sec.).

Nelle prime ore del giorno 15 Dicembre 1978, si manifestò un calo della velocità del vento con un breve intervallo nel quale le correnti con moderata intensità spiravano dai quadranti settentrionali (ore 00.00). Le correnti meridionali ripresero con intensità crescente nel giorno 15 Dicembre e la carta sinottica alle ore 12 GMT rivelava la presenza sul Mar Ligure di venti spiranti da SSW alla velocità di 40 nodi.

Alle ore 00.00 del giorno 16 il Golfo del Leone fu interessato da una perturbazione in rapido spostamento verso levante e collegata con un ampio settore caldo: questa perturbazione provocò una discesa della pressione atmosferica a Genova ed un minimo secondario (748.5 mm al l.m. alle ore 14.00).

Il Mar Ligure fu interessato da venti spiranti da SSW (20 nodi alle ore 12 GMT) ed a Genova, nel corso del pomeriggio, si ebbero correnti settentrionali con discreta intensità nelle ore pomeridiane.

Una ripresa delle correnti meridionali si ebbe nel corso del giorno 17 Dicembre 1978 (15 nodi a Capo Corso alle ore 12 GMT) e con velocità minore nelle altre stazioni costiere.

Nel corso del giorno 17 Dicembre 1878, l'Italia Settentrionale ed il Mar Ligure furono interessate marginalmente da un'area anticiclonica centrata sull'Europa Settentrionale: ciò produsse un aumento della pressione atmosferica, il miglioramento dello stato generale del tempo ed il calo dell'agitazione del mare.

Abbiamo eseguito lo spoglio dei dati su carta misurando da una linea di base le ordinate delle creste e dei cavi delle onde e calcolato successivamente il livello medio di riferimento. Abbiamo determinato il periodo e l'ampiezza delle onde "zero crossing" ed effettuato il conteggio delle onde non attraversanti la linea di base; in totale sono state determinate le altezze ed i periodi di 3553 onde "zero crossing" ed osservate 405 onde non "zero crossing". In base a questi dati abbiamo calcolato l'ampiezza e dello spettro in base alla formula (1)

$$\varepsilon = \sqrt{1 - \left(\frac{3553}{3958}\right)^2} = 0.441 \qquad (2)$$

Risultati poco discosti dalla media hanno fornito i calcoli di ε effettuati per i singoli intervalli di registrazione.

Abbiamo calcolato l'altezza efficace H_{rms}, l'altezza significativa H_S (media delle altezze delle onde più alte comprese nel 33% del totale), l'altezza H1/10 (media delle onde più alte che sono comprese nel 10% del totale) e preso nota delle altezze massime assolute H_{max}.

Abbiamo calcolato i rapporti medi tra le altezze dei vari tipi di onde e

le altezze delle onde H_{rms}.

I risultati sono trascritti nella tabella II, nella quale i numeri racchiusi in parentesi indicano il numero di onde che hanno contribuito al calcolo.

TABELLA 2

Rapporti sperimentali e teorici tra i vari tipi di onde e le onde H_{rms} e periodo medio delle onde "zero crossing".

	H_{max}/H_{rms}	$H_{1/10}/H_{rms}$	$H_{1/3}/H_{rms}$	H_m/H_{ms}	T_m
Sperim.	2.09 (37)	1.72 (355)	1.39 (1184)	0.901(3553)	7.69
Teor.	2.26	1.80	1.416	0.866	

La tabella II mostra che le medie di maggior peso risultano conformi a quelle teoriche.

DISTRIBUZIONE DELLE ALTEZZE E DEI PERIODI

Per aver modo di disporre di ulteriori dettagli sulla distribuzione delle altezze e dei periodi, abbiamo preso in esame i dati relativi a sei intervalli di registrazione appartenenti a due periodi di massima agitazione del mare (ore 06.00; 09.00; 12.00 del 14/XII/78 e 00-00; 06.00. 09.00 del 15/XII/78): in totale 475 onde.

I risultati sono rappresentati nei grafici di Fig. 3 e Fig. 4:

La distribuzione delle altezze è stata calcolata in base alla formula:

$$\frac{H}{H_{RMS}} = \left[-\log \frac{n}{N} \right]^{1/2} \qquad (3)$$

nella quale n è il numero d'ordine delle N onde considerate nel calcolo e disposte in ordine decrescente di altezza.

La distribuzione dei periodi è stata esaminata calcolando i rapporti tra gli spostamenti dalla media ed il periodo medio:

$$\frac{T - T_m}{T_m} \qquad (4)$$

Suddividendo i valori così ottenuti in quartili e determinando l'intervallo interquartile IQ è stato possibile determinare la costante K proporzionale all'ampiezza spettrale.

La probabilità di distribuzione della variabile:

$$W = \frac{T - T_m}{kT_m} \tag{5}$$

nella quale:

$$K = IQ \times 0.8665 \tag{6}$$

è stata calcolata mediante la formula:

$$p(\omega) = \frac{d\omega}{1 + \omega^2}$$

Si vedano su questo argomento le note bibliografiche. (Autori vari, 1977; Louguet-Higgins, 1975; Battjes, 1972)

Dalle Figg. 3 e 4 (in alto) si deduce che la maggior parte delle altezze delle onde è conforme alla distribuzione stabilita dalla (3): soltanto le onde più alte manifestano una probabilità di Decorrenza minore di quella teorica.

La probabilità di distribuzione delle W secondo la (7) sono rappresentate con linee tratteggiate nelle Figg. 3 e 4 (in basso) ed i risultati sperimentali sono rappresentati con istogramma a tratto continuo.

I risultati del calcolo di IQ,K e del periodo medio delle onde sono trascritti nella Tabella III:

TABELLA 3

Intervallo IQ, ampiezza spettrale e periodo delle onde

	IQ	K	T_m
14-XII-'78	0.278	0.241	8.32 sec.
15-XII-'78	0.255	0.221	8.80 sec.

Suddividendo i valori così ottenuti in quartili e determinando l'intervallo interquartile IQ è stato possibile determinare la costante K proporzionale all'ampiezza spettrale.

La probabilità di distribuzione della variabile:

$$W = \frac{T - T_m}{kT_m} \tag{5}$$

nella quale:

$$K = IQ \times 0.8665 \tag{6}$$

è stata calcolata mediante la formula:

$$p(\omega) = \int_0^{\omega} \frac{d\omega}{\sqrt{1+\omega^2}}$$

Si vedano su questo argomento le note bibliografiche. (Autori vari, 1977; Louguet-Higgins, 1975; Battjes, 1972)

Dalle Figg. 3 e 4 (in alto) si deduce che la maggior parte delle altezze delle onde è conforme alla distribuzione stabilita dalla (3): soltanto le onde più alte manifestano una probabilità di Decorrenza minore di quella teorica.

La probabilità di distribuzione delle W secondo la (7) sono rappresentate con linee tratteggiate nelle Figg. 3 e 4 (in basso) ed i risultati sperimentali sono rappresentati con istogramma a tratto continuo.

I risultati del calcolo di IQ,K e del periodo medio delle onde sono trascritti nella Tabella III:

TABELLA 3

Intervallo IQ, ampiezza spettrale e periodo delle onde

	IQ	K	T_m
14-XII-'78	0.278	0.241	8.32 sec.
15-XII-'78	0.255	0.221	8.80 sec.

Dalla Tabella III risulta che il valore medio di K è 0.231 ed essendo $\varepsilon \cong 2k \cong 0.462$, si ottiene un risultato analogo a quello ottenuto in precedenza con la formula (1).

RIPIDITA' DELLE ONDE.

Nelle Figg. 5 e 6 sono rappresentate le altezze ed i periodi delle onde "zero crossing" comprese nei tre intervalli di registrazione dei giorni 14 e 15 Dicembre 1978 utilizzati per il tracciamento dei grafici di Fig.3 e Fig.4.

I punti indicati con triangoli e con quadrati sono relativi ad onde "zero crossing" comprendenti onde non "zero crossing".

Nelle Figg. 5 e 6 sono tracciate le linee che contraddistinguono diversi intervalli di ripidità in ambedue i casi le ripidità superano di poco il valore 0.050, ma è diversa la distribuzione delle ripidità massime nei due casi.

Se si considerano le onde appartenenti agli intervalli di ripidità minori di 0.025, risulta che esse manifestano una ripartizione percentuale pressoché analoga. Lo stesso non avviene per le onde di maggiore ripidita poiché le onde del giorno 15 rivelano una maggiore percentuale di concentrazione nell'intervallo compreso tra 0.025 e 0.035 (27.2%) ed una minore concentrazione negli intervalli di massima ripidità. Al contrario le onde del giorno 14 mostrano una minore percentuale di appartenenza al settore compreso tra 0.025 e 0.035 (19.2%) ed una maggiore percentuale di appartenenza ai settori dì massima ripidità.

Dalle Figg. 5 e 6 risulta inoltre che le onde "zero crossing" comprendenti onde "non zero crossing" manifestano periodi relativamente lunghi e ripidità relativamente basse.

La diversa ripartizione delle ripidità nei due casi esaminati è certamente legata alla circolazione atmosferica rivelata dalle osservazioni locali rappresentate in Fig.l: le registrazioni del giorno 14 sono relative ad un periodo nel quale spiravano venti moderati dai settori meridionali, mentre le registrazioni del giorno seguente sono relative ad un periodo nel quale localmente si aveva calma di vento.

ANALISI SPETTRALE DEI DATI.

Le analisi dei dati vennero da noi inizialmente effettuate mediante un analizzatore HP/3721=20 che può elaborare i dati raccolti i n forma analogica e tracciare lo spettro e la funzione di autocorrelazione mediante un registratore XY.

Recentemente abbiamo iniziato una serie di analisi mediante un voltmetro digitale HP 3417 A ed un calcolatore HP 85.

Questo nuovo sistema di elaborazione dei dati permette di ricavare, oltre alle rappresentazioni grafiche, anche i tabulati numerici mediante i quali è possibile parametrizzare gli spettri.

In Fig. 7 sono rappresentati gli spettri relativi alle ore 03 del 15/XII/'78 calcolati mediante i due apparati: la densità spettrale è

espressa in percentuale del valore massimo. La Fig. 7 mette in vista una buona coincidenza dei risultati delle due analisi.

Le aree degli spettri dedotte dai tabulati numerici hanno consentito di calcolare le ampiezze significative H del moto ondoso ed il confronto con i risultati ottenuti attraverso l'esame dei dati singoli.

Sono attualmente in corso alcune prove riguardanti la scelta del passo (in secondi) di digitalizzazione e la risoluzione in Hertz della frequenza H_Z.

BIBLIOGRAFIA

AUTORI VARI 1977 - Shore protection manual, vol.I; U.S.Army Coastal Engineering Centre, Fort Belvior (U.S.A.)

BATTJES J.A. 1972 - Long term wave height distributions at seven stations around the British Isles; Deutsche Hydr. Zeit. 25 Jahrgang 1972; Heft 4.

CICCONI G. , DAGNINO I., 1976 - Su un nuovo metodo di registrazione ed analisi del moto ondoso, "L'Energia Elettrica", N.9.

CICCONI G. , DAGNINO I, 1978 - Alcuni risultati ottenuti mediante un nuovo tipo di registratore del moto ondoso installato a Lupara di Arenzano (Genova), "Atti del 2° Congresso dell'A.I.O.L., 29-30 Sett.1976, Genova.

CICCONI G., DAGNINO I, 1979 - Considerazioni e risultati ottenuti dopo un anno di funzionamento continuato del registratore del moto ondoso ad onde lunghe installato sulla Piattaforma petroli di Genova--Multedo; "Centro studi di Tecnica Navale "CETENA", Genova, Dicembre.

CICCONI G., DAGNINO I. , PAPA L., BASANO L., OTTONELLO P., 1979 - Use of offshore mooring plattform for sea wave motion analysis, "II Nuovo Cimento", Vol.2C, N.3, Maggio-Giugno.

LONGUET - HIGGINS H.S., 1975 - On the joint distribution of the periods and amplitudes of sea waves, Journal of Geophysical Research, 80 (13).

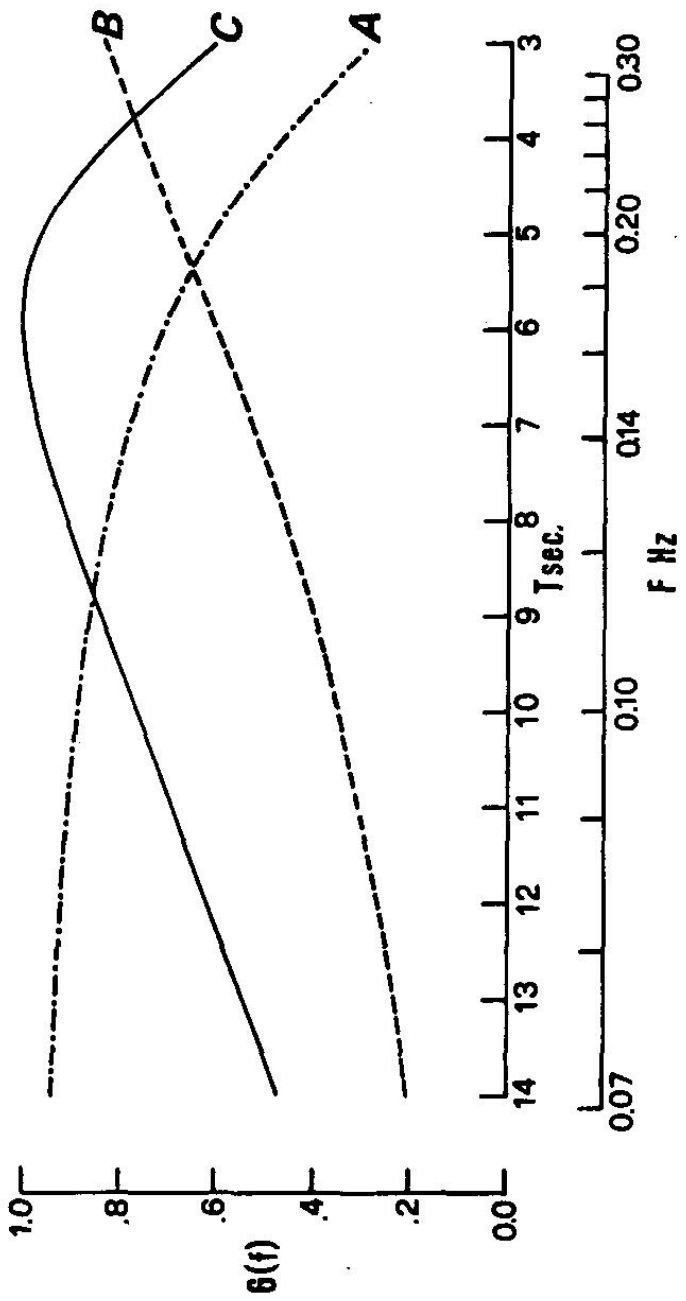

B
C
A
1.0
.8
.6
.4
.2
0.0
G(f)
14
13
12
11
10
9
8
7
6
5
4
3
T sec.
0.07
0.10
0.14
0.20
0.30
F Hz

Figura 1.

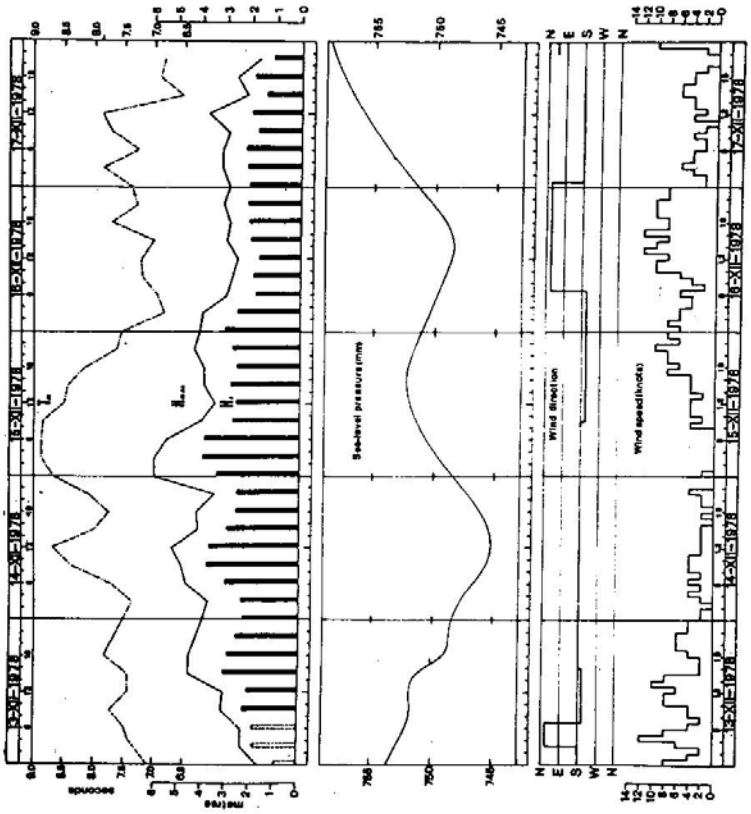

Sea-level pressure (mm)
Wind direction
Wind speed (knots)
N
E
S
W
N

Figura 2.

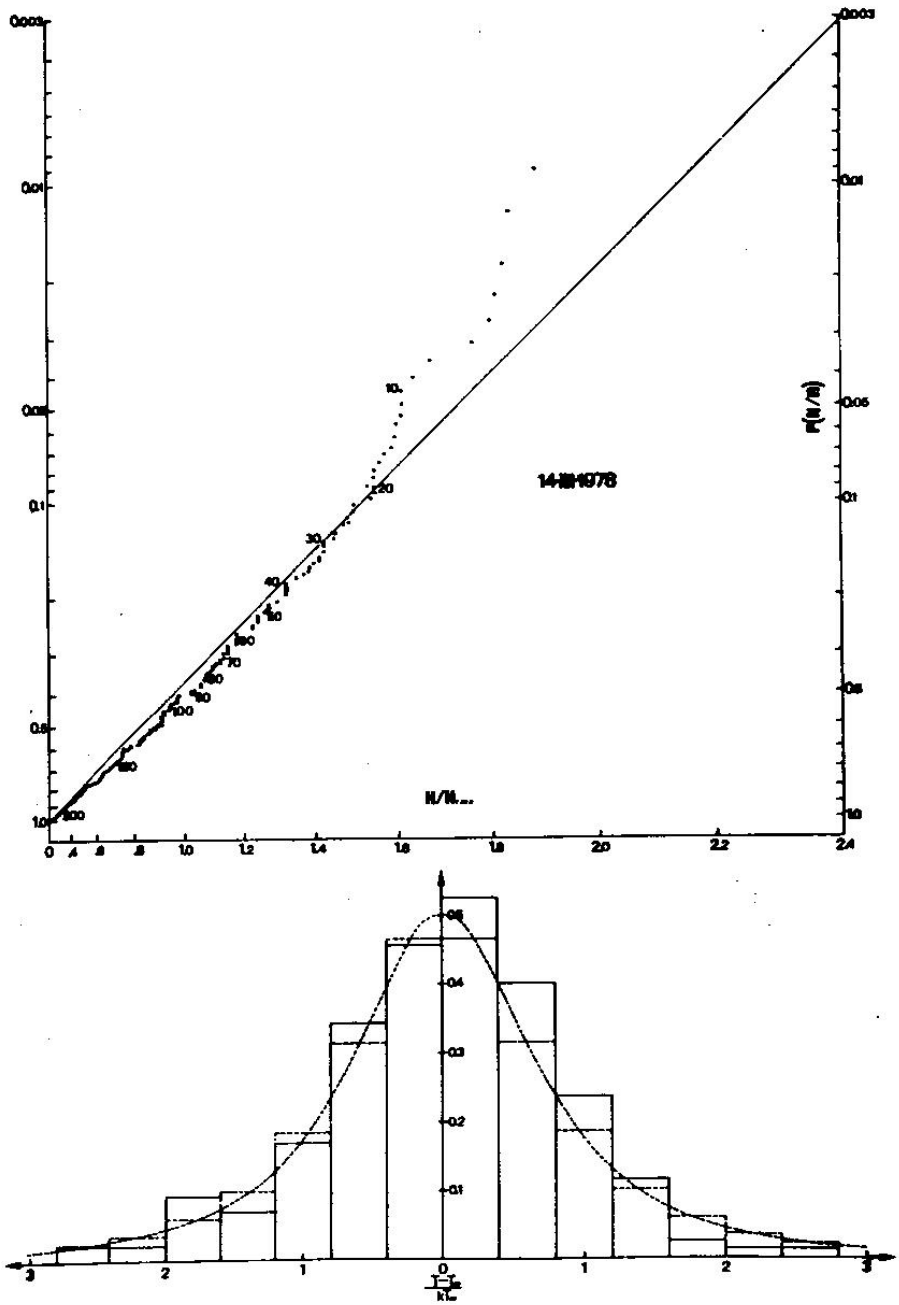


Figura 3.

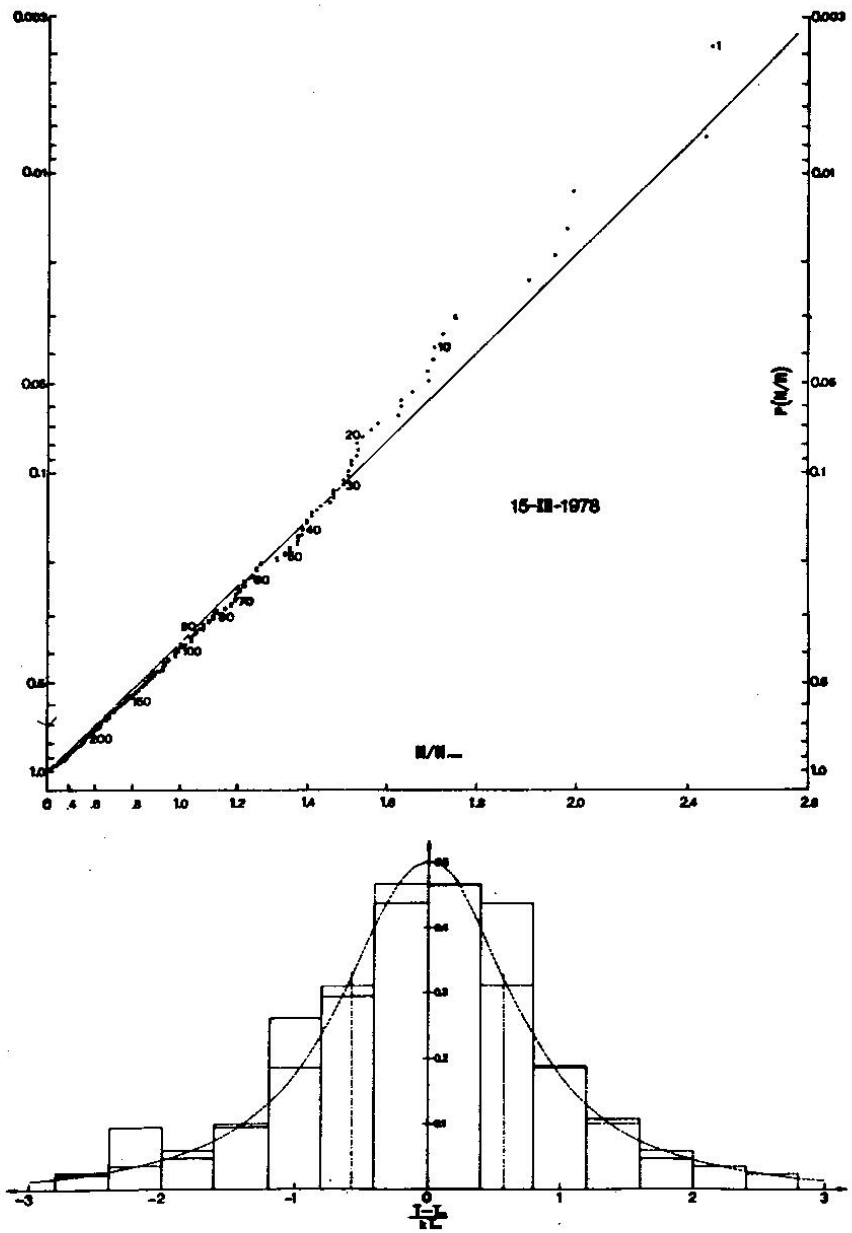


Figura 4.

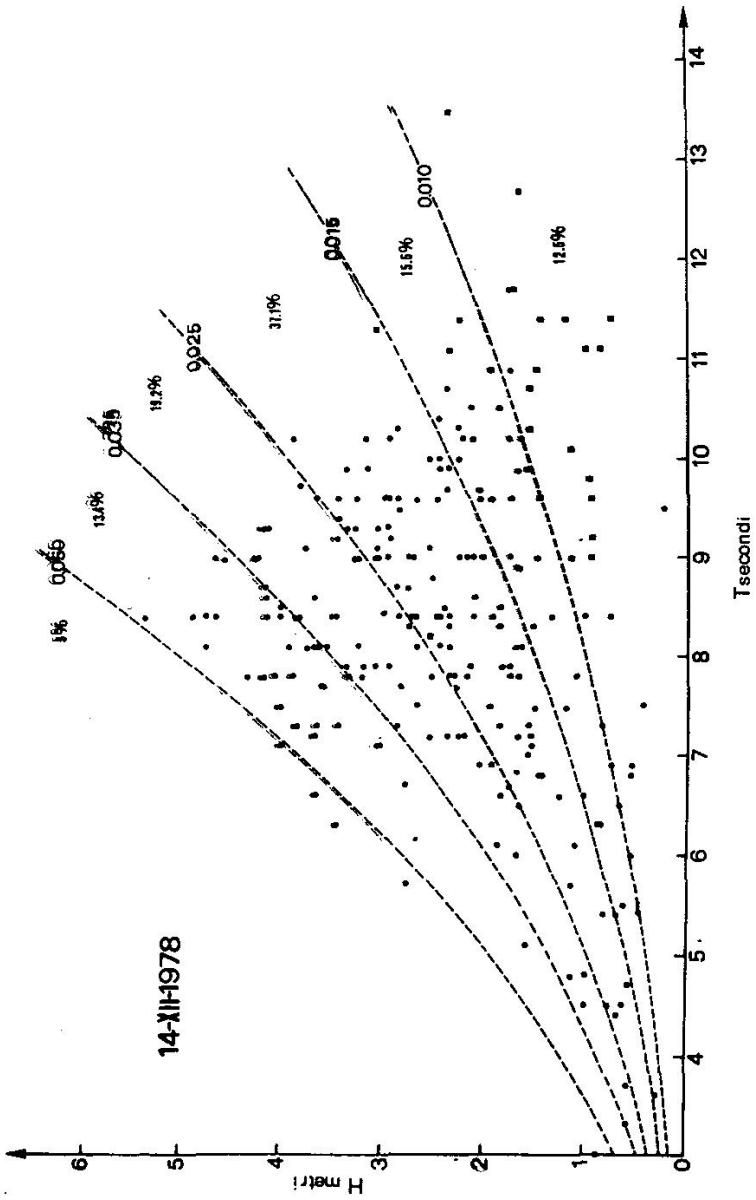

14-XII-1978
H metri
Tsecondi
0.060
0.035
0.025
0.015
0.010
5%
13.4%
19.2%
37.1%
15.5%
12.5%

Figura 5.

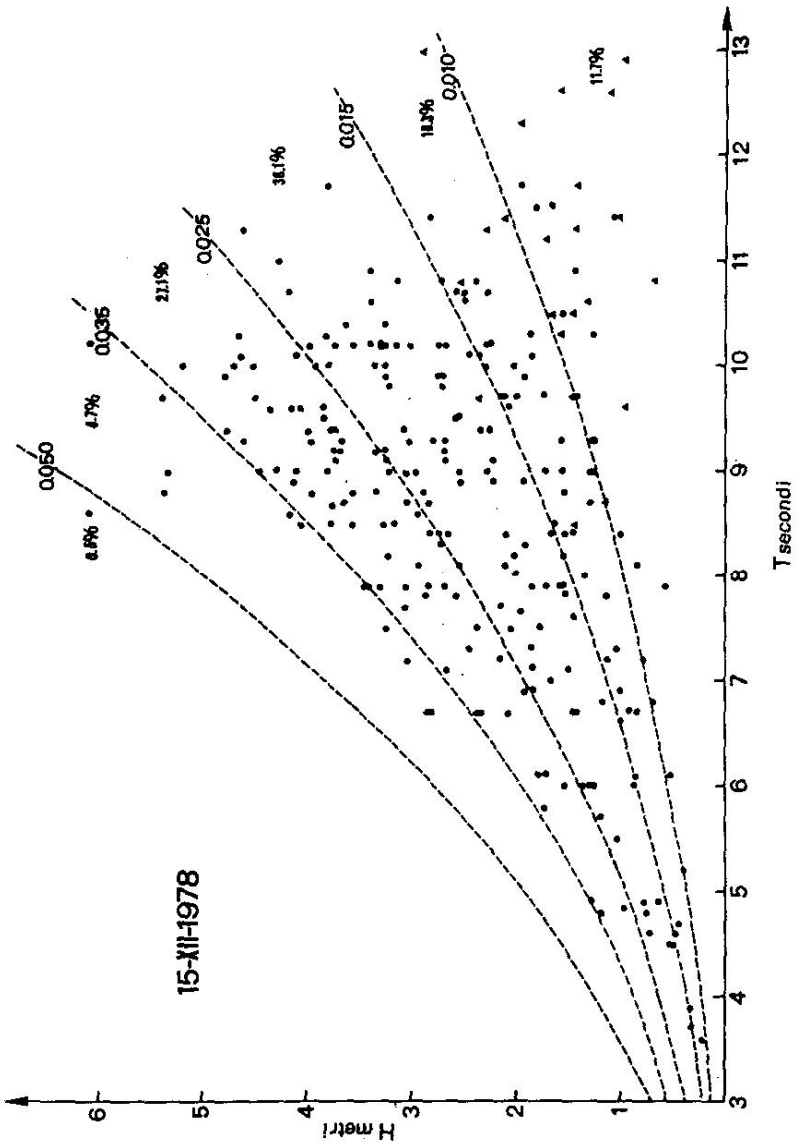

15-XII-1978
H metri
T secondi
0.050
0.035
0.025
0.015
0.010
8.8%
4.7%
27.1%
38.1%
18.2%
11.7%

Figura 6.

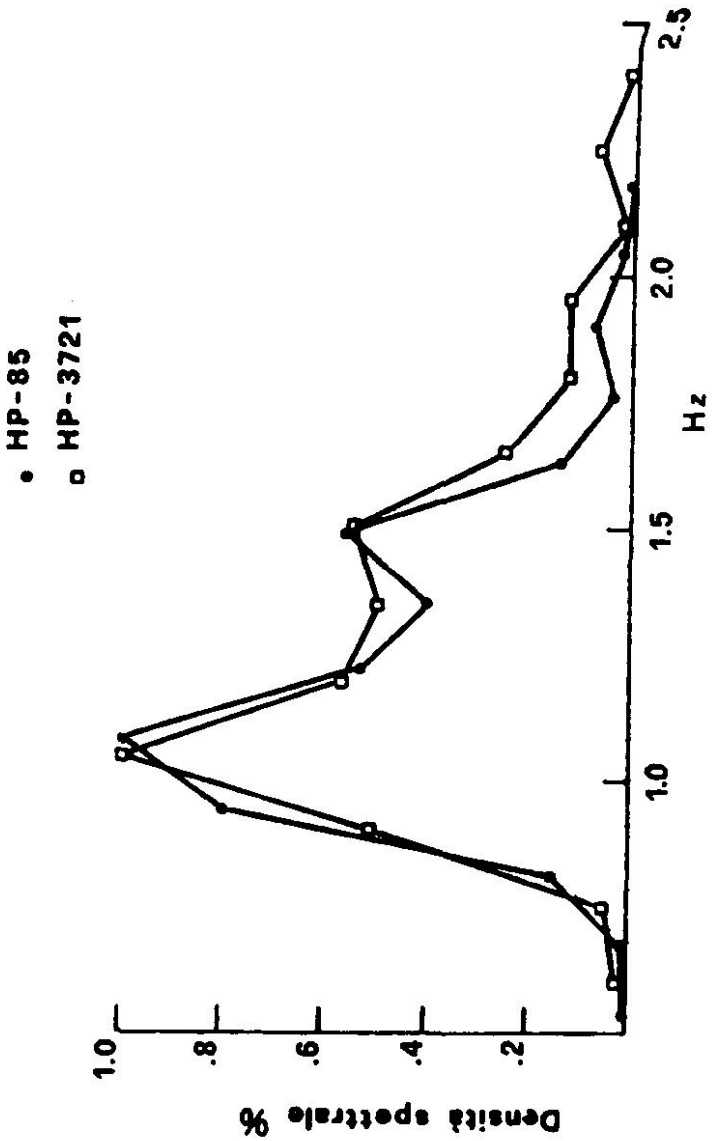


Figura 7.

HINDCAST ESTIMATE OF DESIGN WAVE CONDITIONS IN THE TYRRHENIAN SEA

L. CAVALERI*, G. GRANCINI**t R. TOSI***

* Istituto per 10 Studio del 1 a Dinamica delle
Grandi Masse-C.N.R. t Venezia
** REMAR/FISA Dept. t SNAM Progetti, Fano
*** Istituto di Costruzioni Marittime, Università di Padova.

RIASSUNTO

Nel presente articolo viene descritto uno studio effettuato con la tecnica dell "hindcasting". Lo scopo e la stima delle massime condizioni del mota ondoso che possono presentarsi nel mare Tirreno entro un certo tempo e con una determinata probabilità. Vengono dapprima spiegate 1 e ragioni per l'approccio ad "hindcasting". Si discute poi il problema del calcolo del vento sul mare e 51 illustrano i vari metodi per il calcolo del moto ondoso per tutte le tempeste considerate. Infine si illustra un esempio di calcolo per una violenta tempesta nel Tirreno meridionale.

SUMMARY

In this paper we describe a hindcast study whose aim is the estimation of the wave conditions likely to happen in the Tyrrhenian Sea within a specified length of time. First we explain the reasons for the hindcast procedure. Then the problem of wind evaluation in the open sea is discussed and we point out the possible different methods for its evaluation. Third we describe the wave model used for the calculation of wave field for each considered storm. Finally an example of application to a severe storm in the Tyrrhenian Sea is reported.

INTRODUCTION

After the last World War there has been a boom of the general economical interest in the sea. Besides in more recent times the importance of oil research has further stressed the requirement of a correct evaluation of the risk involved in sea activities. In most of the cases anyhow this requirement has not found an appropriate reply. This has been mainly due to the 1ack of a sufficient amount of data in the area of interest.

One of the most recurring questions concerns the eva1uation of the maximum wave conditions 1ikely to happen in a given area within a specified length of time. This is usually obtained extrapolating to the future an available series of wave data collected in the same area. But

the length of the series necessary to provide a reliable estimate is in general much 10ng~r than it is available or the designer is allowed to wait. Hence a different approach to the problem is required.

The reply has come from the wave forecasting models, independently developed to evaluate the wave conditions in a storm for which the wind field is known. Once the practical experience has shown that, if properly tuned, they can supp 1y quite accurate estimates of the actual wave field, it is a simple step to decide to use them as a source of wave data for the past, i.e. for the storms for which the meteorological data, and therefore in principle the wind field, are known. The technique is therefore the following:

1) look to the past and choose a suitable set of storms representative of the extreme conditions in the area of interest,

2) from relative meteorological data evaluate the wind field thought each storm,

3) evaluate and memorize the evolution of wave conditions in the area of interest,

4) use the estimated set of data to extrapolate for the future with standard statistical techniques.

The aim of this paper is to describe the procedure we are actually following for the evaluation of maximum wave conditions in Italian seas. The just mentioned steps 1 to 4 are sequentially described and an example of practical application is given. In respect to the already existing examples of application of this technique, the Italian seas present the non neg1ectab1e problem of being divided into four basins. Besides, the complicated Italian topography makes them almost independent, at least from the point of view of wind waves. Therefore each basin requires its own study.

As a first approach we decided to begin with the Tyrrhenian Sea. The choice was due to several reasons. This area is almost closed in itself, hence we had not to worry about swell coming from outside the area of interest. It is almost completely surrounded by the Italian coastline, making the collection of the meteorological data much easier. Apart from small zones very close to the coast, the depth of the basin allows the use of deep water forecasting mode 1 s , much easier and economica1 to handle. Finally we had available in the area some good experimental data by which it was possible to check the reliability of the results.

CHOICE OF THE STORMS

On deciding the period to study and from which to select the storms to analyze, one needs to be careful of the long term variations of average meteorological conditions. With “long term” we mean periods of order of a few years. It is a common experience that some years are “good” , others are “bad” with respect to the average weather. Approaching the problem for a statistics, we need to be sure to pick a period long enough to cover all the long term variations; and possibly equal to, or a multiple of, the recurrent period.

A second obvious element is the availability of the meteorological data that actually do not extend too far in the past. At the moment we are considering the period from 1951 to present day.

The statistics used for the estimate of extreme conditions (see e~ g. Institute of Hydrology, 1975) is based on the extreme values of each single event. Therefore the storms to select must be the worst ones, according to the principles of choice expressed by Gumbel (1958). The general procedure is therefore to make a survey of all the storms of the period, classifying them according to the period of the year, to the kind of weather and to any other characteristics. The subset to be fully analyzed must then respect the same statistical distributions. The scan of the 30 years from 1951 to 1980 was done by an objective analysis of the wind recorded at the different stations as by direct visual inspection of all the meteorological maps.

To obtain reliable estimates we need to consider a sufficiently large set of data, and 40 is a convenient trade-off between the confidence limits of the results and the required amount of work. Unfortunately, since most of the interest is concentrated on the coasts, and because of the shape of the Tyrrhenian basin, we need 40 storms for each side of the basin (northeast, south and west). As some storms are common to two sides, their overall number can be estimated at 100.

After making this choice, we then proceeded to the collection of meteorological data necessary for the estimate of the wind field. These consist of the pressure value at the meteorological stations and of the surface analysis done on an European and on an Italian basis.

EVALUATION OF WIND FIELD

There are basically two different ways for the evaluation of the wind field over the sea, and their choice depends on the kind of data we have available. Of the whole standard set available for each day the best piece of information is usually given by the surface analysis on an Italian basis. On this scale the experience of the meteorologist couples with the sparse information, given rise to a series of details, available on the map, that could have by no means been obtained by an objective analysis of only the pressure data. Sometimes the maps are not available, and one is therefore forced to make use only of the pressure at the stations. We are actually considering both possibilities. Note that because of the influence of the orography, it is not possib1e to make direct use of the wind speed recorded at the meteorological stations.

As later specified, for the evaluation of the wind field we make use of a numerical model, the input of which is represented by the atmospheric pressure values at the nodes of a grid covering the area of interest. Such values are obtained from sea level pressure maps, routinely drawn by the Italian Meteorological Office. When only pressure data at coastal stations are available, we need to use highly sophisticated interpolation procedures for the estimate of the pressure at the grid points. Note that, for a proper use of the programs, in this case it is convenient to

have available also some extra data from some stations along the edge of the Mediterranean Sea.

The numerical model for the wind is based on the solution of the balance equation

$$\frac{1}{\rho}\nabla^2 p - f\xi + U_x \partial_y f - 2J\left(U_x, U_y\right) = 0 \qquad (1)$$

where p is surface pressure, $\xi = \partial_X U_y - \partial_y U_x$ is the vorticity, f is the Coriolis parameter. If the divergence of the wind field is neglect able, the previous equation can be written in terms of the stream function ψ as,

$$\frac{1}{\rho}\nabla^2 p - f\nabla^2\psi - \nabla\psi\nabla f + 2\left[\left(\partial^2_{xy}\psi\right)^2 - \partial^2_{xx}\psi\partial^2_{yy}\psi\right] = 0 \qquad (2)$$

Eq. (2) is solved in terms of the pressure field supplying the gradient wind at the grid points. This wind must then be transferred to the sea surface, as this is the wind that is actually generating waves. For this we make use of the coefficients provided by Findlater et al. (1966), who deduced them experimentally from a very large set of data obtained over many years in all the atmospheric condition both on land as on the sea. The coefficients concern the reduction ratio and the turning angle between geostrophic and surface wind. They are a function of geostrophic wind speed and of the air stability conditions. Therefore a stability analysis must be carried out on each map before the evaluation of surface wind. Fig. 1 reports the comparison between the measured and estimated wind speed at four stations. Fig. 2 (a, b) shows the grid used for the Tyrrhenian Sea (14 x 14 points, 75 km grid step) and two examples of global wind field.

Due to fast evolution of the storms, it is necessary to estimate the wind every three hours. On an average of three days for each storms, we see that a number of 24 wind fields is required.

THE WAVE MODEL

For the evaluation of the wave field we make use of a parametrical model already developed during the NORSWAM project, a hindcast study of maximum wave heights in the North Sea (Günther et al., 1979). This model is based on the assumption that the wind wave spectrum is described by the relationship

$$E(f) = \alpha g^2 (2\pi)^{-4} f^{-5} \exp\left[-\frac{5}{4}\left(\frac{f_0}{f}\right)^4 \gamma \exp\frac{-(f-f_0)^2}{2\sigma^2 f_0^2}\right] \qquad (3)$$

where α is Phillips costant, fo is peak frequency, y is the enhancement factor. σ is a shape parameter that is kept constant,= 0,07 for f<fo, = 0,09 for f>fo. The JONSWAP spectrum (3) has been proved acceptable in the Tyrrhenian Sea (Grancini et al.. 1979a). Fig. 3 reports a JONSWAP spectrum obtained in the Strait of Sicily, together with the estimated values of the parameters characterizing the spectrum. Under a certain number of hypotheses (for instance a standard energy angular distribution, centered on the wind direction, is assumed), the problem of wave hindcast is reduced to study the evolution of the three parameters α, fo, y that characterizes the spectrum. This is done projecting the energy balance equation (Gelci et al., 1957)

$$\frac{\partial E}{\partial t} = c_g \cdot \nabla E + S \qquad (4)$$

into the parameter space (Hasselmann et al., 1973).

In (4) c_g is group velocity and S identifies all the processes representing sources and sinks of energy. The projection of (4) leads to a differential equation for each parameter; hence the problem of wave evaluation is reduced to solve a system of three differential equations at each grid point at each time step. The correct parametrization of the source function S has been obtained by calibration against the experimental data obtained during the JONSWAP experiment (Hasselmann et al., 1973).

Eq. (3) concerns only the wind waves. Swell is usually uncoupled from wind wave spectrum and it propagates independently~ Therefore a characteristics grid system (straight lines in deep water) has been built to handle the propagation of swell. Some difficulty arises as, with varying wind speed, some swell must be included within the wind wave spectrum and viceversa. Hence a procedure must be set for exchange of energy between characteristics and grid system. This is obtained by a suitable modification the spectrum (3) on gaining or 'losing energy.

APPLICATIONS

In the early stage of the project, wind and wave models have been tested by experimental data recorded in the Tyrrhenian Sea during several s storms (Grancini et al .• 1979b). An example is now reported concerning a severe storm which happened in the southern Tyrrhenian Sea at the end of 1974. A detail ed study of this storm, that caused large damage at the Palermo harbour, has been reported by Cavaleri (1980).

The storm of 30 December 1974 - 1 January 1975 was associated to a strong depression that moved across the Tyrrhenian Sea from west to east (Baggiani et al., 1978). Strong northerly winds were blowing toward Sicily, giving rise to exceptionally high and long waves. From the “waverider” records of ENEL at Termini Imerese (Cavaleri and Rossi, 1978) the spectral peak estimated at 12.5 sec. Being this an exceptional

storm, we decided to use it to check the reliability of the 1 mbar surface meteorological maps. These were therefore drawn again, taking care of all possible details and information. The atmospheric pressure was then interpolated at the grid points and the wind fields were estimated. We found that there was no definite difference between the two results, confirming the reliability of the original maps.

It is difficult to show wave field in a compact way. We have chosen to represent it like in Fig. 2 where two stages of evolution of the storm are shown. The isolines are associated to different ranges of wave height. Note how patches of strong wind cause localized areas of higher waves on the Strait of Sicily. Fig. 4 reports the comparison of significant wave height H and peak frequency f_0 between the recorded data at Termini Imerese and the corresponding values estimated from the well drawn maps, the original ones, the latter with and without divergence.

Once the storm has been simulated, we memorize at each grid point the highest wave conditions during the storm itself. From the 40 storms we have therefore a set of 40 numbers from which to extrapolate for the evaluation of the "design wave". Fig. 5 reports the extrapolation done at Station Stevenson for the NORSWAM project (Ewing et al., 1979), a study similar to ours and carried out for the North Sea. The maximum wave height is given as a function of return period or of the probability of occurrence. Such statistics are carried out at each grid point.

The last point concerns the transfer of these results to the coast. A 75 km step grid cannot describe all the details of a bay or a gulf. Therefore, if the results are required at a certain harbour or location, we need to transfer the results to three places. This can conveniently be done by means of a ray model (see e.g. Cavaleri and Malanotte-Rizzoli, 1978), having also the big advantage of their possibility of handling the shallow water phenomena of refracting and shoaling.

The general procedure can therefore be identified as follows. Evaluate the maximum wave conditions in the open sea (as significant wave height, period and direction). and, if required, transfer this datum to the coastal location of interest. Of course, due to the very complicated coastal shape, the last step is done only upon request.

CONCLUSIONS

We have shown the general validity of the hindcasting procedure as a source of data for the past. These data are then used to extrapolate for the future and to estimate the "design wave" conditions.

Such a study requires several steps. First an identification of all the remarkable storms for the period and location of interest. These storms are then classified and representative subset is chosen for full analysis. The meteorological data provide the atmospheric pressure at the grid points. By means of a suitable mathematical model, using pressure as the input, it is then possible to evaluate the wind field. In turn this is the input to the wave model, supplying the wave conditions in the

area of interest. For each storm the highest significant wave height is memorized at each grid point, for later application to the extrapolation procedure.

Such a study is actually under way for Tyrrhenian Sea. We have identified the subject of storms to analyze, wind and wave models have been built, and we have already evaluated the wave fields for a few storms. We expect the whole work to be completed by the end of 1981 or the first part of 1982.

ACKNOWLEDGEMENTS

The project described in this paper has been sponsored by the P.F. "Oceanografia e fondi marini", subproject "Piattaforma Continentale" of Consiglio Nazionale delle Ricerche, Italy, under contract no. 20412V-88/93758.

BIBLIOGRAFIA

BAGGIANI P., CAPALDO M., CAVALERI L. , FINIZIO C. and PALMIERI S. , 1978 -Calcolo del moto ondoso sul Tirreno meridionale durante il passaggio di una perturbazione intensa, Rivista di Meteorologia Aeronautica, V. XXXVIII, N°. 4.

CAVALERI L. , 1980 - The storm of 31 December 1974 at Palermo, 5th AIMETA Meeting, Palermo, Italy.

CAVALERI L. and MALANOTTE-RIZZOLI P. , 1978 - A wind waves prediction model in the Adriatic Sea, NATO Symposium on: Turbulent Fluxes Through the Sea Surface, Wave Dynamics and Prediction, Plenum Publ. Corp., N.Y., 677 pp.

CAVALERI L. and ROSSI G. , 1978 - Considerazioni preliminari sulle misure del moto ondoso. La rete di ondametri dell'ENEL, L'Energia Elettrica, Vol. LV, N°. 5, 213-221.

EWING J.A., WEARE T.J. and WORTHINGTON B.A. 1979 - A hincast study of extreme wave conditions in the North Sea, J. Geophys. Res. , 84, N°.C9.

FINDLATER J. , HARROWER T.N.S. , HOWKINS G.A. and WRIGHT H.L., 1966 Surface and 900 mb wind relationships, -Scientific paper n°. 23, Meteorological Office, London.

GELCI R. , CAZALE' H. and VASSALE J. , 1977 - Prévision de la houle. La méthode des densités spectroangulaires, Bull. Inform. Comité Central Océagr. d'Etude Cotes, 9, 416-435.

GRANCINI G., IOVENITTI L. and DE FILIPPI G.L., I979a - Analisi del moto ondoso nel Canale di Sicilia, Relazione presentata al Convegno "Moto ondoso nel Mar Ligure", Cetena, Dee. 1979.

GRANCINI G., IOVENITTI L. and DE FILIPPI G.L. , 1979 - Studio del moto ondoso nei mari italiani: taratura dei modelli di moto ondoso e vento, Report to Piano Finalizzato "Oceanografia e fondi marini", subproject Piattaforma Continentale, U.O. Prof. R. Tosi.

GUMBEL E.J. 1978 - Statistics of Extremes, Columbia University Press, N.Y.

GUNTHER H., ROSENTHAL W. , WEARE T.J., WORTHINGTON B.A., HASSELMANN K. and EWING J.A., 1979 - A hybrid parametrical wave prediction model, J. Geophys. Res. . 84, N°. C9.

HASSELMANN K. , BARNETT T.P., BOUWS E., CARLSON H. , CARTWRIGHT D.E., ENKE K. , EWING J.A., GIENAPP H., HASSELMANN D.E., MEERBURG A., MULLER P., OLBERS D.J. , RICHTER K., SELL W. and WALDEN H.,1973 -Measurements of wind-wave growth and swell decay during the Joint North Sea Wave Project (JONSWAP), Deut. Hydrogr. Z., Suppl. A. 8, N°. 12.

INSTITUTE of Hydrology, Flood Studies Report, Volume 1, Natural Environment Research Concil, London.

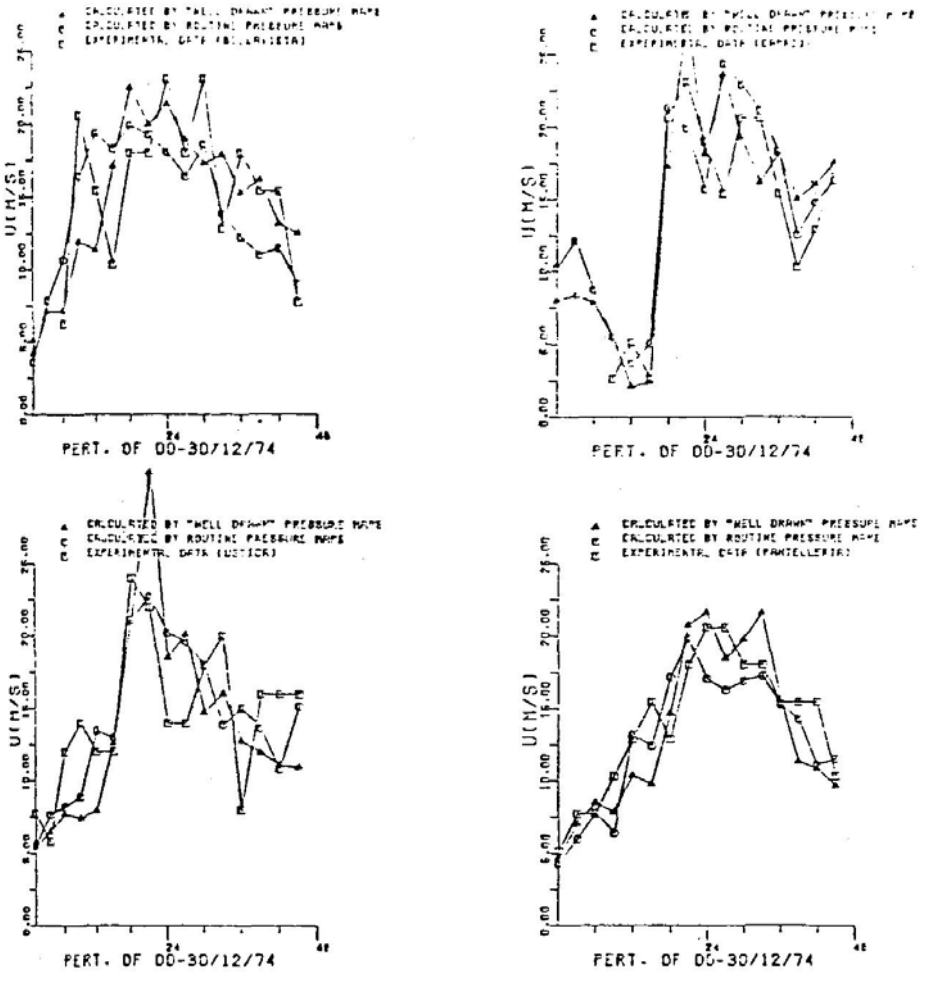


Fig. 1 Measured and estimated wind speed at four stations of the Tyrrenian Sea.

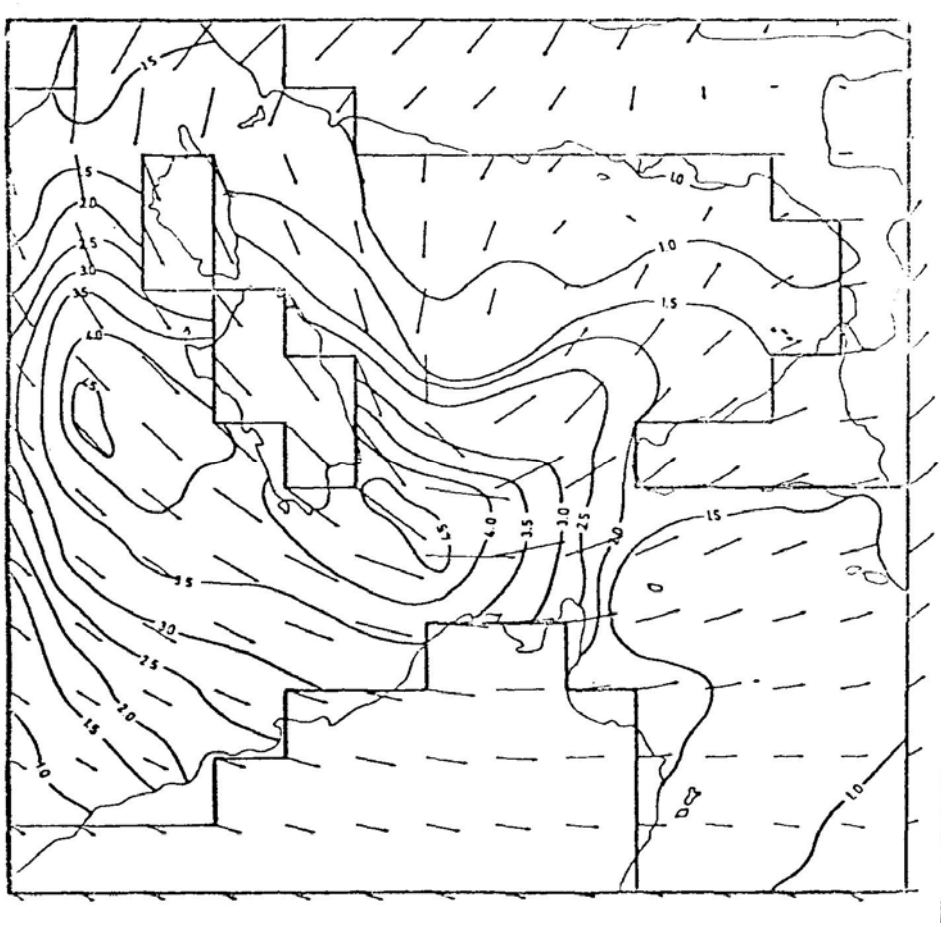


Fig. 2a See caption of Fig. 2b.

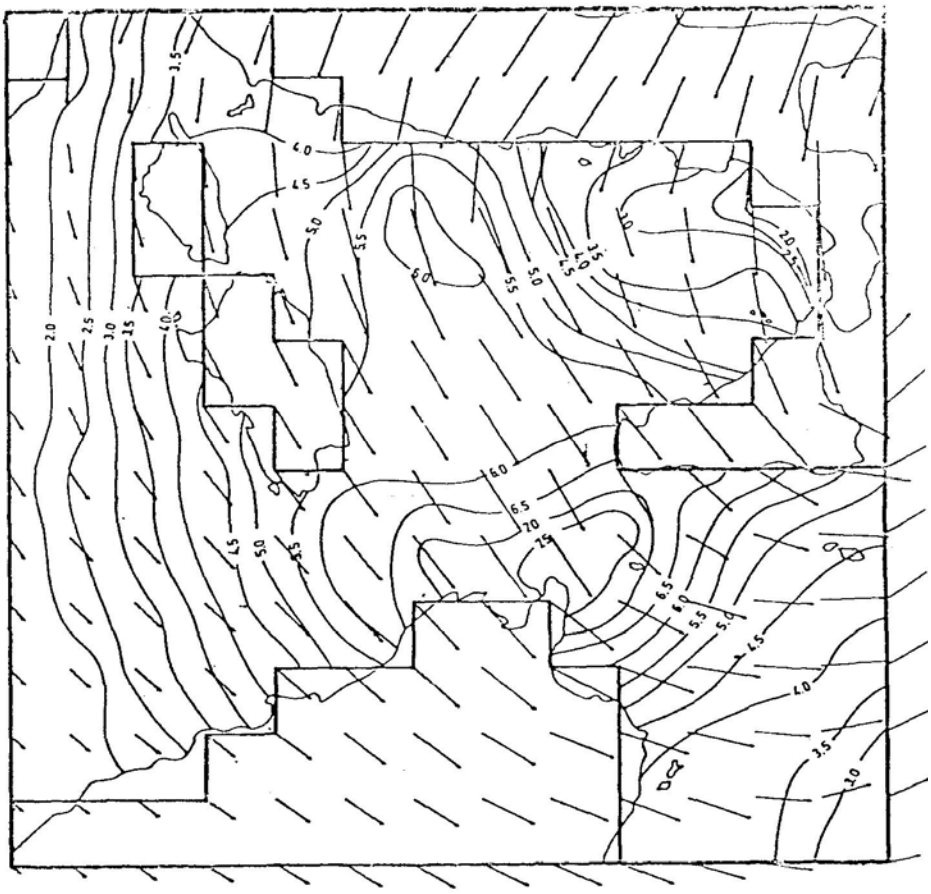


Fig. 2b Grid scheme of the Tyrrhenian Sea. Italy is upper right, Africa on lower side. Two examples of wind field are reported, shown by vector. Isolines show the estimated local significant wave height. Date refers to 30 – 31 December 1974 sorm.

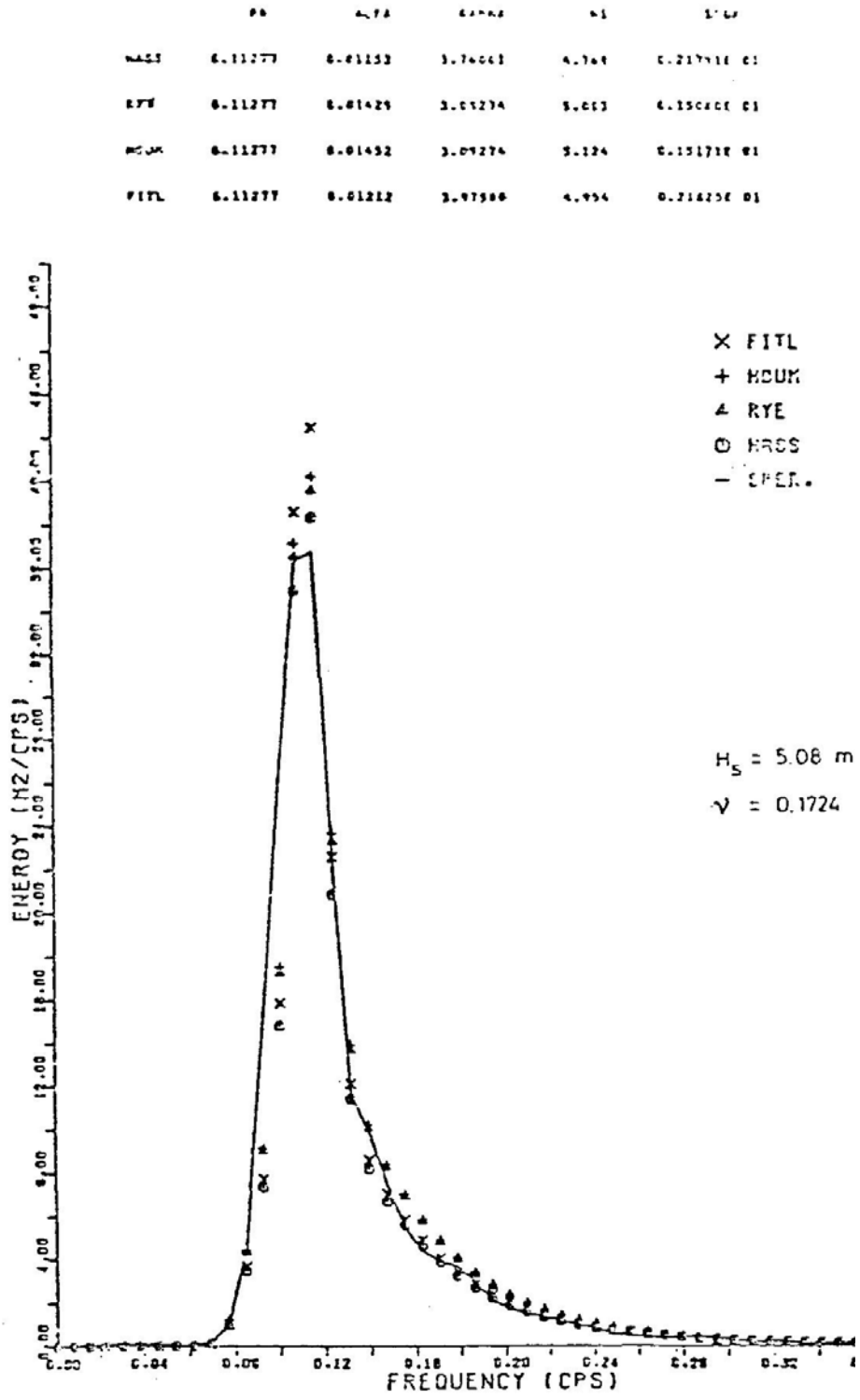


Fig. 3 JOANSWAP spectrum obtained in the strait of Sicily. A comparison of parameters from different sources is reported.

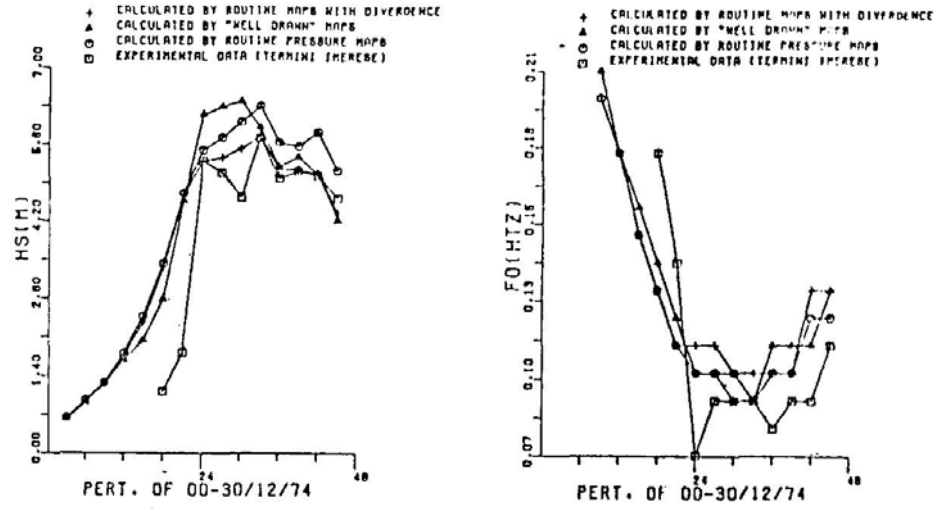


Fig. 4 Comparison of measured and evaluated significant wave height H_S and peak frequency f_o at Termini Imerese during the storm of 30 - 31 December 1974.

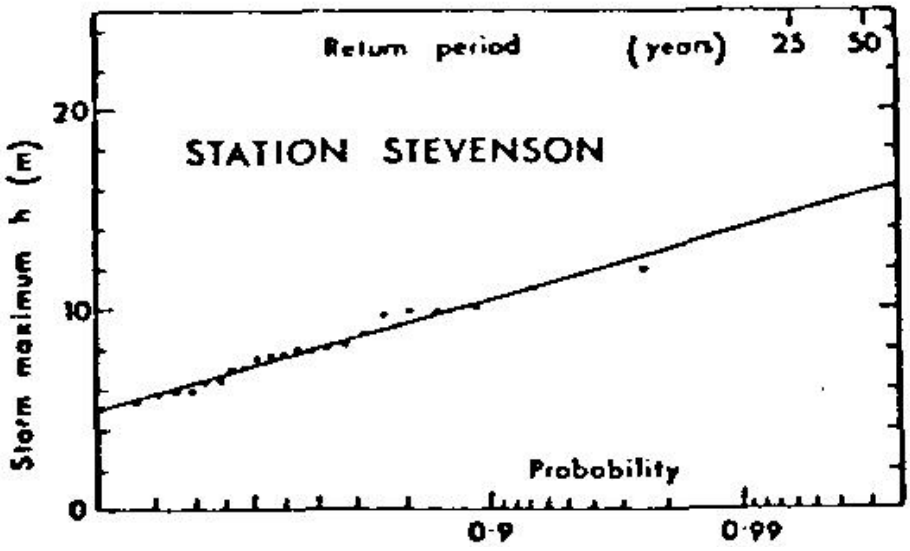


Fig. 5 Extreme wave statistics at Stevenson in the North Sea

STATISTICHE DIREZIONALI DEL MOTO ONDOSO

L. CAVALERI

Istituto per lo Studio della Dinamica delle Grandi Masse
del C.N.R., Venezia

RIASSUNTO

Un sistema per la registrazione automatica del moto ondoso e della sua direzione è stato installato sulla piattaforma oceanografica del C.N.R. nell'estate del 1978. Il sistema è permanente e sono stati finora ottenuti due anni di dati. In questo rapporto si fornisce una breve descrizione del sistema e delle sue capacità e la statistica dei primi dieci mesi di dati. Questa concerne l'altezza dell'onda, i suoi periodi e direzione, ed è passata su un insieme di più di 2000 registrazioni.

SUMMARY

An automatic waves recording System (for height and direction) has been set on the C.N.R. oceanographic tower in the Summer of 1978. The system is permanent and it has now collected two years of data. The paper describes the system and its capabilities, and the first 10 months statistics is reported. This describes the distributions of wave height, period and direction, based on more than 2000 records.

INTRODUZIONE

La statistica direzionale del moto ondoso è un dato prezioso per gli ingegneri marittimi. Mentre lo spettro mono-dimensionale è sufficiente ondoso è una informazione "sine qua non". Esempi tipici sono il settore di traversia per un'opera marittima e 7a previsione de? trasporto dei sedimenti costieri.

Malgrado l'intensa richiesta di mercato, non vi è ancora alcuna accettabile soluzione per la registrazione direzionale del moto ondoso disponibile commercialmente. Il mio laboratorio era molto interessato alla conoscenza della statistica direzionale delle onde nel Nord-Adriatico. Registrazioni saltuarie erano già state ottenute dalla piattaforma oceanografica (Cavaleri et al., 1978), ma l'associato sistema richiedeva la diretta presenza del personale e non era quindi adatto per una registrazione permanente. Dovemmo quindi progettare un sistema "ad hoc". Le condizioni erano risoluzione direzionale, registrazione su nastro magnetico, lunga autonomia, affidabilità.

Lo scopo di questo rapporto è fornire una sommaria descrizione del sistema ed alcuni risultati ottenuti. Per quanto mi è noto, questa è la prima statistica direzionale del moto ondoso ottenuta in Italia.

IL SISTEMA DI REGISTRAZIONE

II sistema è descritto dettagliatamente in un diverso rapporto (Cavaleri, 1980). Chi desiderasse dettagli maggiori di quanto qui riportato è rimandato al suddetto.

L'elemento sensibile al moto ondoso è un trasduttore di pressione Bell & Howell (tipo standard, immergibile). Le precedenti esperienze di misure hanno suggerito di piazzarlo a 5 metri di profondità. Ciò è sufficiente a non scoprirlo durante le peggiori mareggiate e minimizza la perdita di informazione per l'attenuazione delle onde con la profondità. Un singolo trasduttore non fornisce informazioni sulla direzione. Queste si ottengono utilizzando una coppia di trasduttori e misurandone la rispettiva differenza di fase (vedi paragrafo successivo). Sono quindi stati usati due trasduttori, fissati su due gambe opposte (nord e sud, rispettivamente) della piattaforma oceanografica dell'Istituto. Questa (fig. 1) è localizzata 15 km al largo della costa veneziana, su 16 metri di profondità. Quando non presidiata, l'energia disponibile proviene da batterie a 12 e 14 volt.

Il fowling molto attivo faceva prevedere la necessità di una frequente ispezione dei trasduttori. Per evitare l'uso di sommozzatori e permettere l'ispezione anche con condizioni di mare avverso, è stato usato un sistema a bandiera (fig. 2).

Questo consiste di due pulegge, fissate una al primo piano della piattaforma, l'altra alla profondità di misura. Un robusto cavo di acciaio, avvolto su entrambe, serve di ancoraggio al trasduttore e per portarlo nella posizione voluta. Il cavo elettrico del trasduttore è fissato allo stesso cavo di acciaio, prima di proseguire verso il sistema di registrazione nella cabina.

L'elettronica è comandata da un microprocessore che stabilisce la sequenza delle operazioni. Ogni 3 ore, alle ore sinottiche 00,03, 06, ecc. GMT, si accende l'elettronica e si acquisiscono dati da uno dei trasduttori per un minuto. La frequenza di acquisizione è 2 Hz. La differenza fra massimo e minimo segnale viene confrontata con un valore di soglia. Se inferiore, la registrazione non ha interesse e viene quindi bypassata. Se il confronto è positivo, il sistema acquisisce dati per 10 minuti da entrambi i trasduttori, scaricando poi la memoria su un nastro magnetico. Il registratore è un Kennedy 1600/360, IBM compatibile, acceso solo per i 10 secondi necessari al trasferimento della informazione. Il sistema è poi spento fino alla prossima ora sinottica.

Il tutto è alimentato da batterie, una a 12 ed un'altra a 24 V. L'autonomia, nastro incluso, è più di 70 giorni.

Durante il primo anno, per effettuare una completa verifica del sistema, il valore di soglia è stato messo a zero, cosicché non è stata saltata alcuna registrazione.

ANALISI DEI DATI

Dopo il recupero dalla piattaforma, ogni nastro è portato direttamente al calcolatore. Si effettua prima un passaggio per verificare la corretta sequenza dei records. I dati sono quindi analizzati direttamente, trasferendo i dati su un secondo nastro per l'immagazzinamento permanente.

I dati di ogni record sono analizzati mediante la FFT, ottenendo lo spettro mono-dimensionale. Un confronto fra gli spettri dei due trasduttori porta ad una verifica dei coefficienti di calibrazione. Contemporaneamente viene valutata la differenza di fase $\Delta\Phi$ fra i due segnali per ogni frequenza dello spettro. La fig. 3 mostra come, conoscendo $\Delta\Phi$ e la frequenza f, e quindi la velocità di fase £ e la lunghezza d'onda L, sia possibile dedurre la direzione di propagazione della componente. Si noti tuttavia come, con due trasduttori, esista una specularità della soluzione. Nella fig. 3 la stessa $\Delta\Phi$ potrebbe essere ottenuta indifferentemente dalle direzioni CB e C'B. Ciò è normalmente risolto con la presenza di un terzo trasduttore non allineato coi primi due. Nel nostro caso i due trasduttori sono paralleli alla costa e quindi dal lato Sud-Ovest-Nord non può provenire alcuna onda di interesse, il che risolve l'ambiguità. Nel caso interessino anche le onde più piccole, la loro direzione può essere dedotta da quella del vento locale, anch'esso registrato regolarmente a bordo della piattaforma.

RISULTATI

II sistema è stato messo in opera nell'estate 1978. I dati cui ci si riferisce sono stati raccolti nel periodo dal 13 settembre 1978 al 4 luglio 1979. La percentuale di registrazioni ottenute rispetto al numero alassimo è stata 0.91, il 9% di perdita essendo stato causato da esaurimento anticipato delle batterie e da alcune difficoltà di lettura del nastro sul calcolatore.

La fig. 4 riporta un esempio di spettro registrato mediante il sistema e l'associata direzione di propagazione per ogni frequenza. Notare le forti differenze di direzione fra le alte e basse frequenze dello spettro associate agli intensi fenomeni di rifrazione presenti nelle acque basse dell'Alto Adriatico. I 600 secondi di registrazione, divisi in 6 blocchi da 100 secondi, fissano i limiti di confidenza al 95% a 0.5*2.8 per lo spettro ed a 0.89-1.14 per l'altezza d'onda significativa. Questa è valutata mediante l'espressione

$$Hs = A\sqrt{E}$$

E essendo l'energia globale dello spettro.

La statistica è stata effettuata singolarmente per l'altezza d'onda, il periodo di picco e la direzione. Per ogni coppia di parametri è stata poi costruita una statistica bidimensionale. Tutto ciò è stato effettuato sia per tutto il periodo di registrazione, sia separatamente per i periodi autunnale, invernale e primaverile.

A titolo di esempio la tabella 1 riporta 1a statistica combinata altezza-periodo di picco per tutto il periodo di interesse.

RINGRAZIAMENTI

II presente lavoro è stato finanziato mediante il Piano Finalizzato "Oceanografia e Fondi Marini", sottoprogetto "Piattaforma Continentale", del Consiglio Nazionale delle Ricerche, mediante il contratto n. 204121/88/93758.

BIBLIOGRAFIA

CAVALERI L., 1980 - "Directional wave recording in the Adriatic Sea", in stampa.

CAVALERI L., EWING J.A. e SMITH N.D., 1978 - "Measurement of the pressure and velocity field below surface waves", NATO Symposium on "Turbulent fluxes through the sea surface, wave dynamics and prediction", Pergamon Press, NY, 677 pp.

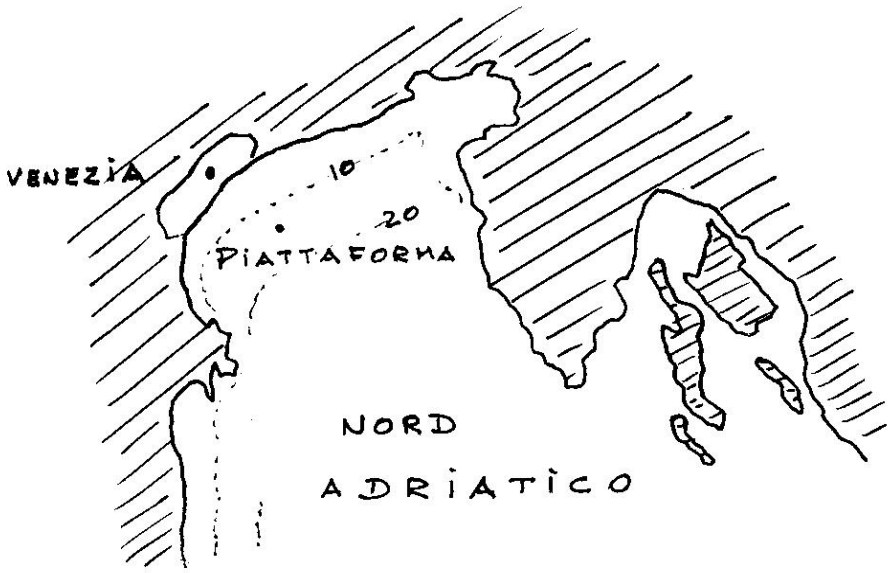


Fig. 1 Posizione della piattaforma oceanografica nel Nord-Adratico. La profondità locale è di 16 mt, la distanza dalla costa 15 km.

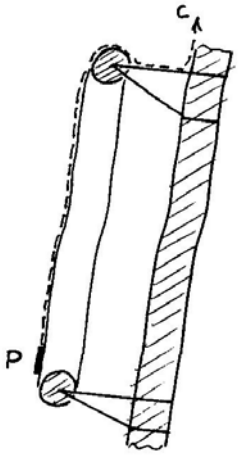


Fig. 2 Il sistema a bandiera usato per posizionare i trasduttori di pressione P. il cavo C porta il segnale al sistema di registrazione.

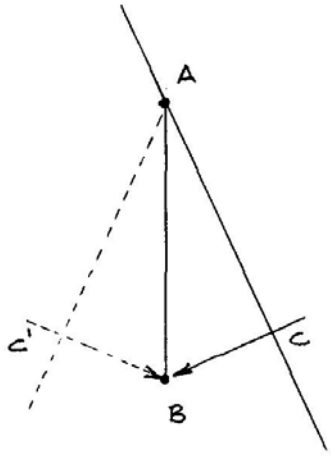


Fig. 3 Differenza di fase fra i due trasduttori A, B, per un'onda propagatasi nella direzione CB. Si noti che la direzione speculare C'B fornirebbe la stessa differenza di fase.

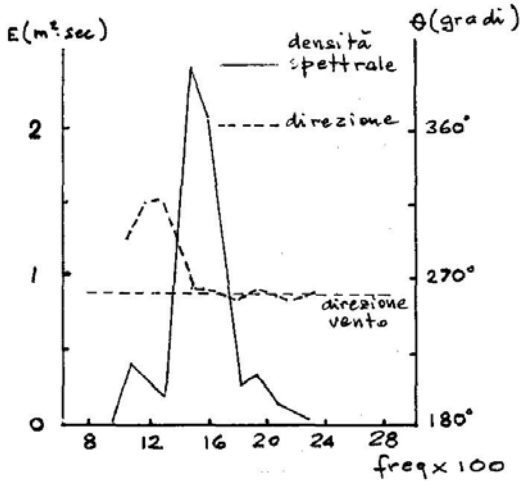
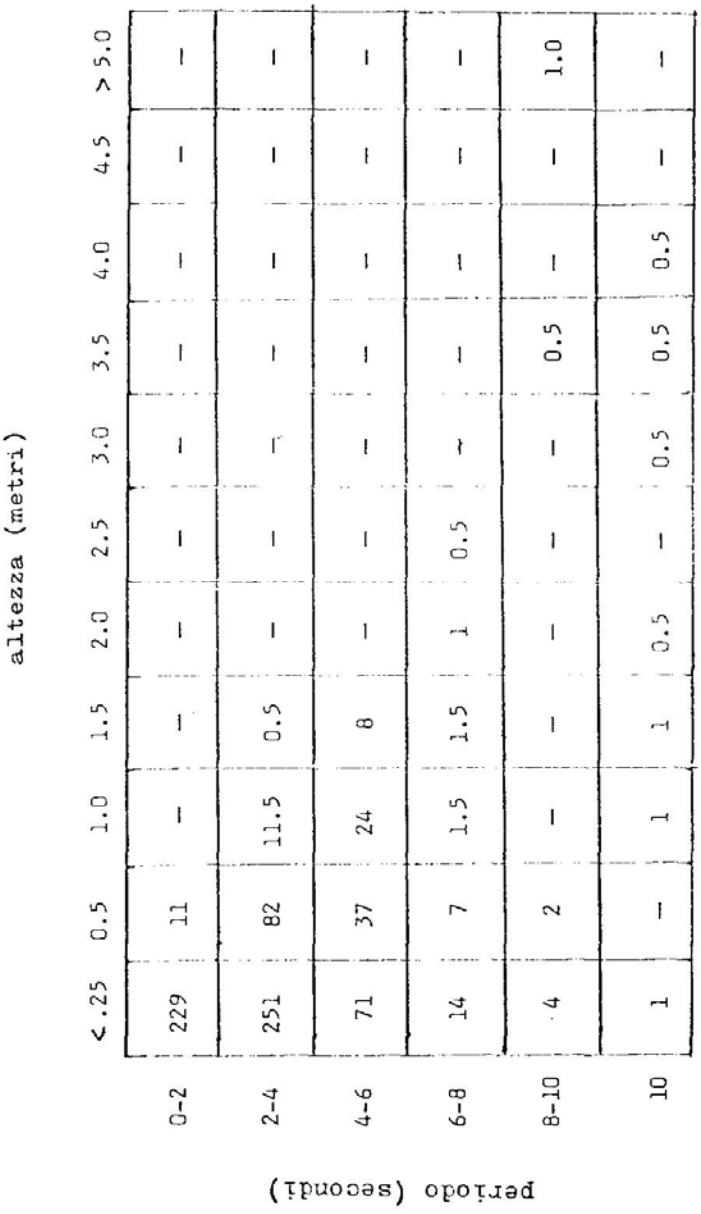


Fig. 4 Densità spettrale del moto ondoso alle 09 GMT del 29 Novembre 1978. Notare la variazione di direzione dalle alte alle basse frequenze, conseguente alla rifrazione, e la direzione del vento, mostrata come riferimento.



Tab. 1 - Distribuzione combinata altezza-periodo dal settembre 1978 al luglio 1979. Le percentuali sono in millesimi. Il 237 % delle registrazioni ha mostrato un'altezza d'onda nulla.

SISTEMI OSCILLANTI PER ACQUISIZIONE CONTINUA DI PROFILI DELLE CARATTERISTICHE CHIMICO-FISICHE DELLA MASSA D'ACQUA

F.de STROBEL

SACLANT ASW Research Centre, La Spezia

RIASSUNTO

Vengono descritti due nuovi sistemi per misure oceanografiche. Ambedue di tipo oscillante, forniscono automaticamente profili delle caratteristiche chimico-fisiche della massa d'acqua. Il primo, detto Yo-Yo, progettato per operazioni da piattaforma o nave in stazione, è dotato di un sofisticato insieme di sensori per studi nel campo della microstruttura. Il secondo, detto T.O.B., leggero ed economico, progettato per essere rimorchiato ed oscillato a bassa velocità negli strati superficiali della massa d'acqua, supera alcuni tipici svantaggi degli analoghi sistemi commerciali. Esso utilizza un'originale e semplice tecnica a "doppio cavo" ed un insieme di sensori progettati per le condizioni di traino, aventi particolari caratteristiche di omogeneità per quanto riguarda il tempo di risposta.

SUMMARY

Two new oscillating systems are described. The first (Yo-Yo) requiring the ship to be in station automatically oscillates through the water mass a package of sophisticated oceanographic sensors for microstructure studies. The second (T.O.B.). towed at low speed from the ship, is an economical and light weight automatically oscillating unit for oceanographic measurement in the upper layer which overcomes some disadvantages of commercially available systems. This result has been achieved by using very simple double-cable technique and a homogeneous set of sensors as regarding time response.

INTRODUZIONE

Negli ultimi anni il dipartimento di ingegneria oceanografica del Centro SACLANT ha dedicato un largo spazio alla progettazione di una nuova generazione di sistemi che permettessero l'acquisizione continua e completamente automatica delle caratteristiche chimico-fisiche degli stati superficiali della massa d'acqua. Tali sistemi, anche se nati sotto la spinta di applicazioni tipiche della fisica oceanografica, possono, se dotati del le opportune modi fiche sensoriali, avere una ben più vasta applicazione nel campo della oceanologia.

I due sistemi qui presentati permettono un movimento oscillante attraverso la massa d'acqua di un set dedicato di sensori, ma, mentre il primo, chiamato "Yo-Yo" opera da una piattaforma fissa o da una nave in stazione, il secondo, detto "Towed Oscillating Body11, richiede la nave in movimento fornendo una visione quanto più sinottica possibile del fenomeno in osservazione.

SISTEMA YO-YO

Caratteristiche Generali

Tale sistema, particolarmente progettato per studi di microstruttura nella zona di termoclina, continuamente campionando la struttura verticale nelle sue caratteristiche chimico-fisiche in lunghe "time series", può fornirci dati statistici di elevata qualità, contribuendo alla comprensione delle complesse fenomenologie della turbolenza (Williams 1979).

Sistema Sensoriale

In dettaglio, il sistema (Fig. 1) consiste in un insieme di una nuova generazione di sensori oceanografici ad elevata risoluzione, e totalmente privi di parti in movimento.

L'unità sensoriale è capace di oscillare automaticamente a velocità controllata tra due limiti prefissati di profondità. Ciò permette 1'acquisizione continua di profili di temperatura, conducibilità, velocità dell'acqua nelle sue due componenti orizzontali, in funzione della pressione.

Detta unità è costituita da una combinazione del sistema CTD della NEIL BROWN e del correntometro acustico biassiale della CROUZET, unitamente a due accelerometri sul piano orizzontale per un monitoraggio continuo dei movimenti dell'unità stessa. Ciò è stato ottenuto modificando sia meccanicamente che elettronicamente la versione standard Neil Brown, raggruppando fisicamente quanto più vicino e al di fuori cioè di interferenze con la struttura, l'insieme dei sensori, nonché espandendo elettronicamente il numero di canali dell'unità al fine di accettare le informazioni relative alle due componenti della velocità e direzione dell'acqua e alle oscillazioni del sistema.

I segnali digitalizzati sono quindi inviati all'unità di bordo tramite il cavo elettromeccanico di collegamento in formato TELETYPE con tecnica FSK (Frequency & Shift Key), a frequenza tripla rispetto alla versione standard. 16 bit sono riservati alla risoluzione di ciascun canale C.T. e P (ad esempio, per il canale temperatura essi corrispondono a 0.0005°C), mentre per i canali velocità, direzione dell'acqua ed accelerazione sono stati riservati 8 bit (oltre il mm/s di velocità).

Sistema di Oscillazione

La tecnica di oscillazione, capace di muovere l'unità sensoriale entro i prefissati limiti di profondità e velocità prestabiliti, è basata su un sistema di verricello automatico controllato a muoversi in base a due sistemi indipendenti di feed-back. Fig. (2). L'uno ricavato dal dato di profondità controllato dall'unità computer di bordo, l'altro basato sulla quantità di cavo calato o recuperato.

Questa seconda tecnica, anche se meno precisa della prima, permette il controllo delle oscillazioni e della velocità di movimento in modo del tutto indipendente dal tipo di sensore impiegato, allargando la flessibilità operativa del sistema stesso. L1 informazione "quantità di' cavo" viene trasformata in informazione elettronica, tramite un'encoder ottico posto coassiale all'asse del verricello. Il suo segnale fornisce l'informazione della velocità e del senso di rotazione del verricello stesso. Tali dati sono decodificati e visualizzati nel pannello di controllo, quali velocità di discesa o salita dell'unità, e quantità di cavo impiegato. Questa ultima grandezza comparata con i prefissati limiti di oscillazione, rapportati in "quantità di cavo", fornisce l'informazione condizionante al circuito logico che comanda il sistema elettrooleodinamico del verricello stesso.
Nel caso che i limiti di oscillazione siano controllati utilizzando il dato pressione proveniente dalla unità sensoriale, il computer di bordo provvede a tale funzione tramite una speciale interfaccia che interagisce sul circuito logico di condizionamento. E' ovvio che in tal caso i limiti di oscillazione possano pensarsi asserviti ad altri parametri che non siano la pressione, quali la temperatura, la conducibilità o la densità stessa, utilizzando il "real time processing" dei dati.

Caratteristiche peculiari del sistema sono:

a) Velocità di discesa e risalita indipendentemente ed automaticamente selezionagli nel range 5 cm/s - 180 cm/s

b) Limiti di oscillazione, dalla superficie a 3000 m

Risultati e possibili miglioramenti

L'unità è in operazione nella sua prima versione dal periodo del progetto AIM nel Golfo del Leone, Settembre 1976 (Williams, 1979; de Strobel, 1976). Le figure (3) (4) mostrano due tipici risultati del sistema. I profili di temperatura e intensità di corrente evidenziano l'elevata risoluzione sensoriale. Tuttavia, tale versione ha mostrato chiari limiti per quanto riguarda il monitoraggio dei movimenti dell'unità sul piano orizzontale, basato sui due assi accelerometrici, specialmente per usi a bordo di navi in stazione e in condizioni di mare non ideali. In particolare, per la difficile separazione tra i segnali generati dall'inclinazione dell'unità e quelli del suo spostamento laterale, separazione cioè tra livelli DC e AC dell'accelerometro. Inoltre, il correntometro acustico CROUZET in ambedue le unità a disposizione del Centro ha mostrato gravi instabilità al di sotto di profondità di cento metri: una dipendenza del valore velocità dalla pressione. Un fenomeno, quest'ultimo, che non è facilmente evidenziarle nella normale operazione in mare e solo

accurati test di laboratorio condotti al Centro hanno potuto confermare tale anomalia.

La soluzione di tali problemi ha spinto la preparazione di una nuova versione includente oltre al CTD della NEIL BROWN il suo stesso correntometro acustico ampliato a versione triassiale nonché un nuovo set accelerometrico su tutti e tre gli assi.

SISTEMA T.O.B. (Towed Oscillating Body)

Caratteristiche Generali

L'idea del T.O.B. è nata dalla necessità di un monitoraggio continuo sia nello spazio che nel tempo della variabilità oceanografica sia verticale che orizzontale negli strati superficiali della massa d'acqua. La superiorità di un sistema trainato anche se a bassa velocità rispetto ai tradizionali CTD che richiedono la nave in stazione è evidente. E la velocità di 2-3 nodi si è mostrata sufficiente per poter evidenziare il contributo alla variabilità dovuto alle onde interne da quel lo proprio delle disomogenità dell'acqua stessa (Cairns, 1979 and 1980).

Altri fattori hanno dominato il progetto quali:

a) La necessità di un elevato campionamento nel dominio spazio-tempo (un profilo ogni centinaio di metri).

b) La portabilità del sistema» tale da garantirne l'operazione su ogni tipo di nave o piccolo mezzo di lavoro.

c) Il basso costo realizzativo ed operativo.

Tali fattori hanno fatto automaticamente escludere gli esistenti sistemi sul mercato quali il BATFISH della Guildline (elevato costo e dimensioni, nonché scarsa possibilità di campionamento spaziale); così pure l'idea di muovere, come nello yo-yo, tutto l'insieme sensoriale appropriatamente appesantito per garantire la verticalità e la stabilità di traiettoria durante il traino.

La soluzione è venuta generando il movimento tramite un sistema di doppio cavo Fig. (5). Un primo cavo d'acciaio supporta il peso principale che garantisce la verticalità durante il traino e può essere calato in mare da un qualsiasi tradizionale verricello poppiero. Il secondo elettromeccanico provvede al movimento sensoriale. Ciò facendo si riducono drasticamente i pesi e le dimensioni della installazione e quindi i relativi costi. Come è evidente dalla figura stessa, l'unità mobile scorre su e giù lungo il cavo principale, tenuto verticale da un pesce di piombo di circa 200 Kg. Essa è dotata di sensori per misure di conducibilità, temperatura, velocità del suono, pressione e quindi nel suo moto oscillante descrive profili continui di tali grandezze. Il movimento del sistema sensorio, tra due prefissati limiti di profondità, è ottenuto calando e recuperando una quantità controllata del cavo elettromeccanico che collega l'unità sensoriale allo speciale verricello di bordo, con la duplice funzione di provvedere alla oscillazione ed alla trasmissione dei dati.

II sistema è stato progettato per essere trainato a velocità costanti di circa 2-3 nodi (1-1,5 m/s) e ad analoghe velocità può oscillare l'insieme sensoriale, percorrendo idealmente attraverso la massa d'acqua, una linea spezzata a zig-zag di 45°. I limiti di oscillazione sono da alcuni metri a 300 metri, dipendendo il limite superiore dalle condizioni del mare e dalle caratteristiche del mezzo appoggio che con la sua presenza perturba gli strati più superficiali. Tali specifiche possono essere ragionevolmente estese fino a 500 m massimi di profondità e circa 4 nodi di traino.

Sistema di oscillazione

Come si è visto la tecnica di oscillazione è basata su un sistema di verricello controllato a muoversi tra limiti prefissati in modo automatico, utilizzando i dati di pressione ricevuti dalla unità di bordo. Il dato FM di pressione, infatti, come si può vedere dallo schema a blocchi fig. (6), dopo essere stato contato e visualizzato nella unità di bordo è comparato con i due selettori di profondità. A seconda del risultato, il circuito logico di condizionamento invia i segnali appropriati di salita e discesa al verricello elettrooleodinamico che provvede al movimento. Altra caratteristica del sistema è la possibilità di modificare indipendentemente le velocità di discesa e risalita, permettendo dopo alcuni minuti di traino di far avvicinare la traiettoria reale, dipendente tra l'altro dalle condizioni dinamiche locali, con la ideale linea zig-zag, compensando la variabilità del carico durante il movimento attraverso la massa d'acqua. Un altro particolare controllo può inoltre influenzare il tempo di inversione della traiettoria della unità sensoriale, permettendo oscillazioni arrotondate o rapide inversioni.

Sistema Sensoriale

L'insieme dei sensori è visualizzato nella figura (7). L'unità ha subito tutta una serie di modifiche da un primo prototipo impiegato nel 75-76 da Molcard e Williams (Williams, 1979; de Strobel, 1976) alla versione impiegata nel 77 da Cairns (Cairns, 1979 e 1980; de Strobel, 1979) per arrivare alla presente configurazione sensoriale. Essa è costituita da sensori CTD e velocità del suono del tipo Plessey 9400 (oggi Grundy) modificati ed adattati sia meccanicamente che elettronicamente alle esigenze del sistema. In particolare il set di sensori, meccanicamente riprogettati per accettare le drastiche condizioni di continui cicli di pressione, è stato alloggiato su una struttura dotata di timoni di orientazione e della possibilità di ruotare in funzione della direzione prevalente di moto. Ciò facendo si è ottenuto un posizionamento dei sensori sempre frontale e fisicamente avanzato rispetto al moto, al di fuori di ogni possibile disturbo generato dalla struttura stessa.

Altro importante risultato è stato il raggiungimento di un set sensoriale omogeneo per quanto riguarda le costanti di tempo, riducendo la complessità dell'analisi dei dati che deve tener conto delle discrepanze in spazio e tempo fra il fenomeno reale e quello visto dai sensori, affetti da un proprio tempo di risposta. (Pingree, 1971). Ciò è stato ottenuto installando, quale sensore di temperatura, un platino veloce della ROSEMOUNT Inc. con costante di tempo dello ordine di 100 ms. Ciò

facendo si è equilibrato il set, avendo gli altri sensori costanti dello stesso ordine di grandezza.

Risultati

II sistema attraverso le sue varie versioni e le differenti condizioni di impiego operativo dal 76 ad oggi ha dimostrato la sua flessibilità e adattabilità alle varie esigenze della ricerca oceanografica, nonché una comprovata affidabilità e semplicità di installazione quale veicolo trainato multiparametrico. Ha operato efficientemente a bordo di navi da ricerca come il MARIA PAOLINA G. del SACLANT e il MAGNAGHI dello Istituto Idrografico M.M. così come su imbarcazioni di piccola mole per lavoro costiero quali il MANNING. A titolo di esempio mostriamo in fig.(8) alcuni profili di temperatura raccolti da Cairns nel Giugno 1977 nel Golfo di Cadiz (Cairns, 1979 e 1980). Nel grafico è mostrata 1 a temperatura potenziale e ogni profilo è stato spostato di circa 100 m considerando solo quelli in risalita. L'attuale versione ha operato nel mare di Alboran nel Luglio 1980 ed i dati sono in fase di analisi (Pistek - de Strobel in preparazione).

RINGRAZIAMENTI

L'autore è grato a J. Cairns per il costante apporto di idee e a C. Montanari per il particolare contributo alla progettazione e realizzazione dei sistemi descritti. Ringrazia inoltre A. Chiarabini e M. Menelli per l'assistenza tecnica.

BIBLIOGRAFIA

BROWN N., 1974 - A precision CTD microprofiler - IEEE intern.conf.on Eng.in the Ocean Environment record - 270-278.

CAIRNS J. et al., 1979 - Observed Sound Speed Variability in the Gulf of Cadiz - SACLANTCEN SM-122 La Spezia, Italy, SACLANT ASW Research Centre.

CAIRNS J., 1980 - Variability in the Gulf of Cadiz: Internal waves and Globs - Journal of Physical Oceanography, 10, (4) 579 - 595.

CROUZET MANUAL Notice d'utilisation du courantomètre CROUZET - Division Aérospatial - Valence 26010

de STROBEL F. et al. , 1976 - New Oceanographic tools at SACLANTCEN - SACLANTCEN CP 19, 8-1 - 8-4 La Spezia, Italy, SACLANT ASW Research Centre 161 - 162.

de STROBEL F. , 1979 - A Tight weight, towed, oscillating body for oceanographic measurements - Rapp.Comm.Int.Mer Médit. 25/26, (7).

PINGREE R. D. , 1971 - Regularly spaced instrumental temperature and Salinity Structure, Deep Sea Research, 18 , 841 - 844

WILLIAMS R.B. , 1979 - The AIM project: Internal waves and microstructure in the thermocline and their effects on the acoustic propagation SACLANTCEN SM-126 - La Spezia - Italy, SACLANT ASW Research Centre.

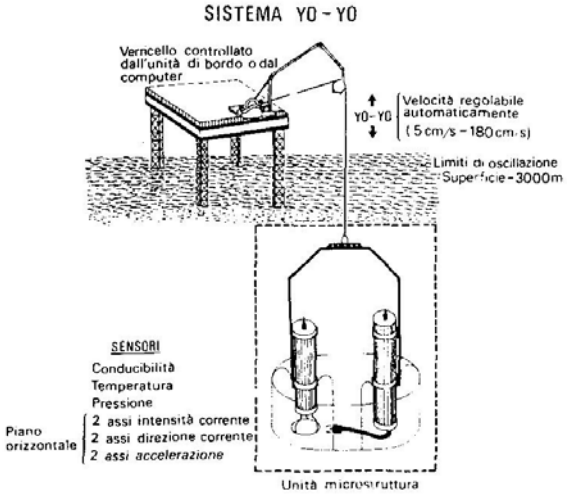


Fig.1

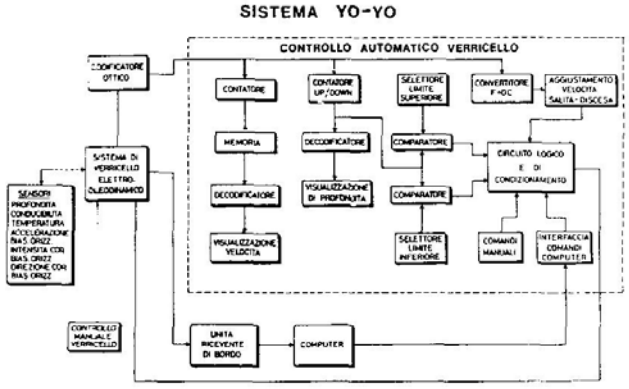


Fig.2

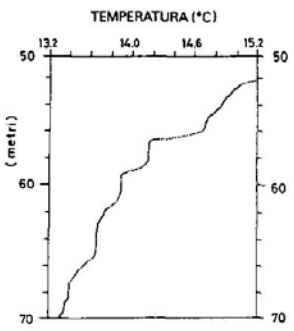


Fig.3

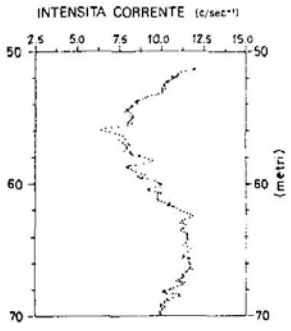


Fig.4

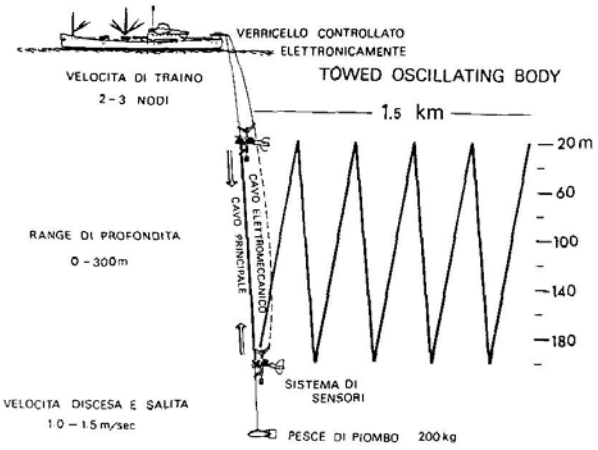


Fig.5

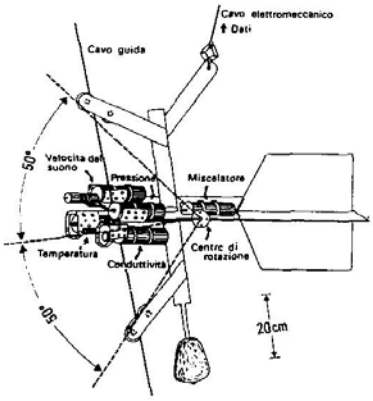


Fig.7

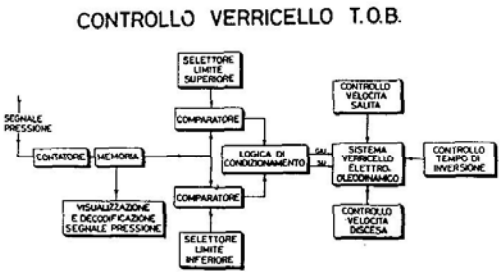


Fig.6

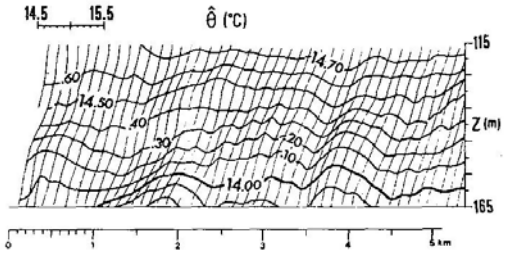


Fig.8

I MODELLI FISICI E PARAMETRICI PER LA PREVISIONE DEL MOTO ONDOSO

L. BERTOTTI* - L. CAVALERI**

* Istituto di Matematica Applicata, Università di Padova, Padova
** Laboratorio per lo Studio della Dinamica delle Grandi Masse-C.N.R. , Venezia

RIASSUNTO

Lo studio del moto ondoso per la difesa della zona costiera e delle costruzioni litoranee, ha fatto sviluppare, negli ultimi anni, una serie di modelli per la previsione delle onde di vento nelle zone di interesse. Sono così stati costruiti diversi tipi di modelli di previsione sviluppati principalmente lungo due diverse direzioni: la fisica, basata sull'integrazione dell'equazione del bilancio energetico, e la parametrica, nella quale la forma dello spettro è determinata in base ad un certo numero di parametri. Nella presente relazione vengono presentati e sommariamente descritti i modelli fisici, a griglia e a raggi, e i modelli parametrici sviluppati negli ultimi anni. Infine viene descritto un modello ibrido nel quale lo spettro dell'energia viene determinato mediante una combinazione delle due tecniche precedentemente descritte.

SUMMARY

In the last thirty years, the science of wave motion triggered the implementation of models for wind wave forecasting in places where the defence of the shore and marine constructions is of interest. The nature of the models is twofold: there is a physical approach, based on the integration of the energy balance equation, and a parametrical one, in which the spectral shape is evaluated by a limited set of parameters. In this paper physical models (using both grid and rays) as well as parametrical models are presented and summarized, out of the production of the last years. Finally, an hybrid model is described, in which the spectrum of energy is determinated by a combination of the two different described techniques.

INTRODUZIONE

Negli ultimi trent'anni il problema della salvaguardia delle attrezzature costiere e gli interessi economici connessi con la sempre crescente attività marina hanno dato un notevole impulso allo studio della previsione del moto ondoso. Sono cosi state svi1uppate varie tecniche che hanno portato alla costruzione di diversi tipi di modelli.

Una prima tecnica di previsione è rappresentata dal metodo messo a punto da Sverdrup e Munk (1947) durante l'ultima guerra mondiale. Questo è rimasto per molti anni l'unico metodo valido per la previsione del campo d'onde in una data zona a partire dalla conoscenza del fetch e dell'intensità e durata del vento.

A partire dagli anni '50 il nuovo interesse per la ricerca, lo studio e la quantizzazione dei fenomeni che intervengono nel lo sviluppo del moto ondoso e l'esigenza di una più accurata previsione hanno fatto sorgere la necessità di sviluppare diverse e più accurate tecniche. Un notevole avanzamento di tali tecniche si è poi avuto quando l'utilizzo dei calcolatori ha reso più facile e rapida la risoluzione numerica del le formulazioni matematiche dei vari fenomeni. E1 così stata costruita una serie di modelli fisici in cui la determinazione del la forza spettrale del campo d'onde è fatta mediante l'integrazione dell'equazione del bilancio energetico. Successivamente è stato dato il via ad una nuova tecnica di previsione, quella parametrica. Mediante tale tecnica la determinazione dello spettro è fatta a partire da un numero limitato di parametri descritti da formule matematiche che devono essere risolte. Nel la presente relazione vengono descritti alcuni dei modelli fisici, a griglia e a raggi, e dei modelli parametrici sviluppati negli ultimi anni. Infine viene presentato un modello ibrido che descrive una forma spettrale utilizzando sia la tecnica dei modelli fisici che quella dei modelli parametrici.

MODELLI FISICI

Nella storia del la modellistica previsionale del moto ondoso dopo la costruzione del metodo messo a punto da Sverdrup e Munk (1947), si ha lo sviluppo di una serie di modelli che prendono in considerazione i fenomeni fisici che intervengono nella generazione, dissipazione e propagazione delle onde di vento. La tecnica usata in tali modelli è basata sull'integrazione dell'equazione del bilancio energetico

$$\frac{\partial E(f,\theta,\underline{x},t)}{\partial t} = c_g \cdot \nabla E(f,\theta,\underline{x},t) + (f,\theta,\underline{x},t) \qquad (1)$$

dove E $(f,\theta,\underline{x},t)$ rappresenta lo spettro direzionale della densità dell'energia nel punto $\underline{x}$ al tempo t. e è la velocità di gruppo, ∇E $(f,\theta,\underline{x},t)$ è la divergenza dell'energia? Il primo termine della parte destra dell'equazione (1) rappresenta il trasporto dell'energia mentre il secondo termine S $(f,\theta,\underline{x},t)$, detto funzione sorgente, rappresenta rapporto positivo o negativo di energia. In generale S può essere definita

$$S = G - D + I$$

dove G rappresenta la quantità di energia apportata dal vento al le onde durante la fase generativa, D è l'energia dispersa durante la fase dissipativa e I definisce le interazioni non-lineari.

In particolare nel termine G vengono considerati il meccanismo di risonanza di Phi11ips (1957) che stabilisce un aumento lineare of dell'energia e il meccanismo di instabilità di Miles (1957) che definisce un termine generativo p che è proporzionale alla densità di energia presente nel campo d'onde e che comporta perciò un aumento esponenziale del 1'energia stessa. Nel termine O vengono considerati i diversi processi fisici in acqua fonda e in acqua bassa che comportano una perdita di energia. Tali processi dissipativi sono il "whitecaps" e il "breaking" (Hasselman, 1974), quando l'onda è in saturazione, e, quando 1'onda si muove in acqua bassa, 1'attrito di fondo (ColIins,l972), la permeabilità (Liu, 1977) e l'elasticità (Rosenthal, 1978) del fondo, il movimento delle particene del fondale (Shields, 1936), lo scattering (Long, 1973). Con I viene definita la quantità di energia scambiata tra onde di diverse frequenze mediante le interazioni non-lineari (Hasselmann, 1962).

Tutti questi fenomeni sono descritti da ben precise formule matematiche. Perciò una volta determinato il valore di G, D e I e quindi di S è possibile integrare l'equazione (1) dell'energia per tutte le frequenze f e tutte le direzioni 0 prestabilite, ottenendo così lo spettro dell'energia presente in un dato punto x al tempo t prefissato.

Tale integrazione può venire effettuata in due possibili diverse maniere: su una griglia che copre l'area di interesse oppure lungo precalcolate caratteristiche dette raggi d'onda. Tali differenti maniere fanno si che i modelli fisici vengano suddivisi in due gruppi: modelli a griglia e modelli a raggi.

Modelli fisici a griglia

Nei modelli a griglia la zona di interesse viene ricoperta con una rete di maglie più o meno ampie e ad ogni passo di integrazione lo spettro dell'energia viene calcolato su ogni nodo del grigliato.

Di questo tipo sono i modelli sviluppati da Barnett (1968), Ewing (1971), Cardone (1976).

Barnett (1968) nel suo modello considera i meccanismi generativi di Phillips (1957) con il valore di a dipendente da un fattore di scala proporzionale alla sesta potenza della velocità del vento e di Miles (1975), la cui formulazione di p è stata leggermente modificata. Essendo il modello valido in acqua fonda, l'unico processo dissipativo introdotto è il breaking che viene preso in considerazione indirettamente obbligando le singole frequenze a raggiungere la condizione di saturazione in maniera asintotica.

Per quanto riguarda le interazioni non-lineari queste vengono valutate mediante una parametrizzazione dei risultati teorici di Hasselmann (1962). Il modello è stato applicato al Nord Atlantico con una griglia con maglie di 120 miglia ed è stato testato in condizioni di fetch limitato con vento costante e in condizioni di burrasca con vento di 60 nodi.

Al Nord Atlantico è stato applicato anche il modello di Ewing (1971). In tale modello la soluzione dell'equazione del bilancio energetico viene ricavata considerando dapprima l'equazione omogenea (S=0) che descrive la propagazione dello swell (condizioni di mare non generativo) su tutti i punti della griglia. Successivamente viene integrata l'equazione non omogenea (S≠0) in modo da valutare la variazione dell'energia in ciascun punto della griglia. Nella funzione sorgente S i valori di a e p sono calcolati in maniera migliore di quella fatta da Barnett mentre il processo dissipativo di breaking viene considerato in modo analogo. Le interazioni non-lineari sono calcolate in maniera più esatta, mediante un best-fitting degli spettri calcolati con una serie di spettri per i quali le interazioni non-lineari sono già state valutate. Le previsioni ottenute dall'applicazione di tale modello a due diverse situazioni meteorologiche nel Nord Atlantico sono risultate molto buone rispetto ai valori osservati in diversi punti della zona in questione.

Anche nel modello di Cardone (1976) vengono considerati i valori di a e p come dati da Phillips (1957) e Miles (1957) e il processo di breaking è introdotto forzando le varie frequenze a raggiungere la saturazione asintoticamente ma con una formulazione diversa da quella usata da Barnett (1968). Le interazioni non-lineari non vengono valutate. L'equazione del bilancio energetico viene risolta simulando ad ogni passo di integrazione i processi di generazione e dissipazione delle onde e la loro propagazione su di una griglia esagonale con maglie di circa 35 km. II modello è stato utilizzato con i dati della tempesta Camille e successivamente con diverse tempeste del Golfo di Messico.

Modelli fisici a raggi

L'integrazione dell'equazione (1) del bilancio energetico viene fatta nei modelli fisici a raggi lungo i tragitti percorsi dalle onde di determinate frequenze. Tal i raggi di rifrazione, per 1a caratteristica di dipendere solamente dal la profondità, possono essere calcolati una volta per tutte prima del 1'integrazione dell'equazione (1).

Gli unici modelli a raggi finora costruiti sono quelli di Collins (1972) e quello di Cavaleri e Malanotte-Rizzoli (1978).

Il modello di Collins (1972) è il primo modello a raggi ad essere stato costruito. Nell'equazione sorgente vengono considerati i meccanismi di Phillips (1957) e di Miles (1957) e i valori di α e β, entrambi valutati in acqua fonda, sono ottenuti rispettivamente dalla formulazione di Phillips con una variante proposta da Barnett (1968) e dalla quantizzazione di Barnett (1968). Il valore limite dell'energia delle onde è ottenuto dalla condizione di saturazione di Phillips (1958). Il fenomeno di breaking non viene considerato mentre viene introdotto l'attrito di fondo che è calcolato con la formulazione di Hasselmann e Collins (1968). Le interazioni non-lineari non vengono considerate. Il modello è stato studiato con diverse situazioni meteorologiche con due particolari tipi di fondale: fondo a contorni paralleli e fondo a topografia irregolare.

Il modello di Cavaleri e Malanotte-Rizzoli (1978) è sviluppato secondo lo schema descritto da Collins. Nell'equazione sorgente sono compresi il valore α di Phillips, calcolato secondo la formulazione proposta da Barnett (1968) e il valore p di Miles, calcolato come nel modello di Collins (1972); entrambi tali processi generativi sono considerati sia in acqua fonda che in acqua bassa. Il limite di saturazione e l'attrito di fondo sono calcolati nello stesso modo che in Collins (1972), mentre il breaking viene valutato secondo la formulazione di Hasselmann (1974). Le interazioni non-lineari non vengono calcolate. Il modello è stato provato in diverse condizioni di vento nel Nord Adriatico e i dati ottenuti sono stati confrontati con i valori osservati sul la piattaforma del C.N.R. -- Venezia.

Per i1 fatto di poter precalcolare i raggi di rifrazione prima del 1 a risoluzione dell'equazione (1), i modelli a raggi sono più economici dei modelli a griglia. Al contrario di questi ultimi però, i primi prevedono lo spettro delle onde in un unico punto e ad un prefissato istante, mentre i modelli a griglia procedono per integrazioni successive nel tempo su tutti i punti del grigliato.

Modelli parametrici

I modelli fisici descritti presentano diverse difficoltà concernenti l'esatta valutazione del campo di vento nella zona di previsione e la difficoltà di determinare e definire esattamente i vari fenomeni fisici nominati precedentemente. In più la valutazione delle interazioni non-lineari implica una serie di operazioni che comportano un notevole aumento del tempo di calcolo ed i valori ottenuti risultano spesso approssimati. Tale problema ha quindi stimolato la ricerca di una diversa tecnica di previsione. L'analisi di una forma spettrale ha fatto sorgere l'idea che uno spettro possa essere descritto da un certo numero di parametri. Si è cercato quindi di rappresentare questi ultimi mediante una formulazione matematica e tra i vari possibili sono stati scelti quelli che descrivono in maniera più completa la forma di uno spettro. Tali parametri sono: la costante α di Phillips (1958); il fattore γ di innalzamento del picco ossia il rapporto tra il valore del picco dello spettro studiato e il corrispondente valore nello spettro di Pierson-Moskowitz (1964), la frequenza f di picco, il rapporto ∂ fra la velocità del vento e la velocità di fase corrispondente alla frequenza del picco, i valori σ_a σ_b che descrivono la forma dello spettro rispettivamente a sinistra e a destra della frequenza di picco. E' stata così definita una teoria con la quale la forma dello spettro viene determinata mediante la risoluzione di un certo numero di formule matematiche che descrivono i suddetti parametri. Tra i modelli parametrici sviluppati negli ultimi anni vi sono il modello di Sanders (1976) e quello di Hasselmann-Ross-Muller e Sel1 (1976).

Nel suo modello Sanders prende in considerazione i tre parametri α, ∂ e Γ, dove Γ è definito come il rapporto tra la frequenza minima dello spettro e la frequenza di picco. Il modello è stato provato con una lunga serie di dati sperimentali e i risultati ottenuti dimostrano una buona

approssimazione ai valori osservati durante il JONSWAP anche se i valori di Γ e ∂ non sembrano molto attendibili.

Contemporaneamente Hasselmann et al. (1976) hanno sviluppato un modello molto semplice nel quale vengono considerati solamente i due parametri v e a dove v è la frequenza non dimensionale di picco, essendo gli altri parametri, ossia ∂, σ_a, σ_b, considerati costanti. In più, in base a considerazioni sulla forma dello spettro in particolare condizioni del campo di vento, il modello è stato sviluppato sulla base del 1'unico parametro v che è funzione della frequenza di picco e della velocità U del vento. L'applicazione del modello in diverse condizioni di vento ha dato risultati soddisfacenti rispetto i dati sperimentali. Questo model 1 o però non è in grado di gestire lo swell che si propaga indipendentemente dal vento locale e quindi può venire utilizzato solamente quando si è in presenza di un campo di vento.

Per poter quindi studiare un mare in condizioni generative nel quale siano presenti anche onde di swel1 (mare non generativo) è necessario svi1uppare una diversa teoria. Questo è stato fatto da Gunther et al. (1979) che hanno messo a punto un modello ibrido, il Norswam. Tale modello è la combinazione di un modello parametrico per le onde di vento e di un modello a raggi per la propagazione dello swell. Lo scambio di energia tra le onde di vento e lo swell dovuto alle interazioni non-lineari, è stabilito in base a criteri dinamici in base ai quali lo scambio è minimo fintantoché le frequenze dello swell e delle onde hanno valori in domini molto diversi. Il modello è stato studiato per l'analisi di una serie di tempeste avvenute nel Mare del Nord e nel Nord Atlantico e i risultati ottenuti sono stati confrontati con una serie di dati osservati durante alcune di queste tempeste.

CONCLUSIONI

I modelli presentati in questa relazione rappresentano un esempio delle diverse tecniche attualmente usate per la previsione del moto ondoso. I primi ad essere sviluppati sono stati i modelli fisici, in cui vengono considerati i vari processi fisici che intervengono durante le varie fasi dello sviluppo delle onde di vento. In particolare i modelli fisici si suddividono in due gruppi secondo che la previsione venga fatta sui punti di una griglia o lungo predeterminate caratteristiche convergenti in un unico punto. Questo comporta due diversi tipi di risoluzione ciascuno dei quali ha dei vantaggi e degli svantaggi. Nei modelli a griglia l'equazione del bilancio energetico viene risolta per ogni passo di integrazione su tutti i punti del grigliato e quindi la previsione può essere fatta su una vasta area. Nei modelli a raggi il moto ondoso viene studiato in un unico punto e ad un istante di tempo stabilito prima dell'inizio dell'applicazione del modello. Tale approccio modellistico, essendo la zona di interesse ridotta ad un unico punto, permette una migliore e più accurata previsione. In più i modelli a raggi possono prendere in considerazione i fenomeni che si verificano in acqua bassa - shoaling, rifrazione, attrito di fondo - e quindi sono in grado di operare anche sui bassi fondali. Nei modelli a griglia le interazioni non-lineari vengono definite in modo migliore per la conoscenza globale

L’appesantimento del tempo di calcolo conseguente l'introduzione della valutazione dell'energia scambiata tra le varie frequenze mediante le interazioni non-lineari e la difficoltà della determinazione del campo di vento hanno portato alla definizione di una diversa tecnica di previsione. Questa è basata sulla determinazione del numero di parametri necessari per la definizione dello spettro dell'energia. Questo comporta la risoluzione di un numero sensibilmente inferiore di equazioni e quindi di una notevole diminuzione del tempo necessario per una previsione. Come si può vedere dalla loro precedente descrizione i modelli parametrici funzionano solo in presenza di un campo di vento, cioè non sono in grado di gestire lo swell. Per poter studiare un mare in condizioni generative nel quale sono presenti anche onde di swell, è stato costruito un modello ibrido nel quale si ha la gestione separata delle onde di vento e dello swell. Inoltre i modelli parametrici non possono essere utilizzati per previsioni del moto ondoso in acqua bassa. Questo è dovuto alla mancanza di una formulazione teorica delle interazioni non-lineari in acqua bassa e al notevole aumento del tempo di calcolo che si avrebbe con l'introduzione della valutazione dei raggi di rifrazione.

Come si può vedere perciò, la scelta del modello più adatto dipende dal tipo di problema che si deve risolvere.

In più entrambi gli approcci previsionali, quello fisico e quello parametrico, saranno soggetti ad ulteriori estensioni. Per quanto riguarda i modelli fisici si sta pensando ad una migliore e semplice determinazione del le interazioni non-lineari, mentre si sta cercando di estendere i modelli parametrici anche all'acqua bassa.

Questa relazione è stata resa possibile nell'ambito del P. F. "Oceanografia e fondi marini", sottoprogetto "Piattaforma Continentale" del Consiglio Nazionale delle Ricerche, Italia, contratto n°. 204121/88/85125.

BIBLIOGRAFIA

BARNETT T.P., 1968 - On the generation, dissipation and prediction of Ocean wind waves. J.Geoph. Res. , 73(2), 513.

CAROGNE V.J., PIERSON W.J., WARD E.G., 1976 - Hindcasting the directional spectra of hurricane generated waves. J. of Petrol. Technology, 28, 385.

CAVALERI L. , MALANOTTE-RIZZOLI P. , 1978 - A wind waves prediction model in the Adriatic Sea, NATO Symposium on "Turbulent fluxes through the sea surface, wave dynamics and prediction", Plenum Publ.Corp., 677.

COLLINS J.I., 1972 - Prediction of shallow-water spectra. J.Geoph. Res., 77(15), 2693.

EWING J.A., 1971 - A numerical wave prediction for the North Atlantic Ocean. Deutsche Hydrog. , 2,24, 241.

GUNTER H. , ROSENTHAL W. , WEARE T.J., WORTHINGTON B.A., HASSELMANN K. , EWING J.A., 1979 - A hybrid parametrical wave prediction model J. Geoph. Res., 84, c9, Sett., 5727.

HASSELMANN K. , 1962 - On the nonlinear energy transfer in a gravity wave spectrum. 1. General Theory, J. Fluid. Mech., 12, 481.

HASSELMANN K. , 1974 - On the spectral dissipation of ocean waves due to white capping, Boundary Layer Meteo., 6, 107.

HASSELMANN K. , COLLINS J.I., 1968 - Spectral dissipation of finite depth gravity waves due to bottom friction. J. Mar Res. , 26, 1.

HASSELMANN K. , ROSS D.B., MULLER P. , SELL W. , 1976 - A parametric wave prediction model. J. Phys. Oceanogr. , 6(2), 200.

LIU P. , 1977 - On gravity waves propagated over a layered permeable bed. Coastal Eng., 1, 135.

LONG R.B., 1973 - Scattering of surface waves by an irregular bottom. J. Fluid Mech. , 78 (33), 7861.

MILES J.W. , 1957 - On the generation of surface waves by an irregular bottom. J. Geoph. Res., 3, 186.

PHILLIPS O.M., 1957 - On the generation of waves by turbulent wind. J. Fluid Mech. , 2, 417.

PHILLIPS O.M. , 1958 - The equilibrium range in the spectrum of wind generated waves. J. Fluid Mech. 4, 426.

PIERSON W.J.JR, MOSKOWITZ L., 1964 - A proposed spectral form for fully developed wind seas based on the similarity theory of S. A. kitaigorodskii. J. Geoph.Res. , 69, 5181.

ROSENTHAL W., 1978 - Energy exchange between surface waves and motion of sediments. J. Geoph. Res., 83(c4), 1980.

SANDERS J.W., 1976 - A growtn-stage scaling mode! for the wind-driven sea. Deut. Hydrog. Z., Band 29, Heft4, 136.

SHIELDS A., 1936 - Application of similarity principles and turbulence research to bed-load movement. Mitteilungen der Preussischen Versuchsanstolt ftir Wasserbau and Schiffbau, Beri in. In: Ott. , W.P. & van Uchelen, J.C. (translators), California Inst. Tech., W.M. Keek Lab. of Hydraulics and Water Res. Rept. n°. 167.

SVERDRUP H.U., MUNK W.H., 1947 - Wind Sea and Swell: theory of relation for forecasting. U.S. Navy Hydr. Off. Pub. n°. 601, 44.

NUOVE CONOSCENZE IDROGRAFICA RELATIVE ALLO STRETTO DI MESSINA

A.TOMASIN*, M.TOMASINO**

*CNR-IDGM-Venezia
**ENEL, DSR-CRIS, Servizio Idrologico – Mestre

RIASSUNTO

Lo Stretto di Messina, sede di correnti notevoli, offre la possibilità, sia pure non immediata, di un loro sfruttamento per la produzione di energia. E1 stata pertanto condotta una serie di misure dì correnti e di livelli per la migliore comprensione dei fenomeni idrodinamici che in esso avvengono. Si espone la sintesi dei risultati più significativi sottolineando l'evidenza di una dinamica anfidromica nella zona dello Stretto, relativamente alla marea semidiurna.

SUMMARY

The strong currents in the Strait of Messina, between Sicily and the continent, could be exploited for energy production, some time in the future. With this aim, an effort was made to extensively measure currents and levels for a better understanding of the loca dynamics. A picture of the most significant results is given, and evidence for a semidiurnal anphidromy is outlined.

PREMESSA

Nell'ambito delle ricerche delle nuove fonti di energia integrativa e rinnovabile, tra i fenomeni marini che potrebbero fornire energia meccanica sono stati considerati le onde, le maree e le stratificazioni termoaline.

Oltre a dette fonti, già ben conosciute, va considerata anche l'energia cinetica delle correnti marine data la sua alta densità di potenza (≅4,4 kW/m^2 per correnti di 4 nodi pari a circa 2 m/s di velocità) e la sua natura periodica che la rende più prevedibile e regolare di molte altre possibili sorgenti quali il vento o le onde.

In uno studio precedente (Bertacchi e Tomasino, 1978) si era sottolineata l'esistenza in Italia di un sito, lo Stretto di Messina, che potrebbe prestarsi allo sfruttamento di questo tipo di energia e si erano ipotizzate le macchine a tal uopo necessarie: grossi mulini a vento atti a funzionare per grandi portate e per basse velocità anche variabili e

reversibili. Il fatto poi che si sia venuto a conoscenza (Water Power, 1979a, 1979b), che ricercatori inglesi ed americani stanno seriamente studiando macchine similari e che sono in procinto di costruire prototipi per lo sfruttamento di detta energia, ha indotto il Centro Ricerca Idraulica e Strutturale della Direzione Studi e Ricerche del 1'ENEL a riprendere uno studio di fattibilità a suo tempo approntato ed a considerare più realisticamente l'effettiva energia cinetica teorica delle correnti dello Stretto di Messina. In base alle misure parziali di velocità eseguite dal Vercelli (1925) nel lontano 1922 detta energia è stata stimata sull'ordine di 2900 GWh all'anno. La fig. 1 ricavata dalla memoria Bertacchi e Tornasi no, 1978, ed al la quale si rimanda chi fosse interessato ad avere più particolari, illustra in cascata i diagrammi di velocità, le portate in transito nello stretto - in essa si può notare che le portate possono superare i 750 000 m^3/s - e le potenze equivalenti .

Si è così intrapresa una serie di rilievi in sito, quali misure di corrente e di livello, in modo da riverificare i vai ori e cercare di quantificare il contributo dovuto alla componente meteorologica che va a sommarsi alla componente astronomica della marea aumentando 1'intensità delle correnti.

MISURE DELLE CORRENTI NELLO STRETTO

Come ben si sa lo Stretto di Messina è sede di correnti molto intense, celebrate anche dai poemi omerici. La genesi di queste correnti risiede nella dinamica marcale dei due mari che comunicano attraverso lo Stretto.

Essi infatti presentano maree con ampiezza quasi analoga ma pressoché in opposizione di fase, per cui al massimo di livello nel Mar Ionio corrisponde grossolanamente il minimo nel Tirreno e viceversa cioè le condizioni ideali per l'esaltazione delle correnti.

Si ricorda che la situazione topobatimetrica dello Stretto è molto particolare infatti presenta una sella con profondità inferiori ai 100 m, in corrispondenza della sezione Punta Pezzo-Ganzirri, che degrada velocemente da entrambi i lati, con pendio più ripido a Sud, verso il mare aperto. L'area della sella, sede delle correnti più violente, è la più interessante per i nostri scopi ed è stata studiata come si è già ri cordato dal Vercel1 i (1925), e più recentemente dal 1 o Stocchi no e Testoni (1970) e dal Cousteau (1980). L'elevata intensità delle correnti e la presenza di instabilità dinamiche turbolenti (i cosiddetti "taglio" e "taglio grande") rendono però problematico il rilievo delle stesse. A tal fine si è scelto di fare delle prove di fattibilità ed affidabilità sui due differenti metodi di rilevamento delle correnti (*): cioè misurando gli spostamenti dell'acqua seguendo un tracciante introdotto in essa alla profondità voluta (nave alla deriva con correntografo sospeso) e misurando gli spostamenti dell' acqua con un sistema fisso (catena

---

(*) Le due campagne di rilievi sono dalla Generale Prospezioni di Roma. state eseguite, per conto ENEL,

correntometrica sommersa ancorata al fondo e sospesa con galleggiante).

Quest'ultimo sistema che sembrava il più idoneo, in realtà si è dimostrato di abbastanza difficile attuazione, anche se durante 1 a progettazione della catena correntometrica si è tenuto conto che nello stretto si presentano condizioni di lavoro particolarmente gravose. Per ridurre a limiti accettabili gli abbattimenti della catena si sono usati cavi carenati e snodi subacquei particolari al fine di ridurre la resistenza idrodinamica ed il conseguente attrito di trascinamento. Il fatto però di non poter mantenere boe di segnalazione in superficie, a causa dell'intenso traffico nello Stretto, ed una probabile avaria della boa di sostentamento, hanno portato come conseguenza la perdita della catena e dei dati registrati.

Si è proceduto così ad una indagine delle correnti con nave alla deriva e correntografo sospeso alla nave alle profondità di 10 e 30 m. Tali tipi di misure consistono, come ben si sa, nella determinazione delle posizioni successive della nave mediante un sistema di localizzazione automatica. Trascurando di parlare delle difficoltà insite in tale tipo di rilievo: sistema di localizzazione, azione del vento sulla nave, azione del mare sulla sua parte immersa e sul filo di sospensione che mantiene il correntografo alla profondità voluta, si riportano alcune considerazioni sui dati rilevati e si illustrano i limiti delle stesse.

La zona di indagine ed il sistema di riferimento della radiolocalizzazione sono illustrati in fig. 2. In figura sono indicati i cinque percorsi teorici della nave scelti in modo da poter misurare le velocità su diverse verticali. La fig. 3 illustra un percorso tipo della nave alla deriva. Ogni punto del percorso rappresenta la posizione della nave minuto per minuto. L'esempio di un diagramma della velocità delle correnti ricavate da questo tipo di indagine è riportato in fig. 4. Durante la campagna di misure del periodo 31-5 / 6-6-1978 la velocità massima registrata è stata di 4,5 nodi (-2,3 m/s).

I dati di corrente così ricavati sono stati analizzati ricercandone le componenti astronomiche con il procedimento ai minimi quadrati. L'analisi è stata però condotta per le sole due componenti M_2 e K_1, l'esiguità del campionamento impedisce infatti la separazione di altre componenti. Se si introduce la terza componente S_2 e si rianalizzano i dati della verticale 2 si può osservare infatti (vedi tab. 1) che una sicura separazione della M_2 è impossibile.

Dal confronto con i risultati del Vercelli (1925) si può osservare che l'ampiezza delle componenti rilevate pur con il loro notevole errore di stima, a profondità similari, sono confrontabili per l'M_2 ma assai diverse per la K_1 specialmente per la profondità di -10 m e che lo smorzamento dell'ampiezza all'aumentare della profondità è meno marcato che nel caso esaminato dal Vercelli (1925).

Rimane pertanto un margine di incertezza che solo misure più prolungate nel tempo e nello spazio potrebbero risolvere.

MISURA DEI LIVELLI MARINI NELLO STRETTO E LORO ANALISI

Assieme alle misure di corrente, si sono raccolte lunghe registrazioni di livelli in tutta l'area dello stretto. Sono stati installati otto mareografi registratori a carta continua a ricarica elettrica bimensile.

La strategia adottata nella scelta delle località di registrazione è chiara (vedi fig. 5): intanto si voleva avere, libera dall'influenza dello Stretto, la situazione mareografica dei due bacini nell'area che si affaccia allo stesso . Nella zona cruciale, poi, tre stazioni di misura per ciascun fianco apparivano ampiamente sufficienti per una buona descrizione.

Si sono raccolti circa due anni di dati (terminati nella scorsa estate), con inevitabili periodi di inattività di qualche stazione. Lo spoglio e l'analisi dei tracciati mareografici (lavoro completato per circa due terzi del totale) consiste nella digitalizzazione semiautomatica delle curve, con accumulo dei dati su nastro magnetico, e nei susseguenti calcoli con un elaboratore. Si è provveduto anzi tutto alla valutazione delle costanti armoniche per i livelli delle varie stazioni, riservando ad una successiva analisi, caso per caso, lo studio di particolari oscillazioni dovute ad impulsi meteorologici. Si può infatti ritenere che lo studio delle componenti armoniche, ottenute con densità spaziale e con estensi one temperai e piuttosto soddisfacenti, fornisca già buone indicazioni sulla dinamica mareale nello Stretto.

Nella stima delle costanti armoniche qui presentata si riferisce, come si è detto, ad un campione pari a circa i due terzi delle registrazioni disponibili. Essa è stata ottenuta tramite un calcolo ai minimi quadrati, con correzione automatica del le variazioni a lungo periodo delle costanti armoniche.

E' così garantita la confrontabilità con altre vecchie stime (o con altre future).

L'analisi delle costanti armoniche è stata estesa a tre componenti non lineari, due (M K_3 ed S K_3) relative alle più forti interazioni che ci si potevano attendere tra le componenti elementari ed una alla più ragionevole "soprammarea" (M_4). In effetti, nella zona più agitata dello Stretto, queste componenti risultano tutt1altro che trascurabili, ed un loro studio, nell'ambito di una completa modellistica, dovrebbe essere importante.

Circa i termini di suffisso 3 (di periodo prossimo alle otto ore) sarà di piacevole interesse ricordare il mito classico di Cariddi. Proprio per tre volte al giorno questo mostro ingoiava le onde dello Stretto per poi rigettarle come colossale fontana.

Una osservazione più rilevante, sui risultati, è la seguente: si vedrà facilmente, dall'esposizione dei dati qui presentati, l'esistenza di una dinamica anfidromica della marea semidiurna: chiarissima per la componente più importante (M_2), essa è conformata dagli altri termini di suffisso 2. Le linee cotidiali sono mostrate in figura 6.

CONCLUSIONI

Si ritiene di poter dare, con questo nuovo contributo di misure e studi, un aiuto alla comprensione dell'idrografia dello Stretto di Messina. Come si può vedere, le difficoltà non mancano per chi effettua misurazioni in un ambiente così vivace, ma non vi è dubbio che il panorama delle conoscenze si vada decisamente ampliando.

RINGRAZIAMENTI

Si ringraziano i tecnici dell'ENEL, il Cap. GF. Aldighieri del CNR ed altri collaboratori, per l'accurato e paziente lavoro di spoglio dei dati di osservazione.

BIBLIOGRAFIA

BERTACCHI P. , TOMASINO M., 1978 - Energia del mare: valutazione energetica delle correnti dello Stretto di Messina, 79ª Riunione AEI, Catanzaro.

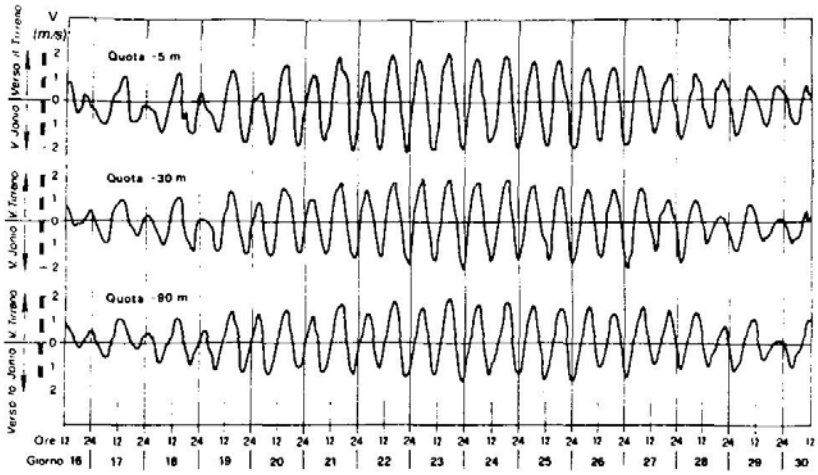
COUSTEAU J.J., 1980 - Comunicazione personale.

STOCCHINO C., TESTONI A., 1976 - Influenza delle correnti di marea sulla circolazione nelle adiacenze tirreniche dello Stretto di Messina. Istituto Idrografico della Marina - Genova.

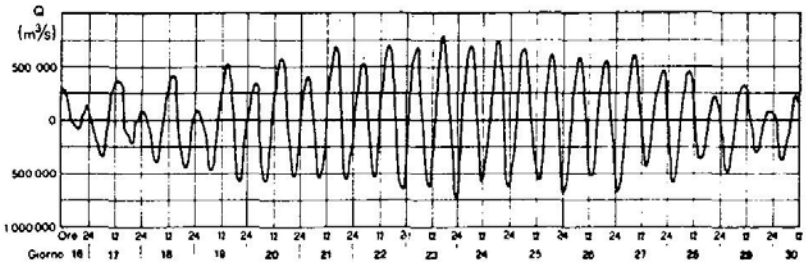
VERCELLI F. , 1925 - Crociere per lo studio dei Fenomeni nello Stretto di Messina (R.N. Marsiglia, 1922-1923) periodi 11-8/14-9/1922 e 15-3/20-6/1923. Il regime delle correnti e delle maree nello Stretto di Messina. Comm.Internaz. del Mediterraneo, Venezia.

WATER POWER & DAM CONSTRUCTION, 1979 - Underwater windmill for tidal streams, Aprile.

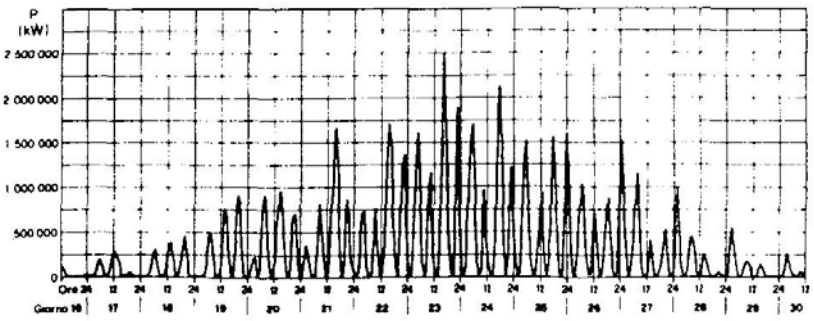
WATER POWER & DAM CONSTRUCTION, 1979 - Gulf Stream Energy, Agosto.



Andamento della velocità della corrente a differenti profondità (da /4/)



Portata calcolata in corrispondenza della sezione Punta Pezzo - Ganzirri



Potenza calcolata in corrispondenza della sezione Punta Pezzo - Ganzirri

Fig. 1

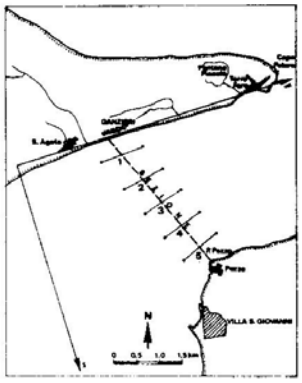


Fig 2 Planimetria generale dello stretto con il sistema di riferimento della radiolocalizzazione e le sezioni di misura.

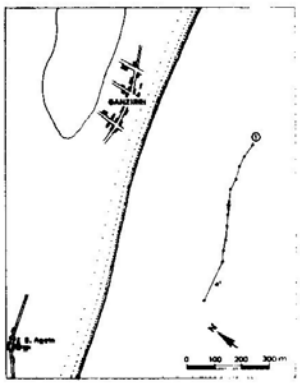


Fig 3 Tipico percorso della nave alla deriva.
I punti rappresentano la posizione della nave minuto per minuto.

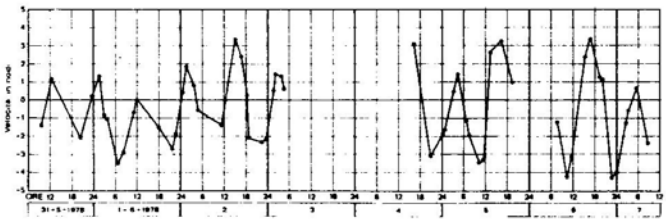


Fig 4 Diagramma della componente Y_y della velocità delle correnti misurate per la sezione 2 alla profondità di 10 m.

Tabella 1

Verticale	Profondità	M_2	S_2	K_1	Errore
	m	cm/s	cm/s	cm/s	cm/s
2	-10	138		53	± 44
2	-10	106	54	59	± 32
3	-10	145		54	± 36
4	-10	132		52	± 40
2	-30	125		39	± 24
3	-30	138		46	± 29
4	-30	137		46	± 25

Campagne di misura del 31/5 - 7/7/1978

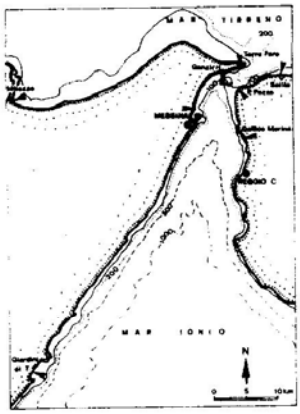


Fig 5 Planimetria dello stretto ed ubicazione delle otto stazioni mareografiche.

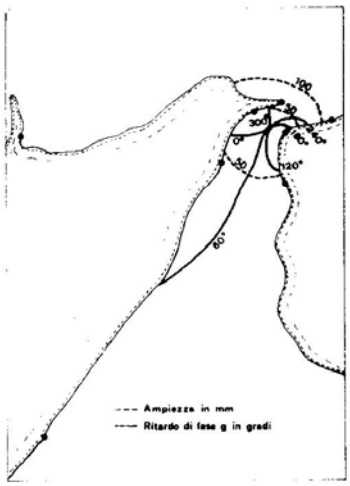


Fig 6 Dinamica della marea semidiurna (M_2).

Stazioni	Ampiezze in millimetri (con margine di errore sottoscritto)										Ritardi di fase "g" in gradi (con margine di errore sottoscritto)									
	M_2	S_2	N_2	K_2	K_1	O_1	P_1	MK_3	SK_3	M_4	M_2	S_2	N_2	K_2	K_1	O_1	P_1	MK_3	SK_3	M_4
Scilla	102 ± 1	32 1	20 1	10 2	28 1	9 1	8 1	-	2 1	4 1	271 1	295 2	254 3	289 9	220 3	136 9	210 8	-	337 44	225 5
Punta Pezzo	9 1	6 1	2 1	4 2	9 2	16 2	6 1	21 1	7 1	34 1	143 8	37 12	198 43	91 25	236 9	235 6	233 12	38 4	4 13	68 2
Gallico Marina	58 1	28 1	11 1	11 2	13 1	10 2	5 1	2 1	-	4 1	98 1	100 3	98 6	87 9	62 6	60 9	67 14	312 48	-	41 20
Milazzo	118 1	47 1	23 1	13 2	30 2	7 2	10 1	-	3 1	3 1	259 1	277 2	236 3	264 8	214 3	131 13	196 8	-	313 29	180 23
Torre Faro	55 1	22 1	11 1	3 2	21 2	8 2	9 1	10 1	5 1	14 1	267 1	307 4	256 7	325 35	229 4	217 12	234 9	56 9	6 21	104 5
Ganzirri	32 1	16 1	5 1	6 2	14 1	5 1	5 1	11 1	3 1	19 1	316 2	354 4	290 13	366 17	242 6	214 19	237 14	36 7	3 24	71 4
Messina	51 1	27 1	7 1	9 2	7 1	9 1	-	8 1	2 1	15 1	21 1	44 3	358 9	44 11	280 12	73 9	-	254 9	238 38	289 4
Giar. di Taormina	64 1	33 1	11 1	9 2	23 1	9 2	7 1	-	-	-	87 1	96 2	81 6	89 11	76 3	56 10	62 10	-	-	-

Tab. 2 - Valutazione delle costanti armoniche dei livelli di marea, (periodo: luglio 1978 - dicembre 1979)

I FUNGHI ALGHICOLI MARINI DELL'ISOLA D'ISCHIA

V.CUOMO*, F.VANZANELLA*, F.CINELLI**

* Laboratori Ricerche CIBA-GEIGY 80058 - Torre Annunziata
**Stazione Zoologica di Napoli, Lab. di Ecologia, Ischia Porto (NA)

RIASSUNTO

E' stata condotta un'indagine sui funghi presenti sulle macroalghe bentoniche raccolte lungo le coste dell'Isola di Ischia. L'indagine mirava ad accertare la presenza e il tipo di flora fungina sulle alghe. I risultati hanno mostrato che i funghi presenti sulle alghe appartengono agli "Higher fungi", (Ascomiceti e funghi Imperfetti), in massima parte di origine terrestre, ed ai "Lower fungi". (Thraustochytriaceae).

SUMMARY

A study was carried out to determine the presence and type of Marine algae inhabiting the coastal sea water of Ischia island. The results show that the fungal flora present in algae belongs to the "Higher fungi" (Fungi Imperfecti and Ascomycetes), mainly of land origin and to the "Lower fungi" (Thraustochytrid fungi).

INTRODUZIONE

E1 stata condotta un'indagine sulla flora fungina presente sulle alghe bentoniche raccolte lungo le coste dell'Isola di Ischia. I risultati riguardano alcune osservazioni preliminari di una indagine che concerne il tipo di funghi alghicoli trovati, la natura delle loro associazioni con le alghe e il significato ecologico di tali associazioni.

Materiali e metodi

Le alghe esaminate sono state raccolte lungo le coste dell'Isola d'Ischia nel periodo aprile 1979 maggio 1980.

Le alghe raccolte e divise per genere venivano messe in buste di polietilene e poste in borse termiche a temperatura non superiore a 10°C. Al ritorno in laboratorio o si procedeva immediatamente all'isolamento dei funghi o si ponevano i campioni raccolti per una notte in frigorifero a 4°C.

Prima dell'isolamento il materiale raccolto veniva lavato 3 volte con acqua di mare sterile per allontanare i contaminanti esterni visibili. Per l'osservazione microscopica poi si preparavano sezioni di alghe che venivano colorate con Lactofenolbleu cotone.

Sul materiale così pulito si procedeva poi all'isolamento degli "Higher" e dei "Lower fungi".

Isolamento degli Higher fungi

Sono state seguite, per l'isolamento di questi funghi, 3 differenti tecniche allo scopo di mettere in evidenza specialmente quelli marini:

a) i pezzi di alghe venivano incubate per 4 settimane a temperatura ambiente, su dischi di carta da filtro Watman n:l sterili, del diametro di 90 mm, posti in capsule Retri sterili e bagnati con acqua di mare sterile (Tubaki 1969), + gr/lt di Cloranfenicolo. Non appena si notava lo sviluppo di funghi, generalmente dopo il 5° giorno, si procedeva all'isolamento dei finghi trasferendo micelio e spore in piastre contenenti Corn meal agar e glucose yeast extract agar (Booth., 1971).

b) Pezzi di alghe della grandezza di 0,2 - 0,4 cm2 venivano posti (2 o 3 pezzi della stessa specie di alga) in piastre contenenti Mycological agar Difco e Oat meal agar. Incubazione a 25°C per 2 settimane. Non appena si notava lo sviluppo di funghi, generalmente dopo il 5° giorno, si procedeva ali1isolamento dei funghi sugli stessi terreni seguendo le stesse tecniche di isolamento seguite al punto a).

c) Campioni di alghe relative a ciascuna specie venivano posti su fazzoletti "Klinex" inumiditi con acqua di mare sterile e posti in scatole di plastica del la grandezza di 9x13x5 cm. Incubazione a 20°C per 20 settimane circa.

Per l'isolamento la coltivazione etc. veniva seguito quanto descritto da Jones (1968-1971) per l'esame, la coltivazione etc. dei funghi lignicoli marini.

Isolamento dei Lower fungi

Campioni di alghe già puliti come detto in precedenza venivano poi nuovamente lavati in acqua di mare sterile + 1,5 gr di penicillina G e 1,5 gr di Streptomicina solfato.

Per l'isolamento si procedeva poi secondo la tecnica di Gaertner (1968) e Harrison (1974).

RISULTATI

I risultati raccolti nel corso dell'indagine (vedi tab. 1 e 2), hanno mostrato che la flora fungina presente sulle alghe esaminate è per la maggior parte epifitica e appartenente agli Ascomiceti e Funghi Imperfetti (Higher fungi).

La loro origine è in massima parte terrestre. Pochi i funghi marini, presenti specialmente sulle specie appartenenti al genere Ulva.

Interessanti i dati relativi alla presenza sulla maggior parte delle alghe esaminate di Thraustochytriaceae (Lower fungi).

Higher fungi

Sono prevalentemente di origine terrestre come per es. Penicillium, Aspergillus, Fusarium, Gliocladium etc. e ne costituiscono la micoflora epifitica mentre uno scarso numero, e questo anche in accordo con Chesters et al. (1956) e Haythorn et al. (1980), ne costituisce la microflora saprobica.

I funghi di questa flora sono prevalentemente di origine marina (true marine fungi) come Corollospora marittima, Lulworthia, Dendryphiella salina etc. Questi ultimi poi sono stati trovati prevalentemente sulle specie del genere Ulva.

Questo può essere messo in relazione alla composizione chimica (cellulosa e Laminarina) delle Ulvaceae e all'attività enzimatica di questi funghi (celluiosi e Laminarase, Meyers 1971).

Lower fungi

E' stato possibile accertare la presenza di questi microrganismi sulla maggior parte del le alghe esaminate, Le specie classificate, sono presenti generalmente sulle alghe, foglie di angiosperme marine, animali marini (Molluschi, Celerenterati) e nelle acque e sedimenti marini.

Il numero di individui e di specie trovate lascia supporre una larga presenza di questi microrganismi nella zona esaminata e più generalmente diffusi in tutto il resto del Mediterraneo. Poiché questi microrganismi sembrano avere un'importante ruolo ecologico (Bremer, 1976) ci proponiamo di svolgere un'indagine sulle attività di questi microrganismi in modo da poterne chiarire il significato relativo.

Ringraziamo il Prof. Muller dell'ETH Zurigo - Svizzera per l'aiuto dateci nella classificazione dei funghi terrestri e il Prof. E.B.C. Jones e G.B, Bremer del Department of Biological Sciences del Portsmouth Polytechnic - Inghilterra, per la classificazione delle Thraustochytriaceae.

Un ringraziamento infine a tutti i tecnici e in particolare al Sig. Walter Tedesco che hanno collaborato alla realizzazione di questo lavoro.

BIBLIOGRAFIA

BOOTH C. , 1971 - Introduction to general methods In "Methods of Microbiology" (ed. C. Booth) Academic Press. London vol. 4 pp 2-94.

BREMER G.B., 1976 - The ecology of marine lower fungi In "Recent Advances In Aquatic Mycology". (ed. E.B.C. Jones) Wiley New York pp 313-333.

CHESTERS C.G.C. , APINIS A. and TURNER M., 1956 - Studies on the decomposition of sea weed and sea weed products by microrganisms. Proceedings of the Limnean Society London 166, 87-97.

GAERTNER A., 1968 - Eine methode des quantitarien Nachweises niederes und im sediment. Veroffentlichungen des Institutes fur Meeresforschung, Bremerhaven 3, 75-92.

HARRISON J.L. and JONES E.B.C., 1974 - Zoospore disharge in Thraustochytrium striatum. Transactions of the British Mycological Society 62, 283-288

HAYTHORN J.M., JONES E.B.C. and HARRISON J.L. t 1980 - Observation on marine Algicolous fungi including the Hyphomycete Sigmoidea marine sp. nova. Transactions of the British Mycological Society 74, 615-623.

JONES E.B.G., 1968 - The distribution of marine fungi on wood submerged in the sea. In "Biodeterrioration of Materials" (ed. A.H. Walters and J.S. Elphin). Proceeding of 1st Intern.Biodet.Symp.Southampton Elsevier Publishing Co Ltd pp 460-485.

JONES E.B.G., 1971 - Developments in the Biology of Filamentous Marine fungi In "Marine Borers Fungi and fouling Organisms of wood" (eds E.B/G/ Jones and S.K. Eltringham) O.E.C.D. Paris 217-235.

TUBAKI K., 1969 - Studies on the Japonese marine fungi lignicolous group (III) algicolous group and a general consideration. Annual report Institute for Fermentation Osaka 4 12-41.

TABELLA 1

Numero di "Higher" (Ascomiceti e funghi imperfetti e "Lower" (Thraustochytriaceae) isolati da alghe raccolte nelle acque coastaìi della Isola dlIschia.

A L G H E	HIGHER FUNGHI Asco.	Imperf.	LOWER FUNGI Thraustochytriaceae
Padina pavonica (L) Lamour.	-	3	2
Dictyopteris membranacea (Stack.) Batters	1	7	-
Dictyota dichotoma (Hudson) Lamour.	1	3	-
Cystoseira fimbrata (Desf.) Bory	-	-	2
Dilophus fasciola (Roth.) Howe	-	4	-
Dilophus spiralis (Mont.) Hamel	-	3	-
Cystoseira mediterranea (Ag) Sauv.	-	4	1
Cystoseira barbata J. Ag.	1	1	-
Ceramium rubrum (Hudson) C. Ag.	1	2	-
Ulva curvata (Kütz) De Toni	3	2	-
Ulva rigida C. Ag.	2	2	4
Ulva neapolitana Bliding	2	1	4
Ulva sp.	3	1	3
Halopteris filicina (Grat.) Kütz.	-	-	-
Pterocladia capillacea (Gmell) Born. et Thur.	1	1	2
Halopteris scoparia (L) Sauv.	1	-	3
Acrosorium venulosum (Zen.) Kylin	-	-	3
Etcocarpus confervoides (Roth.) Le Jolis	1	-	1
Chaetomorpha linum (Muller) Kütz.	1	-	2
Caetomorpha aerea (Dillwyn) Kütz.	-	-	3
Gigartina teedi (Roth) Lamour	2	-	3
Scytosiphon lomentaria (Lyngbye) J. Ag.	-	-	3

Schottera nicaeensis (Lamour ex Duby) Guiry	-	2	-
Taonia atomania (Woodw.) L. Ag.	-	3	5
Cystoseira stricta (Mont.) Sauv.	-	2	3
Halimeda tuna (Ellis et sol.) Lamour.	-	-	2
Cystoseira crinita Valiante	-	3	2
Derbesia tenuissima (De Not) Crouan	-	-	2
Colpomenia sinuosa (Roth.) Derb. et Sol.	-	3	2
Cledostephus verticillatus (Lingh.) C. Ag.	-	2	2
Cladophora coelotrix Kütz.	-	-	4
Gracilaria verrucosa (Hudson) Papenfuss	-	-	2
Laurencia paniculata (C. Ag.) J. Ag.	-	-	-
Porphira leucosticta Thuret	-	1*	2
Porphira sp.	-	1*	5
Sargassum vulgare C. Ag.	1	3	2
Callithamnium granulatum (Ducl.) C. Ag.	1	2	4
Gracilaria armata C. Ag.) J. Ag.	-	-	-
Laurencia obtusa (Hudson) Lamour	-	-	2
Udotea petiolata (Trev.) Borgsen	-	-	-
Zonaria flava (Clom.) Ag.	-	-	2
Peyssonnelia rubra (Grev.) J. Ag.	-	-	-
Codium bursa (L) C. Ag.	-	2	-
Platona ciclocolpa (Mont.) Sehmitz	-	-	-
Totale alghe nr. 44	Totale 21	Totale 59	Totale 76

* Ficomiceti
Pythium maritimum Höhnk

Tabella 2
"Higher fungi" (Ascomiceti e funghi imperfetti)
"Lower fungi" (Thraustochytriaceae) isolati dalle alghe
raccolte nelle acque costiere dell'Isola d'Ischia

FUNGHI	ALGHE
- Ascomiceti -	
Pleospora sp.	Dictyopteris membranacea, Ulva curvata, Pterocladia capillacea, Chaetomorpha linum.
Corollospora marittima Wederman	Cystoseira mediterranea, Ulva curvata Ulva rigida, Ulva neapolitana, Ulva sp.
Lulworthia sp.	Ulva sp., Ulva neapolitana, Ulva rigida, Ulva curvata.
Chaetomium globosum Kunze	Ceramium rubrum, Gigartina teedi, Halopteris scoparia, Callittanmium granulatum.
Chaetomium globosum	Dictyota dichotoma, Cystoseira barbata,
var.orhizoides Dreyfuss	Porphira sp., Sargassum vulgare, Ulva sp., Ectcocarpus confervoides.
- Funghi imperfetti -	
Alternaria marittima Suth	Dictyopteris membranacea, Cladostephus verticillatus, Ulva neapolitana, Ulva curvata.
Scytalidium status of Menderson - La Turuloides Natrass	Padina pavonia
Gliomastix murorum (Corda) Hughes	Dictyopteris membranacea.
Acremonium pinkertoniae Gars	Dictyopteris membranacea, Schottera nicaeensis, Pterocladia capillacea.

Penicillium sp	Cerarium rubrum, Dilophus spiralis, Ulva neapolitana.
Aspergillus sp.	Porphira sp., Cystosteira barbata.
Verticillium tenerum (Nees ex Pers.)	Cystosteira crinita, Ulva curvata, Dictiopteris membranacea.
Diplopia sp.	Dictyopteris membranacea.
Stachybotrys atra Corda	Dilophus spiralis, Ulva sp., Dilophus Fasciola, Sargassum vulgare, Taonia Atomara, Colpomenia sinuosa, Dictyota dichotoma
Macrosporium sp.	Cystosteira stricta
Stemphylium sp.	Taonia atomaria
Phoma sp.	Taonia atomaria, Ulva curvata, Etcocarpus confervoides
Dendryphiella salina (Suth.) Pugh et Nicot	Ulva neapolitana, Cystosteira stricta, Cystosteira crinata, Sargassum vulgare, Chaetomorpha linum.
Fusarium sp.	Dictyopteris membranacea, Padina pavonica
Papulaspora halina, Anastasiou	Gigartina teedi, Dilophus fasciola
Cladosporium halgarum Cooke et Mossee in Cooke	Cystosteira mediterranea
Graphium sp.	Dilophus fasciola
Doratomyces stemonitis Corda	Cystosteira mediterranea
Gliocadium roseum Bain	Porphira sp.
Pythim maritimum Hohnk	Porphira sp., Porphira leucosticta
Aposphaeria sp.	Callitamnium granulatum
Stagonosphora sp.	Dilophus spiralis
Phialophora fastigiata (Lager Bert et Melin) Conat	Padina pavonica
Scopulariospis brevicaulis	Cladostephus verticillatus

Pyrenochaeta rubi, idaei Cavara	Dictyopteris membranacea
Scytalidium lignicola, Pesante	Colpomenia sinuosa
- THRAUSTOCHYTRIACEAE -	
Thraustochytrium roseu Goldstein	Padina pavonica, Chaetomorpha aerea, Halopteris scoparia, Taonia atomaria, Zonaria flava, Ulva sp.
Thraustochytrium sp.	Padina pavonica, Cystoseira fimbrata, Cystoseria mediterranea, Porphira sp. , Acrosorium venulosum, Chaetomorpha aerea, Ectocarpus confervoides, Halimeda tuna, Derbesia tenuissima, Sargassum vulgare, Porphiria leuco-sticta, Laurencia obtusa, Scytosifon lomentaria, Cladophora coelotrix, Cai 1ithamnium granulatum.
Thraustochytrium kineii Gaertner	Ulva rigida, Ulva neapolitana, Ulva sp. , Taonia atomaria, Cladostephus verticillatus, Cladophora coelotrix.
Schizochytryum aggregatum Goldstein et Belscky	Ulva rigida, Pterocladia capillacea, Gigartina teedi, Porphira sp.
Thraustochytrium multirudimentale Goldstein	Halopteris scoparia, Chaetomorpha, linum, Cystoseira stricta, Colpomenia sinuosa, Gracilaria verrucosa, Porphiria sp.
Thraustochytrium aureum Goldstein	Acrosurium venulosum, Cystoseira crinita, Colpomenia sinuosa.

I FUNGHI MARINI LIGNICOLI PRESENTI NELLE ACQUE DEL PORTO DI TORRE ANNUNZIATA

F.VANZANELLA, V.CUOMO

Laboratori Ricerche CIBA-GEIGY
80058 - Torre Annunziata (NA)

RIASSUNTO

E' stata messa in evidenza la presenza di 28 funghi marini lignicoli, raccogliendo nelle acque del porto di Torre Annunziata (Golfo di Napoli), pezzi di legno naturalmente presenti (drift wood) e pannelli di legno artificialmente sommersi. I funghi trovati, 20 Ascomiceti e 8 funghi imperfetti, sono generalmente gli stessi la cui presenza è stata già segnalata e che sono per la maggior parte largamente distribuiti lungo le coste meridionali Italiane.

SUMMARY

28 lignicolous marine fungi were recorded from drift wood and submerged test blocks collected on the sea water of the Port of Torre Annunziata (Gulf of Naples). The recorded fungi, 20 Ascomycetes and 8 Fungi Imperfecti, are generally common species al ready recorded and widely spread along the Southern Mediterranean Italian coasts.

INTRODUZIONE

Un'indagine, atta ad accertare la presenza di funghi lignicoli marini, è stata condotta nelle acque del Porto di Torre Annunziata. Questa ricerca si inquadra in una indagine più ampia che si prefigge lo scopo di studiare l'attività ed il significato ecologico dei funghi lignicoli trovati.

MATERIALI E METODI

La presenza e la distribuzione dei funghi lignicoli marini nelle acque del porto di Torre Annunziata, veniva evidenziata, raccogliendo dallo Aprile 1978 all'Aprile 1980, ogni due mesi, pezzi di legno naturalmente presenti (drift wood) alla stazione A, e pannelli di legno artificialmente sommersi (test blocks), localizzati in due stazioni B e C (Fig. 1).

I test blocks sono formati ciascuno da pannelli di 3 tipi di legno diverso: pino (Scots pine), faggio (Fagus sylvatica) e balsa (Ochroma lagopus). Le dimensioni di ciascun pannello erano di 15 x 7,5 x 2,5 cm.

Le tecniche relative alla preparazione, all'immersione, alla raccolta, all'esame e all'isolamento dei funghi presenti sui campioni raccolti sono quelle indicate da Jones (1968-1971).

I pezzi di legno naturalmente presenti (drift wood) sono quelli che normalmente si trovano sulle spiagge.

Venivano raccolti solamente quelli che presentavano i segni di una lunga permanenza nell'acqua (aspetto spugnoso, sofficità, leggerezza) e una non lunga permanenza sulla riva (ancora imbevuti d'acqua).

Venivano inoltre raccolti solo quelli che si trovavano sulla fascia della battigia e con assenza o scarsa presenza di granelli di sabbia. Questo allo scopo di evitare eventuali contaminazioni di corpi fruttiferi di funghi, anche marini, presenti sui granelli di sabbia.

Per i pezzi di legno le tecniche di raccolta, l'esame e l'isolamento dei funghi presenti, veniva fatto impiegando le stesse tecniche seguite per i pannelli di legno artificialmente sommersi. La nomenclatura e la terminologia seguita per i funghi trovati è quella riportata nel le "Icones Fungorum Maris" (Kohlmeyer et Kohlmeyer 1964 - 1969) e nelle "Synoptic Plates of Higher Marine Fungi" (Kohlmeyer et Kohlmeyer 1971).

RISULTATI

Dall'Aprile 1978 all'Aprile 1980 la presenza di 28 funghi lignicoli marini, 20 Ascomiceti e 8 Funghi Imperfetti, veniva accertata nelle acque del porto di Torre Annunziata.

I risultati relativi alla presenza e alla distribuzione dei funghi trovati sui pezzi di legno naturalmente presenti e sui pannelli artificialmente sommersi sono riportati alla tab. 1. Alla tab. 2 vengono riportati i risultati della colonizzazione dei funghi trovati sui pannelli artificialmente sommersi in dipendenza del periodo d'immersione e del tipo di legno formante i pannelli.

CONCLUSIONI

E’ stata accertata la presenza di 28 funghi lignicoli marini nelle acque del porto di Torre Annunziata,

La maggior parte delle specie trovate sono specie comuni e largamente diffuse lungo le coste meridionali italiane, per esempio Corollospora maritima, Zalerium maritimum, Ceriosporopsis halima etc. e inoltre già segnalate da Kohlmeyer (1963), Jones (1972), Conte Montemartini (1975), Genovese et al. (1978) e Cuomo et al. (1979).

Altre specie come per esempio Diplodia orae maris, Lignincola laevis e Paralomyces lentiferus sono scarsamente diffuse e quasi esclusivamente trovate sui pezzi di legno naturalmente presenti.

La presenza inoltre di queste specie lungo le coste dell'Italia meridionale è stata segnalata solo nel 1979 (Cuomo et al.).

Dai risultati raccolti (vedi tab. 1) si può rilevare che la presenza dei funghi trovati è maggiore per numero e per specie sui pezzi di legno naturalmente presenti che sui pannelli di legno artificialmente sommersi. Questo concorda con quanto già precedentemente segnalato da Cuomo et al.

La spiegazione di questa differenza può essere dovuta ad:

a) un maggior numero di campioni raccolti per i pezzi di legno naturalmente presenti,

b) una più alta estensione dell'area di raccolta (stazione A) con la possibilità che i pezzi di legno naturalmente presenti, possano anche arrivare da zone molto lontane al di fuori dell'area mediterranea e quindi portare funghi non ubiquitari, ma che si sono colonizzati sui pezzi di legno galleggianti o al luogo di origine o durante il loro viaggio fino al punto di arrivo (stazione A).

Per quanto riguarda la colonizzazione dei funghi trovati in dipendenza del tipo di legno del pannello sommerso e del periodo d'immersione, dai risultati ottenuti si può dedurre:

a) che il pino e la balsa si lasciano colonizzare dalla maggior parte dei funghi lignicoli, risultati questi abbastanza concordanti con quelli riportati da Jones (1971, 1971a);

b) che il faggio è stato scarsamente colonizzato e non sembra essere selettivo per alcune specie come era stato indicato da Jones (1968);

c) che la successione, nella colonizzazione, per la maggior parte dei funghi, specialmente su legno di pino e balsa, è stata abbastanza rapida, (due mesi) e che per gli altri funghi come Cirrenalia macrocephala, Humicola alapallonella, Halosphaeria tubulifera e Halosphaeria appendiculata la successione è stata piuttosto lenta, da 6 a 14 mesi.

BIBLIOGRAFIA

CORTE A.M., 1975 - Osservazioni sul genere Lulworthia Suth e i suoi rapporti con Limnoria Menzies e segnalazioni di altre specie. Giorn.Bot.Ital. 109, 227-237.

CUOMO V., VANZANELLA F. e GRASSO S. , 1979 - Lignicolous Marine fungi of the Mediterranean coasts of Southern Italy. 3rd International Marine Mycoloqy Symposium Moread City N.C. U.S.A.

GENOVESE S., GRASSO S., CUOMO V. e VANZANELLA F., 1978 - Prime ricerche sulla distribuzione dei funghi in alcuni mari italiani. Atti del 3° Congresso AIOL Sorrento, 18-20/12/1978; pag. 197-203.

JONES E.B.G., 1968 - The distribution of marine fungi on wood submerged in the sea. In "Biodeterioration of Materials" (A.H. Walters and J.S. Elphick eds), Proceding of 1st Intern. Biodet. Symp.

Southampton - Elsevier Publishing Co Ltd pp 460-485.

JONES E.B.G., 1971 - Aquatic fungi in "Methods in Microbiology"; (ed. C. Booth) Academic Press London vol. 4 pp 335-365.

JONES E.B.C., 1971a - The ecology and rotting ability of marine fungi in "Marine Borers, Fungi and Fouling Organisms of Wood". (Eds. E.B.G. Jones and S.K.Eltringham) O.E.C.D. Paris pp 237-258.

JONES E.B.C., KUNE H. , TRUSSELL P.C., and TURNER RD, 1972 - Results of an International Cooperative Research Programme on the Biodeterioration of Timber Submerged in the sea. Material und Organismen 7 Bd 1972 Heft. 2 Verlag: Dunker & Humblot Berlin 41 pp 93-118.

KOHLMEYER J., 1963 - Ripartition des champignons marins (Ascomycetes et Fungi Imperfecti) dans le Mediterranee. Rapp. Com. Int. Explor. Sci. Mer Mediterranee, 17, 723-730.

KOHLMEYER J. and KOHLMEYER E., 1964-1969 - "Icones Fungorum Maris" Cramer, Weinhein and Lehre.

KOHLMEYER J. and KOHLMEYER E., 1971 - "Synoptic Plates of Higher Marine fungi". - An identification Guide for the marine Environment 3rd Cramer Lehre.

Fig. 1

Staz. A - zona adiacente l'entrata del porto.
stazione di raccolta dei "drift-wood".
Staz. B - zona di mare all'entrata del porto.
la stazione di immersione di "test blocks".
Staz. C - zona di mare all'interno dell'area del porto.
2a stazione di immersione di "test blocks".

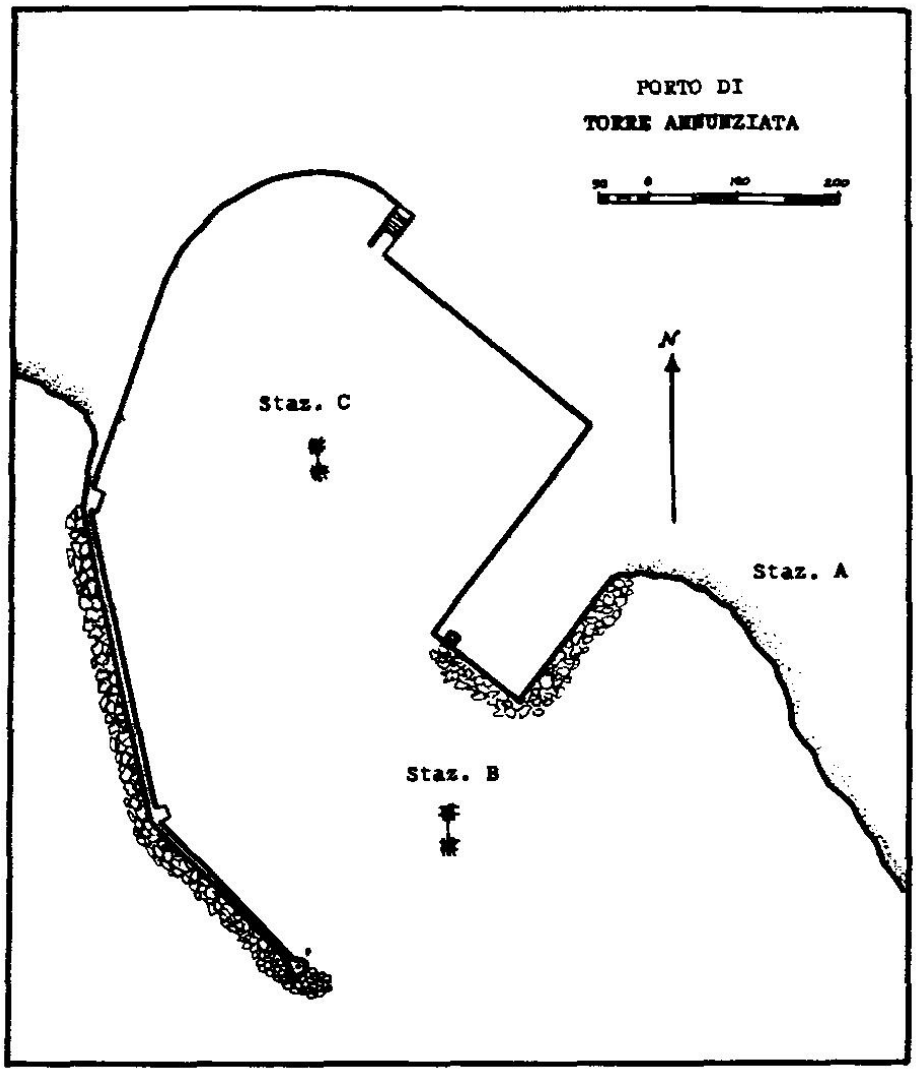


TABELLA 1

Funghi lignicoli trovati sui "drift wood" e "test blocks" raccolti nel porto di Torre A. alle Stazioni A, B e C dal 10/4/78 al 10/4/1980.

FUNGHI LIGNICOLI MARINI	Drift wood staz. A	Test staz. B	blocks Staz. C
Lulworthia sp	7	7	4
Corollospora maritima Werdermann	8	9	8
Humicola alapallonella Meyers et Moore	2	2	1
Halociphina villosa Kohlm. et Kohlm.	2	2	4
Halosphaeria medioset. Cribb et Cribb	8	6	5
Zalerium maritimum (Linder) Anastasiou	5	6	6
Dendryphiella salina (Sutherland) Pugh et Nicot	2	-	3
Remispora hamata (Hohnk) Kohlm.	2	4	2
Culcitaina achraspora Meyers et Moore	4	-	1
Halosphaeria tubulifera Kohlm.	-	1	-
Remispora maritima Linder	3	3	5
Halotthia posidoniae (Durieu et Montagne)	2	-	-
Halosphaeria appendi culata Linder et Linder	2	3	4
Ceriosporopsis halima Linder et Linder	4	3	3
Cirrenalis macrocephala (Hohm.) Meyers et Moore	-	3	3
Monodidctis pelagica (Johnson) E.B.G. Jones	3	-	1
Leptosphaeria orae maris Linder et Linder	2	2	3
Microthelia maritime (Linder) Kohlm.	1	-	-
Corollospora trifurcata (Hohnk) Kohlm.	4	2	2
Diplodia orae maris Linder et Linder	1	-	-
Torpedospora radiata Meyers	2	-	-
Paraliomyces lentiferus Kohlm.	1	-	-
Pleospora sp.	2	-	-
Corollospora cristata (Hohnk) Kohlm.	3	-	-
Lignicola laevis Hohnk	1	-	-
Lulworthia kniepii Kohlm.	2	2	1
Amylocarpus encephaloides Currey	1	-	-
Lindra sp.	2	-	-
nr. funghi totali per ciascuna stazione	76	55	56
nr. specie differenti per ciascuna stazione	26	15	17

TABELLA 2

Colonizzazione dei funghi lignicoli marini su Balsa (B), Pino (P) e Faggio (F) sommersi nelle acque del porto di Torre Annunziata dal 10/4/78 al 10/4/1980.

FUNGHI	mesi 2			4			6			8			10			12			14			16			18			20			21			totale		
	B	SP	F	B	SP	F	B	SP	F	B	SP	F	B	SP	F	B	SP	F	B	SP	F	B	SP	F	B	SP	F	B	SP	F	B	SP	F	B	SP	F
FUNGHI IMP.																																				
Humicola alap.	+	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	+	-	4	2	0
Halociph.vill.	+	+	+	-	-	+	-	+	+	+	+	+	-	-	+	+	+	+	-	+	-	+	+	-	-	-	+	-	-	+	+	+	-	5	7	8
Zalerium mar.	-	+	-	-	+	-	-	+	-	+	+	-	-	-	+	-	+	-	+	+	-	-	-	-	+	+	-	-	+	-	-	+	-	3	9	0
Dendryph.sal.	-	+	+	+	+	+	+	+	-	-	+	-	+	+	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	+	+	-	-	+	-	-	+	-	4	9	2
Culcitalna ach.	+	-	+	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3	0	1
Cirrenalia mac.	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	+	-	-	+	-	-	-	-	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	+	+	-	2	6	0
Monodictis pel.	+	+	-	+	+	-	-	-	-	+	+	-	-	-	-	-	+	-	+	+	-	-	-	-	+	+	-	-	-	-	-	-	-	4	6	0
ACOMYCETES																																				
Coroll.marit.	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	-	+	+	+	+	+	-	+	+	+	+	+	+	11	11	9
Halosp.madios.	+	+	+	+	+	-	+	+	-	+	+	+	-	+	-	+	+	+	+	+	+	-	+	-	-	+	-	+	+	+	+	+	+	8	11	6
Remisp.hamata	+	+	-	+	+	-	+	-	-	+	-	-	-	-	-	+	+	-	-	+	-	+	+	-	-	+	-	-	-	-	+	+	-	7	7	0
Halosp.tubul.	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	+	-	-	+	-	+	+	-	-	-	-	-	+	-	-	+	-	-	-	-	+	+	-	2	7	0
Ceriosp.hal.	-	+	+	-	+	-	+	+	+	-	+	-	-	+	+	-	+	-	+	+	-	-	+	-	+	+	-	+	+	+	-	+	-	4	11	4
Lept.orae mar.	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	+	+	-	+	+	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	+	-	0	6	2
Coroll.trif.	-	+	-	-	-	-	-	+	-	+	+	-	+	+	-	+	+	-	-	+	-	+	+	-	-	-	-	-	+	-	-	+	-	4	9	0
Lulwor.kniepii	-	+	+	-	+	+	-	-	+	-	+	+	-	+	+	-	+	-	-	+	-	-	+	+	-	+	-	-	+	+	-	+	-	0	10	6
Lulworthia sp.	-	+	+	-	-	+	-	+	-	-	+	+	-	+	+	-	+	-	-	+	+	-	+	+	-	-	+	-	+	-	-	+	+	0	9	7
Remisp.marit.	-	-	-	-	+	-	+	+	-	+	-	-	-	-	-	-	+	-	+	+	-	-	+	-	-	-	-	+	+	-	-	+	-	4	7	0
Halosp.append.	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	+	+	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	+	+	-	+	-	-	+	-	-	+	+	0	7	3

SULLA PRESENZA DEI FUNGHI LIGNICOLI NEL LAGO SALMASTRO DI FARO

GRASSO S.*, LO PARO G.*, CUOMO V.**

Istituto di Idrobiologia - Università di Messina ** Ciba Geigy - Torre Annunziata

SUMMARY

Preliminary results of researches carried out on the fungal flora of the Faro brackish lake (Messina) are reported. The investigation, lasting 12 months, has allowed the isolation of 20 fungal strains by water samples filtration and by the "baiting technique". With the first method imperfect fungi of terrestrial origin were essentially isolated, while with the second method mainly ascomycetes of marine source were isolated.

RIASSUNTO

i primi risultati di ricerche sulla flora fungina dello di Faro (Messina). L'indagine che ha avuto la durata di l'isolamento di 20 ceppi fungi ni, mediante la d'acqua e mediante la "baiting technique". Con il primo metodo sono stati in prevalenza isolati fungi imperfecti di provenienza terrestre, con la seconda metodologia principalmente Ascomiceti di origine marina.

Vengono riferiti stagno salmastro 12 mesi, ha consentito filtrazione di campioni

INTRODUZIONE

Nell'ambito di un programma di ricerche condotto da qualche anno dall'Istituto di Idrobiologia in collaborazione con la Ciba-Geigy (Torre Annunziata - Napoli), sull'isolamento di funghi marini, si è creduto opportuno, come già riferito (Genovese, Grasso e Cuomo, 1979) estendere l'indagine ad un ambiente di particolare interesse quale il lago salmastro di Faro. La sua peculiare morfologia determina infatti l'instaurarsi di un regime tipicamente meromittico con localizzazione di microambienti a caratteristiche nettamente differenziate. Negli anni passati (Genovese e Bruni, 1975; Bruni et al., 1976) sono state in esso ampiamente studiate le interazioni ecologiche soprattutto in riferimento ai principali processi degradativi della sostanza organica operati dalla flora batterica.

Per quanto si riferisce agli insediamenti fungini, in prosecuzione alle indagini preliminari sui miceti presenti nel lago di Faro, (Bruni, Lo Curto e Grasso, 1978), si è voluto estendere lo studio, come detto, alla ricerca di funghi tipicamente marini. Vengono definiti sicuramente tali

da molti autori (Jones, 1976; Kohlmeyer e Kohlmeyer, 1964, 1968; Johnson e Sparrow, 1961) i funghi Tigniceli ed in base a questo, una metodica ampiamente adottata ("baiting technique") fa uso di legni immersi per la "cattura" dei miceti. Insieme a tale tecnica, al fine di ottenere una più completa visione delle variabili ecologiche, si sono condotti nel lago di Faro periodici controlli sulla qualità delle acque, sulle popolazioni batteriche legate alla degradazione dell'amido e della cellulosa e sulla presenza di flora fungina nelle acque. Nella presente nota vengono più direttamente riferiti i risultati relativi all'isolamento di funghi mediante la "baiting technique".

MATERIALI E METODI

L'indagine in esame è stata condotta per un periodo di 12 mesi dal 6/8/78 al 4/8/79, fissando 4 stazioni di cui una (A) in corrispondenza del punto di massima profondità (28 m) e le altre (B,C,D) più vicine al la riva (Fig.l). Per l'isolamento dei miceti sono state utilizzate due diverse metodiche: la semina dei campioni d'acqua e l'impiego di esche di legno ("baiting technique" secondo Jones 1968, 1971a, 1976).

La prima metodologia implica la filtrazione dell'acqua in esame e la successiva semina del campione concentrato in terreni agarizzati (Fazzani et al., 1971). La seconda tecnica consiste nell'immergere blocchi di legno (test blocks) a varie profondità lungo la colonna d'acqua, nella incubazione delle esche raccolte e private del fouling insediatosi e nella osservazione diretta ed identificazione dei miceti. Ad integrazione di questo metodo veniva inoltre effettuata in laboratorio la semina in piastra dei periteci già tipizzati, con lo scopo di ottenere lo sviluppo della forma vegetativa a partire da quella sporigena. In seguito venivano impiegate porzioni di micelio per infettare bacchette di balsa sterili, lasciate poi ad incubare in camera umida per verificare sviluppo del peritecio precedentemente identificato.

Per ogni stazione sono state immerse contemporaneamente sei esche. Ognuna risultava costituita da "test blocks" fissati a varie distanze lungo un cavo di nylon sospeso ad un galleggiante ed ancorato al fondo. Ciascun test block comprendeva tre pannelli di legno, rispettivamente di pino (Pinus sylvestris), pioppo (Populus sp.) e faggio (Fagus sylvestris). Con tale procedura si tendeva ad evidenziare l'attacco preferenziale delle specie fungine verso uno specifico tessuto legnoso.

Le operazioni di raccolta, effettuate ogni due mesi, consistevano nel prelievo di un'esca per stazione e di campioni d'acqua per le analisi microbiologiche e fisico-chimiche alle quote corrispondenti ai singoli "test blocks". Per il trattamento dei campioni e per le metodiche analitiche adottate si rimanda a precedenti lavori effettuati dall'Istituto di Idrobiologia (Genovese e Magazzù, 1979; Genovese e Bruni, 1975; Bruni, Pulicanò e Arco, 1978).

RISULTATI

Nella Tab.l vengono riportati i risultati degli isolamenti effettuati dai campioni d'acqua, in cui sono stati trovati principalmente "Fungi imperfetti" (Barnet e Hunter, 1972) in massima parte di provenienza terrestre. La Tab.2 mostra invece i rilevamenti di specie tipicamente marine (Kohlemyer e Kohlmeyer, 1964-1968) insediate nel substrato legnoso, con riferimento alle quote di prelievo ed al periodo stagionale. L'ordine nella esposizione dei risultati segue la successione Pino, Pioppo e Faggio, anche se i pochi dati disponibili non consentono di assegnare alle singole specie una affinità verso un particolare substrato legnoso.

Comunque, mentre per la Corollospora, l'Haliqena e la Papulaspora non ci sono state nette differenze di insediamento, la Lulworthia è stata trovata più frequentemente sul pioppo e sul faggio, e la Remispora più sul pino.

Nel corso dell'intera indagine risultano più frequenti i rilevamenti di Remi spora, Lulworthia, Papulaspora e Corollospora, rari quelli di Haligena, Plricaudia, Torpedospora, mentre si è registrato un unico reperto di Cirrenalia a 0,5 m nella stazione D in dicembre.

In generale l'osservazione dei miceti indipendentemente dalla durata di immersione delle esche e del periodo stagionale, ha rivelato dopo incubazione una dominanza monospecifica sul singolo "test block". In alcuni casi si è notata la totale assenza di forme fungine sul substrato legnoso.

Come prima accennato, parallelamente alla ricerca di flora fungina sui campioni d'acqua, sono state effettuate analisi fisico-chimi che tendenti a tipizzare la qualità dell'ambiente.

I valori della temperatura, della clorinità, dell'ossigeno disciolto sono esposti nella Tab.3 da cui si può rilevare che indipendentemente dalle normali variazioni stagionali gli scarti termici tra la superficie ed il fondo variano da pochi gradi nel periodo invernale a circa 8-9°C nel periodo estivo. Il valore minimo è stato registrato alla stazione C a 12 m in febbraio con 11,7°C ed il valore massimo alla stazione B a 0,5 m in agosto con 28,4°C.

Le variazioni della clorinità sono principalmente determinate dalla piovosità che negli strati superficiali crea marcate diluizioni con valori minimi di 17,08 Cl‰ e di 17,28 Cl‰ alla stazione B, rispettivamente a 0,5 e 3m in aprile. I valori più alti sono stati 21,25 Cl‰ e 21,13 Cl‰ alla medesima quota di 6 m nelle stazioni C e D in ottobre. Per quanto riguarda infine la determinazione dell'ossigeno disciolto, ampie escursioni si osservano in funzione dei periodi stagionali e della quota di prelievo. Infatti oltre alla totale assenza di ossigeno in alcuni campioni, valori minimi sono stati quelli di 0,71 ml/l (stazione C 12 m in agosto) e 1,01 ml/l a 9 e 12 m nella stazione A, rispettivamente in aprile ed agosto.

Un tipico fenomeno eutrofico è stato inoltre rivelato in giugno alla quota di 6 m con valori abnormi di 9,65 ml/l (Staz.B), 12,08 ml/l (Staz.C) e 10,7 ml/l (Staz.D), ed in generale con elevata quantità anche negli strati superiori.

CONSIDERAZIONI E CONCLUSIONI

II lavoro svolto in base a quanto qui riferito, evidenzia la validità del metodo adottato per l'insediamento dei miceti marini.

Purtroppo il mancato prelievo, causato da inconvenienti tecnici, delle esche immerse nello strato riducente non ha consentito di verificare la presenza di forme fungine in zone con elevate concentrazioni di idrogeno solforato. La durata di immersione ha inoltre giocato un ruolo importante nella colonizzazione del substrato e la presenza di un fouling vegetale e animale molto ricco nelle esche di superficie (0-6 m), ha in parte influenzato l'insediamento fungino.

Più appropriate indagini devono pertanto essere condotte al fine di ottenere una visione meno frammentaria delle interazioni specifiche (dinamica, competizione, successioni delle popolazioni fungine e batteriche) e delle condizioni di adattamento alle caratteristiche fisico-chimiche, specie in ambienti di per sé stessi estremamente selettivi.

BIBLIOGRAFIA

BARNETT H.L. e HUNTER B.B., 1972 - Illustrated genera of imperfect Fungi, pp. 1-241, Burgess Publishing Company, Minneapolis.

BRUNI V., COSTANZO G. , DE DOMENICO E., DE DOMENICO M., FARANDA F. , GANGEMI G., GIUFFRE1 G. , GUGLIELMO L., MANGANARO A., 1976 -- Ricognizione ambientale nel lago salmastro di Faro (Messina). Atti Soc. Peloritana, 22, 1-115.

BRUNI V., LO CURTO R.B., GRASSO S., 1978 - Indagini preliminari sui miceti del lago di Faro. Nuovi Ann. Ig. Microbiol., 29(4), 287-292.

BRUNI V., PULICANO1 G. e ARCO A., 1978 - Ulteriori ricerche sui batteri del ciclo dello zolfo nei lago di Faro. Atti Soc. Peloritana, 24, 281-298.

FAZZANI K. , FORTADO S.E.J., EATON B.A. e JONES E.B.G., 1971 - Biodeterioration of timber in acquatic enviroments. Mycologia, 63, 39-58.

GENOVESE S. e BRUNI V., 1975 - Attività microbica mineralizzante nel lago di Faro. Boll. Pesca Piscic. Idrobiol., 30, 39-56.

GENOVESE S., GRASSO S. , CUOMO V. e VANZANELLA F. , 1979 - Prime ricerche sulla distribuzione di funghi in alcuni mari italiani. Atti III Congresso Ass.Ital.Ocenaol.Limnol, Sorrento, Dicembre, 1978.

GENOVESE S. e MAGAZZU1 G. , 1969 - Manuale d'analisi per le acque salmastre. Edit.Univ.,Messina, pp. 1-135.

KOHLMEYER J. e KOHLMEYER E., 1964-1968 - Icones fungorum maris. J.Cramer Weinheim (Germany).

JONES E.B.C., 1976 - Recent advances in aquatic mycology. Chap. I Ed.Jones E.B.C., Elek. Science, London.

JOHNSON T.W. e SPARROW F.K., 1961 - Fungi in Oceans and Estuaries. J.Cramer Weinheim (Germany).

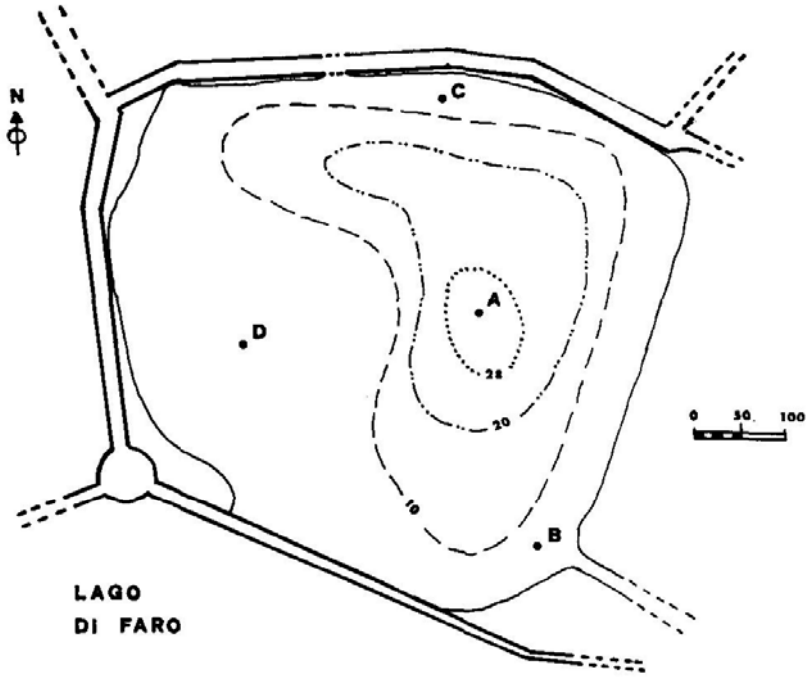


FIGURA 1

Stazioni in cui sono stati effettuati i prelevamenti

TABELLA 1

ASPERGILLUS	PENICILLIUM
ALTERNARIA	FUSARIUM
TRICHODERMA	VERTICILLIUM
HUMICOLA	STACHYBOTRYS
PHOMA	GLIOCLADIUM
CEPHALOSPORIUM	PHIALOPHORA

Generi di fungi imperfecti (Barnett, 1972)
isolati dai campioni di acqua del lago di Faro.

TABELLA 2

Specie fungine isolate dai "test blocks".

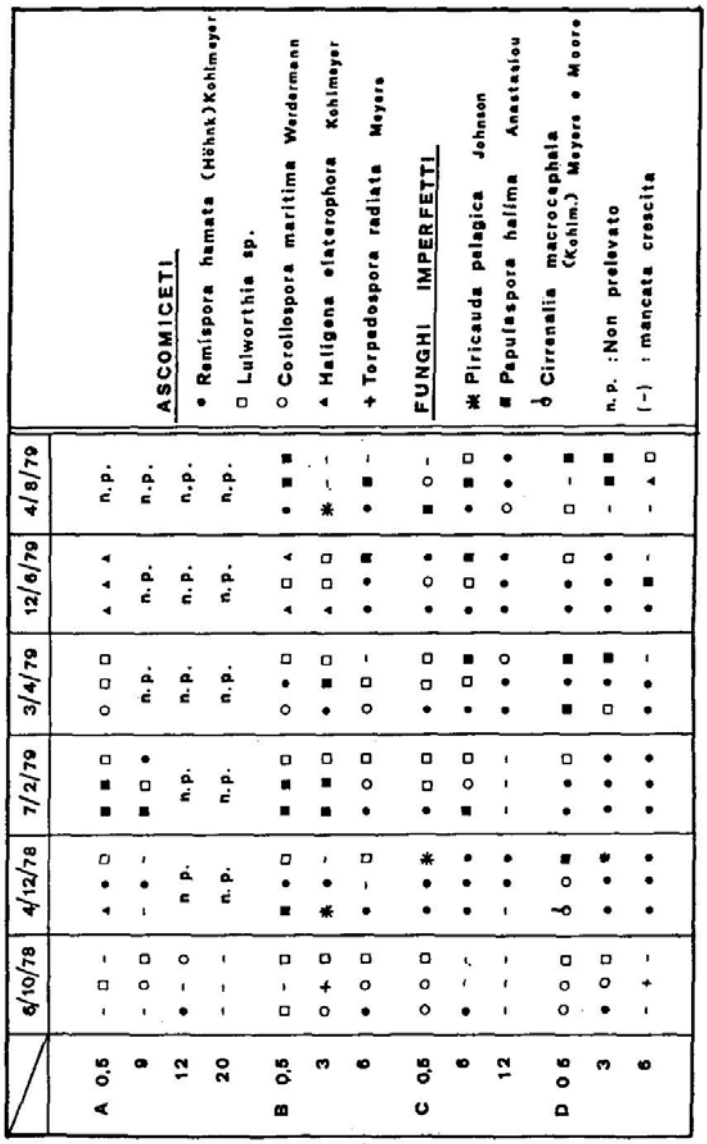


TABELLA 3

Risultati analisi fisico-chimiche

Stas.	6 / 10 / 78			4 / 12/78			7 / 2/79			3 / 4/79			12 / 6 /79			4 / 3 /7[illegible]		
	T°C	Cl ‰	O_2 ml/l	T°C	Cl ‰	O_2 ml/l	T°C	Cl ‰	O_2 ml/l	T°C	Cl ‰	O_2 ml/l	T°C	Cl ‰	O_2 ml/l	T°C	Cl ‰	O_2 ml/l
A / 0,5	21,3	20,99	5,03	13,6	20,64	5,61	12,9	18,44	7,17	14,3	17,40	5,81	26,4	17,69	8,22	27,6	20,33	6,42
9	21,7	20,34	1,26	15,9	20,89	3,12	11,6	19,19	4,78	12,2	19,19	2,51	17,4	19,92	7,73	23,0	19,87	1,01
12	20,8	20,23	0,0	/	/	2,25	10,9	19,21	3,93	12,0	19,28	1,07	14,7	18,98	0,0	17,4	19,76	0,0
20	16,5	19,89	0,0	/	/	/	12,4	/	0,0	13,0	/	0,0	14,9	19,71	0,0	15,3	19,76	0,0
B / 0,5	21,7	20,40	2,68	14,3	20,13	5,66	13,3	18,24	7,52	14,0	17,08	5,97	27,0	17,63	8,05	28,4	20,14	6,30
3	21,6	20,40	2,95	/	/	5,07	13,1	18,53	6,04	14,1	17,29	5,42	26,6	17,85	7,64	27,8	20,25	4,54
6	/	/	/	14,3	20,93	4,38	12,4	18,82	5,41	14,2	17,39	5,67	23,2	18,41	(9,65)	26,4	20,25	2,75
C / 0,5	21,4	20,45	2,76	13,1	19,95	5,65	13,2	18,49	7,36	14,5	17,45	6,03	26,3	17,75	7,51	27,3	20,25	4,07
6	/	21,25	1,26	13,4	19,95	4,23	12,6	18,95	5,74	14,9	18,02	4,88	21,5	18,75	12,08	26,0	20,42	3,13
12	21,3	/	0,0	16,1	20,78	2,29	11,7	19,22	3,11	12,1	19,22	3,11	18,0	19,09	5,44	22,9	19,87	0,71
D / 0,5	21,3	20,40	3,35	13,4	20,18	5,64	13,3	17,94	6,67	14,6	17,50	6,09	26,9	17,75	7,50	27,8	20,36	6,54
3	21,3	20,40	3,06	13,4	19,95	5,59	12,8	18,36	6,84	14,6	17,53	6,06	26,1	17,80	7,43	27,3	20,36	5,32
6	21,3	21,13	2,25	13,8	20,18	3,71	11,9	18,91	5,82	14,9	18,31	2,25	21,7	18,64	10,70	26,6	20,42	3,06

CONTRIBUTI AGLI STUDI DELLA PIATTAFORMA CONTINENTALE DEL MAR LIGURE ED ALTO TIRRENO.III.ANALISI FAUNISTICO-BIONOMICA DEL MACROBENTHOS IN QUATTRO ZONE CAMPIONE

G.ALBERTELLI e M.CATTANEO

Cattedra di Idrobiologia, Università di Genova Via Balbi, 5 – GENOVA

SUMMARY

The Authors present the results of a faunistic-bionomic research on macrobenthonic populations samples in four pilot areas of the Ligurian Sea. Sampling was carried out during December 1976 on 16 stations, at approximate depths of 50, 80, 120 and 200 m, located on four transects (Diano Marina, Savona» Chiavari and Corniglia). A great uniformity of the populations on the bottoms under the border of the Continental shelf was noted. These populations, referred to the bathyal mud biocoenosis (VP), appeared to show traces of biocoenoses located on the continental shelf. The shelf-edge detritic biocoenosis (DL) - the predominant one between 80 and 250 m depth along mediterranean french coast - has not been found in the pilot areas. The bottoms of the continental shelf resulted characterized mainly by the terrigenous mud (VTC) and coastal detritic (DC) biocoenoses. The second one, which was never found "pure", presented organisms belonging to the VTC and coarse sands and fine gravel under bottom currents (SGCF) biocoenoses.

INTRODUZIONE

II macrobenthos della platea continentale ligure sino ad oggi è stato oggetto di ricerche a carattere faunistico-bionomico condotto su aree 1 imitate a mezzo di benne (Albertel1 i e Cattaneo, 1977 ; Drago e Albertelli, 1976(78)) o mediante reti a strascico (Relini, 1962). Al fine di delineare il popolamento macrobentonico dei fondi dell'intera platea sono stati effettuati un campionamento intensivo da Ventimiglia a La Spezia (Cattaneo e Piccazzo, 1977) di cui si hanno i primi risultati (Cattaneo, 1980; Albertelìi et al., 1980) ed altri, programmati per lo studio della produzione, della bionomia e della faunistica, condotti su zone campione, (Albertelli et al., 1978; 1980a; 1980b). In questo lavoro si presentano i risultati relativi ad un'indagine preliminare di tipo faunistico-bionomico effettuata su quattro di tali zone.

METODICHE

II campionamento è stato effettuato nel corso del la campagna ocenanografica condotta nel dicembre 1976 con la N/0" L.F.Marsili" su quattro

trasversali poste i n corrispondenza di Di ano Marina (trasversale A), Savona (Trasversale B), Chiavari (Trasversale C) e Corniglia (Trasversale 0). Su ogni trasversale i saggi interessano quattro stazioni localizzate in modo da rappresentare i livelli batimetrici di 30-5Qm, 50-80m, 90-130m e 170-220m (Fig.l). Su ogni stazione si è provveduto al prelievo di 50 1 di sedimento (Picard, 1965) tramite l'impiego di una benna di tipo van Veen. Il sedimento raccolto è stato fatto passare su setacci di 1,8 min di maglia onde provvedere alia raccolta degli organismi macrobentonici ; la frazione di sedimento trattenuta dai setaccio è stata conservata ed ulteriormente esaminata in laboratorio.

Lo studio bionomico dei popolamenti è stato eseguito secondo le indicazioni della scuola francese (Pérés et Picard, 1964; Picard, 1965; Picard, 1971); l'affinità delle stazioni tra di loro nonché l'indice di diversità sono stati calcolati secondo quanto indicato da Guille (1970).

RISULTATI

Analisi faunistica

Lo studio qualitativo e quantitativo dei popolamenti, che ha permesso il riconoscimento di 256 specie (°), ha messo in evidenza una netta predominanza del gruppo dei Policheti sia come numero di individui che come numero di specie in tutte le stazioni tranne che nel la stazione 7 dove gli Echinodermi rappresentano il 50% dell'intero popolamento (Tab.l). Tra gli altri gruppi i Molluschi sono i più rappresentati sui fondali tra i 30 ed i 100 m, gli Echinodermi predominano nelle stazioni ubicate a profondità maggiori di 100 m mentre i Crostacei presentano massimi di frequenza su singole stazioni a tutte le profondità saggiate.

In generale si registra una netta diminuzione del numero di specie e di organismi tra la prima e la seconda stazione di ogni trasversale; oltre i 70 m i valori tendono a rimanere costanti o a registrare un leggero aumento, tranne che nella trasversale A dove tali valori decrescono gradualmente con la profondità fino ai 100 m. Le quattro stazioni ubicate alle massime profondità esaminate presentano limitate variazioni nel numero di specie e di organismi.

Analisi bionomica

L'esame bionomico condotto sulle stazioni ha permesso di rilevare che i popolamenti sono riferibili soprattutto a tre stocks biocenotici: Fango Terrigeno Costiero (VTC), Detritico Costiero (DC) e Fango Profondo (VP). Nella maggiore parte delle stazioni non si è ritrovata una biocenosi del tutto conforme per composizione specifica, abbondanza e dominanza a quelle codificate dalla scuola francese (Pérés et Picard, 1964; Picard, 1965), ma si è riscontrata la contemporanea presenza di elementi tipici di diverse biocenosi.

(°) La lista degli organismi è disponibile a richiesta.

Per la descrizione bionomica si è preferito raggruppare tra loro le stazioni con un alto indice di affinità mediante la costruzione di un diagramma "treillis". Nel diagramma (Tab.2) si possono distinguere tre gruppi di stazioni: il primo comprende, con affinità fino al 46%, le stazioni del livello più profondo (4,8,12,16) nonché le stazioni 7 ed 11 situate al limite di rottura di pendenza della platea continentale; un secondo gruppo, con valori tra il 18 ed il 40%, include le stazioni 9, 10,14,15, ubicate a diverse profondità sulla piattaforma in corrispondenza delle trasversali di Chiavari e Corniglia, mentre il terzo, con affinità massima del 25%, è formato dalle stazioni 1, 2 e 3; rappresentative dei primi tre livelli della trasversale di Diano Marina. Non si registrano affinità superiori al 20% per le stazioni 6 e 13 mentre la e stazioni la stazione 5 presenta valori di affinità superiori al 20% con 1 e 9.

II primo gruppo di stazioni presenta un popolamento caratterizzato da Amphiura filiformis, Maldane glebifex, Notomastus latericeus, Prionospio ehlersi, Abra longicallus, Amphilepis norvegica, Apseudes echinatus, Eriopisa elongata, Ophiocten abyssicolum e Thyasira granulosa. In base al significato bionomico attribuito agli organismi questo gruppo di stazioni si avvicina maggiormente alla biocenosi del Fango Profondo. Infatti (Tab. 3A) la componente di organismi esclusivi di tale biocenosi è presente in tutte le stazioni del gruppo con valori compresi tra il 2 ed il 13%, mentre gli organismi esclusivi del Fango Terrigeno Costiero e del Detritico del Largo si ritrovano solo in alcune stazioni e con valori minori. La percentuale degli organismi legati alla presenza di un substrato fangoso (VP+VTC+Vas.) varia da un minimo del 37% ad massimo del 56%. La frazione rimanente è costituita quasi esclusivamente da specie a larga ripartizione ecologica (Lre) o prive di significato ecologico preciso (Sepr).

Leggermente differente è la situazione della stazione 4; tale stazione infatti risente della prossimità di biocenosi tipiche dei fondali detritici localizzate al di sopra della scarpata continentale, presentando il 14% di organismi legati al substrato sabbioso.

Le stazioni del secondo gruppo sono caratterizzate dalla presenza di Goneplax rhomboides, Nephthys hystricis, Sternaspis scutata, Turritella communis, Chaetozone setosa e Glycera rouxii. In questo gruppo è evidente l'affinità con la biocenosi VTC; tale biocenosi si presenta pressoché "pura" nelle stazioni 10 e 14 dove gli organismi caratteristici esclusivi superano il 46% (Tab.3B).

Le stazioni 9 e 15 sembrano segnare i limiti batimetrici superiore ed inferiore della biocenosi VTC che è rappresentata rispettivamente dal 10 e 21% degli organismi mentre la percentuale maggiore è data dalle speci legate al substrato fangoso in generale, (49-52%); nella stazione 9 è inoltre presente una componente di organismi "sabulicoli" (Tab.3B).

Il popolamento del terzo gruppo di stazioni è caratterizzato dalla presenza di Ampelisca multispinosa, Anapagurus breviaculeatus, Hyalinoecia bilineata, Owenia fusiformis e di Attiniari. In generale la popolazione è composta da specie che richiedono una frazione grossolana di sedimento, ovvero preferenziali delle biocenosi DC, SGCF e SFBC (Tab.3

C). A tale popolamento si aggiunge la componente tipica dei fondi fangosi più evidente nella stazione 1 che presenta quindi notevole affinità anche con la stazione 4 di Fango Profondo.

Un grado di affinità del 20% con la stazione 1 è presentato anche dalla stazione 5 ubicata alla stessa profondità sulla trasversale di Savona. Su tale stazione il popolamento è costituito essenzialmente da Ditrupa arietina, Lumbrineris latreilli, L. emandibulata mabiti, Aspidosiphon mulieri e Myrthea spinifera; gli esemplari di specie che richiedono un substrato fangoso rappresentano il 20% della popolazione mentre quelli caratteristici dei fondi detritici sono il 22% (Tab.3 D). II popolamento della stazione 5 può quindi essere attribuito ad una biocenosi detritica sottoposta ad un arricchimento in frazione fine. Significativa a questo riguardo è la contemporanea presenza di Ditrupa arietina (45 esemplari 750 1) e di Aspidosiphon mulleri (22 esemplari/50 1) insediati nei tubi vuoti di Ditrupa. Infatti il rapporto tra queste due specie varia in funzione del diverso grado di infangamento del fondale (Solis, 1975), nel senso che aumentando la frazione fine diminuiscono i Ditrupa vivi ed aumentano gli Aspidosphon che occupano i tubi vuoti. Oltre un certo grado di infangamento, tuttavia, anche gli Aspidosiphon scompaiono. Nel caso della stazione 5 il gran numero di tubi vuoti di Ditrupa (150 ca) fa supporre un grado di infangamento piuttosto avanzato, confermato anche dalla notevole affinità (34%) di tale stazione con la stazione 9 di Fango Terrigeno Costiero. Inoltre la presenza di Myrthea spinifera e Nematonereis unicornis sottolineerebbe un fenomeno di arricchimento in sostanza organica (Solis, 1975).

Una situazione di infangamento ancora più spinta si rileva nella stazione 6 dove gli organismi "sabulicoli" o caratteristici di biocenosi detritiche scendono all'8% (Tab.3 E).

Del tutto particolare risulta il substrato della stazione 13 costituito da un sedimento fangoso ricoperto da uno strato di ghiaia spesso alcuni centimetri. Il popolamento presenta quindi elementi caratteristici di diverse biocenosi tra cui predominano quelli tipici delle biocenosi OC ed SGCF (Tab.3 F). Gli organismi più numerosi sono: Tellina donacina, Polydora flavia, Notomastus latericeus, Pista cristata e Calyptraea chinensis. Particolarmente significativa è la presenza di Branchiostoma lanceolatum, già riscontrata nel corso di un precedente campionamento (Albertelli e Cattaneo, 1977) nonché il ritrovamento di un esemplare di Amphiura securigera (Dub.Kor.), specie segnalata solo due volte in Mediterraneo su fondali simili in Spagna (Guille, 1972) ed in Jugoslavia (Zavodnik, 1972).

Indice di diversità.

Il calcolo dell'indice di diversità, espressione della ricchezza faunistica, ha permesso di rilevare come, in accordo con quanto affermato da Guille (1970), valori bassi dell'indice di diversità possono essere messi in relazione con una certa omogeneità del popolamento. Tale omogeneità si rileva soprattutto nelle stazioni di Fango Terrigeno Costiero e di Fango Profondo (Tab,4). Fa eccezione, con un valore alto (47), la stazione 15 che rappresenta una biocenosi di VTC localizzata a

notevole profondità: la batimetria, in questa stazione, sembra avere un effetto limitante più sul numero di organismi (la stazione è quella quantitativamente più povera) che sul numero di specie, paragonabile a quello delle altre stazioni VTC.

Valori alti dell'indice di diversità si riscontrano nelle stazioni 6 e 13 caratterizzate dalla contemporanea presenza di diversi stocks biocenotici e, in misura minore, nelle stazioni detritiche che risentono di un certo grado di infangamento.

Particolare è la situazione della stazione 5 che, pur risultando alquanto eterogenea come composizione bionomica, ha un indice di diversità piuttosto basso (22): tale fatto potrebbe collegarsi con l'instabilità del biotopo sottoposto ad apporti alloctoni di varia natura (scorie, bitumi, apporti terrigeni etc.) legati alle attività delle limitrofe aree portuali.

CONCLUSIONI

L'esame dei campioni raccolti sulle quattro trasversali ha permesso di rilevare una notevole uniformità dei popolamenti bentonici dei fondali al di sotto del ciglio della platea continentale fino alla massima profondità saggiata (226 m). Tali popolamenti sembrano risentire solo marginalmente delle biocenosi situate sulla vicina platea continentale e si possono attribuire soprattutto alla biocenosi del Fango Profondo. Risulta praticamente assente, nelle zone esaminate la biocenosi del Detritico del Largo che, lungo le coste francesi del Mediterraneo, è quella predominante tra le isobate di 80 e 250 m (Pérés e Picard, 1964; Picard, 1965; 1971).

I fondali della piattaforma continentale sono invece caratterizzati principalmente dalla presenza di due biocenosi: quella del Fango Terrigeno Costiero, che è rappresentata in tutte le stazioni e quella del Detritico Costiero. Quest'ultima non si trova mai "pura" ma presenta elementi esclusivi della biocenosi del VTC o della biocenosi SGCF.

RINGRAZIAMENTI.

Gli A.A. sono particolarmente grati al Sig. N.Drago per l'aiuto prestato nella determinazione sistematica ed al Prof. N.Della Croce per la lettura critica del manoscritto.

Contratto di Ricerca C.N.R. n.22/75.00550.04/115.0907

BIBLIOGRAFIA

ALBERTELLI G. e CATTANEO M., 1977 - Contributi allo studio della piattaforma continentale del Mar Ligure e Alto Tirreno. I. Ritrovamento di Branchiostoma lanceolatum (Pallas). Rapp.Comm.int.Mer Médit. 24(5): 65-66.

ALBERTELLI G. , CATTANEO M. , DELLA CROCE N. e DRAGO N; 1978 - Benthos della piattaforma continentale ligure (Chiavari): ottobre 1977- ottobre 1978. Catt.Idrob.Pescic.Rapp.Tec. 7, 1-15 1980a Benthos della piattaforma continentale ligure (Chiavari): novembre 1978-gennaio 1980. Ibid. 10:1-14

ALBERTELLI G. , CATTANEO M. e DRAGO N. , 1980b - Indagine qualitativa e quantitativa su due biocenosi della platea continentale ligure. Atti III Congr. A.I.O.L., Sorrento 18-20 dicembre 1978: 231-238. 1980c Macrobenthos du plateau Continental ligure et de l'Archipel toscan: apersus zoogéographiques. Rapp.Comm.int.Mer Médit., 26. In stampa.

CATTANEO M., 1980 - Contribution a 1'étude du plateau Continental de la Mer Ligure et Haute Tyrrhénienne.II.Echinodermata. Cah.Biol.Mar., 21(4). In stampa.

CATTANEO M. e PICCAZZO M., 1977 - Elenco delle stazioni di prelievo di sedimento superficiale della platea continentale del Mar Ligure ed Alto Tirreno: 1972-1976. Inst.Idrogr.Marina, 1.1.3056 GRO-G 5: 1-16.

DRAGO N. et ALBERTELLI G., 1976 (78) - Etude faunistique et bionomique du littoral de Cogoleto (Golfe de Génes). Téthys, 8(2): 203-212.

GUILLE A., 1970 - Bionomie benthique du plateau Continental de la côte catalane francaise.II. Les communautés de la macrofaune. Vie Milieu, 21(1B): 149-280.

- 1972 - Ophiures nouvelles ou inconnues de Mediterranee: Amphiura cherbonnieri sp.nov. et Amphiura securigera (Duben et Koren). Bull.Mus.Nat.Hist.Nat.3°sér., 81 Zool. 60, 225-232.

PERES J.M. et PICARD J. , 1964 - Nouveau manuel de bionomie benthique de la Mer Mediterranee. Ree.Trav.Stn.mar.Endoume, 47(31): 1-122.

PICARD J. , 1965 - Recherches qualitatives sur les biocenoses marines des substrats meubles dragables de la région marseillaise. Rec.Trav.Stn. mar.Endoume, 36(52): 1-60.

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

RELINI G. , 1962 - Contributo allo studio della fauna bentonica del Golfo di Genova (Riviera di Ponente). Doriana, 3(117): 1-6.

SOLIS V. , 1975 - Etude des peuplements benthiques des fonds de décantation des parages de Marseille. Thése Doct.Spéc. Oceanogr. biol.Unlv. Aix-Marseille II: 1-107.

ZAVODNIK D., 1972 - Amphiuridae (Echinodermata, Ophiuroidea) of the Adriatic Sea. Zool.Jb.Syst.Bd., 99,: 610-625.

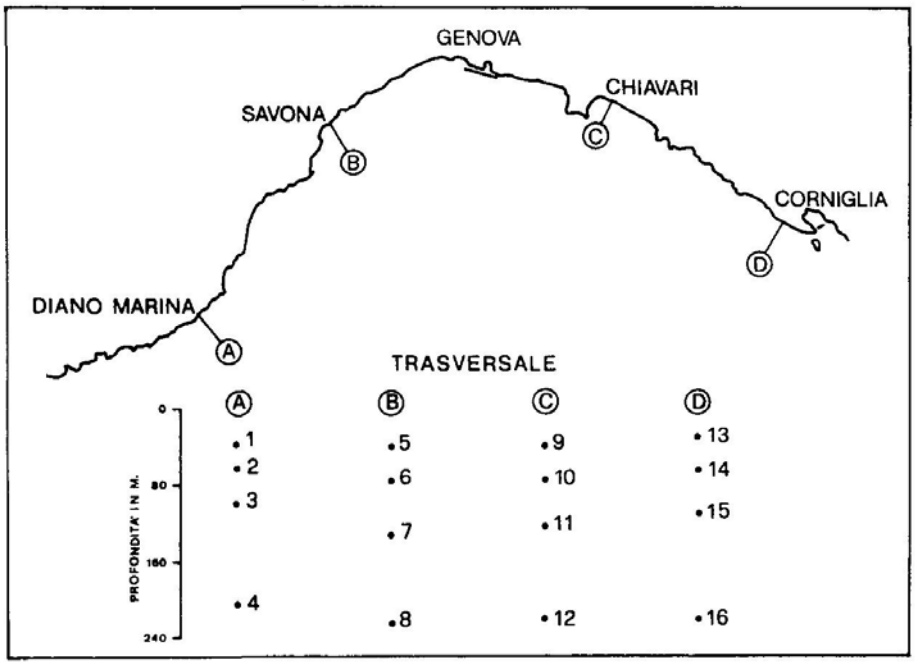


Fig. 1 Ubicazione delle trasversali e profondità delle stazioni di prelievo (1-16).

	STAZIONI															
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
P.	62	42	47	56	71	54	32	59	48	62	51	47	62	67	67	59
C.	17	17	16	14	6	28	10	16	13	8	10	32	6	8	27	0
M.	4	26	25	4	8	11	8	3	27	27	10	8	28	15	3	20
E.	2	5	8	24	6	4	50	19	9	0	23	12	2	5	3	20
A.O.	15	10	4	2	9	2	0	3	3	4	6	1	2	5	0	2

TABELLA 1

Composizione percentuale del popolamento suddiviso secondo i significati bionomici istituiti dalla scuola francese. A - F gruppi di stazioni risultanti dall'analisi dei valori di affinità.

TABELLA 2

Diagrammi "treillis" dei valori di affinità tra le 16 stazioni.

	8	12	16	4	11	7	6	15	14	10	9	5	13	1	2	3
8																
12	47															
16	36	40														
4	41	36	32													
11	27	26	30	30												
7	24	15	27	22	38											
6	11	14	15	10	13	11										
15	14	19	10	12	11	5	18									
14	11	8	5	9	3	7	9	25								
10	11	5	6	2	2	5	6	18	40							
9	7	9	4	9	3	8	7	19	27	35						
5	8	8	5	11	6	12	6	9	7	5	34					
13	8	8	5	4	7	6	10	8	5	1	10	7				
1	3	8	6	17	3	8	12	9	3	2	13	20	7			
2	1	7	0	6	3	5	6	6	0	2	5	13	10	25		
3	4	10	2	6	4	2	8	6	2	0	5	7	7	11	21	

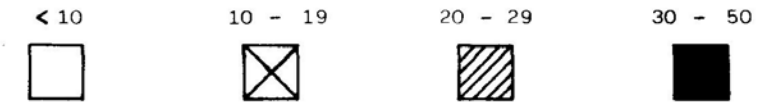


TABELLA 3

Composizione percentuale del popolamento suddiviso secondo i significati bionomici istituiti dalla scuola francese. A - F gruppi di stazioni risultanti dall'analisi dei valori di affinità.

		VP	VTC	DL	DE	DC	HP	SGCF	SFBC	Vas.	Grav.	Sab.	Mixt.	Minut.	Sspr	Lre
A	4	10.0	-	-	-	-	-	-	-	34.0	-	14.0	-	-	24.0	18.0
	8	12.5	10.9	-	-	-	-	-	-	31.2	-	-	-	-	17.2	28.1
	12	11.7	3.9	7.8	-	-	-	-	-	40.2	-	-	-	-	23.4	13.0
	16	2.2	2.2	-	-	-	-	-	-	50.0	-	-	-	-	23.9	21.7
	11	7.7	-	2.6	-	-	-	-	2.6	38.5	-	-	-	-	17.9	30.8
	7	6.5	-	3.2	-	-	-	-	-	30.6	-	-	-	-	17.7	41.9
B	9	-	9.9	-	-	-	-	-	-	49.5	-	5.0	3.0	-	13.9	18.8
	10	2.0	46.2	-	-	-	-	-	-	42.3	-	-	-	-	7.7	1.9
	14	-	46.2	-	-	-	-	-	-	25.0	-	-	-	-	17.9	7.7
	15	-	21.2	-	-	-	-	-	-	51.5	-	-	-	3.0	18.2	6.1
C	1	-	2.0	-	-	1.4	-	1.4	0.3	10.1	-	18.8	0.6	2.0	46.3	17.1
	2	-	1.4	2.1	-	4.2	-	2.8	-	12.5	3.5	7.6	17.4	-	47.9	7.6
	3	-	-	-	2.0	-	-	2.0	-	-	6.1	6.1	16.3	-	34.7	12.2
D	5	0.8	0.8	-	-	18.6	0.4	-	0.4	18.2	0.4	2.4	5.3	-	17.0	35.6
E	6	2.2	8.7	-	2.2	-	-	-	-	41.3	-	6.5	-	8.7	21.7	8.7
F	13	-	1.8	-	1.3	10.4	-	5.0	-	11.7	3.6	5.0	5.9	-	39.2	16.2

	STAZIONI															
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
NUMERO SPECIE	62	61	31	24	55	33	26	29	32	15	19	31	80	19	25	22
NUMERO ORGANISMI	356	144	49	50	247	46	62	64	101	52	39	77	222	39	33	46
INDICE DI DIVERSITA'	21.7	38.0	36.5	18.2	22.0	52.1	17.0	20.3	16.2	7.1	14.8	19.4	44.8	14.8	47.0	16.5

TABELLA 4

Numero di specie, numero di organismi ed indice di diversità rilevati nelle 16 stazioni

FOCE VERDE LATINA - CONFRONTO FRA DISTRIBUZIONE DI RADIO-NUCLIDI E CARATTERI SEDIMENTOLOGICI E MINERALOGICI DEI SEDIMENTI MARINI COSTIERI

B. ANSELMI, A. BRONDI, 0. FERRETTI, C. PAPUCCI

Laboratorio Geologia Ambientale, CNEN, Casacci a – Roma

SUMMARY

Results of sedimentological and radioactivity distribution studies carried out in the coastal marine environment facing "Foce Verde-Latina" are presented. The area was of particular interest because recipient of controlled releases of radionuclides from nuclear power plant. The relationship between the distribution of artificial radioactivity levels and local morphological and sedimentological characteristics was established. In particular, the distribution of fall-out-born ^{137}Cs was inversely related to the grain-size of sediments. If such a relationship was confirmed for other situations it could be argued that the ^{137}Cs distribution is related to the availability of a particular range of grain-size of sediments. A general trend was observed by which, at higher depths, small sedimentary particles and higher radioactivity levels of ^{137}Cs were present. Deviation from this expected behaviour were due to the presence of particular morphological characteristics or phanerograms neadows which enable the sedimentation processes of fine particles to take place.

PREMESSA

Nell'intento di fornire elementi di base per studi sistematici sul comportamento di contaminanti convenzionali e nucleari nell'ambiente marino costiero, si è proceduto ad una classificazione morfologica e sedimentologica delle coste italiane (Anselmi et al. 1979). Dagli studi eseguiti sul territorio nazionale sono stati riconosciuti sei tipi morfologici costieri fondamentali. Il comportamento prevedibile dei contaminanti dovrebbe essere diverso da tipo a tipo ed analogo per uno stesso tipo dei vari tratti costieri. Nel presente lavoro vengono presentati i risultati di uno studio condotto in una delle situazioni morofologiche tipo in un tratto costiero soggetto a rilasci controllati di radionuclidi.

II rilevamento della distribuzione dei radionuclidi e gli studi ambientali sono stati effettuati dal Laboratorio per lo studio della Contaminazione Marina del CNEN di Fiascherino (SP) (Bruschi et al. 1980).

L'inquadramento e gli studi morfologici e sedimentologici della stessa zona sono stati condotti presso il Laboratorio di Geologia Ambientale del CNEN. In questa sede si tenta di effettuare una prima sintesi dei risultati conseguiti.

DESCRIZIONE AMBIENTALE

La zona di Torre di Foce Verde, parte deltizia del Fosso di Mascarello, in provincia di Latina, rappresenta un tratto costiero italiano soggetto a rilasci controllati di radionuclidi. La parte continentale è costituita, a partire dal mare, da un'esile duna attuale, da un cordone di dune antiche, da una bassura retrodunare, estesa fino ad 1 Km dalla linea di costa e riempita da limi palustri, da una amplissima pianura dunare sviluppata fino a 9 Km all'interno. L'insieme giace su un plateau sepolto di ghiaie poligeniche e sabbie fluviali e litoranee. L'alimentazione detritica costiera risente in maniera importante degli apporti, per lo più dovuti al fiume Astura, di prodotti vulcanici quaternari contenenti anche minerali radioattivi. L'ambiente marino è costituito essenzialmente da : (Fig. 1)

a) una fascia sabbiosa litoranea, estesa da riva fino alla batimetrica dei 10 m circa;

b) una zona irregolare con impianti vegetali, inclusa fra le isobate dei 10 e 30 m;

c) una zona fangosa esterna, oltre i 30 m.

La zonalità di questi tre principali ambienti differenziati è alterata da un'estesa piattaforma rocciosa che si sostituisce in vario grado a quelle indicate.

La piattaforma rocciosa è formata da banchi conglomeratico-sabbiosi fortemente cementati e presentanti ampie cavità riempite da sedimenti locali provenienti sia dalla demolizione della piattaforma stessa e dall'accumulo di detriti organici, sia da sedimenti pelitici provenienti da zone esterne alla piattaforma. In corrispondenza delle cavità rocciose riempite di sedimenti si sviluppano impianti vegetali ed animali.

La composizione dei sedimenti della zona mostra una prevalenza di componenti sabbiose terrigene nella fascia strettamente litoranea. Nella zona occupata da importanti impianti vegetali, ai clasti organici di varia granulometria sono associati sedimenti da sottili e sottilissimi di provenienza terrigena. Nella zona esterna, la granulometria dei sedimenti è decisamente sottile e la composizione è soprattutto dovuta ad apporti terrigeni veicolati per sospensione.

CRITERI DI CAMPIONAMENTO

Dopo una analisi delle informazioni ambientali esistenti sul sito, si è

proceduto alla programmazione del piano di campionamento tenendo in considerazione alcuni criteri informatori di base:

a) l'associazione radionuclidi-particelle sottili (Duursma, 1979), che rende ragionevole supporre che il radionuclide segua il destino sedimentario delle particelle stesse;

b) la relazione inversa fra sedimentazione e idrodinamismo (deposito di materiali sottili su batimetrie più elevate);

c) la conoscenza delle morfologia e delle caratteristiche granulometriche dei sedimenti del fondo;

d) la presenza di praterie di fanerogame, che possono favorire il trattenimenti delle particelle sedimentarie (Pérès, 1978).

Seguendo i criteri-base di preclassificazione sedimentologica e ambientale è stato possibile evitare un campionamento di tipo geometrico, ricorrendo invece a prelievi che tenessero conto delle variazioni ambientali più significative.

La zona coperta dal presente studio si estende da Anzio al Circeo e dalla riva alla batimetrica dei 50 m (circa 250 Km^2, fig. 2). Attenzione particolare è stato rivolta agli ambienti a minore energia idrodinamica per i quali sono prevedibili i più rilevanti fenomeni di accumulo dei radionuclidi.

Allo scopo di minimizzare le perturbazioni agli strati superficiali, i sedimenti sono stati prelevati con :

a) carotatore indisturbante tipo Reineck modificato (superficie di raccolta 600 cm^2, costruito in acciaio inox AISI 317L);

b) benna rotante tipo Shipek (superficie di raccolta 400 cm^2).

Tenuto conto delle variazioni ambientali, per le analisi mineralogiche e granulometriche sono stati selezionati i seguenti campioni:

N. camp.	Batimetrie	Caratteristiche dei fondali
12	20-30 m	sabbia e fango con praterie di posidonie
13	40 m	sabbia detritica organogena
14	10-20 m	sabbia con affioramenti rocciosi
80	40-50 m	fanghi
81	40-50 m	fondali rocciosi
82	50 m	fanghi

Di tali campioni sono state prese in esame l'intera carota per il campione 82, la sola parte superficiale per tutti gli altri.

METODI DI ANALISI

Analisi granulometriche:

I campioni sono stati essiccati ed inquartati e quindi è stata prelevata una frazione di 50 grammi, che è stata sottoposta a ripetuti lavaggi in acqua distillata per eliminare i cloruri presenti. Dopo il lavaggio la frazione è stata agitata per due ora in soluzione alcalina, per facilitarne la dispersione, e quindi stacciata ad un umido con staccio di 0,063 mm. La frazione superiore a 0,063 mm è stata stacciata con stacci compresi fra 2 e 0,063 mm ad intervalli di 1/2 Ø; la frazione minore di 0,063 mm è stata analizzata con 1'idrofotometro.

Analisi mineralogiche:

I campioni sono stati essiccati ed inquartati e quindi è stata prelevata una frazione di 50 grammi; tale frazione è stata agitata in soluzione disperdente; successivamente la sospensione è stata fatta sedimentare in beker e, dopo quattro ore, ne sono stati prelevati i primi cinque centimetri superficiali, in modo da ottenere la frazione argillosa (< 2 μm). Tale frazione è stata analizzata mediante diffrattometria RX, sia in condizioni normali, sia previo riscaldamento a 550°C e glycolazione, per la determinazione dei minerali argillosi. Una seconda frazione è stata sottoposta a macinazione e analizzata mediante diffratometria RX per la determinazione dei componenti mineralogici principali (quarzo, feldspati e carbonati).

Spettrometria gamma: i campioni, conservati a -20°C, sono stati esposti a temperatura ambiente fino a completo scongelamento. I vari componenti del campione separati e pesati sono stati prima essiccati a 95°C per 24 ore, successivamente frantumati, polverizzati, omogeneizzati, compattati con sistemi vari a seconda della matrice e infine posti in contenitori cilindrici anulari con coperchio (Mari nel li) per la spettrometria diretta. Alcuni di essi, per controllo, sono stati posti in geometria sigillata.

Le geometrie usate sono:

a) scatola in polistirolo (per campioni di scarso volume);

b) Marinelli da 0.5 litri e 2 litri.

Le misure sono state effettuate con rivelatore a Ge (Li) collegato ad un sistema spettrometrico LABEN.

Le caratteristiche del rivelatore sono:

efficienza : 10%

risoluzione: 2.2 KeV

Gli spettri vengono effettuati su 2048 canali in un intervallo di energia compreso tra 75 e 1900 KeV. il tempo medio di misura per campione è stato fissato in 24 ore circa.

RISULTATI

Le figg. 3a e 3b riportano le curve cumulative relative ai campioni superficiali di ciascuna carota; nella fig. 3b sono messi a confronto le distribuzioni granulometriche del campione 82 a tra diversi livelli da O a 2 cm (SU), da 6 a 8 cm (D) e da 14 a 16 cm (H). Nella tabella 1 sono sintetizzati i risultati granulometrici. Nella fig. 4 sono rappresentati i risultati delle analisi granulometriche.

TABELLA 1

Parametri Granulometrici

n. Camp.	Md (°)	% sabbia (63 mm)	% Limo (da 63 mm a 0,004 mm)	% Argilla (< di 0.002 mm)
12	0,015	3,60	91	4,30
13	0,020	6,28	87,13	6,59
14	0,031	40,48	44,00	3,53
80	0,009	6,10	68,70	26,10
81	0,40	75,20	18,14	6,70
82 SU	0,022	40,16	50,00	9,90
82 D	0,012	18,16	61,76	19,10
82 H	0,012	16,06	69,10	40,80

(°) Md = dimensione media in Ø mm

Dall'osservazione della tabella 1 e dei grafici riportati nelle figg. 3a, 3b e 4 si nota che:

- i diversi livelli del campione 82 presentano un andamento granulometrico simile; il valore della Md è maggiore per il livello più

superficiale, che ha un contenuto in frazione sabbiosa molto più abbondante e una frazione argillosa molto meno consistente.

- Per gli altri campioni la Md presenta valori che diminuiscono con la distanza dalla costa.

- Il campione 12, prelevato in una zona particolarmente ricca di alghe, ha granulometria con dimensione media inferiore a quello dei campioni prelevati a batimetrie più elevate; il campione 81, prelevato a 50 metri su fondali rocciosi, presenta invece granulometria grossolana con abbondante frazione sabbiosa.

I risultati delle analisi mineralogiche sono illustrati nelle tabelle II e III e nelle figg. 5 e 6; la fig. 7 riporta i diffrattogrammi delle frazioni argillose più significative; per il campione 82 sono state esaminate le frazioni argillose di 6 livelli.

TABELLA II

Composizione Mineralogica del Campione Medio

n. camp.	Quarzo %	Feldspato K %	Feldspato Na %	Calcite %
12	30	P	4	12
13	25	P	7,5	11
14	18	1	7,5	11
80	15	P	2,5	8
81	15	-	2,5	7
82 SU	18	1	7,5	12
82 D	15	P	2,5	6
82 A	13	P	2,5	6

P = presenza

TABELLA III

Composizione Mineralogica della Frazione Argillosa

n. camp.	Smectite %	Interstratificati %	Clorite %	Illite %	Caolino %
12	35			30	35
13	25		15	30	30
14	25	10	10	25	30
80	35	15		25	25
81	20			40	40
82 SU	30	15		25	30
82 C	30	10		30	30
82 D	35	13		25	27
82 E	37	10		25	28
82 F	40	10		25	25
82 G	40	10		25	25
82 H	40	10		25	25

Dall'osservazione delle figg. 5, 6 e 7 delle tabelle II e III si nota che:

- le percentuali di quarzo e calcite sono più elevate nei campioni vicini alla costa rispetto a quelle dei campioni prelevati più a largo; valori di calcite poco più elevati si rinvengono nel campione 82 raccolto nella zona estrema meridionale,

- nella frazione argillosa il contenuto in smectite e interstratificati è più elevato nei campioni prelevati più a largo; nei campioni più sabbiosi si rinvengono quantità maggiori di caolino ed illite e inoltre è presente la clorite,

- nella carota 82 i tenori in quarzo, feldspato e calcite diminuiscono gradatamente dalla superficie verso il basso,

- nella carota 82 si nota un aumento della smectite dalla superficie verso il basso, cui fa riscontro una diminuzione dei componenti caolinitici, mentre l'illite e gli interstratificati si mantengono su valori costanti.

La fig. 8 riporta la distribuzione dei tenori in ^{137}Cs.

CONFRONTO FRA I DATI GRANULOMETRICI, I DATI MINERALOGICI E I CONTENUTI IN 137Cs RINVENUTI NEI SEDIMENTI

La fig. 9 schematizza le variazioni dei dati granulometrici, mineralogici e del contenuto in ^{137}Cs in funzione dei tipi di fondale e della loro zonazione dalla linea di costa verso il largo. Dall'osservazione di questa figura si nota quanto segue :

- la dimensione media (Md) va diminuendo gradatamente spostandosi verso il largo; solo il campione 12 nell'area a posidonie, ha granulometria molto sottile rispetto alla corrispondente batimetria,

- la quantità di frazione argillosa (< 2 μm) aumenta con la profondità,

- il contenuto in smectite e interstratificati aumenta con la profondità; solo il campione 12 ha un contenuto in tali minerali elevato rispetto alla batimetria corrispondente,

- il contenuto in quarzo e carbonati è decisamente inferiore nei campioni al largo,

- il contenuto in ^{137}Cs sembra ben correlato con la quantità di frazione argillosa presente e con la percentuale di minerali smentitici presenti in questa frazione.

Il campione 81, raccolto su fondali rocciosi alla batimetrica dei 50 m, è invece anomalo in tutti i suoi caratteri; ha un contenuto in frazione i sabbiosa molto elevato, una frazione argillosa scarsa ed un basso | contenuto in smectite, mentre il contenuto in ^{137}Cs ha invece lo stesso | valore dei campioni di sedimento fangoso prelevati alla stessa batimetria f (campioni 80 ed 82).

La fig. 10 mostra la distribuzione verticale dei dati granulometrici, mineralogici e del contenuto in ^{137}Cs nei vari livelli del campione 82.

Dall'esame di questa figura si osserva quanto segue :

- la dimensione media (Md) diminuisce con la profondità,

- il contenuto in frazione argillosa resta quasi costante con un aumento nei livelli intermedi,

- il contenuto in quarzo, feldspati e calcite diminuisce con la profondità,

- il contenuto in smectite aumenta con la profondità,

- il contenuto in ^{137}Cs non appare legato alla composizione mineralogica o alla presenza di minerali smectitici.

CONCLUSIONI

La distribuzione del ^{137}Cs nel!'area esaminata è funzione della distribuzione dei sedimenti a varia granulometria, e corrispondente ad un quadro distributivo prevedibile.

Valori minimi (camp. 14) sono risultati infatti corrispondenti alla fascia sabbiosa litoranea (15 ÷ 50 pCi/Kg secco); i valori più elevati (250 ÷ 300 pCi/kg secco) corrispondono invece alla zona di praterie vegetali (camp. 18). Oltre questa zona si rilevano valori di poco inferiori.

Nel complesso all'interno di queste fasce si riscontra una notevole variabilità giustificata dalla esposizione alle diverse intensità sviluppate dagli agenti idrodinamici con la batimetria. Infatti, i valori più bassi sono quelli del le zone a batimetria inferiore, nelle quali la variazione di pressione idrostatica per il passaggio delle onde e l'intensità delle correnti litoranee sono più elevate e dove la minore densità degli ostacoli meccanici favorisce l'azione di al lontanamente delle particene più sottili. Le zone a batimetria superiore con insediamenti vegetali sono caratterizzate da una minore energia idrodinamica e contemporaneamente dall'azione protettiva nei riguardi delle particene in deposizione.

Anche le diverse condizioni chimico-fisiche, causate fra l'altro da importanti contenuti di sostanze organiche, spiegano maggiori livelli di attività riscontrata in campioni prelevati in queste zone. (Camp. 80-82).

Dal punto di vista metodologico, ipotesi di campionamento basate sulla preclassificazione dall'ambiente si sono dimostrate di applicazione più rapida e produttiva di quelle a maglia geometrica, che presentano notevoli possibilità di ridondanze e/o lacune. Nella fattispecie l'ambiente esaminato e Foce Verde rientra nel tipo (5) di costa alluvionale-palustre, secondo la classificazione di Anselmi et al. 1979, e le ipotesi sulla distribuzione dei contaminanti, in questo caso il 137Cs proveniente da fall-out, avanzate in quel lavoro (figg. 3 e 5) sono risultate confermate. In particolare la distribuzione del radionuclide indicato corrisponde alla zonalità sedimentologico-ambientale costituita in successione dalla fascia sabbiosa litoranea dalla pianura coperta dagli erbai e dalla zona esterna a sedimentazione terrigena sottile.

BIBLIOGRAFIA

ANSELMI B., BENVEGNU F., BRONCI A., FERRETTI 0., 1979 - Studi sui parametri geologici rilevanti ai fini della determinazione delle contaminazione ambientale del territorio nazionale, CNEN RT/PROT, 7914.

BRUSCHI A. et al., 1980 - Risultati della campagna radioecologica sul sito di Latina (parte mare), simposio sulle metodologie radiometriche e radiochimiche nella radioprotezione, Pavia 23/4/1980, Atti 50 p.

DUURSMA E.K. , 1979 - Annual report of the International Laboratory of Marine Radioactivity, Monaco, IAEA Laboratory Activities, IV Report, Tech. Rep. . Ser. n° 98, 92-97.

PERES J.M., 1978 - Vulnerabilité des ecosystèmes Méditerranéens a la pollution, Oc. Manag., 3, 205-217.

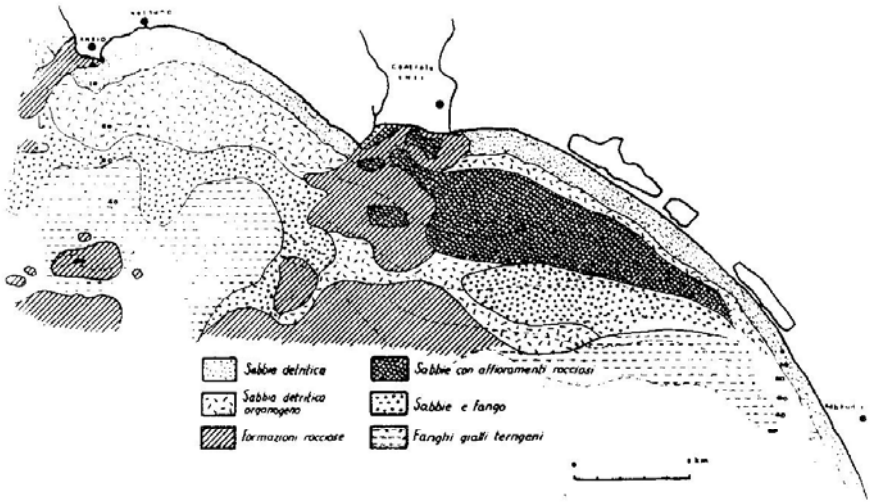


Fig.1. Morfologia costiera

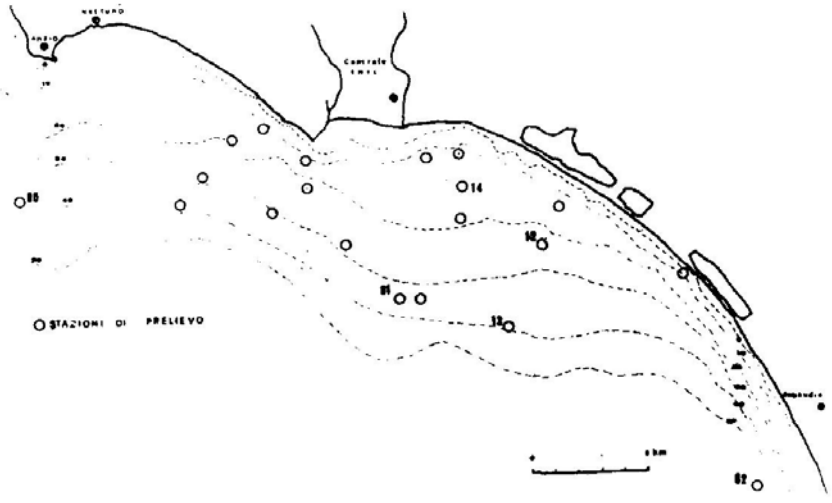


Fig.2 Campionamento

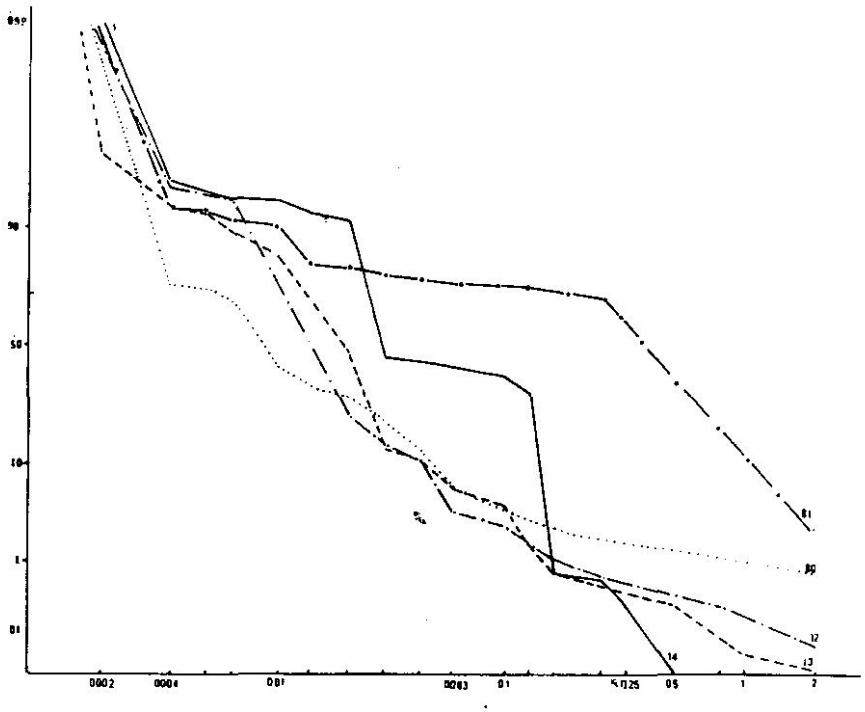


Fig.3a Curve cumulative dei campioni superficiali

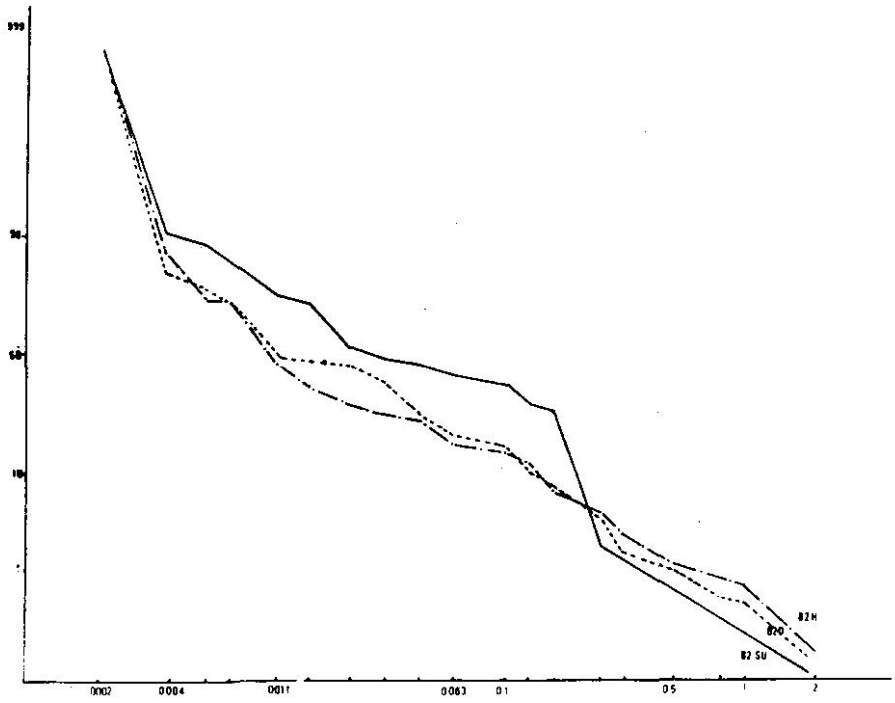


Fig.3b Curve cumulative della carota 82

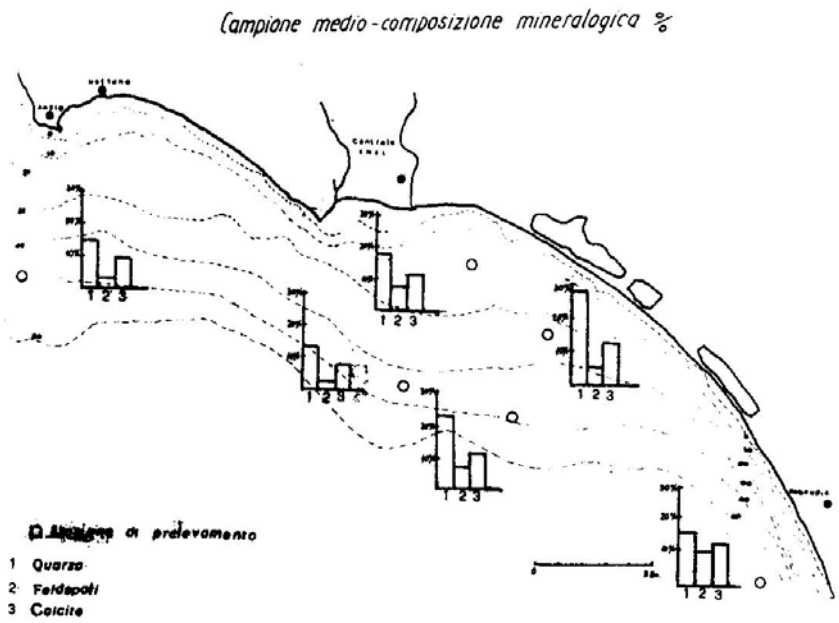


Fig.4 Risultati granulometrici

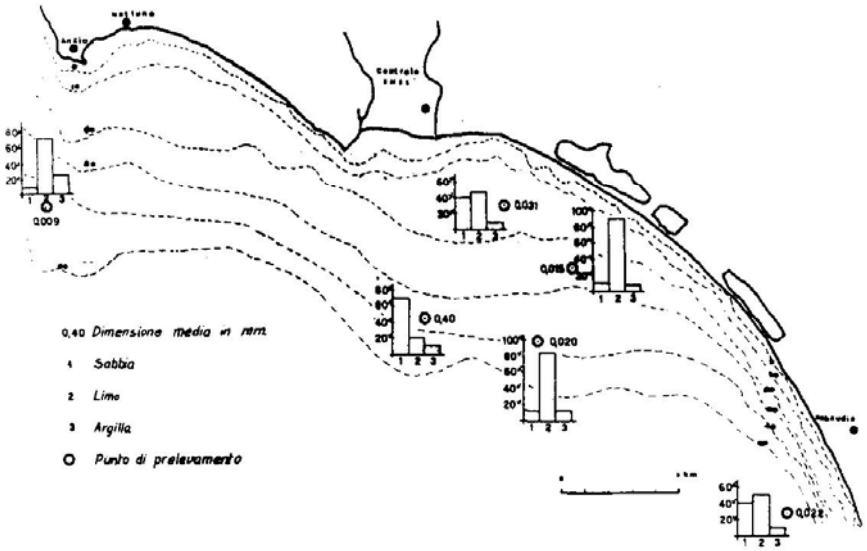


Fig.5 Composizione mineralogica

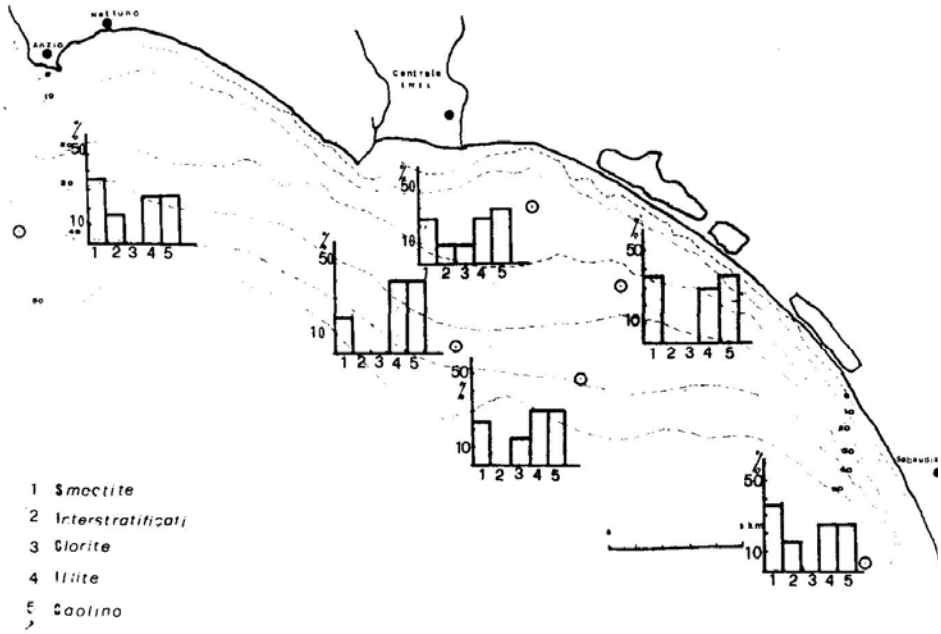


Fig.6 Composizione mineralogica della frazione argillosa

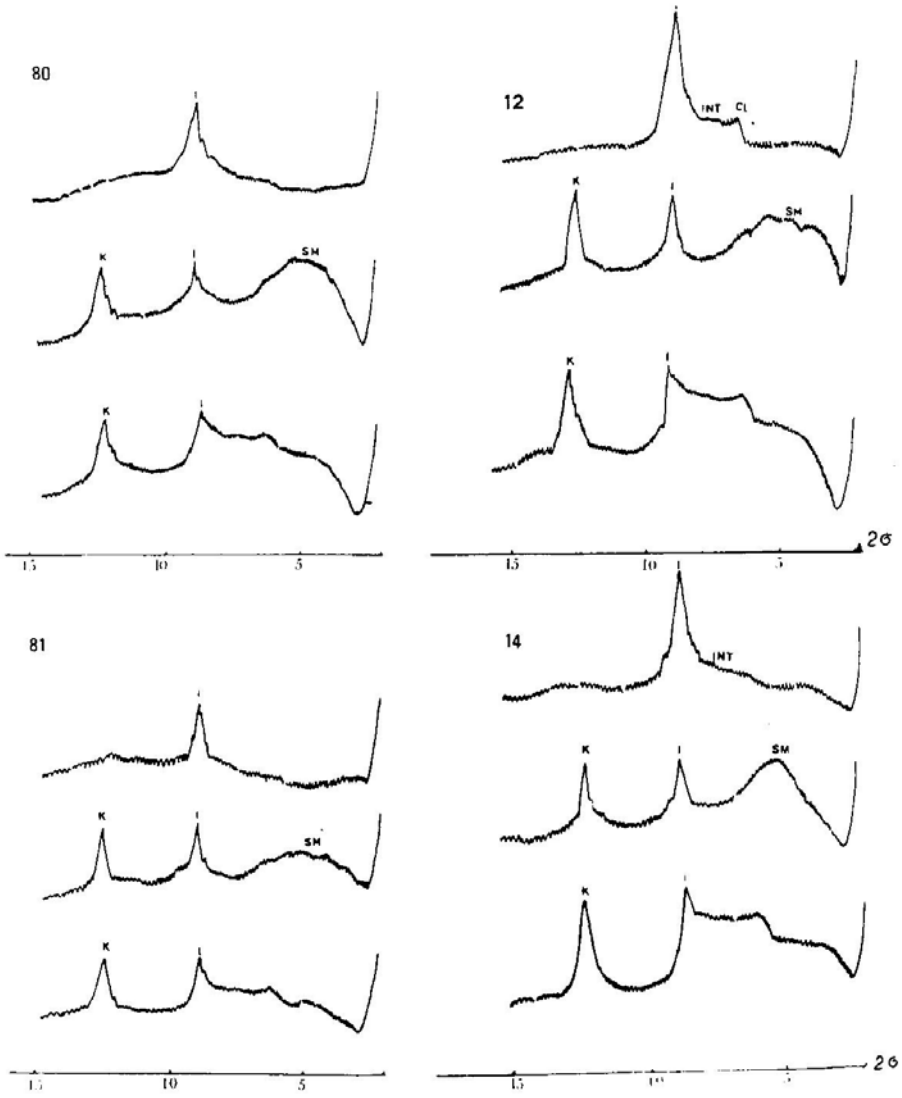


Fig.7a Diffrattometria dei campioni superficiali

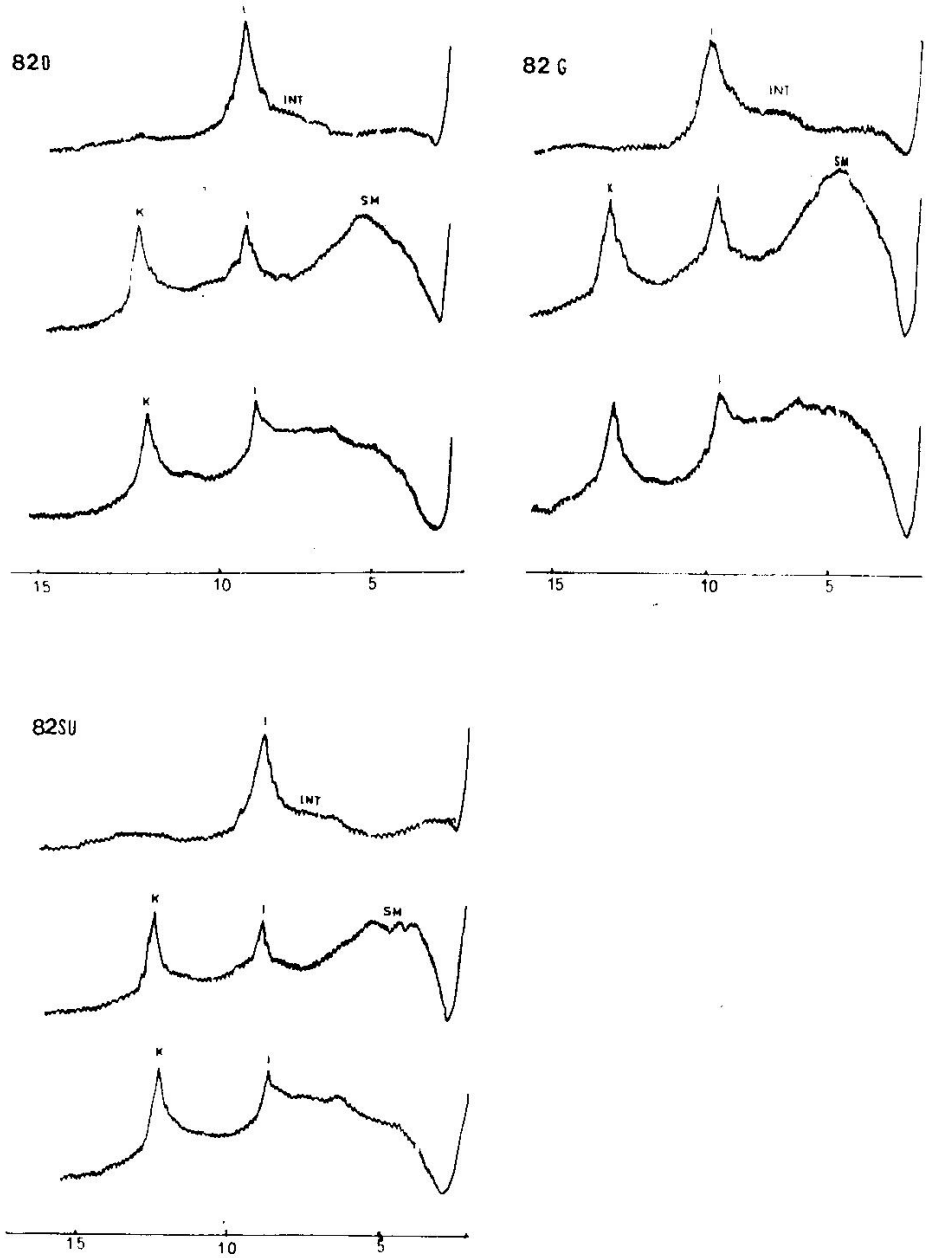


Fig.7b Diffrattometria della carota 82

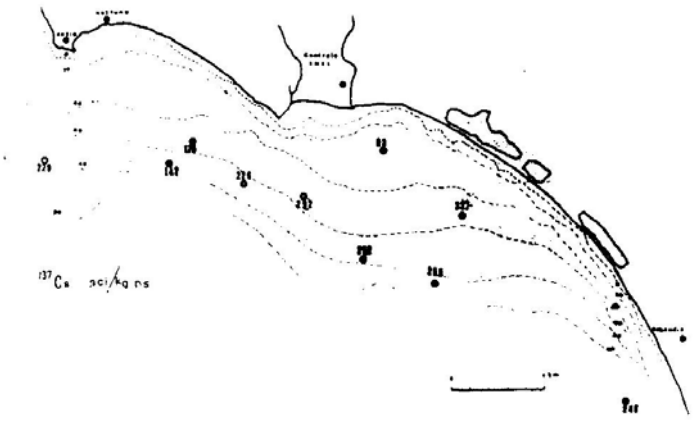


Fig.8 Distribuzione del ^{137}Cs

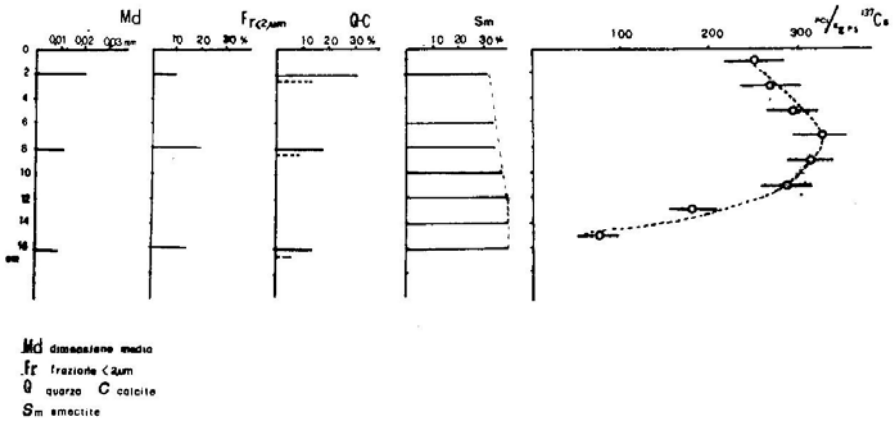


Fig.9 Confronto fra contenuto in ^{137}Cs, granulometria e mineralogia della carota 82

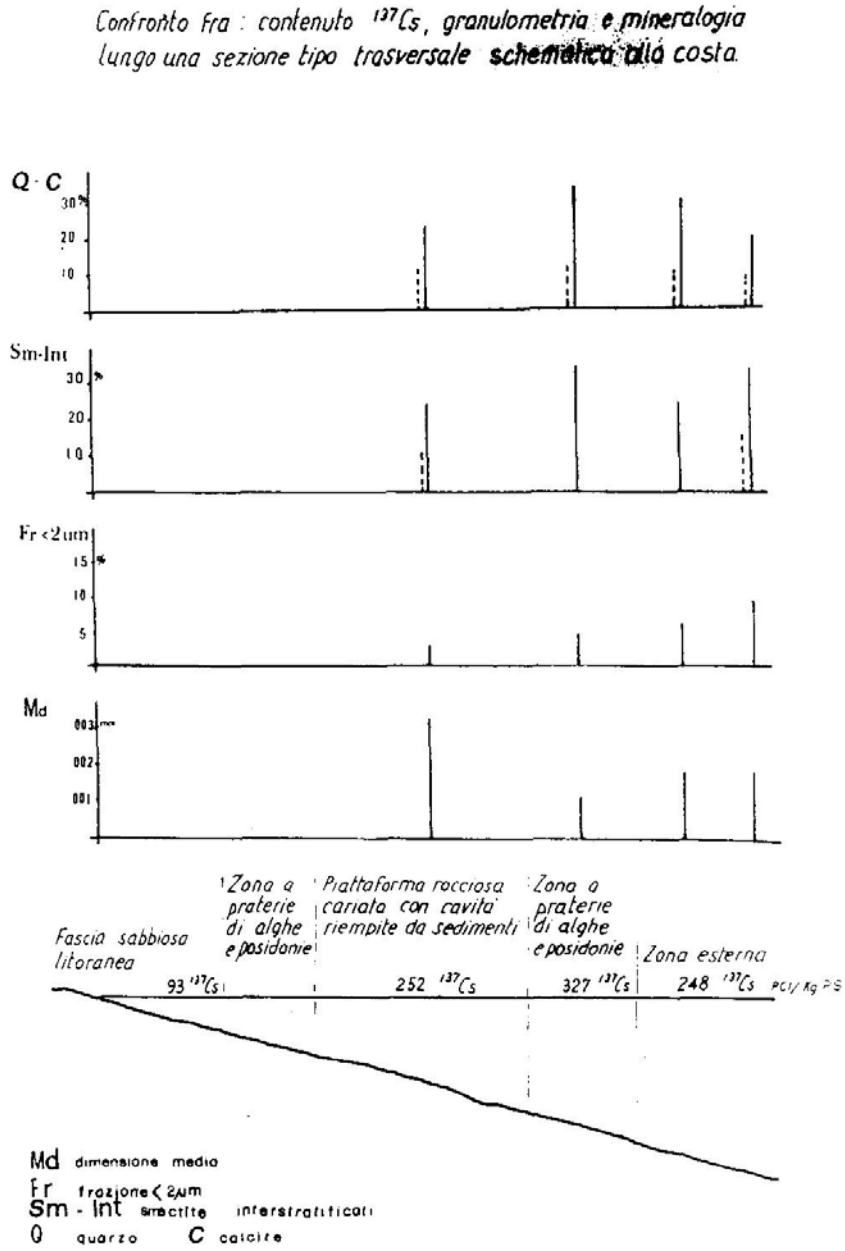


Fig.10 Confronto fra contenuto in ^{137}Cs, granulometria e mineralogia lungo una sezione trasversale schematica della costa

SULLA IDENTIFICAZIONE DI BATTERI ETEROTROFICI AEROBI ISOLATI DA ACQUE E SEDIMENTI MARINI

L.S. MONTICELLI, E.CRISAFI

Istituto di Idrobiologia - Università di Messina

RIASSUNTO

Vengono riferiti i primi risultati della identificazione a livello di genere di 203 ceppi batterici isolati da campioni di sedimento e di acqua prelevati in zone costiere dei mari Tirreno, Jonio ed Adriatico. Sono stati impiegati, oltre al classico terreno ZoBell 2216E, diversi terreni selettivi al fine di semplificare 1'indagine tassonomica per poterla utilmente applicare a ricerche di ecologia microbica.

SUMMARY

Identification of genus of 203 bacteria strains, isolated from marine sediments and waters sampled in Thyrrhenian, Jonian and Adriatic coastal areas was performed. Different selective growth media, as well as the classic 2216E ZoBell medium, were used to test the application of a simplified taxonomic analysis to microbial ecology studies.

INTRODUZIONE

L'identificazione tassonomica e fisiologica delle popolazioni batteriche può offrire, insieme con la distribuzione temporale e spaziale, utili indicazioni per una migliore caratterizzazione di un determinato ambiente marino. A tal fine è stato intrapreso, nell'Istituto di Idrobiologia dell'Università di Messina, un programma di ricerca sulla identificazione tassonomica dei batteri presenti in acque e sedimenti costieri dell'Italia meridionale, di cui la presente nota è un primo contributo.

Nell'intento di mettere a punto una metodica di tipizzazione più semplice possibile, tale da poter essere impiegata in ricerche di ecologia microbica, oltre ai classici schemi (Scholes e Shewan, 1964) adoperati di solito in batteriologia marina, sono stati impiegati vari terreni selettivi. In particolare sono stati saggiati: il terreno 110, adoperato da Carlett ed al. (1965) per separare Achromobacter da altri bacilli gram-negativi ; un terreno nutritivo addizionato di 2, 3, 5 trifenil-tetrazolocloruro (TTC) per l'isolamento di Pseudomonas in ambiente marino (Noseworthy e Moskovits,1974); il terreno TCBS adoperato per l'isolamento di Vibrio ed il terreno EMB per gli Enterobatteri. E' stata studiata inoltre la sensibilità alla penicillina e l'attività chitinolitica.

MATERIALI E METODI

Microorganismi in esame

Sono stati utilizzati 203 ceppi batterie!, di cui 78 isolati da campioni d'acqua e 125 da campioni di sedimento» prelevati nel corso di campagne di studio condotte da ricercatori dell'Istituto di Idrobiologia nei mari Tirreno meridionale, Jonio e Adriatico meridionale.

I ceppi sono stati isolati da piastre di Marine Agar 2216 (Difco) incubate a 20°C per 15 giorni, quindi purificati per disseminazioni successive su piastre dello stesso terreno e conservati in un terreno nutritivo per batteri marini a bassa concentrazione d'agar (0,4%).

Studio tassonomico

Per i batteri gram-negativi sono stati seguiti gli schemi normalmente usati in batteriologia marina (Sholes e Shewan, 1964), considerando la produzione di gas dal glucosio come unico criterio per differenziare Vibrio da Aeromonas. I batteri gram-positivi sono stati classificati in base alla morfologia, alla presenza di spore, alla mobilità e allo sviluppo di micelio aereo.

Le caratteristiche morfologiche e la mobilità sono state determinate microscopicamente a contrasto di fase. Il metabolismo del glucosio è stato saggiato nel terreno MOF (Leifson, 1963); la colorazione dei flagelli è stata effettuata secondo il metodo di Leifson, adoperando il colorante Flagella Stain (Difco). Il test di ossidasi è stato eseguito adoperando la p-amminodimetilammina ossalato (Difco). Le caratteristiche cromogeniche delle colonie venivano saggiate su terreno Marine Agar 2216, previa incubazione per 15 giorni a 20°C in termostato al buio. La presenza di spore veniva accertata mediante osservazione microscopica a contrasto di fase su colture "invecchiate" (20-30 giorni).

TERRENI SELETTIVI E DIFFERENZIALI

Sono stati impiegati: Staphylococcus Medium 110, TCBS-Agar e EMB-Agar tutti della Difco. Le piastre con 2, 3, 5 trifeniltetrazolo cloruro (TTC) sono state preparate adoperando Marine Agar 2216 come terreno base. Il terreno, dopo la sterilizzazione ed il successivo raffreddamento a circa 50°C, veniva addizionato di una soluzione acquosa di TTC, sterilizzata per filtrazione, fino a raggiungere una concentrazione finale di TTC dell' 0,1%. La sensibilità alla penicillina è stata determinata adoperando dischi con 2 Unità di Penicillina G (Penicillin G 2 Units Difco) posti su terreno Marine Agar 2216, previamente seminato in superficie con il microorganismo in esame. Agli effetti dell'analisi dei risultati sono stati considerati positivi i ceppi resistenti alla penicillina (nessun alone d'inibizione) e negativi i ceppi sensibili all'antibiotico. La determinazione della capacità chitinolitica è stata saggiata per mezzo di piastre allestite con un terreno della seguente composizione: peptone 1 g. , estratto di lievito 0,2 g. , K_2HPO_4 0,2 g. ,

NH_4NO_3 0,2 g. , acqua di mare invecchiata 750 ml. , acqua distillata 250 ml., pH 7,5, ed addizionato di chitina colloidale preparata secondo Campbell e Williams (1951), ad una concentrazione finale dello 0,2%. La sospensione di chitina, sterilizzata per tyndallizzazione, veniva aggiunta al terreno sterile e raffreddato a circa 50°C.

Le piastre venivano seminate con strisce di circa un centimetro sulla superficie del terreno con l'ansa batteriologica ad anello, bagnata con una sospensione leggermente opalescente del microorganismo in acqua di mare sterile. Le piastre venivano quindi poste in termostato al buio a 20°C per 7 giorni. Per la prova di chitinolisi l'incubazione veniva prolungata a 30 giorni.

RISULTATI E CONSIDERAZIONI

L'impiego degli schemi adottati ha permesso l'identificazione del 94,9% dei ceppi batterici isolati da campioni d'acqua e dell'87,2% dei ceppi isolati da campioni di sedimento. E1 bene precisare tuttavia che, a prescindere dalle limitazioni legate all'uso di alte concentrazioni di peptone, all'impiego di schemi molto semplificati ed alla già nota difficoltà (Kriss, 1963) di isolare con i normali metodi di coltura la totalità dei batteri presenti nel mare, la metodica utilizzata fornisce chiare indicazioni comparative sull'ecologia batterica delle acque e dei sedimenti marini.

Per il momento i campioni d'acqua e sedimento analizzati non consentono uno studio comparativo sulla distribuzione dei generi di batteri delle diverse aree studiate. Si è ritenuto opportuno pertanto differenziare solamente la popolazione batterica planctonica da quella bentonica (Tab.l).

I batteri gram-negativi hanno rappresentato nei campioni di acque esaminati la quasi totalità (97,4%) della popolazione isolata; due soli ceppi di Micrococcus costituiscono la flora gram-positiva riscontrata. I generi più frequentemente presenti sono stati: Pseudomonas (61,6%), Vibrio (12,8%) e Achromobacter-Alcaligenes (10,2%), peraltro in accordo con quanto già riscontrato da ZoBell (1946) per 1'acqua di mare. L'assenza o la sporadica presenza di Bacillus in acque marine era già stata segnalata da ZoBell (1946), Murchelano e Brown (1970) ed altri. E1 da ricordare ancora che Brisou e al.(1978) per l'isolamento del Bacillus dall'acqua di mare hanno fatto ricorso ad un metodo di concentrazione per assorbimento su garze di cotone trainate durante la navigazione. Nei campioni d'acqua in esame non sono stati riscontrati né atti nomi ceti né Corynebacterium.

Per quanto concerne i generi isolati dai campioni di sedimento è risultata minore la componente gram-negativa (72,8%) ma di contro si è riscontrata una popolazione di Bacillus del 14,4% sul totale dei batteri che, assieme a Vibrio (28,0%) e Pseudomonas (22,4%), ha caratterizzato la popolazione batterica bentonica. Presenti, sebbene in minima concentrazione, Attinomiceti e Corynebacterium.

Qualche difficoltà è stata riscontrata nella tipizzazione di alcuni ceppi del genere Bacillus. Infatti tali microorganismi risultavano gram-negativi nei tempi standard di colorazione, non presentavano spore in colture giovani ed è stato quindi necessario determinare la presenza di tali spore in colture "invecchiate" (20-30 gg.).

I risultati delle prove di crescita sui diversi terreni selettivi vengono riferiti nella Tabella 2.

II terreno 110 ha permesso la crescita del 100% dei ceppi dei generi Achromobacter-Alcaligenes e Micrococcus saggiati; di contro la crescita di Vi brio è stata inibita totalmente. Questo terreno però ha dato risultati meno netti per i generi Pseudomonas (90,0% di crescita) e Bacillus (38,8% di crescita). E' da notare che lo svi1uppo di alcuni Bacillus, già segnalato da Smucker e Appleman (1964), non interferisce negli schemi di identificazione di Achromobacter-Alcaligenes in quanto come è noto i due generi presentano caratteristiche nettamente differenti. La elevata percentuale di crescita di Pseudomonas, peraltro non riscontrata da Carlett et al. (1965), non permette una immediata differenziazione fra i due generi.

Per quanto concerne il terreno con TTC allo 0,1% è stata riscontrata la totale inibizione dei generi Achromobacter-Alcaligenes e Micrococcus ed il 94,5% dei Bacillus; il 28,0% dei ceppi del genere Pseudomonas ha sviluppato colonie. A questo proposito è da ricordare che una concentrazione di TTC dello 0,5%, come riferito da Noseworthy e Moskovits (1974), inibisce gli Pseudomonas dei gruppi III e IV; si è ritenuto quindi opportuno abbassare la concentrazione allo 0,1% (Grant e Holt, 1977). Nonostante ciò i ceppi di Pseudomonas da noi saggiati, appartenenti quasi totalmente al II gruppo, hanno mostrato una bassa percentuale di crescita.

II terreno TCBS ha inibito la totalità dei ceppi di Achromobacter-Alcaligenes, FIavobacterium-Cytophaga ed il 12,5% dei Vibrio. Questo terreno, utilizzato per l'isolamento di V.parahaemoliticus e V.cholerae, risulta per il suo contenuto in sali biliari, inibitore per molti Vibrio isolati in ambienti marini. Recentemente Simidu e Tsukamoto (1980) hanno proposto un metodo che utilizza un terreno non selettivo e che offre una maggiore percentuale di isolamento di Vibrio da acque e sedimenti marini. Sul terreno TCBS si sono sviluppati anche ceppi dei generi Bacillus (61,1% di crescita) e Micrococcus (66,6% di crescita); le colonie si presentavano, dopo sette giorni di incubazione, opache, circolari, con margine intero, profilo convesso e di colore giallo o verde scuro, caratteristiche queste che le differenziano nettamente da Vibrio e Pseudomonas.

Il terreno EMB si è dimostrato altamente inibitore per i batteri marini permettendo soltanto la crescita di una colonia di Pseudomonas e di una colonia di Vibrio.

Per quanto concerne le prove di sensibilità alla penicillina soltanto i batteri del genere Micrococcus hanno mostrato una sensibilità all'antibiotico, mentre il resto dei ceppi saggiati si è dimostrato prevalentemente resistente. L'attività chitinolitica è stata riscontrata solo per i generi Pseudomonas (18,0%) e Vibrio (84,2%).

Alla luce dei risultati su esposti, considerando quei terreni che presentano buone prospettive per l'identificazione dei vari generi di batteri marini (crescita e inibizione è 90%), è possibile notare che i batteri del genere Vibrio sono risultati caratterizzati dalla mancanza di crescita nei terreni 110 e EMB e dalla resistenza alla penicillina; sono da considerare ancora per i ceppi di Vibrio i risultati di crescita su TCBS (87,5% di crescita) e l'attività chitinolitica (84,2% di chitinolisi-positivi). I batteri del genere Pseudomonas hanno mostrato resistenza alla penicillina, si sono sviluppati nel terreno 110 e sono stati inibiti dai terreni TCBS e EMB. Il gruppo degli Achromobacter Alcaligenes è stato caratterizzato dalla crescita in terreno HO, dalla inibizione nei terreni TIC, TCBS e EMB e dalla mancanza di attività chitinolitica. Il genere Micrococcus infine è cresciuto nel terreno 110, è stato inibito dai terreni TTC e EMB, ha mostrato sensibilità alla penicillina ed assenza di attività chitinolitica.

Nel prosieguo delle ricerche intraprese ci si propone, ai fini di una più netta caratterizzazione dei ceppi isolati, di effettuare una comparazione con ceppi standard di collezioni internazionali, di inserire il recente metodo di Simidu e Tsukamoto (1980) per l'isolamento di Vibrio ed infine di associare al dato di crescita le caratteristiche morfologiche e cromogeniche delle colonie nei vari terreni selettivi che, secondo quanto osservato finora, possono offrire un ulteriore interessante apporto per la identificazione dei batteri marini.

BIBLIOGRAFIA

BRISOU J., BARJAC H. de, MOREAU R.,1978 - Sur quelques Bacillus isolés en mer Mediterranee. - Rev.Cytol.végét.Bot., 1, 405-412.

CAMPBELL L.L. and WILLIAMS O.B..1951-A study of chitin-decomposing microorganism of marine origin - J.Gen.Microbiol. , 5, 894-905.

CORLETT D.A.Jr., LEE J.S., SINNHUBER R.O.,1965 - Application of Replica Plating and Computer Analysis for rapid identification of bacteria in some foods. I. Identification Scheme - Appl.Microbiol. , 13, 808-817.

GRANI M.A. and HOLT J.G.,1977 - Medium for the selective isolation of members of the genus Pseudomonas from natural habitats. Appl.Environ. Microbiol. , 33, 1222-1224.

KRISS A.E.,1963 - Marine microbiology (Deep Sea) - Oliver and Boyd, London.

LEIFSON E.,1963 - Determination of carbohydrate metabolism of marine bacteria. - J.Bact., 85, 1183-1184.

MURCHELANO R.A. and BROWN C.,1970 - Heterotrophic bacteria in Long Island Sound - Har.Biol. , 7, 1-6.

NOSEWORTHY J.E. and MOSKOVITS G.,1974 - Applicability of cetrimide, nitrofurantoin, TIC and Sodium arsenite to the isolation of marine Pseudomonas. - Can.J.Microbiol. , 20, 1065-1069.

SHOLES R.B. and SHEWAN J.M.,1964 - The present status of some aspects of marine microbiology. Adv.Mar.Biol., 2, 133-169.

SMUCKLER S.A. and APPLEMAN M.D., 1964- Improved Staphylococcus Medium No.110. - Appl.Microbiol., 12,355-359.

SIMIDU U. and TSUKAMOTO K.,1980 - A method of the selective isolation and enumeration of marine Vibrionacee. - Microb.Ecol., 6, 181-184.

ZOBELL C.E.,1946 - Marine microbiology. Chronica Botanica Company. Waltham, Mass.

TABELLA 1

Distribuzione per generi della popolazione batterica isolata da campioni di acqua e sedimento

GENERE	ACQUA		SEDIMENTO		TOTALI
	n°	%	n°	%	
Pseudomonas	48	61.6	28	22.4	76
Vibrio	10	12.8	35	28.0	45
Achromobacter Alcaligenes	8	10.2	5	4.0	13
Flavobacte rium Cytophaga	6	7.7	7	5.6	13
Bacilli gram-negativi non identificati	4	5.1	16	12.8	20
Bacillus	/	/	18	14.4	18
Micrococcus	2	2.6	7	5.6	9
Attinimicati	/	/	3	2.4	3
Corynebacterium	/	/	6	4.8	6
TOTALI	78	100	125	100	203

TABELLA 2

Risultati di crescita dei ceppi batterici suiterreni selettivi saggiati.

\+ = numero di ceppi con crescita positiva;
n° = numero di ceppi saggiati;
% = percentuale dei ceppi con crescita positiva)

GENERE	*110*			*TTC*			TCES			EMB			PENICILLINA			CHITINOLISI		
	+	n°	%	+	n°	%	+	n°	%	+	n°	%	+	n°	%	+	n°	%
Pseudomonas	45	50	90.0	14	50	28.0	3	43	6.9	1	43	2.3	43	45	95.5	9	50	18.0
Vibrio	0	19	0	10	19	52.6	14	16	87.5	1	16	6.2	9	10	90.0	16	19	84.2
Achromobacter *Alcaligenes*	8	8	100	0	8	0	0	8	0	0	8	0	4	7	57.1	0	8	0
Bacillus	7	18	38.8	1	18	5.5	11	18	61.1	non ancora saggiati								
Flavobacterium Cytophaga	1	6	16.6	1	6	16.6	0	6	0	0	6	0	1	4	25.0	0	6	0
Micrococcus	3	3	100	0	3	0	2	3	66.6	0	3	0	0	3	0	0	3	0
Bacilli gram-negativi	1	4	25.0	3	4	75.0	1	4	25.0	0	4	0	4	4	100	0	4	0

DISTRIBUZIONE DI BATTERI OSSIDANTI IDROCARBURI IN ACQUE COSTIERE TIRRENICHE SICILIANE (*)

M.DE DOMENICO, L. S.MONTICELLI, E.DE DOMENICO

Istituto di Idrobiologia - Università di Messina
Direttore: Prof. S.Genovese

RIASSUNTO

Vengono riferiti i risultati di ricerche svolte nell'area costiera compresa tra Capo S.Vito, le Isole Eolie e Capo Rasocolmo con una nuova metodica di conteggio su membrana filtrante della popolazione microbica idrocarburo-ossidante. I campioni d'acqua sono stati raccolti in 63 stazioni esaminate nei mesi di agosto e settembre 1979. La distribuzione dei batteri idrocarburo-ossidanti è stata analizzata in relazione al batterioplancton eterotrofico aerobio, ai coliformi totali ed al fosforo totale. I valori più elevati sono stati riscontrati, come attendibile, nelle aree costiere prossime a Palermo, Termini Imerese e Milazzo con differenti relazioni tra i parametri considerati.

SUMMARY

The Authors refer about distribution of hydrocarbon-oxidizing bacteria in coastal area from S.Vito Cape to Aeolian Island and Rasocolmo Cape (Southern Tyrrhenian Sea). A new method to enumerate macrocolonies growing on MF was employed. Surface samples at 63 sampling stations in August and September 1979 were collected. Highest counts, as expected, were found in coastal areas near Palermo, Termini Imerese and Milazzo. Hydrocarbon-oxidizing bacteria distribution was related to heterotrophic bacterioplankton, total coliforms and total phosphorus. Useful connection between petroleumlytic bacteria and water quality were found.

INTRODUZIONE

II problema della degradazione microbica degli idrocarburi in mare è un argomento da tempo studiato nell'Istituto di Idrobiologia dell'Università di Messina oltreché nella dinamica e nelle implicazioni ecologiche

---

(*) Ricerca svolta nell'ambito del P.F. "Promozione della Qualità dell'Ambiente", Contratto CRN n° 79.01494.90

(Genovese, 1973; 1977), anche da un punto di vista distributivo (De Domenico M., 1975; De Domenico E., De Domenico M., 1978; De Domenico, M. Lombardo, 1976) e particolarmente quantitativo (De Domenico E. et al, 1979). Infatti le ricerche svolte erano animate da un duplice obiettivo: fornire un indice della contaminazione da idrocarburi di determinate zone di mare e, possibilmente, del grado raggiunto da tale contaminazione. Si è passati così da un esame esclusivamente qualitativo del la capacità di crescita su idrocarburi della popolazione microbica naturale nelle diverse zone esaminate alla stima della percentuale di tale popolazione attiva su questi composti ed infine alla conta delle colonie capaci di crescere su gasolio in particolare.

Dell'intera zona studiata, la Baia di Milazzo è certamente quella in cui la contaminazione da idrocarburi riveste il ruolo più importante per la presenza di una raffineria con un elevato potenziale produttivo ed una centrale termoelettrica anch'essa di notevole capacità. Su tale area gravano inoltre numerosi insediamenti produttivi, di limitate dimensioni, che svolgono svariate attività industriali. E' da notare che la raffineria, attualmente inattiva, nel periodo dei nostri prelievi lavorava già a regime ridotto in preparazione della completa fermata degli impianti.

Per quanto concerne l'area di Palermo sarebbe più complesso entrare nel dettaglio delle attività antropiche fonte di contaminazione da idrocarburi e riteniamo quindi sufficiente considerare tale zona influenzata da una contaminazione di tipo misto, sottolineando che i liquami di origine urbana, come messo in evidenza da De Domenico E. e De Domenico M. (1974) e Genovese (1974), sono da considerarsi, per il recipiente finale, fonte non trascurabile di idrocarburi e sostanze oleose i n genere.

La zona di Termini Imerese presenta, invece, una componente industriale predominante rispetto a quella di origine urbana per la presenza di uno stabilimento FIAT, una centrale termoelettrica di proporzioni considerevoli ed altri insediamenti industriali di limitate dimensioni.

Un ulteriore incremento della quantità di olii presenti nelle acque costiere esaminate è legato al traffico marittimo, notevole a Palermo ed a Milazzo e sensibile in tutta l'area tirrenica siciliana. Tale fonte di contaminazione può incidere in modo sensibile sulla qualità delle acque nella zona delle Isole Eolie, in cui, in periodo estivo, il traffico locale per merci e passeggeri come pure la navigazione da diporto raggiungono livelli elevati.

MATERIALI E METODI

I campioni d'acqua sono stati prelevati, direttamente in superficie ed immediatamente trattati, nel corso delle crociere di studio effettuate dall'Istituto di Idrobiologia dell'Università di Messina, nell'ambito del P.F. "Promozione della Qualità dell'Ambiente", nei mesi di agosto e settembre 1979 nel Mar Tirreno Meridionale (Fig. 1) con la N/R Algesiro M. In particolare il Golfo di Patti e la Baia di Milazzo sono stati esaminati il 28 e 29 agosto, le Isole Eolie e parte delle coste siciliane nel periodo 11-14 settembre e la rimanente area fino al Golfo di Castellammare il 20 e 21 dello stesso mese di settembre 1979.

I valori di batteri eterotrofi, coliformi totali e fosforo totale sono stati stralciati dall'insieme dei dati raccolti nel corso delle suddette crociere di studio e si rimanda quindi, per le metodologie impiegate, alla pubblicazione sull'insieme delle ricerche svolte, attualmente in corso di stesura.

I batteri Idrocarburo Ossidanti (B.I.O.) sono stati determinati mediante conteggio delle macrocolonie sviluppate su Millipore SWPG 0,45 um posti su pads con terreno minerale e gasolio commerciale, secondo una nuova metodica da noi messa a punto e che sarà riferita in dettaglio in una ulteriore nota tecnica (De Domenico M-, Monticelli, 1981). Questa metodica relativamente semplice, che tiene in conto le obiettive difficoltà legate alla necessità di trattare in mare il maggior numero di campioni nel tempo più breve (peraltro in condizioni ben differenti da quelle di un laboratorio a terra) è maturato dall'esperienza delle precedenti ricerche d'Istituto.

Scopo della presente nota è l'esame della distribuzione dei B.I.O. nelle acque costiere siciliane e delle relazioni con alcuni indici di qualità delle acque.

RISULTATI E DISCUSSIONE

I risultati delle determinazioni effettuate sono riportati in tabella 1. I B.I.O. riscontrati assenti in 10 mi in numerose stazioni (21/F, 31/F e 26/F) raggiungono il valore di 94/10 ml nella stazione 18/F. Periodici controlli, effettuati per l'ulteriore messa a punto della metodica, in campioni del Porto di Milazzo, hanno mostrato una popolazione B.I.O. nell'ordine di 103/10 ml.

Dall'esame della figura 2, approntata proprio al fine di presentare un quadro sinottico della distribuzione dei valori ottenuti, è possibile notare come la densità della popolazione B.I.O. diminuisca in genere allontanandosi dalla riva e come nella Baia di Milazzo, nel Golfo di Palermo e nell'area antistante Termini Imerese si raggiungano i valori maggiori. Per una migliore interpretazione dei dati raccolti è stato valutato il coefficiente di correlazione (r) tra i diversi parametri (Tab. 2). Tale valutazione statistica indica, per la zona di Milazzo, la mancanza di correlazione con gli altri parametri, mentre si è riscontrata una netta correlazione positiva con il numero degli eterotrofi nelle rimanenti zone esaminate. Particolarmente nell'area di Palermo, detta correlazione positiva si estende anche a coliformi totali e fosforo totale. La percentuale della popolazione B.I.O. rispetto alla popolazione eterotrofica caratterizza ulteriormente la zona di Milazzo, ed in particolare la Baia omonima, dall'intera area esaminata, come è indicato nella tabella 3. Nella Baia di Milazzo, infatti, si raggiungono valori percentuali medi fino a 5 ed applicando il test T il valore corrispondente a tale zona indica una differenza altamente significativa ($P<0,02$) rispetto alle altre aree esaminate. Sempre per la Baia di Mi lazzo, un'ulteriore elaborazione dei dati riferiti da De Domenico E., et al., 1979 conferma il diretto rapporto esistente tra B.I.O. e quantità di sostanze oleose ($r = 0,48$) in tale zona, peraltro in accordo a quanto sottolineato da ZoBell (1969) per zone marine in cui la contaminazione da

idrocarburi è cronica. Ulteriore prova della cronicità di tale contaminazione nella Baia di Mi lazzo è l'elevato rapporto percentuale della popolazione B.I.O. in confronto agli eterotrofi, in un'epoca in cui i 1 parziale fermo del 1 e attività industriali non ha determinato una equivalente diminuzione della popolazione B.I.O.. E1 da ricordare che le notevoli quantità di sostanze oleose presenti nei sedimenti della zona (De Domenico E. et al., 1979) sono certamente fonte costante del substrato ideale per i B.I.O.

Nell'area di Palermo e Termini Imerese il riscontro di rapporti diretti tra la popolazione B.I.O. e quei parametri, indice di qualità, esaminati contestualmente trova conforto nei risultati delle ricerche svolte da Seki et al., 1974 in zone costiere dell'Oceano Pacifico. Secondo tali Autori, esisterebbe una relazione tra la densità della popolazione petroliolitica ed il grado di eutrofizzazione delle acque esaminate. A tale proposito è da segnalare che per il Porto di Palermo e l'area limitrofa sono state evidenziate manifestazioni di un processo eutrofizzante in atto (Genovese et al. , 1972; Genovese, 1979).

In conclusione i risultati conseguiti indicano che la contaminazione da idrocarburi è sensibile nelle acque costiere siciliane e particolarmente importante in corrispondenza di alcuni poli di attività antropiche.

Ci sia consentito, infine, sottolineare che le implicazioni di ricerche sui B.I.O. sono tali da spostare i risultati da un ambito squisitamente scientifico ad un più ampio orizzonte applicativo. Infatti l'indubbio ruolo positivo svolto dai batteri nella autodepurazione del mare dagli idrocarburi in esso, in qualsiasi modo, versati ha portato di recente alla preparazione a livello industriale di popolazioni miste particolarmente attive su idrocarburi da seminare nelle zone di mare interessate da versamenti accidentali di idrocarburi, come indicato da diversi Autori in Ahearn e Meyers (ed., 1973) e come recentemente riferito anche a livello di stampa sci enti fi co-di vulgati va (Ruggeri, 1980). Il riconoscimento delle possibilità offerte dai batteri nella bonifica di zone inquinate conferma quanto ipotizzato da ZoBell molti anni or sono e conforta quanto sostenuto da uno di noi sul ruolo e sull'importanza dell'attività idrocarburo-ossidante nel più ampio contesto dell'autodepurazione del mare.

E1 auspicabile, a nostro avviso, una maggiore diffusione della determinazione dei B.I.O., quale indice di contaminazione delle acque da idrocarburi, considerato che le determinazioni analitiche di tipo chimico presentano una serie di inconvenienti e di problemi legati non solo alla metodica impiegata ma anche alle modalità di prelievo, 1n funzione soprattutto del 1 e condizioni meteo-marine. Inoltre l'indagine con metodologie chimiche può fornire, a nostro avviso, solo dati sulla situazione all'atto del prelievo senza indicare la storia delle acque esaminate, mentre metodologie microbiologiche permettono di valutare la qualità attuale e pregressa dell'area studiata.

BIBLIOGRAFIA

DE DOMENICO M., 1975 - Prime ricerche sulla distribuzione in mare di microorganismi ossidati idrocarburi. Boll.Pesca Piscic. Idrobiologia 30(2), 157-176.

DE DOMENICO E. ,DE DOMENICO M., 1978 - Déterminations physiques, chimiques et microbiologiques dans certaines eaux joniennes superficielles (mars-juillet 1974); Rev. Intern. Oceanoqr. Med., 51-52, 35-44

DE DOMENICO M., LOMBARDO A., 1976 - Primi dati sulla distribuzione nella Laguna di Venezia e nell'Alto Adriatico di microorganismi ossidanti idrocarburi. Atti 7° Congresso Soc. Ital. Biol. Marina, Venezia Maggio 1975, Archo Oceanogr. Limnol. , 18 suppl. 3, 507-514.

DE DOMENICO M. MONTICELLI L.S., 1981 - Enumeration of marine bacterio-plankton growing on hydrocarbons by new MF technique. In preparazione.

DE DOMENICO E. , DE DOMENICO M., PULICANO' G. , 1979 - Distribuzione di sostanze oleose e batteri ossidanti idrocarburi lungo le coste siciliane e calabresi. ATTI 3° Congresso Ass. Ital.Oceanol.Limnol., Sorrento Dicembre 1978, 217-230.

GENOVESE S., 1973 - Degradazione batterica degli idrocarburi presenti in mare. Atti V Congr.Naz.Soc.It.Biol.Mar.-Ed.Salentina – Nardò 115-131.

GENOVESE S., 1977 - Inquinamento microbico e processi di auto depurazione. In "Aspetti scientifici dell'inquinamento dei Mari italiani", Atti dei Convegni Lincei, 31, 289-314.

GENOVESE S., 1979 - L'eutrofizzazione nelle acque costiere. Atti del Convegno Sulla Eutrofizzazione in Italia. Collana P.F. "Ambiente", AC/2/59, 239-255.

GENOVESE S., GANGEMI G., DE DOMENICO E., 1972 - Campagna estiva 1970 della n/o Bannock nel Mar Tirreno - Misure di produzione primaria lungo la trasversale Palermo-Cagliari. Boll.Pesca Piscic.Idrobiol., 27, 139-157.

RUGGERI A., 1980 - L'onda nera si infrange sui batteri. Scienza e Vita nuova, 10, 79-88.

SEKI H., NAKAI T., OTOBE H., 1974 - Petroleumlytic bacteria in different Watermasses of the Pacific Ocean in January 1973. La mer, 12(1), 16-19.

ZOBELL C.E., 1969 - Microbial modification of crude oil in thè sea.Proc.API/FWPCA. Conference on Prevention and Control Oil Spills. API,pubb1. 4040, 317-326.

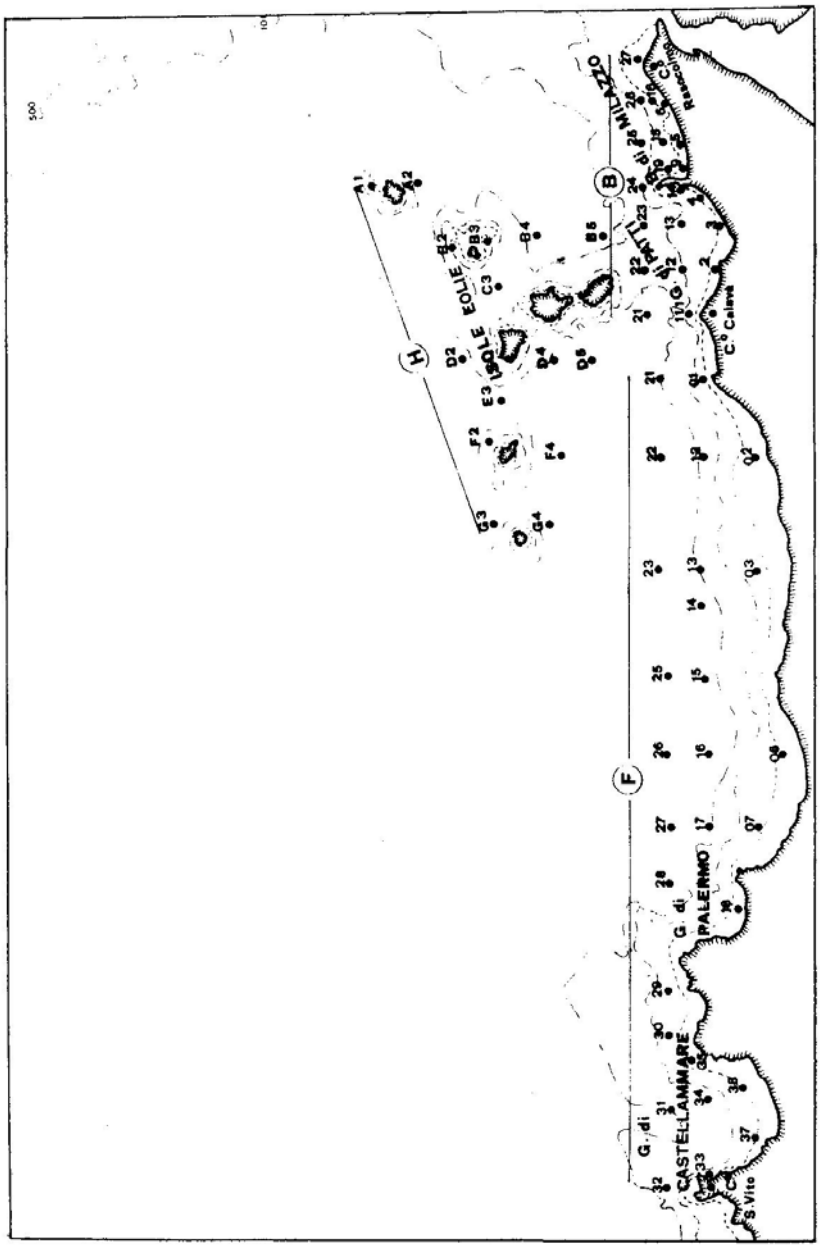


Fig. 1 Posizione delle stazioni di prelievo.

TABELLA 1

Risultati delle determinazioni effettuate.

AREA		DATA	N° STAZIONE	BATTERI [illegible]	BATTERI ETEROTROFI /ml	COLIFORMI TOTALI /100ml	P-TOTALE µg-at /l
(Patti)	Baia di Milazzo	28/8/79	27 B	5	110	1	0,165
			26 B	5	6	0	0,132
			16 B	4	99	55	0,253
			6 B	60	120	3	0,165
			5 B	56	130	0	0,220
			15 B	5	-	0	0,143
			24 B	4	0	0	0,165
			25 B	7	12	0	0,231
			19 B	19	-	0	0,138
			9 B	32	24	0	0,462
	Golfo di Patti	[illegible]	14 B	40	96	4	0,220
			4 B	14	70	0	0,198
			3 B	8	72	53	0,198
			13 B	6	120	2	0,248
			23 B	3	-	5	0,358
			22 B	12	45	4	0,138
			21 B	10	51	0	0,143
			11/1 B	36	14	0	0,165
			12 B	16	10	1	0,517
			2 B	4	80	0	1,817
(Eolie)	[illegible]	[illegible]	B-5 H	39	1.032	2	0,193
			B-4 H	11	15	0	0,226
			B-3 H	1	8	0	0,220
			C-3 H	1	16	0	0,148
			D-4 H	2	8	1	0,215
	Coste occidentali Prov.Messina	12/9/79	21 F	0	14	0	0,440
			01 F	10	21	0	0,121
			02 F	2	53	0	0,165
			12 F	5	45	0	0,121
			22 F	0	0	0	0,121
			23 F	1	32	0	0,11
			13 F	3	24	0	0,143
			03 F	7	36	0	0,132
	Isole Eolie	13/9/79	D-5 H	3	47	3	0,253
			F-4 H	8	39	157	0,138
			G-4 H	3	113	3	0,143
			G-3 H	25	34	1	0,248
			F-2 H	4	150	0	0,193
			B-3 H	11	128	2	0,176
		14/9/79	D-2 H	3	-	153	0,110
			B-2 H	6	58	35	0,143
			A-1 H	1	-	1	0,165
			A-2 H	1	-	8	-
(Termini)	[illegible]	[illegible]	29 F	4	37	8	0,336
			30 F	1	22	0	0,193
			31 F	0	43	0	0,380
			32 F	5	65	0	0,220
			33 F	2	665	0	0,523
			37 F	7	178	1	0,248
			36 F	3	66	0	0,220
			34 F	1	90	0	0,204
			35 F	6	108	0	0,226
	Coste orientali Prov.Palermo	21/9/79	18 F	94	2.853	12	0,473
			28 F	11	53	2	0,223
			27 F	16	146	0	0,297
			17 F	11	46	1	0,226
			07 F	3	30	0	0,160
			06 F	54	82	0	0,160
			16 F	7	22	0	0,405
			26 F	0	223	0	0,248
			25 F	20	183	0	0,165
			15 F	11	30	0	0,231
			14 F	1	?	0	0,116

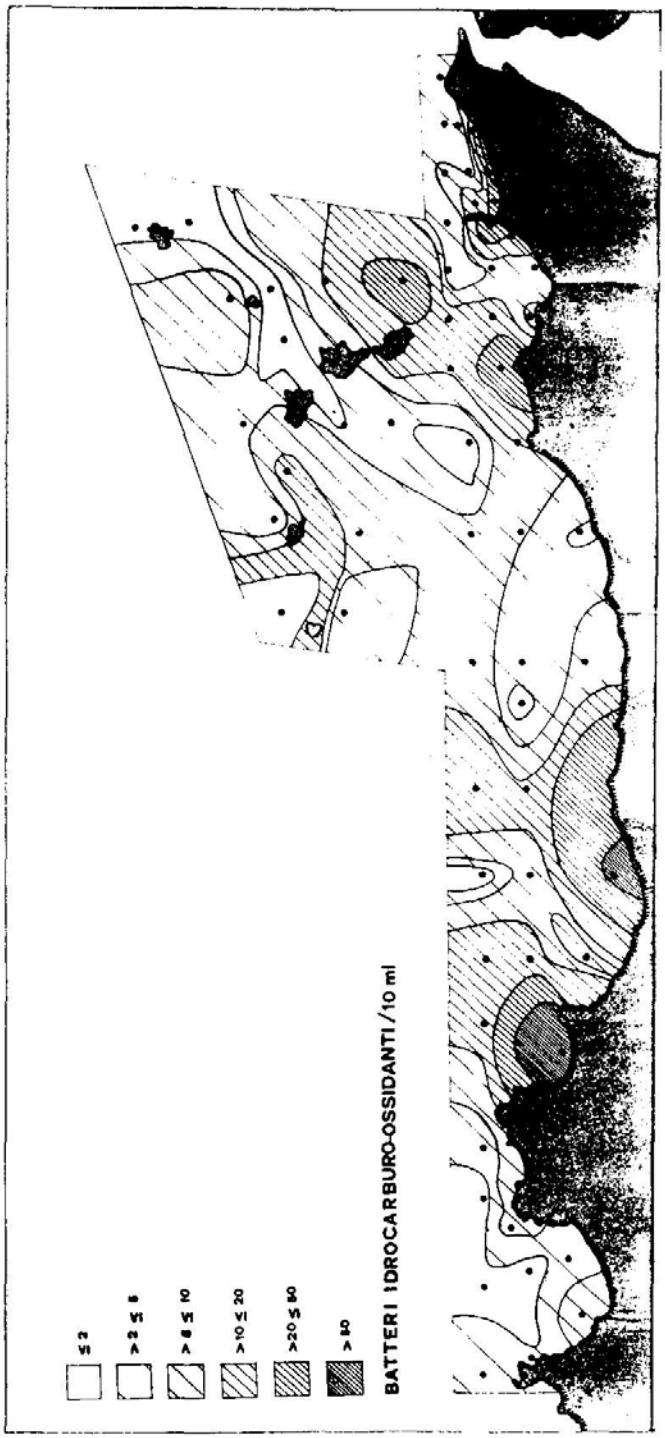


Figura 2 : Distribuzione dei B.I.O. nell'area di studio.

Tabella 2 : Correlazioni tra popolazione B. I. O. ed indici di qualità delle acque nelle zone studiate.

	G.di Castellammare e coste orientali Prov. di Palermo	Isole Eolie e coste occidentali Prov. di Messina	G.di Patti e G.di Milazzo
B.I.O. / B.ETEROTROFI	0,81	0,81	0,11
B.I.O. / COLIFORMI TOT.	0,78	-0,05	0,03
B.I.O. / P TOTALE	0,41	-0,05	0,18

Tabella 3 : Rapporti percentuali della popolazione B. I. O. in confronto alla carica eterotrofica.

	$\frac{(\bar{X})\ pop.\ B.I.O.}{(\bar{X})pop.\ Eterotrof.}$	
	%	(dev.std.)
G.di Castellammare e coste orientali Prov.di Palermo	1,4	(1,70)
Isole Eolie e coste occidentali Prov.di Messina	1,8	(1,73)
Golfo di Patti	3,8	(3,43)
Baia di Milazzo	5,1	(4,00)

HEAVY METAL ABUNDANCE AND DISTRIBUTION IN THE AQUATIC ECOSYSTEM SOUTHERN LAKE MAGGIORE

H. MUNTAU*, R. BAUDO**, R. DE BERNARDI**

* J.R.C. Ispra, Divisione Chimica, Ispra (Varese)
** C.N.R. Istituto Italiano di Idrobiologia, Pallanza

INTRODUCTION

Though widespread interest concerning the specific role of toxic heavy metal traces in freshwater environments is well documented by many publications, comprehensive and detailed studies of complete aquatic ecosystems are still extremely rare.

The study presented here attempted to establish for an important, terms of size and socio-ecological significance, aquatic ecosystem, heavy metal balance considering input, output, abundance and accumulations in the most important ecological compartments of the system.

The chosen ecosystem covers 65 km^2 of lakes surface with a perimeter of about 80 km and a catchment area of about 2600 km^2 and included the southern basin of Lake Maggiore as well as the Pallanza basin and is board by the line Ghiffa-Caldé.

Several smaller lakes (Orta, Mergozzo, Menate, Varese) are connected to the ecosystem through small rivers.

Major tributary is River Toce with a catchment area of 1700 km^2 and an average input of 76 m^3/sec.

Southern Lake Maggiore has been chosen for the following reasons:

- Lake Maggiore could be a representative example of the series of North-Italian subalpine lakes of similar age, morphology and geologie environment, which can be considered as fresh water reserves for the densily populated region Lombardia in the near future.
- For Lake Maggiore and its catchment area existed already an invaluable background of basic informations, for example hydrophysical data (temperature, currents, rainfall, wind speed and direction and other meteorological parameters), as well as data on overall productivity and related topics, which will considerably facilitate the interpretation of trace element measurements.

- A literature survey related that no trace element data were available on Lake Maggiore. On the other hand, a very differentiated locai geology produced a high number of heavy metal ore deposits (Cr, Ni, Co, Pb, Cu, Zn, Au) around the lake, which will reflect on the heavy metal input into the ecosystem, thus enabling us to distinguish geochemical and anthropogenic influences on the ecological chain.

The compartment considered are reported in Table 1.

As shown in Table 2 the elements determined (Step 1) include the most important trace elements as well as a number of matric elements.

Certain additional elements (Step 2) of environmental, biological and geochemical interest were determined in the sediments, the bedrock samples and in a selection of aquatic plants.

Some organic trace compounds (Step 3) are currently under study, considering first fish (5 species) and plankton.

This last step, hopefully completed until the end of 1981, will yield an additional piece of information on the state of health of one of the most important freshwater bodies of Italy.

Table 3 shows a detailed sampling plan, whereas Table 4 presents the development on the project.

MAJOR RESULTS

In the context of this study some 70000 analytical data nave been generated. The limited space available does not allow to present many details here.

The heavy metals present in the ecosystem fall into 2 categories: the first represents the "available" fraction in a broader sense, i.e., metals dissolved in water or associated with organic material, subject to decay, suspended matter included.

The second category consists of metals associated with sediments. There is no doubt that, depending on the local conditions, a smaller or larger fraction of the metals bound to sediments continues to be "available", though to a more lesser degree than the first category.

The ratios between the two categories show for the different metals the following ranking:

Cd (19.6%) > Zn (11.1%) > Cu (8.8%) > Ni (5.7%) > Hg (2.5%) > Pb (1.9%) > Cr (1.1%) > Mn (0.01%).

The total heavy metal abundance in the major ecological compartments is given in Table 5.

Using "fossile" sediment cores of about 8 m of length, taken near Ghiffa, as a reference, figures between 41.7% (Mn) and only 1.5% (Hg) can be attributed to natural (geochemical) sources.

Detailed results obtained during the evolvement of the project for the single ecological compartments are currently in print in form of a series of research papers appearing as dedicated volume of Memorie dell'Istituto Italiano di Idrobiologia (Volume 38, 1980).

Tab. 1 - Integrated heavy metal abundance and distribution study Lake Maggiore.(1968-1978).

ECOLOGICAL COMPARTMENTS STUDIED

- WATER (SURFACE, EPILIMMION, BOTTOM)
- SEDIMENTS (BOTTOM 1964 AND 1974; LITTORAL)
- AQUATIC FLORA
- PLANKTON, SESTON
- FISH
- ATMOSPHERIC OUTFALL (DUST AND PRECIPITATIONS)
- TRIBUTARIES
- BEDROCK OF THE WATER SHED

Tab. 2 - Analytical parameters considered during the study.

Step 1	Hg, Pb, Cd, Cu, Cr, Ni, Zn, Mn, Fé, Ca, Ti, K, Na, P, N, Mg, S
Step 2	As, Se, Mo, Co, Ag, Au, U, Rb, Cs, La, Sn, W, Sc, Sb, Br
Step 3	ORGANIC POLLUTANTS (PCB's, HCH'a, HCB, DDT, DDE, etc.)

Tab. 3 – Analytical evaluation of trace element distribution in the aquatic ecosystem Southern Lake Maggiore: Sampling plan.

ECOLOGICAL COMPARTMENT	NUMBER OF SAMPLING STATIONS	SAMPLING PERIOD (years)	SAMPLING FREQUENCY (samplings/years)	ELEMENTS TO BE DETERMINED
SURFACE WATER (–0.5 m)	66	4	5	Cu, Ni, Pb, Cr, Mn, Zn, Cd, Na, K, Ca, Mg, Sr, N, P_{tot}, PO_4^{3-}, SO_4^{2-}, Cl^-, O_2, CO_2 (pH, alcalinity, conductivity)
TRIBUTARIES	16	4	5	AS ABOVE.
EPILIMNIC WATER (–25 m)	12*	1	4	Fe, Mn, Zn, Pb, Cr, Cu, Ni, Cd, Hg
	3*	1	13	AS ABOVE.
BOTTOM WATER (IN CONTACT WITH THE SEDIMENTS SAMPLED)	40	1	1	AS ABOVE.
LITTORAL SEDIMENTS	48	1	1	Pb, Cu, Zn, Cd, Hg, Cr, Ni, Mn, Fe, Ca, Mg, Na, K, Ti, Al, Si, P, C, S
BOTTOM SEDIMENTS (TAKEN ALREADY IN 1964)	196	1	1	AS ABOVE.
BOTTOM SEDIMENTS (TAKEN IN 1975)	40	1	1	AS ABOVE, PLUS Ag, Au, As, Se, W, Co, Mo, La, Cs, Rb, Ce, U, Sb, Br, Sn

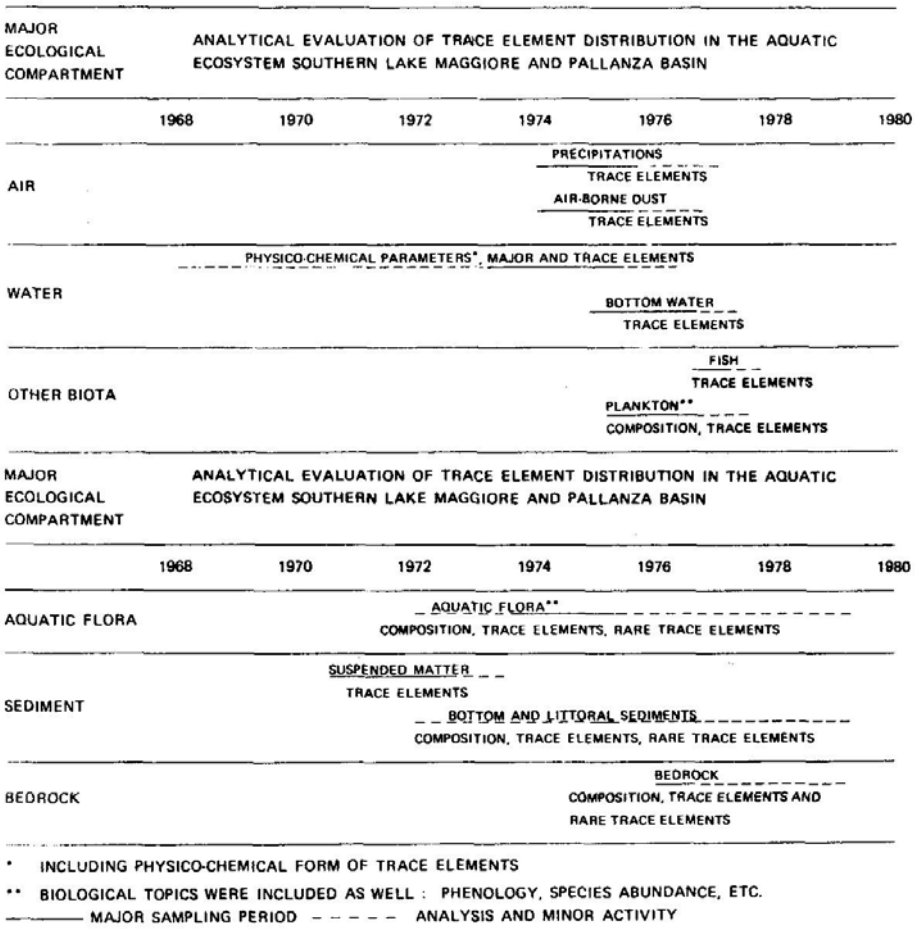
Table 3 cont.

ECOLOGICAL COMPARTMENT	NUMBER OF SAMPLING STATIONS	SAMPLING PERIOD (years)	SAMPLING FREQUENCY (samplings/year)	ELEMENTS TO BE DETERMINED
SESTON (> 0.45 μm)	66	1	1	Pb, Cu, Zn, Cd, Hg, Cr, Ni, Mn, Fe
PLANKTON (Net 10 and 20)	12*	1	1	Pb, Cu, Zn, Cd, Hg, Cr, Ni, Mn, Fe
	3*	1	13	AS ABOVE.
AQUATIC PLANTS (17 MOST ABUNDANT SPECIES)	48	2	4	Pb, Cu, Zn, Cd, Hg, Cr, Ni, Mn, Fe, N, C, H, S, P, Ca, K, Mg, Na, Si, Al
AQUATIC PLANTS (19 LESS ABUNDANT SPECIES)	THESE SPECIES WERE LOOKED AFTER OVER 4 YEARS DURING ALL OF THE SAMPLING CAMPAIGNS, BUT THEY WERE NOT ENCOUNTERED ALWAYS AND ALL TIME.			AS ABOVE.
AQUATIC PLANTS	80 SELECTED SAMPLES (ALL SPECIES, ALL STATIONS)			Ag, Au, As, Se, W, Co, Mo, La, Cs, Rb, Ce, U, Sb, Br, Sn

Table 3 cont.

ECOLOGICAL COMPARTMENT	NUMBER OF SAMPLING STATIONS	SAMPLING PERIOD (years)	SAMPLING FREQUENCY (samplings/year)	ELEMENTS TO BE DETERMINED
FISH	30 SPECIMENS BELONGING TO 5 SPECIES			Hg, Zn, Mn, Pb, Cu, Cr, Fe, Cd, Ni, Co
AIR (ATMOSPHERIC PARTICULATES)	1	1	26	Pb, Cu, Zn, Cd, Hg, Cr, Ni, Mn, Fe
PRECIPITATIONS (RAIN, SNOW)	2	1	15	Pb, Cu, Zn, Cd, Hg, Cr, Ni, Mn
BEDROCK	25	1	1	Si, Al, Ti, Ca, Mg, K, Na, Pb, Cu, Zn, Cd, Hg, Cr, Ni, Mn, Sn, Se, As, Sb, Br, Mo, W, Sc, Ce, La, Co, Rb, Cs, Fe

Tab. 4– Analytical evaluation of trace element distribution in the aquatic ecosystem Southern Lake Maggiore and Pallanza basin.



Tab. 5 – Heavy metal abundance in the major ecological compartments of Southern Lake Maggiore.

Element	Bottom sediment (uppermost 10 cm) (t)	Water <0.45 µm (t)	Suspended matter >0.45 µm (t)	Plankton <125 µm (t)	Plankton <65 µm (t)	Macrophyte (Kg)
Zn	4820	484.4	43.4	3.67	3.98	17
Pb	2533	34.8	12.1	0.35	0.80	6
Cu	1284	101.8	9.4	0.50	0.59	3
Cr	2083	13.7	8.3	0.41	0.30	15
Ni	1335	67.1	9.0	0.24	0.29	7
Cd	22.4	1.7	2.6	0.05	0.06	0.4
Hg	104.3	2.4	0.21	0.01	0.01	0.2
Mn	11900	67.1	10.2	0.86	1.23	86

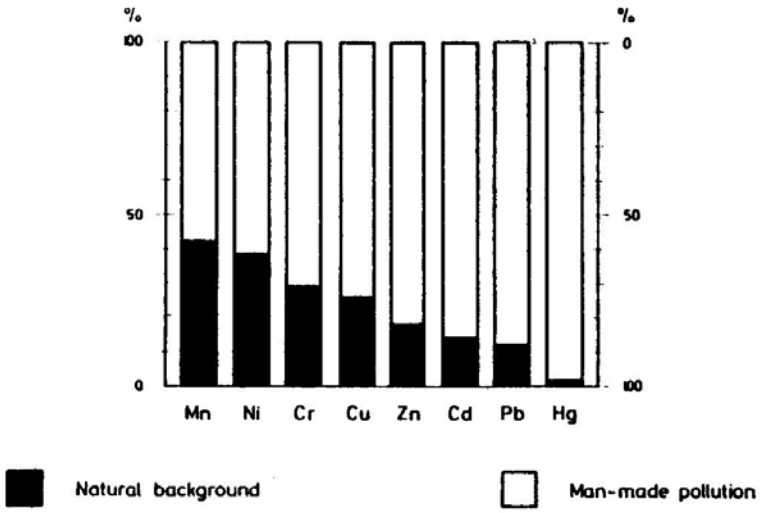


Fig. 1 – Natural background and man-made pollution in Lake Maggiore sediments.