

A T T I
DELLA
SOCIETÀ TOSCANA
DI
SCIENZE NATURALI
RESIDENTE IN PISA

MEMORIE - SERIE B
SUPPLEMENTO VOL. LXXXVI - ANNO 1979

ATTI XI CONGRESSO
DELLA SOCIETÀ ITALIANA DI BIOLOGIA MARINA

ORBETELLO 23 - 26 MAGGIO 1979

ARTI GRAFICHE PACINI MARIOTTI - PISA - 1980

La Biologia Marina
e la gestione della Fascia Costiera

INDICE

Gestione delle risorse di pesca nella fascia costiera

Giovanni BOMBACE - La gestione razionale delle risorse nella fascia costiera (<i>Introduzione al tema</i>)	pag. 3
Dino LEVI, M. Gabriella ANDREOLI - Nota metodologica introduttiva sulle indagini esplorative mediante attrezzature a strascico	» 6
Carlo FROGLIA, Giuliano OREL - Considerazioni sulla pesca a strascico nella fascia costiera delle tre miglia in Adriatico	» 17
Arturo BOLOGNARI - Creazione di zone di riposo biologico nei compartimenti marittimi italiani	» 26
Guglielmo CAVALLARO, Fortunato MUNAÒ, Franco ANDALORO, Francesca SOLDANO - La situazione della piccola pesca litorale nello stretto di Messina nel dodicennio 1967-78	» 30
Giovanni MARANO, Raffaele VACCARELLA, Nicola CASAVOLA, Giovanni BELLO - Pesca e banchi naturali di Lamellibranchi in Terra di Bari	» 34

Acque salmastre: biologia e acquacoltura

Giuseppe COLOMBO, Ireneo FERRARI, Victor U. CECCHERELLI, Gianni CAVALLINI, Remigio ROSSI - Fattori idrologici e struttura dei popolamenti planctonici e bentonici della Sacca degli Scardovari	» 41
Giulio RELINI, Eva PISANO - Popolamenti di substrato duro nelle lagune di Orbetello	» 48
Giulio RELINI, Giorgio MATRICARDI - I Cirripedi Toracici delle lagune di Orbetello	» 55
Eva PISANO - Osservazioni sistematico-ecologiche su alcuni Briozoi della laguna di Orbetello	» 58
Giovanni DIVIACCO - Remarks on Crustaceans Amphipods of the Orbetello laggons (Grosseto)	» 62
Giorgio MATRICARDI - Echinodermi della laguna di Orbetello	» 65
Daniele BEDULLI, Elisabetta PERETTI - Recent development of the macrobenthos in a brackish lagoon of the Po river delta	» 69
Attilio SOLAZZI - Il fitoplancton: interazioni tra acque costiere e acque salmastre	» 73
Francesco CINELLI - Possibilità di reale sfruttamento dei vegetali marini delle coste italiane	» 77
Gianni CAVALLINI, Francesco PAESANTI - Nota sul ciclo annuale delle caratteristiche idrologiche e della concentrazione in Clorofilla-A fitoplanctonica della Sacca degli Scardovari (Delta del Po)	» 80
Claudio TOLOMIO, Mara MARZOCCHI, Attilio SOLAZZI, Fabio CAVOLO, Clara SALAFIA - Popolamenti fitoplanctonici in una stazione antistante il delta del Po	» 83
Claudio TOLOMIO, Fabio CAVOLO, Paolo FAVERO, Mara MARZOCCHI, Attilio SOLAZZI - Delta del Po. II. Ricerche fitoplanctoniche e idrologiche nella Sacca del Canarin (nov. 1977 - ott. 1978)	» 84
Maria Grazia MAZZOCCHI, Ireneo FERRARI - Variazioni a lungo e a breve termine dello zooplancton nella Sacca del Canarin (Delta del Po)	» 85

Serena FONDA UMANI, Mario SPECCHI - Dati quantitativi sullo zooplancton raccolto presso le due bocche principali della laguna di Grado (Alto Adriatico)	» 89
Costanzo M. DE ANGELIS - Situazione e prospettive dell'acquacoltura lungo le coste della Toscana	» 94
Mario GIANNINI, Roberto VITALI, Gilberto GANDOLFI - Studio quantitativo sul popolamento ittico di un ambiente salmastro del delta del fiume Po (Sacca del Canarin)	» 100
Anna R. CHIEREGATO, Ireneo FERRARI, Remigio ROSSI - Il regime alimentare degli stadi giovanili di orata, branzino, botolo e lotregano nella Sacca di Scardovari	» 104
Claudio COSTA, Roberto MINERVINI - Le specie ittiche del lago di Sabaudia di prevalente interesse economico. Nota I. Una metodica per l'allevamento intensivo di <i>Dicentrarchus labrax</i> (L.) e <i>Diplodus sargus</i> (L.)	» 108
Lia PAGGI, Paola ORECCHIA, Gabriella CANCRINI, Nicola CATALINI, Roberto MINERVINI - Le specie ittiche del lago di Sabaudia di prevalente interesse economico. Nota II. Osservazioni parassitologiche	» 112
Febo LUMARE - Studio comparativo di metodologie di riproduzione indotta in <i>Penaeus kerathurus</i> Forskål 1775 (Decapoda, Natantia)	» 114
Giovanni PALMEGIANO, Marco G. SAROGLIA - Utilizzazione di scarichi termici in crostaceicoltura. Rapporto tra tasso di accrescimento e « carrying capacity »	» 123
Paolo BREBER, Giovanni B. PALMEGIANO - Uova di <i>Sepia officinalis</i> seminate nella laguna di Lesina a scopo di pesca: prime esperienze	» 127
Victor U. CECCHERELLI, Aurora PRATI, Vittorio GAIANI - Note sull'accrescimento e la produzione di <i>Mytilus galloprovincialis</i> Lamk in un banco naturale della Sacca di Scardovari	» 134
Corrado PICCINETTI, Gabriella PICCINETTI MANFRIN - La pialassa ravenne: ambiente vallivo da risanare	» 138

Inquinamento costiero: fonti, natura ed effetti

Joseph BERGERARD - Consequences ecologiques de la pollution pétrolière due au naufrage de l'« Amoco Cadiz » sur les côtes de Bretagne	» 143
Dan MANOLELI - Des modifications survenues ces 30 dernières années dans la composition de la faune benthique du littoral roumain (Mer Noire)	» 152
Anna M. BONVICINI PAGLIAI, Roberto CREMA, Edmondo IOANNILLI, Mauro BERTONATI, Romeo CIRONI, Roberto VITALI - Caratteristiche strutturali del macrobenthos della fascia infralitorale antistante la centrale di Torre Valdaliga (Civitavecchia)	» 160
Edmondo IOANNILLI, Roberto CREMA, Anna M. BONVICINI PAGLIAI, Mauro BERTONATI, Romeo CIRONI, Roberto VITALI - Qualità dell'acqua e comunità fitoplanctoniche in rapporto allo scarico termico della centrale termoelettrica di Torre Valdaliga (Civitavecchia)	» 168
Roberto CREMA, Edmondo IOANNILLI, Anna M. BONVICINI PAGLIAI, Mauro BERTONATI, Romeo CIRONI, Roberto VITALI - Chimica fisica delle acque e produttività primaria nel tratto di mare antistante la centrale termoelettrica di Piombino	» 182
Mario INNAMORATI, Adriana BOCHICCHIO, Roberto GABBRIELLI, Carlo LENZI GRILLINI - Effetti dell'incremento termico artificiale nel mare di Torre del Sale (Golfo di Follonica). Primi risultati	» 190

Romano FERRARA, Alfredo SERITTI, Stefano DE RANIERI, Antonio PETRO-SINO, Giovanni DEL CARRATORE, Maurizio TORTI - Distribuzione dei metalli pesanti nelle acque costiere della Toscana Settentrionale .	» 199
Enzo ORLANDO, Marina MAURI - Esperienze in laboratorio sull'accumulo di manganese in <i>Donax trunculus</i> L. (Bivalvia)	» 204
Marina MAURI - Incorporazione del manganese e del ferro nella conchi-glia di <i>Donax trunculus</i> L. (Bivalvia)	» 211
Cristina NASCI, Valentino U. FOSSATO - Studio sulla fisiologia dei miti-li e sulla loro capacità di accumulare idrocarburi e idrocarburi clo-rati	» 216
Giancarlo FAVA, Eugenio CROTTI - Effetto paradosso di un detersivo a base di LAS in <i>Tisbe holothuriae</i> Humes (Copepoda Harpacticoida) .	» 219
Angelo STRUSI, Pietro PANETTA, Raffaele SERIO - Correlazione tra le ca-riche batteriche ed i nutrienti nei mari di Taranto	» 223

Conoscenza e promozione dell'ambiente costiero

Robert B. CLARK - Monitoring change in the marine environment . . .	» 229
Michele SARA' - Il ruolo dei Poriferi nell'ecosistema marino litorale . .	» 248
Patrizia CASALI, Gabriella MANFRIN, Anna Rosa SCARANI, Nadia TEGAC- CIA - Dati preliminari sull'ecologia di una zona costiera dell'Adriatico .	» 254
Silvano RIGGIO, Giovanni DI PISA - Indagini preliminari sui patterns di insediamento dei popolamenti bentonici nel porto di Palermo . .	» 258
Anna M. COGNETTI VARRIALE - Su due Policheti Owenidi di sabbie infra-litorali del golfo di Follonica	» 263
Riccardo CATTANEO, Sebastiano GERACI - Il popolamento a Briozoi (Chei-lostomata) della prateria a <i>Posidonia</i> di Procchio (Isola d'Elba) . .	» 268
Mario INNAMORATI, Marta DE POL SIGNORINI - Spettri della radiazione visibile sottomarina nel Mar Ligure	» 269
Carlo LENZI GRILLINI, Ferdinando BUDINI GATTAI - Comunità fitoplanc-toniche del porto di Livorno e delle acque costiere antistanti . .	» 273
Armando BATTIATO, Mario CORMACI, Giovanni FURNARI, Blasco SCAM- MACCA - Osservazioni preliminari sulla zonazione dei popolamenti fitobentonici di substrato duro della penisola della Maddalena (Si- racusa)	» 278
Raffaele OLIVOTTI - Rimozione di alcuni metalli pesanti dalle acque re-sidue urbane mediante consueti trattamenti di depurazione . . .	» 279
Giuseppe COGNETTI - Prospettive per una migliore tutela delle acque do-po l'approvazione della legge del 24 dicembre 1979 n° 650 . . .	» 291
Luigi BOITANI, G. Domenico ARDIZZONE - Interventi locali e ap-proccio integrato in una strategia di conservazione del Mediterraneo .	» 294

Insedimenti su substrati duri artificiali

Alvise BARBARO, Mario CHIEPPA, Antonia FRANCESCON, Giulio RELINI, Angelo TURSÌ - Le repliche nello studio del fouling	» 301
Carla MORRI - Remarques sur les Hydraires vivants dans les salissures biologiques de quelques centrales thermo-électriques côtières ita-liennes	» 305
Giulio RELINI, Carlo N. BIANCHI - Prime osservazioni sul fouling della centrale termoelettrica di Torvaldaliga (Civitavecchia)	» 308
Giovanni DIVIACCO - Amphipods of fouling in the conduits of the electric power station of Torvaldaliga (Civitavecchia)	» 312

Carlo N. BIANCHI - Note préliminaire sur les Polychètes Serpuloidea (Annélides) de substrats artificiels immergés dans le Golfe de Gênes .	» 316
Eva PISANO - Osservazioni preliminari sui Briozoi di substrati artificiali immersi nel piano infralitorale del promontorio di Portofino (Mar Ligure)	» 320

Attività subacquee e loro ruolo nella ricerca biologica in mare

Eugenio FRESI - Attività subacquee e loro ruolo nella ricerca biologica marina	» 325
Francesco CINELLI, Eugenio FRESI - Contributo alla valutazione dell'effettiva incidenza della pesca subacquea sul patrimonio biologico delle acque costiere italiane	» 330
Paolo COLANTONI - Problemi legali e amministrativi dell'immersione scientifica	» 339

Varia

Lodovico GALLEN, Ursula SALGHETTI, Paolo TONGIORGI - Ricerche sui predatori dei mitili. La progressione della predazione nel policlade <i>Stylochus mediterraneus</i>	» 349
Patrizia NARDI, Marco NIGRO, Paolo TONGIORGI - Ricerche sui predatori dei mitili. Il gasteropode perforatore <i>Ocenebrina edwardsii</i>	» 353
Paolo M. BISOL, Vittorio VAROTTO, Bruno BATTAGLIA - Variabilità genetica di tre popolazioni del copepode artapcticoida <i>Tisbe bulbisetosa</i>	» 357
Massimiliano CERVELLI, Giancarlo FAVA - Variabilità genetica in <i>Tisbe bulbisetosa</i> (Copepoda, Harpacticoida) di tre lagune adriatiche	» 360
Milena MARINI, Ivan BENEDETTI - Considerazioni sulla variabilità di alcuni sistemi di neuroni in Teleostei appartenenti alla stessa famiglia	» 363
Anna M. BOLOGNANI FANTIN, ENZO OTTAVIANI, Lorenzo BOLOGNANI, Antonella FRANCHINI, Massimo MASSERINI - Studio istofunzionale dell'apparato digerente di <i>Murex brandaris</i> e <i>Murex trunculus</i>	» 366
Gilberto GANDOLFI, Remigio ROSSI, Paolo TONGIORGI, Paolo VILLANI - Osservazioni sulla montata delle ceche (<i>Anguilla anguilla</i> L.) alla foce dell'Arno (ottobre 1978 - maggio 1979)	» 370
Maurizio WURTZ - I cefalopodi raccolti nel Mar Ligure durante la campagna di pesca batiale 1977-78	» 374
Stefano DE RANIERI - La maturità sessuale nelle femmine di <i>Mullus barbatus</i> L. nell'Alto Tirreno	» 378
Giorgio FANCIULLI, Lidia RELINI ORSI - Biologia di <i>Phycis blennioides</i> Brunn. 2. Rapporto sessi e osservazioni sulla maturità sessuale	» 383
Marino VACCHI, Lidia RELINI ORSI - Alimentazione di <i>Chimaera monstrosa</i> L. sui fondi batiali liguri	» 388
Silvano FOCARDI, Lucia FALCIAI, Cristina GAMBI, Valeriano SPADINI - Alimentazione di <i>Mullus barbatus</i> nel Mar Tirreno	» 392
Laura ROTTINI SANDRINI - Valutazione statistica della variabilità intraspecifica in tre popolazioni mediterranee di <i>Muggiaea kochi</i> Will (Siphonophora, Calyophorae)	» 396
Salvatore CACCAMESE, Roberto AZZOLINA, Mario CORMACI, Giovanni FURNARI - Attività antimicrobica in alcune alghe della costa orientale della Sicilia	» 397
Stellario CREAZZO - Nota sulla distribuzione delle correnti di gradiente nel basso Tirreno	» 398

**INQUINAMENTO COSTIERO:
FONTI, NATURA ED EFFETTI**

E. IOANNILLI (*), R. CREMA (**), A.M. BONVICINI PAGLIAI (**),
M. BERTONATI (*), R. CIRONI (*), R. VITALI (*)

QUALITA' DELL'ACQUA E COMUNITA' FITOPLANCTONICHE IN RAPPORTO ALLO SCARICO TERMICO DELLA CENTRALE TERMoeLETTRICA DI TORRE VALDALIGA (CIVITAVECCHIA)

Riassunto — Nella primavera e nell'estate del 1977 sono state effettuate due serie di prelievi nella zona di mare antistante lo scarico termico della centrale termoelettrica di Torre Valdaliga. Le stazioni di prelievo sono state fissate allo scopo di poter operare confronti tra le caratteristiche di zone di mare più o meno prossime allo scarico fino a zone praticamente non interessate. La ristretta area immediatamente adiacente all'effluente termico non è stata studiata perché non rilevante ai fini pratici. Il confronto è stato effettuato sia sui principali parametri chimici di interesse ecologico sia su alcune caratteristiche strutturali delle comunità fitoplanctoniche. I risultati delle indagini hanno messo in luce quali sono i principali fattori che influenzano i parametri chimici in esame e la struttura delle comunità fitoplanctoniche e quale ruolo ha lo scarico termico.

Abstract — *Water quality and phytoplankton communities in a area of thermal discharge from a coastal power plant (Torre Valdaliga, Tyrrhenian sea coast).* In spring and summer, 1977 two series of samples were collected in the sea area affected by heated effluent discharged by the power station of Torre Valdaliga (Tyrrhenian sea coast, Lazio, Italy). The sampling sites were located in order to compare the features from zones in proximity to the heated effluent outlet as far as zones unaffected. The study of the restricted zone immediately facing thermal discharge was not performed. Comparisons were carried out both on the main chemical environmental parameters and on the structure of phytoplankton communities. Results allow to recognize the factors affecting water quality and phytoplankton communities structure and the role played by thermal discharge.

Key words — water quality, phytoplankton, thermal pollution.

INTRODUZIONE

Con l'uso dell'acqua di mare per il raffreddamento degli impianti per la produzione di energia elettrica consistenti quantità di calore vengono riversate nell'ambiente costiero. Gli studi che riguardano l'effetto di questo inquinamento termico, nei suoi vari aspetti chimici e biologici, hanno preso per lo più in esame zone molto ristrette, in vicinanza dello scarico, caratterizzate da sensibili aumenti della temperatura e dove sono state riscontrate modificazioni di varia natura (BOURGADE, 1976; BRIAND, 1975; GERCHAKOV *et al.*, 1971; KHALANSKY, 1978; ROESSLER, 1971; THORHAUG *et al.*, 1978).

In questo studio la valutazione dell'effetto dello scarico termico è stata effettuata in una zona più ampia, allo scopo di cogliere eventuali modifi-

(*) ENEL, Laboratorio Centrale DCO, via Bixio 39, 29100 Piacenza.

(**) Istituto di Zoologia dell'Università, via Università 4, 41100 Modena.

cazioni ambientali estese su un'area abbastanza vasta da avere rilevanza ai fini pratici.

L'area indagata riguarda la zona di mare interessata dallo scarico termico della centrale termoelettrica di Torre Valdaliga, situata sulla costa tirrenica a circa 5 Km a nord-ovest di Civitavecchia, in un tratto di costa bassa e rocciosa. L'impianto, che è operativo dal 1966 comprende 4 unità per una potenza totale di circa 1200 MW, con uno scarico termico complessivo, a piena potenza, di $346 \text{ Mcal sec}^{-1}$. Il raffreddamento è realizzato a ciclo aperto con un ΔT dell'acqua di circa 8°C .

Le indagini sono state condotte operando confronti tra le caratteristiche di zone di mare più o meno prossime allo sbocco del canale di scarico e zone praticamente non interessate. Il confronto è stato effettuato sia sui principali parametri chimici di interesse ecologico che su alcune caratteristiche strutturali delle comunità fitoplanctoniche.

METODI

I prelievi sono stati eseguiti su 4 transette che intersecano la costa a differenti distanze dallo scarico della centrale. La prima transetta è situata a circa 1 Km a sud-est dallo scarico, la seconda in corrispondenza dello scarico, la terza a circa 1 Km a nord-ovest e la quarta, infine, circa 4 Km a nord-ovest dello scarico, secondo lo schema rappresentato in Figura 1.

Per ogni transetta sono state fissate 2 stazioni alle profondità di 8 e 16 m. Nel testo ogni stazione viene indicata da un numero di due cifre di cui la prima (1, 2, 4, 5) si riferisce alla transetta, e la seconda (1, 2) alla profondità. Un'ulteriore stazione veniva fissata di volta in volta alla profondità di 8 m nel centro del « pennacchio termico » (stazione 31).

Sono state realizzate due serie di prelievi la prima nel Marzo e la seconda nel Luglio del 1977.

I prelievi per le analisi chimiche sono stati effettuati alla profondità di 50 cm. Quattro prelievi consecutivi miscelati costituivano un campione. Su questi campioni è stata determinata una serie di parametri chimici raggruppati, per comodità, sotto le denominazioni di nutrienti (PO_4^{3-} , NO_3^- , NO_2^- , NH_4^+ , SiO_2), indicatori di inquinamento organico (TOC, N organico, P totale) e pigmenti (Chl a , Carotenoidi). Per i dettagli delle procedure analitiche utilizzate vedasi STRICKLAND e PARSONS (1965). Le misure di O_2 , salinità, temperatura e pH sono state eseguite, mediante strumenti portatili, lungo tutto il profilo verticale.

Il fitoplancton è stato studiato su aliquote degli stessi campioni di acqua additivati di formalina neutra. Il conteggio è stato effettuato a livel-

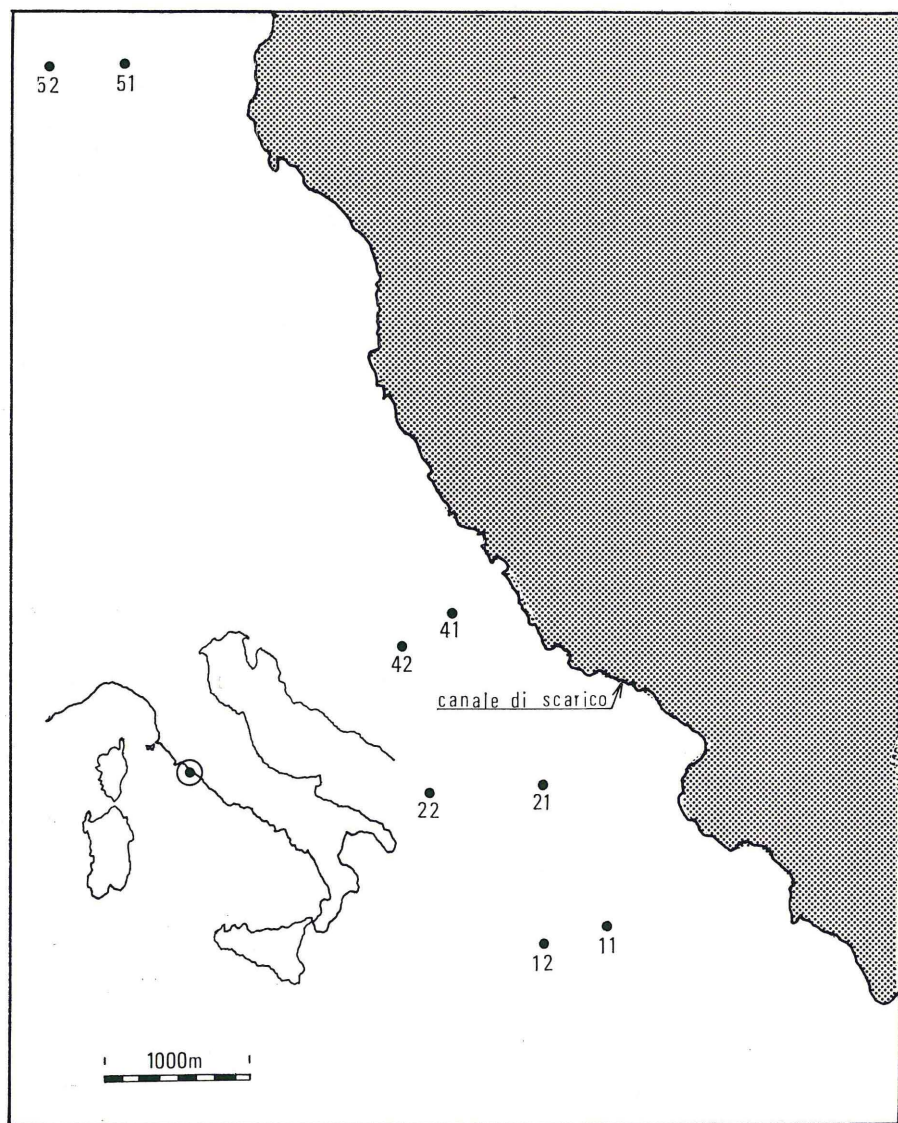


Fig. 1 - Area indagata e posizione delle stazioni di campionamento.

lo dei principali gruppi sistematici, mediante microscopio rovesciato, su sottocampioni di 10 ml ed i risultati riportati a 1 l. L'analisi delle componenti principali è stata effettuata mediante il programma riportato da COOLEY e LHONES (1971).

RISULTATI E DISCUSSIONE

I risultati ottenuti vengono riportati e discussi in rapporto 1. alla concentrazione di ossigeno disciolto, 2. alla concentrazione di sostanze nutritive, pigmenti e indicatori di inquinamento organico e 3. alle caratteristiche strutturali delle comunità fitoplanctoniche.

Ossigeno

I livelli di ossigeno disciolto sono risultati notevolmente elevati (vicini o superiori al livello di saturazione) in entrambe le campagne e in tutta la zona indagata (6,3-10 ppm, 94,4-136,0%).

Nei prelievi primaverili la concentrazione di ossigeno, come pure la % di saturazione, sono risultate in leggera diminuzione dalla superficie al fondo e poco variabili. Una variabilità più accentuata è stata riscontrata, come è naturale, nei prelievi estivi, nei quali si riscontrano gradienti positivi nella direzione superficie-fondo sia in termini di concentrazione che di % di saturazione. Tali gradienti rimangono pressochè inalterati al variare della concentrazione media di ossigeno che si verifica nel corso della giornata.

Relativamente all'intervallo di tempo (tra le ore 8.00 e le 17.00) in cui sono state effettuate le misure, è stata analizzata la dipendenza della concentrazione di ossigeno con l'ora del giorno. La dipendenza risulta di tipo approssimativamente lineare; i coefficienti di correlazione e di regressione trovati sono riportati nella Tabella 1.

Strato	Para- metro	Numero coppie	Coefficiente di correlazione	Coefficiente di regressione
Superficie	ppm	32	0,783	0,267 ppm/ora
	% sat.	32	0,814	4,01 %/ora
Fondo -8	ppm	16	0,529	0,418 ppm/ora
	% sat.	16	0,662	5,77 %/ora
Fondo -16	ppm	16	0,696	0,256 ppm/ora
	% sat.	16	0,924	3,60 %/ora

TABELLA 1 - Correlazione tra concentrazione di ossigeno e ora del giorno.

Data l'influenza della profondità e dell'ora del giorno sui valori di ossigeno, un confronto di sufficiente sensibilità tra stazioni collocate a differenti distanze dallo scarico termico può essere eseguito solo utilizzando procedure che tengano conto della variabilità associata a questi fattori.

A tale scopo è stata valutata la significatività statistica delle differenze associate alla transetta e alla profondità dopo aver riportato i singoli valori misurati al valore medio comune dell'ora del giorno, facendo uso delle appropriate leggi di regressione (e riducendo i gradi di libertà dell'errore del numero dei parametri ricavato dai dati), mediante analisi di varianza a 2 criteri. I confronti sono stati effettuati separatamente tra le stazioni al largo e tra quelle sottocosta delle diverse transette. I risultati riportati nella Tabella 2 permettono di trarre le seguenti conclusioni.

1. la percentuale di saturazione di ossigeno nelle stazioni in vicinanza della costa dipende in modo significativo dalla localizzazione della transetta; in termini di concentrazione le differenze, pur non essendo statisticamente significative, sono tuttavia dello stesso segno. C'è da osservare che

Fattore	Stazioni	% Saturazione	Concentrazione
Transetta (A)	Stazioni a -8	11,21,41 > 51	n.s.
	Stazioni a -16	n.s.	n.s.
Profondità (B)	Stazioni a -8	n.s.	Fondo > Superficie
	Stazioni a -16	n.s.	Fondo > Superficie
Interazione (A x B)	Stazioni a -8	n.s.	n.s.
	Stazioni a -16	n.s.	n.s.

TABELLA 2 - Significatività statistica (95%) delle differenze nella concentrazione di ossigeno associate alla posizione e alla profondità (previa correzione per l'effetto dell'ora del giorno).

le stazioni più vicine allo scarico termico sono altresì più vicine al porto di Civitavecchia e quindi in una zona in cui, presumibilmente, l'apporto di nutrienti è maggiore. E' interessante rilevare che anche in condizioni di sovrassaturazione l'uso dell'acqua per il raffreddamento del condensatore, associato al disturbo meccanico dovuto al pompaggio e allo scarico, non provoca un depauperamento di ossigeno.

2. Le differenze nella concentrazione di ossigeno tra fondo e superficie sono statisticamente significative, con valori sul fondo maggiori che in superficie, sia sottocosta che al largo. Analoghe differenze non si riscontrano in termini di percentuale di saturazione. L'interazione tra i due fattori non è mai statisticamente significativa, ad indicare che l'andamento dell'ossigeno con la profondità non dipende dalla posizione della stazione rispetto allo sbocco del canale di scarico.

Nutrienti, pigmenti e indicatori di inquinamento organico

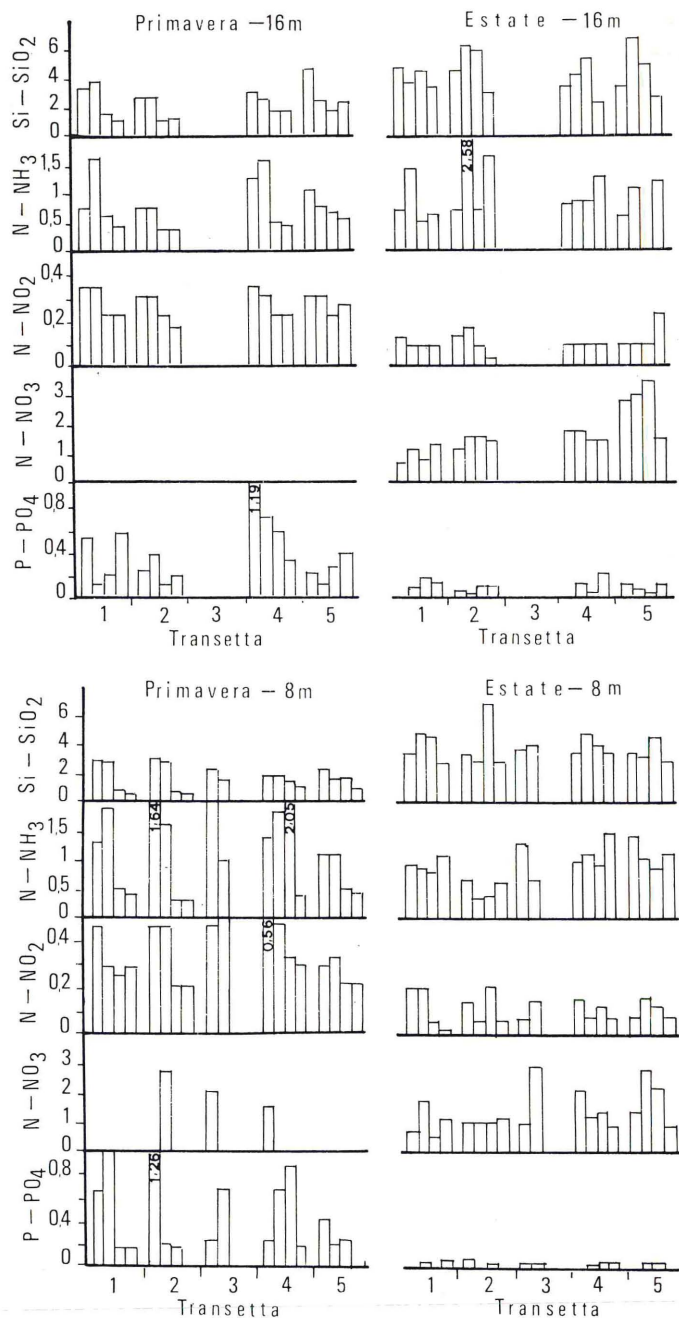
I risultati relativi a questi parametri sono rappresentati nelle Figure 2, 3 e 4. Il contenuto di nutrienti nei prelievi primaverili presenta una variabilità piuttosto ampia, mentre nei prelievi estivi i valori si sono mantenuti pressochè costanti nel tempo. La variabilità riscontrata nei prelievi primaverili può essere messa in relazione con una fioritura di diatomee avvenuta in concomitanza con i rilievi. Questo può spiegare anche la forte variabilità temporale che si riscontra nelle concentrazioni di pigmenti misurate in questo periodo.

Per quanto riguarda i parametri indicatori di inquinamento organico si può spesso rilevare l'esistenza di gradienti negativi con la distanza dal porto di Civitavecchia.

Nel confronto tra le varie stazioni, l'analisi dell'andamento dei parametri riportati in questo paragrafo non evidenzia in modo avvertibile modificazioni legate alla presenza dello scarico termico.

Fitoplancton

Nei prelievi primaverili esiste una notevole differenza nella composizione delle comunità in rapporto alla data del prelievo; si passa infatti da un primo periodo a forte dominanza di dinoflagellati ad una seconda fase in cui le diatomee diventano il gruppo prevalente. Essendo fortemente variate le condizioni tra la prima e la seconda fase di campionamento, un confronto diretto tra una stazione e l'altra che cumulasse i risultati di tutti i campionamenti, risulterebbe sicuramente non significativo (nelle

Fig. 2 - Andamento delle concentrazioni dei nutrienti ($\mu\text{g-at/l.}$).

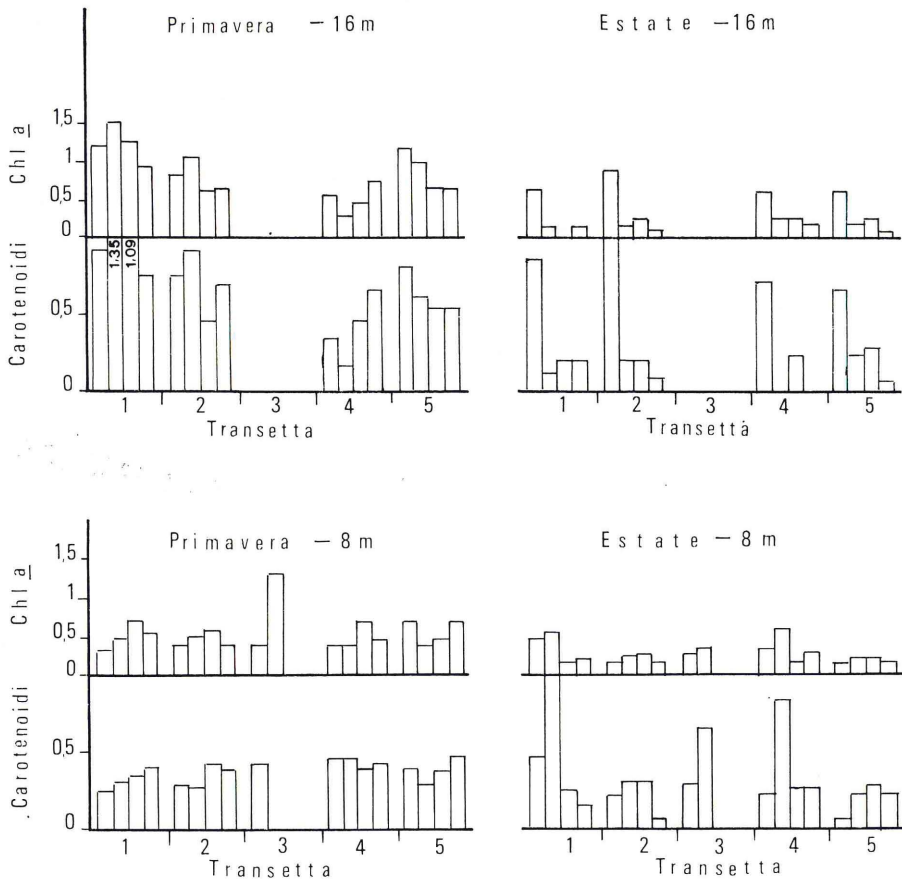


Fig. 3 - Andamento delle concentrazioni di alcuni pigmenti ($\mu\text{g/l}$).

stazioni poste alla profondità di — 8 m i campioni A e B sono stati prelevati nella prima fase e i campioni C e D nella seconda). Tale confronto può essere però eseguito con sufficiente sensibilità separando le due fasi. In questo modo è stata valutata la significatività statistica delle differenze tra stazione e stazione, tra fase e fase, nonchè dell'interazione tra i due fattori mediante l'analisi della varianza a due criteri di classificazione. I risultati di tali confronti sono riportati nella Tabella 3.

Un confronto diretto tra le abbondanze nelle varie stazioni alla profondità di — 16 m è invece possibile perché queste sono state tutte campionate quattro volte a breve distanza di tempo nella seconda fase. I confronti tra le abbondanze dei vari gruppi non hanno rivelato differenze sta-

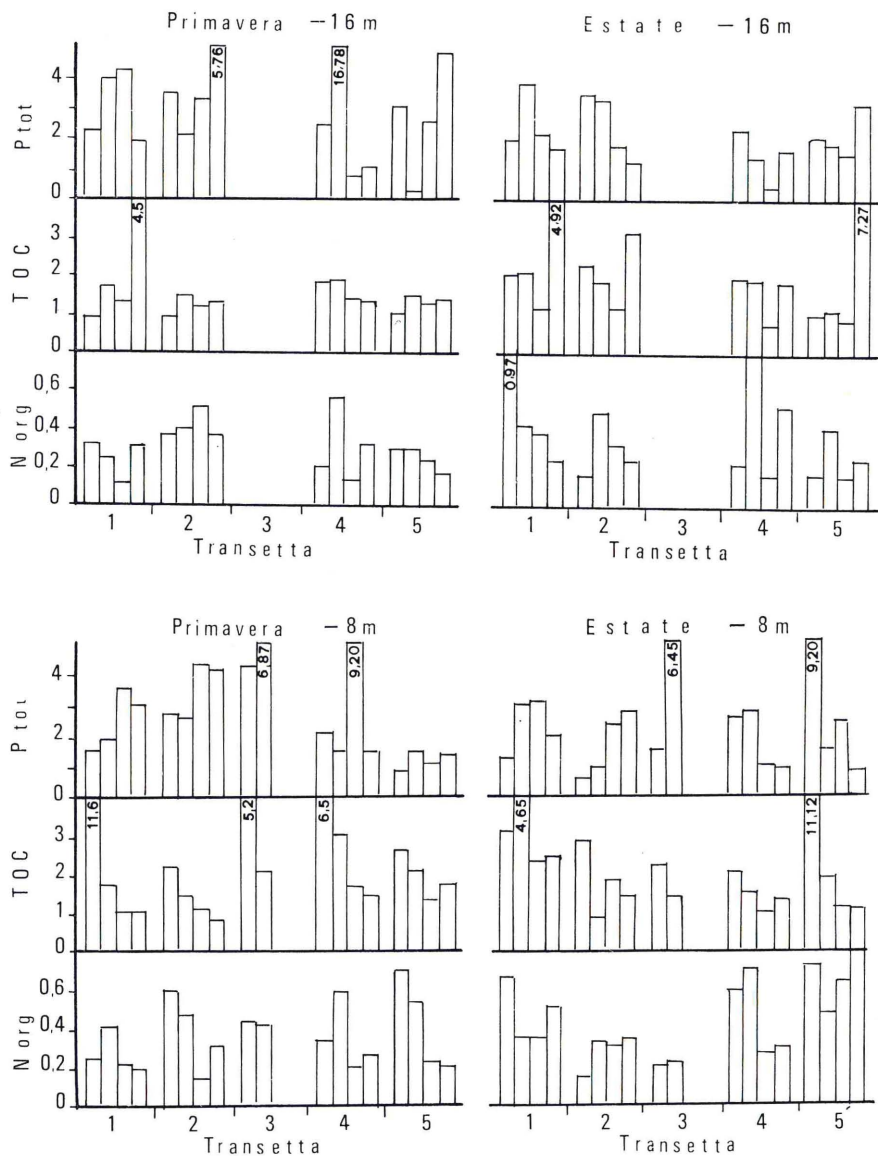


Fig. 4 - Andamento delle concentrazioni di alcuni indicatori di inquinamento organico (N org: mgN/l; TOC: mgC/l; P tot: $\mu\text{g-at/l}$).

tisticamente significative. I suddetti confronti sono stati effettuati separatamente per i diversi gruppi sistematici; tale procedura, da un punto di vista statistico, non è del tutto corretta in quanto le abbondanze dei diver-

Gruppo	Stazione	Fase	Interazione Stazione-Fase
Fitoplancton totale	n.s.	$II^{\wedge} > I^{\wedge}$	n.s.
Diatomee centriche	n.s.	$II^{\wedge} > I^{\wedge}$	n.s.
Diatomee pennate	n.s.	$II^{\wedge} > I^{\wedge}$	n.s.
Dinoflagellati	n.s.	n.s.	n.s.

TABELLA 3 - Significatività statistica (95%) delle differenze tra le stazioni e le fasi nelle abbondanze dei principali gruppi di fitoplancton.

si gruppi possono essere tra loro più o meno correlate. Per effettuare confronti tra i campioni, simultaneamente per tutti i gruppi sistematici considerati, è stata effettuata l'analisi delle componenti principali (ACP). In Figura 5 sono riportate le proiezioni sul piano della I e II componente principale (che riflettono, da sole, l'81% della varianza totale) dei punti-osservazione. In essa sono stati segregati punti-osservazione relativi alla stessa giornata di campionamento, separatamente per le stazioni a — 8 e a — 16 m. Risultano evidenti le differenze di struttura dei popolamenti tra le due fasi e anche tra un giorno e l'altro di campionamento, mentre si conferma l'assenza di una struttura spaziale definita. Evidentemente, quindi, la posizione della stazione di prelievo rispetto allo scarico della centrale non ha influenzato in modo significativo le abbondanze assolute dei vari gruppi, nemmeno in congiunzione con le forti variazioni di abbondanze tra prima e seconda fase.

Nei prelievi estivi le abbondanze totali non si discostano in modo evidente da quelle registrate nella prima fase della campagna primaverile; a differenza di quest'ultima non è possibile individuare, nel piano delle prime due componenti principali, gruppi di punti nettamente distinti associati ad un particolare tipo di popolamento. Analizzando però la dipendenza della prima componente principale con l'ora di campionamento (regressione riportata in fig. 6) si osserva che larga parte della variabilità è associata all'ora di campionamento dei vari replicati. In questa situazione si può dunque valutare con precisione la significatività statistica delle differenze dei valori della prima componente principale associate alla transetta e alla profondità, dopo avere riportato i singoli valori di essa al valore medio comune dell'ora di prelievo, facendo uso della legge di regressione trovata,

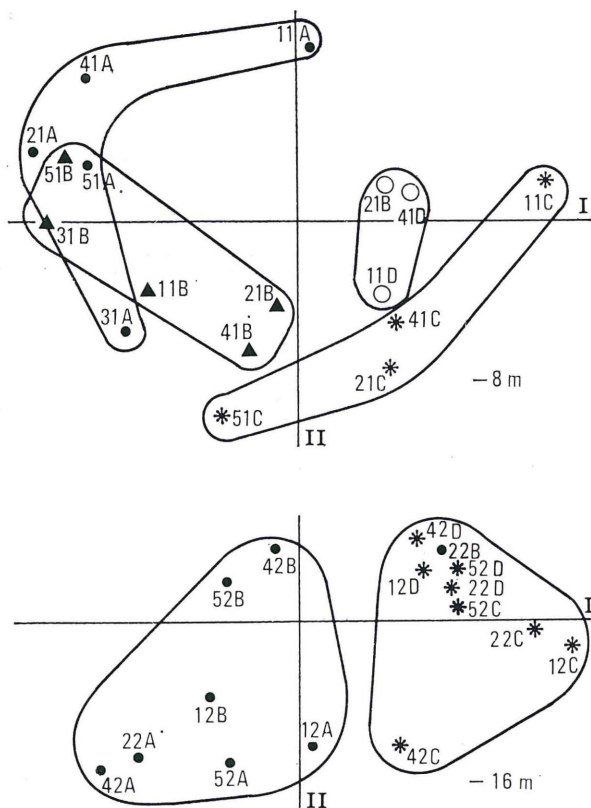


Fig. 5 - Prelievi primaverili di fitoplancton: proiezione dei punti osservazione nel piano della I e II componente.

Ovviamente occorre ridurre i gradi di libertà dell'errore di un'unità a causa dell'utilizzazione del coefficiente di regressione b ricavato dai dati stessi: facendo ciò assumiamo che il valore vero di b sia identico per tutte le stazioni. I risultati di queste analisi sono riportati nella Tabella 4.

Avendo rilevato differenze significative nei suddetti confronti dopo correzione per l'ora media di prelievo, possiamo affermare che questa ha agito nel senso di mascherare differenze realmente esistenti tra le varie transette e le due profondità in cui sono stati effettuati i prelievi. La Figura 7 mostra infatti, per la profondità di -8 m, una progressiva diminuzione del valore corretto medio della I componente in funzione della distanza dal porto, mentre l'andamento che si riferisce ai -16 m è poco definito. Il porto ha quindi un'influenza maggiore nel tratto di mare

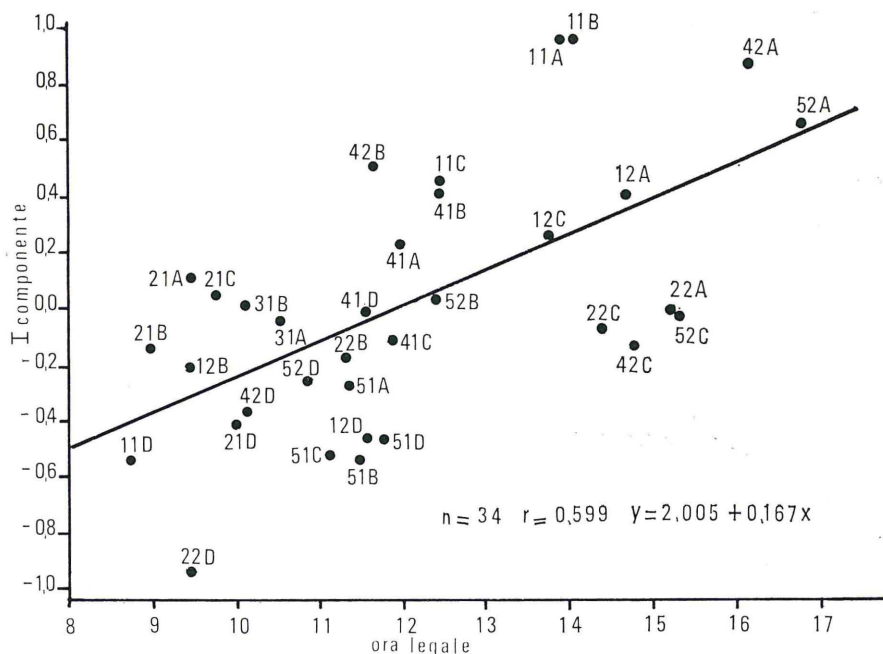


Fig. 6 - Prelievi estivi di fitoplancton: correlazione tra I componente e ora legale di ciascun punto osservazione.

Fattore	differenze statistiche
Transetta	1 > 2,4,5; 2 e 4 > 5
Batimetria	- 8 m > - 16 m

TABELLA 4 - Significatività statistica (95%) delle differenze della I componente corretta associate alla transetta e alla profondità.

sottocosta piuttosto che al largo. Allo scopo di valutare l'importanza relativa del fattore « distanza dal porto » rispetto al fattore « ora del giorno » è stata eseguita, separando le stazioni al largo da quelle sottocosta, la *stepwise multiple regression* della I componente, senza correzione, in funzione di « ora di prelievo » e « distanza dal porto » (tab. 5). Questa analisi permette di stabilire il coefficiente di correlazione multipla (R_{y12}) e la significatività dell'effetto delle singole variabili indipendenti introdotte. La correlazione è significativa in entrambi i casi, tuttavia solo per le sta-

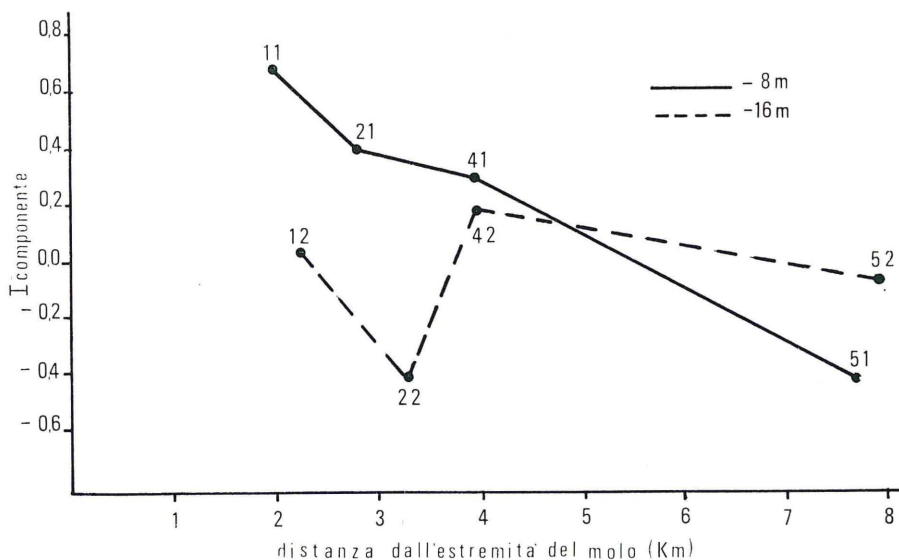


Fig. 7 - Andamento della I componente corretta, relativa alle 2 profondità, in funzione della distanza dal porto.

Stazioni	N	$R_{y_{12}}$	F (regr. mult.)	F_{x_2} (dist. dal porto)
Staz. a -8	16	0,92	signif.	signif.
Staz. a -16	16	0,70	signif.	n.s.

TABELLA 5 - Coefficiente di correlazione multipla della I componente e significatività (95%) del fattore « distanza dal porto ».

zioni sottocosta è possibile affermare l'esistenza, a livello di probabilità del 95%, di una diretta influenza del porto nella differenziazione della struttura dei popolamenti fitoplanctonici.

Nella situazione estiva, quindi, la struttura delle comunità fitoplanctoniche nell'area esaminata risulta essere influenzata soprattutto dal grado di diluizione dell'acqua di provenienza portuale.

In conclusione, in nessuna delle due campagne di indagine, primaverile ed estiva, tale struttura è risultata differire sensibilmente tra zone di mare sotto l'influenza del pennacchio termico e zone che si possono ritenere di riferimento. Pertanto l'effetto dello scarico termico per via di-

retta o in sinergismo con gli scarichi urbani, potrebbe esistere solo in una zona molto ristretta in prossimità dello sbocco del canale, zona non indagata nel presente lavoro.

LETTERATURA CITATA

- BOURGADE B. (1976) - Impact des rejets thermiques sur les populations phytoplanctoniques aux abords de la centrale thermique E.D.F. Martigue Ponteau. *Tethys*, **8**, 47-62.
- BRIAND F. J. P. (1975) - Effect of power plant cooling systems on marine phytoplankton. *Mar. Biol.*, **33**, 135-146.
- COOLEY W. W., LHONES D. R. (1971) - Multivariate data analysis. Wiley & Sons, New York.
- GERKAKOV S. M., SEGAR D. A., STEARNS R. D. (1971) - Chemical and hydrological investigations in an area of thermal discharge into a tropical marine estuary. *Thyrd nat. Symp. on Radioecology, Oak Ridge, Tenn.*
- KALANSKY M. (1978) - Perturbations écologiques liées à l'implantation de centrales thermiques de grande puissance sur le littoral. *Oceanis*, **4**, 152-195.
- KOLHEMAINEN S. E., MARTIN F. D., SCHROEDER P. B. (1975) - Thermal studies on tropical marine ecosystems in Puerto Rico. In: *Environmental Effects of Cooling Systems at Nuclear Power Plants* pp. 409-422, International Atomic Energy Agency. Vienna.
- ROESSLER M. (1971) - Environmental changes associated with a Florida power plant. *Mar. Pollut. Bull.*, **2**, 87-90.
- STRICKLAND J. D. H., PARSONS T. R. (1965) - A manual of sea water analysis. *Fis. Res. Board Canada*, Ottawa, 203 pp.
- THORAUG A., BLAKE N., SCHROEDER P. B. (1978) - The effect of heated effluents from power plants on seagrass (*Thalassia*) communities quantitatively comparing estuaries in the subtropics to the tropics. *Mar. Pollut. Bull.*, **9**, 181-187.