

A. CASTELLI (*), R. CREMA (*), D. PREVEDELLI (*),
R. ZUNARELLI VANDINI (*)

CARATTERIZZAZIONE BIONOMICA DI FONDI MOLLI INFRALITORALI DELL'ALTO TIRRENO TOSCANO

Riassunto — La caratterizzazione di fondi molli dell'infralitorale Toscano basata sull'analisi della distribuzione dei Policheti ha permesso di riconoscere un mosaico di popolamenti correlati essenzialmente con alcune caratteristiche dell'ambiente quali la tessitura granulometrica del substrato, l'apporto di sostanza organica e l'energia idrodinamica a livello dei fondali. In generale si susseguono, abbastanza omogeneamente, biocenosi «sabbie fini ben calibrate» e «fanghi terrigeni costieri», mentre biocenosi particolari, quali «sabbie grossolane e ghiaie fini sotto l'influenza di correnti di fondo» sono localizzate in aree ristrette. L'aumento di specie saprobie, indicatrici di arricchimento organico, associato a modificazioni della successione batimetrica delle biocenosi, è limitato a zone ristrette in prossimità della foce dei fiumi o ad aree portuali. Gravi alterazioni del popolamento, fino alla completa defaunazione, sono state riscontrate esclusivamente nell'area di mare antistante l'insediamento industriale di Rosignano Solvay.

Abstract — *Bionomic characterization of infralittoral soft bottoms of Northern Tyrrhenian Sea* — Characterization of infralittoral soft bottoms off Tyrrhenian Sea Tuscany coasts based on Polychaete distribution evidences a patchy distribution of communities basically related with the grain size, organic enrichment and amount of hydrodynamic energy near the bottom. Generally, fine sand communities, close to the coastline, are followed, further off-shore, by terrigenous mud communities. Some restricted areas are populated by coarse sand communities while enhanced abundance of saprobic species and a modified pattern of batimetric succession indicates organic enrichment of limited areas close to river estuaries and harbors. Strongly modified biocenoses and even completely defaunated bottoms have been observed in the area facing the industrial centre of Rosignano Solvay.

Key words — Polychaete communities, benthic bionomy, macrofauna, soft bottoms, western Mediterranean.

(*) Dipartimento di Biologia Animale dell'Università di Modena, Via dell'Università, 4 - 41100 Modena.

INTRODUZIONE

Un'importante acquisizione della sinecologia, con notevoli risvolti applicativi, consiste nel fornire un ulteriore criterio di inquadramento ambientale: quello bionomico che aggiunto ad altri, quali quello geologico, chimico fisico, socio economico ecc., va a costituire una forte base conoscitiva indispensabile per la classificazione degli ambienti e per la valutazione della loro evoluzione a medio e lungo termine. Una tale conoscenza è strumento fondamentale per la conservazione e gestione delle risorse ambientali.

La classificazione bionomica individua, o tenta di individuare, il complesso biocenotico come elemento descrittore di una determinata situazione ambientale.

Nell'ambiente marino esso si mostra particolarmente efficace nel piano infralitorale, probabilmente perché in questo piano si possono verificare sensibili variazioni delle condizioni ambientali nell'ambito di spazi relativamente ristretti. Nei fondi a predominanza animale, la fase di partenza per qualsiasi tentativo di classificazione bionomica è la conoscenza faunistica del complesso biocenotico presente nell'area.

La caratterizzazione faunistica della fascia costiera dell'Alto Tirreno Toscano è stata, fino ad oggi, portata avanti in modo assai poco sistematico e molto discontinuo ed ha privilegiato zone di mare particolarmente importanti o dal punto di vista naturalistico o per situazioni particolari legate a fattori naturali od attività antropiche. Indagini faunistiche in aree di alto valore naturalistico riguardano, ad es. le Secche della Meloria (BACCI *et al.*, 1969), le isole dell'arcipelago, con particolare riguardo alle coste dell'Isola d'Elba (ALBERTELLI *et al.*, 1983; FARINA *et al.*, 1985); mentre studi di aree soggette all'impatto di fattori naturali ed antropici riguardano, ad es., la foce dell'Arno (CASTELLI, 1982; CASTELLI *et al.*, 1986a), la foce dell'Ombrone (CASTAGNOLO *et al.*, 1981; FRESI *et al.*, 1983; CASTELLI *et al.*, 1986b), l'area portuale di Portoferraio (CASTELLI e LARDICCI, 1985; CASTELLI *et al.*, 1990), l'area antistante Rosignano Solvay (COGNETTI *et al.*, 1987) ed il Golfo di Follonica (ZUNARELLI VANDINI e COGNETTI VARRIALE, 1981; LARDICCI *et al.*, 1992).

Pur nella loro frammentarietà e nel loro carattere prevalentemente descrittivo questi studi forniscono una notevole mole di informazioni sulla composizione faunistica dei fondi molli dell'infralitorale Toscano. In questi fondi la polichetofauna è fortemente dominante e costituita da numerose specie alcune delle quali sono in gra-

do di rispondere a modificazioni, anche drastiche, delle condizioni ambientali. Pertanto questa componente faunistica è considerata particolarmente rappresentativa delle caratteristiche dell'intera comunità.

Scopo di questo lavoro è quello di arricchire la conoscenza della polichetofauna della fascia costiera di questa regione, con lo studio dei popolamenti di fondo molle dell'Isola del Giglio e di elaborare i dati acquisiti, unitamente ad alcuni dei dati pregressi, allo scopo di delineare un quadro sintetico e di fornire una caratterizzazione bionomica sia delle varie aree, singolarmente prese, che del loro insieme.

Metodi di campionamento ed analisi dei dati

I prelievi sono stati effettuati, mediante una benna a chiusura oleodinamica avente un'area di presa di cm² 700. Per ogni stazione sono stati effettuati 4 prelievi: tre per lo studio faunistico ed un quarto per l'analisi granulometrica. Il materiale raccolto è stato successivamente vagliato attraverso una serie di setacci con dimensioni minime delle maglie di 0.5 mm. La frazione rimasta nei setacci è stata fissata con formalina tamponata al 4% in acqua di mare. In laboratorio è stata effettuata una suddivisione della macrofauna per gruppi tassonomici ed è stata analizzata la frazione a Policheti giungendo alla determinazione delle specie e del numero di individui. La classificazione dei Policheti è stata effettuata avvalendosi dei testi di FAUVEL (1923, 1927), di FAUCHALD (1977) e di CAMPOY (1982); sono inoltre state utilizzate le seguenti monografie: SAN MARTIN (1984) per i sillidi, FORET-MONTARDO (1969) per i neftidi, CASTELLI (1990) per i pilargidi, GIANGRANDE (1989) e GIANGRANDE (1992) per i sabellidi. La lista totale delle specie è stata sottoposta ad analisi critica allo scopo di uniformare ed aggiornare la nomenclatura, basandosi per quanto possibile sui contributi al censimento dei policheti dei mari italiani finora pubblicati (CANTONE, 1989; CASTELLI, 1987, 1989, 1990; GRAVINA e SOMASCHINI, 1990; GIANGRANDE, 1989; LARDICCI, 1989; SORDINO, 1989) e sulla lista di Policheti dei mari italiani messa a punto dal Gruppo Polichetologico Italiano (CASTELLI, 1991). L'analisi dei dati è stata effettuata mediante analisi fattoriale delle corrispondenze (BENZECRI, 1982) (che verrà in seguito denominata FAC). Per valutare la significatività degli assi sono state utilizzate le tavole di LEBART (1975).

Descrizione delle aree prese in esame

Le aree prese in esame sono collocate nell'infralitorale dell'Alto Tirreno Toscano sia lungo le coste peninsulari che nell'arcipelago. Il quadro complessivo delle aree prese in esame è rappresentato nella fig. 1 mentre i dettagli dei singoli piani di campionamento sono rappresentati nella fig. 2.

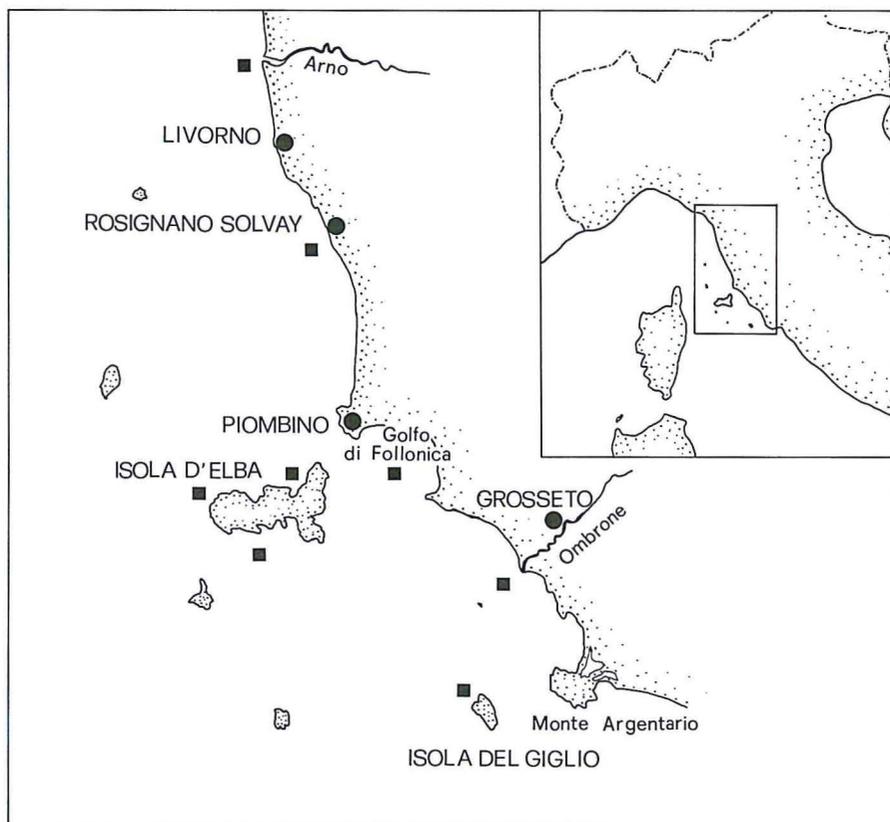


Fig. 1 - Quadro complessivo delle aree prese in esame.

Litorale antistante la foce dell'Arno

I campioni sono stati raccolti in tre occasioni, le prime due nel 1982 (CASTELLI, 1982) e la terza nel 1985 (CASTELLI *et al.*, 1986a). I prelievi sono stati effettuati su quattro transetti perpendicolari alla costa a partire da 1.5 Km a Nord dalla foce fino a 3 Km a Sud della stessa a profondità variabili tra 0 e 20 m.

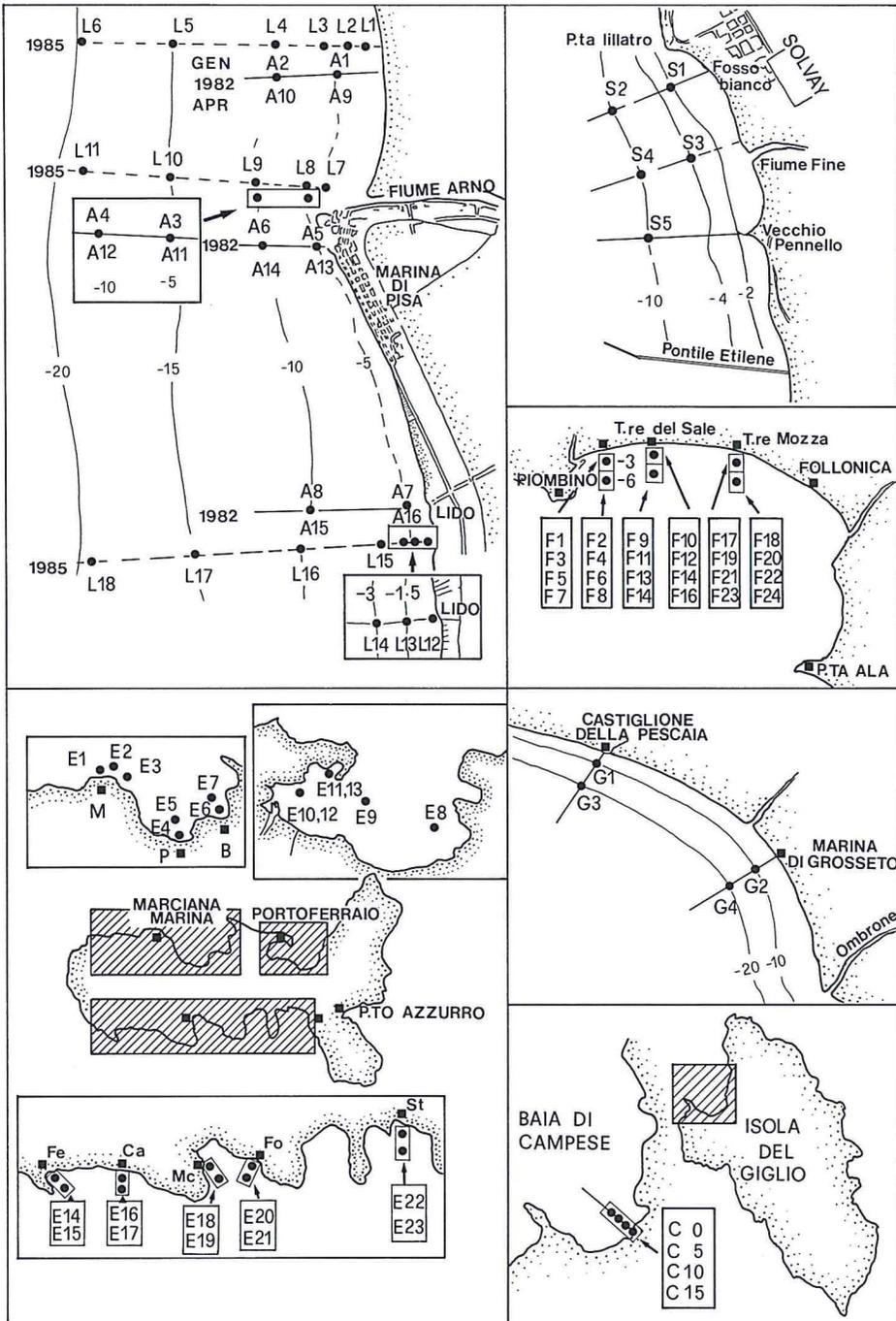


Fig. 2 - Dettaglio dei piani di campionamento.

Rosignano Solvay

L'area presa in esame riguarda il tratto di mare antistante lo sbocco dell'effluente dell'industria Solvay (COGNETTI *et al.*, 1987). Sono state fissate 5 stazioni lungo 3 transetti nel tratto di mare compreso tra la foce del Fosso Bianco a Nord e la località denominata «Vecchio Pennello» a Sud. In quest'area le caratteristiche fisiche del fondale sono molto variabili. Si va dal sedimento finissimo derivato dalla deposizione del particellato delle acque di scarico della staz. S1 al sedimento misto di concrezioni rocciose e di deposito sabbiofangoso della staz. S2 alla crosta rocciosa originata dalla concrezione del particellato presente nelle acque di scarico della staz. S2 alla sabbia fine e al fango delle staz. S4 e S5, rispettivamente.

Golfo di Follonica

I prelievi sono stati effettuati alle profondità di 3 e 6 m all'esterno del porto di Piombino, in corrispondenza della centrale elettrica di Torre del Sale ed a 7 Km ad Est di questa (ZUNARELLI VANDINI e COGNETTI VARRIALE, 1981). I prelievi sono stati ripetuti 4 volte nelle medesime stazioni durante un ciclo annuale. La fascia di fondo studiata è caratterizzata da sabbie fini.

Litorale grossetano

Sono state stabilite due aree di prelievo: di fronte a Castiglione della Pescaia e di fronte a Marina di Grosseto (CASTELLI *et al.*, 1986b). In ciascuna area sono state fissate due stazioni rispettivamente a 10 e a 20 metri di profondità. La fascia di fondale studiata ha un'ampiezza variabile dai 500 agli 800 metri dalla linea di riva ed è caratterizzata da fondali a sabbia fine sino alla batimetria di circa 10 metri e da sabbia fangosa oltre questa profondità.

Isola d'Elba

Sono stati effettuati prelievi lungo le coste nord-occidentali dell'Isola, quelle meridionali (FARINA *et al.*, 1985) e nella Baia di Portoferraio (CASTELLI e LARDICCI, 1985; CASTELLI *et al.*, 1990). Vengono qui fornite alcune note essenziali sulla localizzazione e le principali caratteristiche delle singole stazioni. *Coste nord-occidentali*. Sette stazioni situate in corrispondenza delle seguenti località: Marciana Marina (M), Golfo di Procchio (P), Golfo della Biodola (B). Le caratteristiche essenziali delle stazioni di prelievo sono le seguenti: E1, al

di fuori della diga del porto, profondità 10 m, sabbia grossolana; E2, a poca distanza da M1 alla profondità di 10 metri su sabbia ghiaiosa; E3, all'imboccatura del porto alla profondità di 9-10 metri su sabbia medio grossolana; E4, al centro del golfo alla profondità di 3 metri su sabbia fine; E5, a poca distanza da E4 alla profondità di 8 metri su sabbia fine; E6, al centro della piccola insenatura alla profondità di 8-9 metri su sabbia fine; E7, a poca distanza da E6 alla profondità di 2-3 metri su sabbia medio-fine. *Coste meridionali.* L'area presa in esame presenta, fino ad una profondità di circa 15 metri, fondali sabbiosi seguiti da praterie di *Posidonia oceanica*. Sono state fissate 5 stazioni nelle seguenti località: Fetovaia (Fe), Marina di Campo (Mc), Fonza (Fo), Golfo Stella (St). La stazione di Fetovaia è situata in una piccola baia abbastanza riparata, all'estremità sud-occidentale dell'Isola. Verso est si incontra la stazione di Cavoli, la sola, tra le stazioni considerate, situata in una zona esposta. Le stazioni di Marina di Campo, Fonza e Stella si trovano, invece, in ampi golfi. Per ciascuna stazione sono state fissate 2 profondità di prelievo a 5 e a 12 m. *Baia di Portoferraio.* I prelievi sono stati effettuati in modo da evidenziare le modificazioni che si verificano addentrandosi nella baia di Portoferraio (fig. 6). Sono state fissate 4 stazioni, dall'esterno fino alla zona più interna della baia dove sono situate le attrezzature portuali: E8, nella parte esterna in località Magazzini alla profondità di 8 metri su sabbia fine; E9, nella zona centrale su fango, alla profondità di 12 m; E10 ed E12, nei pressi del porto di fronte ad un cantiere navale, su fango, alla profondità di 8 m; E11 ed E13 nel porto all'interno della darsena, su fango, alla profondità di 8 m.

Isola del Giglio

L'area presa in esame riguarda il tratto di mare antistante la Baia di Campese, l'unica zona in cui è possibile rinvenire con continuità fondi molli. Sono state considerate 4 stazioni, C0, C5, C10, C15, comprese tra 0 e 15 m di profondità: C0, immediatamente al di sotto del limite della bassa marea su sedimento costituito da sabbia grossolana e soggetto a forte idrodinamismo; C5, alla profondità di 5 m su sabbia medio grossolana; C10, alla profondità di 10 m su sabbia grossolana e soggetta a forte idrodinamismo; C15, alla profondità di 15 m su sabbia media.

RISULTATI

Litorale antistante la foce dell'Arno

Sul litorale antistante la foce dell'Arno sono state segnalate 110 specie appartenenti a 30 famiglie tipiche del popolamento di fondi molli; sulle sabbie fini predominano *Owenia fusiformis*, *Prionospio caspersi*, *Sigalion mathildae*, *Nephtys hombergii*, *Onuphis falesia*, *Mangelona papillicornis* e *Paradoneis armata*; sulle sabbie grossolane superficiali riveste particolare interesse la consistente presenza di *Paraonis fulgens*, specie caratteristica di tali ambienti (CASTELLI, 1985) e la presenza di *Hesionides gowari*. Sui fondali fangosi sono particolarmente abbondanti *Lumbrineris latreilli*, *Nephtys incisa* e *Melinna palmata*. La FAC è stata effettuata in tre passi successivi in quanto la presenza di popolamenti molto differenziati nelle stazioni più prossime alla riva (L1, L12, L13) non permette una sufficiente risoluzione dei popolamenti delle rimanenti stazioni. I primi due modelli (fig. 3 A e B) evidenziano la peculiarità delle stazioni costiere, caratterizzate da specie esclusive quali *Paraonis fulgens*, *Hesionides gowari*, *Scolecopsis cantabra* (L1 e L13), *Hesionura augeneri* e *Streptosyllis arenae* (L1). Nel terzo modello (fig. 3C), ottenuto eliminando dalla matrice le stazioni costiere e le specie ad esse associate, i popolamenti dei fondi fangosi si distribuiscono approssimativamente verso il polo positivo del primo asse, mentre quelli dei fondi sabbiosi si distribuiscono nei pressi del polo negativo. Le stazioni di fondi sabbiosi sono ordinate secondo una nube allungata lungo il secondo asse. Questa distribuzione riflette, verosimilmente, un gradiente temporale e si può correlare con le modificazioni del popolamento che si sono verificate tra la prima e la seconda serie di campionamenti.

Rosignano Solvay

Nell'area antistante lo scarico a mare dello stabilimento Solvay sono state rinvenute 47 specie di Policheti appartenenti a 16 famiglie distribuite in 4 delle 5 stazioni prese in esame. Nella stazione S1, immediatamente prospiciente lo scarico, non è stato rinvenuto alcun organismo macrozoobentonico. Nonostante la ridotta estensione dell'area di studio, l'alta disomogeneità ambientale fa sì che coesistano specie caratteristiche di fondi molli (*Lumbrineris impatiens*, *Nephtys cirrosa*, *Prionospio caspersi*, *Scoloplos armiger* e *Paradoneis armata*), e nelle zone caratterizzate da concrezioni derivate dalla precipitazione delle sostanze contenute negli scarichi industriali immessi

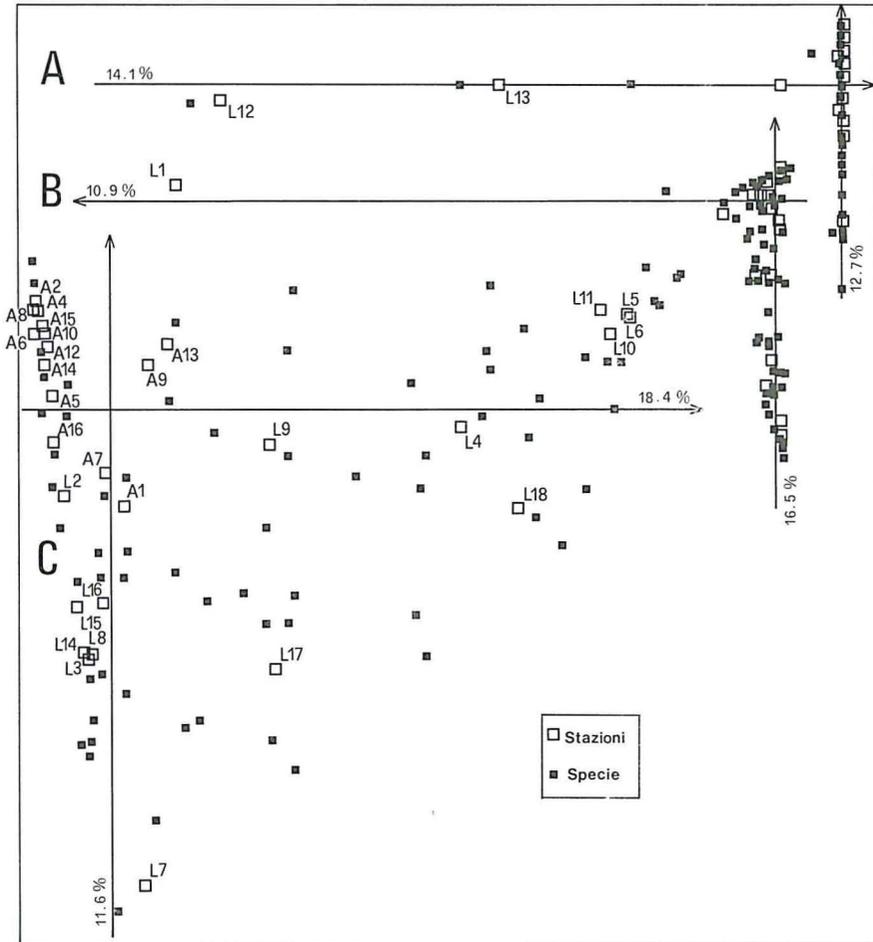


Fig. 3 - Modelli di ordinamento delle biocenosi (FAC) alla foce dell'Arno.

in mare, specie caratteristiche di fondi duri (*Platynereis dumerilii*, *Lysidice ninetta*, *Lumbrineris funchalensis* e *Protoarcia oerstedii*).

La FAC è stata effettuata dopo aver eliminato i dati riferiti alla stazione S4, il cui popolamento non ha nessuna specie in comune con quello delle altre stazioni, e senza considerare la stazione S1, completamente priva di organismi macrozoobentonici. Il modello di ordinamento ottenuto, (fig. 4A) mostra una netta separazione fra la stazione S5, posta nei pressi del polo positivo del primo asse e caratterizzata da un popolamento tipico di fondi fangosi (fortemente depauperati) e le stazioni S2 e S3 poste nei pressi dell'origine degli

assi e caratterizzate, invece, da un popolamento misto di specie di fondi duri e di fondi molli.

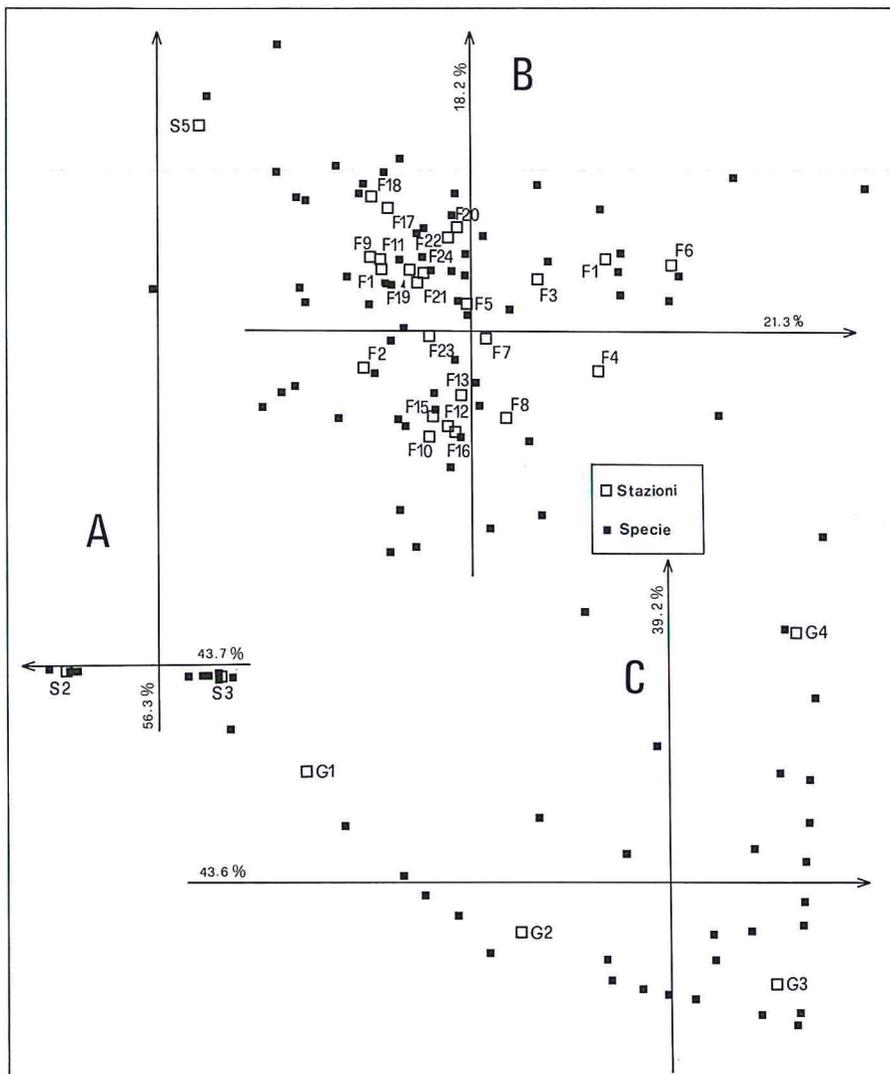


Fig. 4 - Modelli di ordinamento delle biocenosi (FAC) dei fondi antistanti Rosignano Solvay (A) del Golfo di Follonica (B) e del Litorale grossetano (C).

Golfo di Follonica

Il popolamento a Policheti del Golfo di Follonica, alle batimetriche esaminate, è costituito da 72 specie appartenenti a 22 famiglie,

per la maggior parte tipiche di sabbie fini. Le specie dominanti in tutta l'area sono: *Lumbrineris impatiens*, *Magelona papillicornis*, *Paradoneis armata*, *Prionospio caspersi*, *Scoloplos armiger* e *Owenia fusiformis*. Il modello di ordinamento ottenuto dalla FAC (fig. 4B) mostra una nube scarsamente differenziata. All'interno di essa, infatti, i punti stazione e i punti specie si dispongono in modo omogeneo in un insieme centrato sull'origine degli assi. Non è possibile rinvenire particolari distribuzioni correlabili con la collocazione della stazione o con la sua profondità. Si deve perciò considerare il set di campioni come appartenente ad un'unica unità ecologica.

Litorale grossetano

Nel popolamento a Policheti di questa area sono state rinvenute 57 specie appartenenti a 27 famiglie; le specie dominanti alla profondità di 10 m, dove il substrato è costituito prevalentemente da sabbia fine sono *Sigalion mathildae*, *Nephtys hombergii* e *Prionospio caspersi*; alla profondità di 20 m dominano invece *Nephtys incisa*, *Lumbrineris latreilli*, *Prionospio cirrifera* e *Notomastus latericeus* che sono specie caratteristiche di fondali sabbio-fangosi.

Il modello di ordinamento (fig. 4C) mostra una distribuzione a parabola delle stazioni e delle specie lungo un gradiente correlato principalmente con la batimetria e con la distanza dalla foce dell'Ombrore con una distribuzione tipica di situazioni in cui esiste un unico fattore fortemente polarizzante, essenzialmente rappresentato dall'asse delle ascisse (FRESI e GAMBI, 1983). A un estremo della parabola è localizzata la stazione G1 (di fronte a Castiglione della Pescaia a 10 m. di profondità) seguita dall'altra stazione situata alla medesima profondità e in seguito dalle due stazioni localizzate alla batimetria di 20 m.

Isola d'Elba

Il popolamento a Policheti rinvenuto lungo la fascia costiera dell'Isola d'Elba è costituito da 145 specie appartenenti a 31 famiglie. Il modello di ordinamento (fig. 5) colloca, su valori negativi di entrambi gli assi, i campioni raccolti sui fondi fangosi della baia di Portoferraio, mentre tutti i campioni delle altre stazioni vengono raggruppati in un'ampia nube su valori più elevati sul primo asse e generalmente positivi sul secondo asse. Questa forte distinzione tra i popolamenti della baia di Portoferraio e degli altri ambienti costieri dell'Isola si accompagna alla distinzione tra fondi fangosi

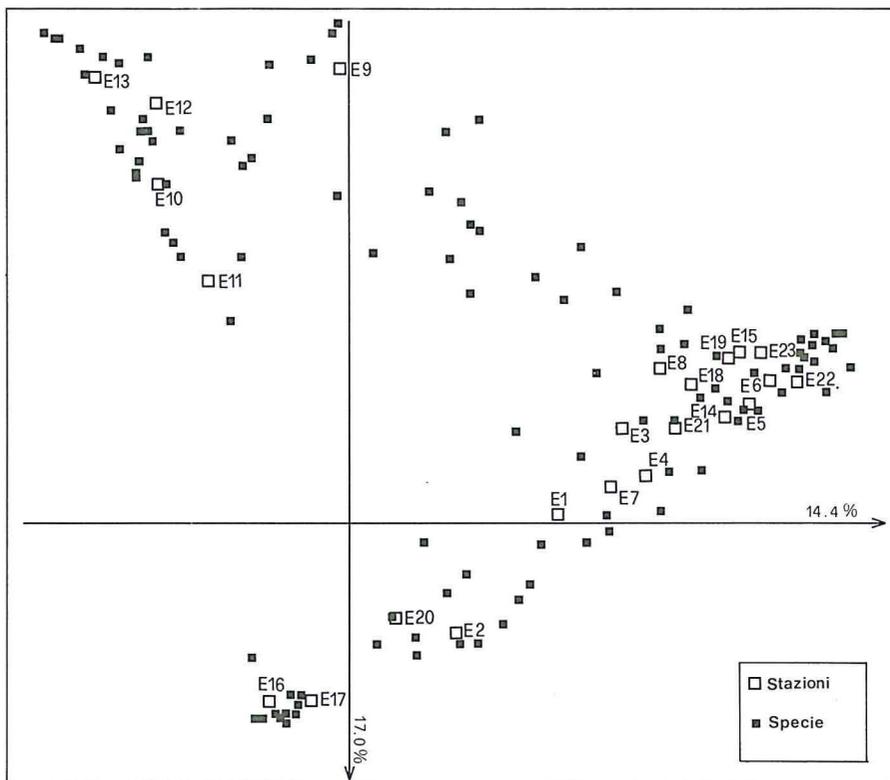


Fig. 5 - Modello di ordinamento (FAC) delle biocenosi della fascia costiera dell'Isola d'Elba.

con detrito organico e fondi sabbiosi. Nell'ambito di questi ultimi si rileva un ulteriore gradiente granulometrico che si sviluppa, quasi per intero, lungo il secondo asse. In questa direzione, infatti, si susseguono nel modello le stazioni a sabbia fine ben classata, quelle a sabbia mista fine-grossolana ed infine quelle a sabbia grossolana, indipendentemente dalla loro collocazione geografica. In particolare, le stazioni caratterizzate da sabbia fine sono E14, E15, E19, E22 e E23 a Sud dell'Isola ed E5 E6 e E8 a Nord; le specie che le caratterizzano sono ad es. *Lumbrineris impatiens*, *Magelona papillicornis*, *Chone duneri* e *Chone filicaudata*. Il gruppo delle stazioni con substrato di sabbia medio-grossolana comprende E1, E2, E3, E4, E7 della costa Nord ed E20 della costa Sud. A queste stazioni sono associate specie quali *Exogone naidina*, *Spio filicornis* e *Paraonis fulgens*. Il modello, infine separa il gruppo delle stazioni a sabbia grossolana E16 ed E17, corrispondenti alla costa antistante Cavoli, in una zona

particolarmente esposta al moto ondoso. Caratteristici di questi fondi sono alcuni Policheti quali *Aricidea cerrutii*, *Eurysyllis tuberculata*, *Grubeosyllis limbata* ed *Hesionura augeneri*. Le stazioni E9, E10, E11, E12 e E13 della baia di Portoferraio sono associate a specie tipiche di fondi fangosi quali *Ancistrosyllis groenlandica*, *Cirrophorus furcatus*, *Lumbrineris latreilli*, *Phyllodoce rubiginosa* e *Pista unibranchia*.

Isola del Giglio

Sono stati raccolti sui fondi molli infralitorali della Baia di Campepe 518 individui appartenenti a 22 specie di Policheti, ciascuna rappresentata da un numero di esemplari molto variabile nelle 4 stazioni (Tab. 1).

TAB. 1 - Composizione quantitativa della polichetofauna nei campionamenti dell'Isola del Giglio.

SPECIE	STAZIONE			
	C0	C5	C10	15
<i>Aponupis brementi</i>	0	0	8	0
<i>Chone arenicola</i>	0	0	1	0
<i>Chone</i> cfr. <i>filicaudata</i>	0	0	1	0
<i>Chone duneri</i>	0	1	29	16
<i>Exogone naidina</i>	0	1	42	0
<i>Exogone verugera</i>	0	0	2	0
<i>Glycera tessellata</i>	0	0	0	1
<i>Grubeosyllis yraida</i>	0	0	90	0
<i>Hesionura augeneri</i>	0	1	12	0
<i>Micronephtys sphaerocirrata</i>	0	0	0	8
<i>Mystides limbata</i>	0	0	2	0
<i>Nephtys cirrosa</i>	0	6	8	0
<i>Phyllodoce</i> sp.	0	0	0	1
<i>Protodorvillea kefersteini</i>	0	0	1	0
<i>Saccocirrus papillocercus</i>	150	0	0	0
<i>Scoloplos armiger</i>	0	4	3	50
<i>Sigambra tentaculata</i>	0	0	0	3
<i>Sphaerosyllis pirifera</i>	0	2	34	0
<i>Sphaerosyllis</i> sp.	0	0	31	0
<i>Spio decoratus</i>	0	2	1	4
<i>Sthenelais boa</i>	0	0	0	2
<i>Syllis</i> cfr. <i>truncata cryptica</i>	0	0	1	0

Nella stazione superficiale (C0), posta immediatamente al di sotto della linea di marea, sono presenti moltissimi individui di una sola specie: il saccocirride *Saccocirrus papillocercus*. Al di là di questa stazione *Scoloplos armiger* e *Chone duneris* sono le uniche specie costantemente rappresentate lungo il profilo batimetrico preso in esame. Particolarmente importante, alla profondità di 10 m, la dominanza del sililide interstiziale *Grubeosyllis yraidae*, appartenente alla sottofamiglia Exogoninae ed esclusivo di questa stazione.

La FAC è stata effettuata dopo aver eliminato i dati riferiti alla stazione C0, colonizzata da un'unica specie esclusiva. Il modello di ordinamento sul piano dei primi due assi estratti dalla FAC (solo il primo dei quali, tuttavia, è significativo per $p < 0.05$) mostra una netta separazione fra le stazioni a dimostrazione delle diverse condizioni ambientali in cui vengono a trovarsi. Questo asse separa nettamente la stazione di sabbia medio-fine (C15), posta presso il polo positivo, da quella a granulometria più grossolana (C10), posta presso il polo negativo; la stazione C5 è situata in una posizione intermedia, più vicina però a C10 da cui è separata principalmente lungo il secondo asse, che tuttavia non fornisce indicazioni significative.

Analisi complessiva dei popolamenti

L'intero set dei dati riferiti allo studio delle singole aree è stato sottoposto ad analisi complessiva per valutare le relazioni fra le stazioni presenti nelle diverse aree. Sulle 94 stazioni esaminate ne sono state scelte 41, rappresentative delle condizioni prevalenti dell'area presa in esame; in tali stazioni sono state rinvenute 184 specie. Nel modello di ordinamento (fig. 6) i punti-stazione ed i punti-specie sono distribuiti in una nube di forma triangolare allungata principalmente lungo il secondo asse. Il primo asse contrappone le stazioni di sabbia grossolana, localizzate presso il polo positivo, all'insieme di quelle a granulometria più fine che però si separano nettamente lungo il secondo asse. Lungo tale asse le stazioni di sabbia fine sono localizzate presso il polo positivo mentre quelle di substrato fangoso sono localizzate presso il polo negativo; in posizione intermedia fra tali due clusters sono localizzate alcune stazioni situate su substrato misto sabbio-fangoso.

DISCUSSIONE E CONCLUSIONI

I fondi molli presi in esame sono caratterizzati da un mosaico

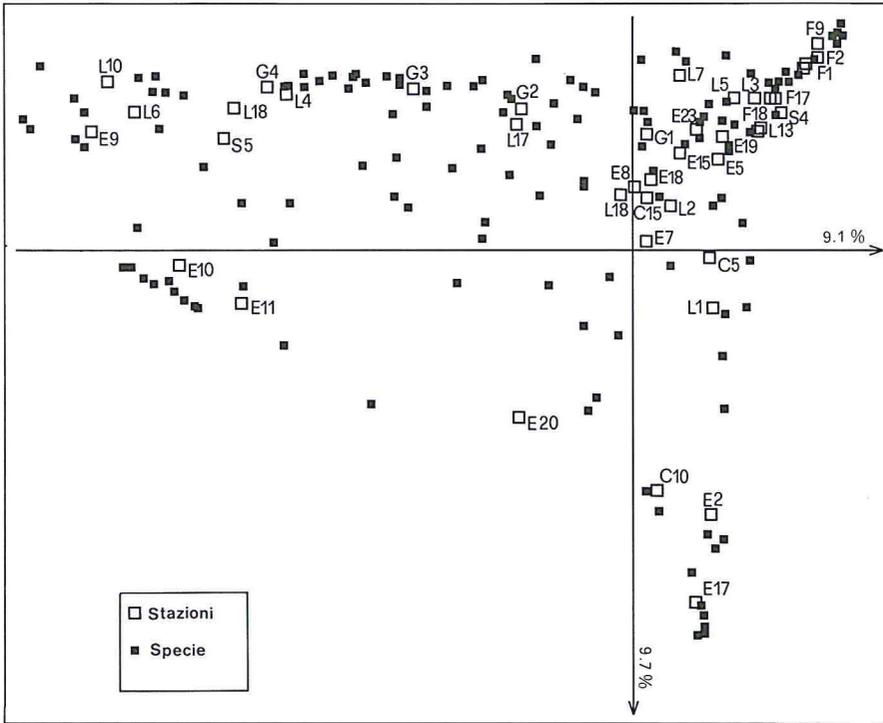


Fig. 6 - Modello di ordinamento (FAC) delle biocenosi di tutte le aree considerate.

di popolamenti correlati con alcune caratteristiche dell'ambiente ed in special modo con la composizione granulometrica del substrato, l'arricchimento in sostanza organica e, avendo esaminato unicamente fondali poco profondi, l'intensità del moto ondoso. È possibile riconoscere popolamenti facilmente riconducibili ad alcune classi biocenosi mediterranee (PERES e PICARD, 1964), nonché alcuni popolamenti da considerare intermedi, difficilmente riconducibili a qualche schema ben definito, la cui presenza è legata principalmente all'influenza di particolari situazioni locali (acque fluviali, attività antropiche). Tali popolamenti possono essere considerati semplici *facies* di biocenosi-tipo, caratterizzati ad esempio dalla dominanza di qualche specie indicatrice di particolari situazioni (SALEN-PICARD, 1985) o da un depauperamento faunistico generalizzato; si può considerarli inoltre veri e propri popolamenti caratteristici di condizioni locali, difficilmente interpretabili dal punto di vista bionomico ed identificati quindi in base alla specie o alle specie dominanti. Il diverso dettaglio con cui è stato affrontato lo studio delle singole

aree, derivato sia dalla particolare strategia di campionamento, spesso legata a problematiche di interesse locale, sia dalla diversa estensione ed escursione batimetrica presente in ciascuna area, non ha sempre permesso di mettere in evidenza una zonazione e una successione ben precisa di diverse comunità omogeneamente comparabili lungo tutta la fascia costiera presa in esame. Notevoli variabilità nella sequenza delle comunità sono correlate inoltre alla maniera in cui si esprimono i gradienti ambientali nelle diverse situazioni. La diversa esposizione al moto ondoso e la diversa pendenza del profilo delle varie aree prese in esame, ad esempio, danno origine ad un più o meno rapido cambiamento del substrato e quindi del popolamento presente. Nel litorale antistante la foce dell'Arno è possibile mettere in evidenza comunità sabulicole ben caratterizzate almeno fino alla profondità di 10 e in certi casi di 15 m, a seconda della posizione rispetto alla foce del fiume. Nella zona a nord, dove le correnti trasportano la maggior parte degli apporti sedimentari fluviali, la transizione verso substrati fangosi e quindi verso comunità limicole si verifica a profondità minori; intorno ai 10 m cominciano ad essere abbondanti, infatti, specie limicole, anche indicatrici di arricchimento organico, come *Aricidea assimilis*, *Lumbrineris latreilli* e *Melinna palmata*, accanto a specie sabulicole, tipiche delle biocenosi SFBC (sabbie fini ben calibrate) che sono presenti nella fascia costiera più superficiale, alcune delle quali anche molto abbondanti numericamente (*Paradoneis armata* e soprattutto *Prionospio caspersi*). Nella zona localizzata a sud della foce del fiume la transizione si verifica, invece, intorno alla batimetria di 15 m, anche se specie limicole (alcune delle quali, come ad esempio *Goniada maculata*, addirittura caratteristiche di biocenosi VTC: fanghi terrigeni costieri) si rinvenivano fino a 10 m di profondità. Nella fascia più superficiale, fino a 4-5 metri di profondità, sono presenti biocenosi SFBC, che presentano *facies* fortemente dominate da *Owenia fusiformis* o da *Prionospio caspersi*. La *facies* a *Owenia fusiformis*, si può paragonare a quella analoga messa in evidenza nella zona a sud di Livorno fra 10 e 25 m di profondità (BIANCHI *et al.*, in stampa, a) e sta ad indicare la presenza di un certo grado di infangamento del substrato, dimostrato anche dalla presenza di alcune specie tipiche di comunità di fondi fangosi o di biocenosi SVMC (sabbie fangose superficiali di ambiente calmo) e cioè: *Capitomastus minimus*, *Heteromastus filiformis* e *Lumbrineris gracilis*. Le stazioni più superficiali sono caratterizzate generalmente da uno scarso popolamento macrofaunistico costituito comunque prevalentemente da elementi

sabulicoli tipici di varie biocenosi caratteristiche di fondali poco profondi: *Glycera convoluta*, *Paraonis fulgens* e *Scolecopsis cantabra* (SFS: sabbie fini superficiali) e *Nephtys cirrosa* (specie presente sia in biocenosi SGCF: sabbie grossolane e ghiaie fini sotto l'influenza di correnti di fondo, che SFS). Nell'area antistante Rosignano Solvay sono evidenti le alterazioni ambientali originate dalla presenza di scarichi industriali; è stata, infatti, messa in evidenza la presenza di una zona completamente priva di macrofauna (non solo di Policheti) antistante lo sbocco del fosso contenente le acque reflue. Anche le biocenosi presenti in tutta l'area circostante risultano comunque fortemente alterate. Nella zona adiacente alla fascia priva di macrobenthos, su un substrato costituito da concrezioni minerali, è presente una comunità formata da una mescolanza di elementi tipici sia di biocenosi di fondi duri (*Lumbrineris funchalensis*, *Nematonereis unicornis*, *Nereis zonata* e *Platynereis dumerilii*) che di fondi molli (*Driilonereis filum*, *Lumbrineris latreilli* e *Syllis garciai*). Su substrati tipicamente molli si osserva inoltre un depauperamento generalizzato della ricchezza specifica e dell'abbondanza numerica, specialmente su substrati fangosi, dove sono presenti unicamente *Capitomastus minimus* e *Heteromastus filiformis*, ma anche su substrati sabbiosi, dove il popolamento, pur costituito prevalentemente da specie tipiche di biocenosi sabulicole (*Lumbrineris impatiens*, *Paradoneis armata*, *Prionospio caspersi* e *Scoloplos armiger*), è piuttosto scarso, se confrontato con quelli presenti in altre aree alle medesime batimetrie e sul medesimo tipo di substrato. Nella zona settentrionale del Golfo di Follonica, alle batimetrie prese in esame in questo lavoro (3-6 m), risulta presente una tipica biocenosi SFBC caratterizzata dalla presenza di varie specie caratteristiche esclusive (*Chone acustica*, *Sigalion mathildae* e *Spiophanes bombyx*) nonché di numerose altre caratteristiche preferenti di tale biocenosi (*Aricidea capensis bansei*, *Diplocirrus glaucus*, *Nephtys hombergii*, *Owenia fusiformis*, *Paradoneis armata* e *Prionospio caspersi*). I popolamenti presenti lungo il litorale grossetano tra 10 e 20 m di profondità si possono far rientrare nel complesso nelle biocenosi VTC già individuate da studi svolti dall'E.N.E.A. (BIANCHI *et al.*, in stampa, b) almeno alla batimetria di 20 m dove le specie dominanti sono quasi esclusivamente appartenenti alla serie dei fanghi terrigeni (specie di biocenosi VTC, specie limicole ecc.): *Aricidea fragilis mediterranea*, *Levinsenia gracilis*, *Melinna palmata*, *Monticellina heterochaeta*, *Nephtys incisa*, *Prionospio cirrifera* e *Lumbrineris latreilli*. A 10 m di profondità sono tuttavia dominanti specie sabulicole come *Chone filicaudata*, *Lagis*

koreni, *Nephtys hombergii*, *Paradoneis armata* e *Sigalion mathildae*, rispetto alle specie limicole, che sono però costantemente presenti anche a tale batimetria e fanno sì che il popolamento di questa area sia da considerare un popolamento di transizione tra biocenosi di sabbie fini e biocenosi di fanghi terrigeni costieri. Lungo le coste dell'Isola d'Elba sono stati rinvenuti numerosi popolamenti ascrivibili a varie biocenosi. Nelle baie situate lungo le coste meridionali dell'Isola e nella fascia orientale della baia di Portoferraio tra 5 e 12 m di profondità sono presenti per lo più biocenosi SFBC caratterizzate dalla presenza di *Sigalion mathildae*, *Lumbrineris impatiens*, *Prionospio caspersi*, *Paradoneis armata*, *Aricidea capensi bansei*, *Diplocirrus glaucus* e *Chone duneri*. Tale popolamento risulta più ricco di specie e di individui alla batimetria di 12 m. In piccole baie relativamente meno protette dal moto ondoso (Baia di Fonza), alla profondità di 5 m, la biocenosi risulta fortemente depauperata e caratterizzata per lo più da specie interstiziali o tipiche di substrati più grossolani (*Parapionosyllis labronica*, *Protodorvillea kefersteini*, *Scoloplos armiger* e *Lumbrinerides acuta*). In zone più esposte al moto ondoso presenti sia nella zona sudoccidentale dell'Isola che in quella nordoccidentale sono presenti comunità fortemente dominate da elementi interstiziali (*Hesionura augeneri*, *Exogone naidina*, *Exogone hebes meridionalis*, *Syllides fulvus*, *Sphaerosyllis hystrix* e *Sphaerosyllis tetralix*) e in cui sono state rinvenute anche specie tipiche di biocenosi SGCF (*Thalenessa dendrolepis* e *Armandia polyophtalma*). Si tratta quindi di una situazione in qualche modo comparabile con quella osservata nella baia di Campese all'Isola del Giglio il cui popolamento può essere ascritto a una biocenosi SGCF; fra l'altro nelle aree circostanti, anche se a profondità considerevolmente superiori, sono presenti ambienti popolati da comunità di fondi detritici (BIANCHI *et al.*, in stampa, a, b) a cui la biocenosi SGCF è strettamente legata. Nella parte più interna della Baia di Portoferraio sono, invece, presenti comunità di fondi fangosi che, avvicinandosi all'area portuale, diventano progressivamente più ricche di elementi indicatori della presenza di sostanza organica (*Lumbrineris latreilli*, *Cirrophorus furcatus* e *Schistomeringos rudolphii*). Il popolamento della Baia di Campese appare costituito fundamentalmente da elementi tipici di biocenosi sabulicole, con prevalenza di elementi caratteristici della biocenosi SGCF. I Policheti tipicamente macrobentonici dominanti sono caratteristici di tale biocenosi (*Nephtys cirrosa* e *Scoloplos armiger*); accanto a questi è presente una forte componente di elementi interstiziali prevalentemente composta da *Gru-*

beosyllis yraidaea, *Sphaerosyllis pirifera* e *Hesionura augeneri*, sempre numericamente molto importante in questo tipo di biocenosi, anzi generalmente dominante rispetto agli elementi macrofaunistici secondo PÉRÈS e PICARD (1964). Accanto a tali specie sono tuttavia presenti elementi sabulicoli o limicoli meno caratterizzati come *Chone duneri*, *Sigambra tentaculata* e *Spio decoratus*, talvolta anche piuttosto abbondanti numericamente come a 15 m di profondità dove la granulometria del substrato è più fine e possono insediarsi anche specie meno caratteristiche delle sabbie. Immediatamente al di sotto della linea di riva è presente inoltre una tipica biocenosi SGBV (sabbie grossolane e ghiaie fini rimosse dalle onde) caratterizzata, dal punto di vista preso in esame in questo lavoro, esclusivamente da *Saccocirrus papillocercus*, che risulta l'unico polichete presente ed è largamente rappresentato. Secondo PÉRÈS e PICARD (1964) la suddetta biocenosi, essendo fortemente paucispecifica, presenta caratteristiche molto variabili spazio-temporalmente in relazione a variazioni ambientali o a modificazioni dei rapporti che si instaurano fra le poche specie presenti.

In conclusione, lungo le coste Toscane, nelle aree dove dominano fondi molli si susseguono abbastanza omogeneamente biocenosi SFBC e VTC, mentre biocenosi particolari (ad esempio SGCF) sono localizzate in aree ristrette. In alcune zone sottoposte ad arricchimento organico, derivato per lo più da apporti fluviali, si osservano alcune modificazioni nella successione batimetrica delle comunità nonché alcune modificazioni nella composizione specifica, con aumento di specie saprobie indicatrici di inquinamento organico. I fenomeni di inquinamento di origine organica o derivato da sostanze chimiche di varia natura sono limitati ad aree ristrette in vicinanza delle foci dei fiumi o di impianti portuali. Fenomeni di inquinamento più grave, derivati da scarichi industriali, sono ancora più circoscritti; nella zona in esame appaiono limitati quasi esclusivamente all'area antistante Rosignano Solvay. La situazione della fascia costiera della regione Toscana appare quindi nel complesso buona. In varie località si presentano fenomeni inquinanti prevalentemente di origine organica; tali fenomeni risultano comunque spazialmente molto limitati e di limitata influenza sulle comunità macrozoobentoniche dei fondi molli infralitorali superficiali.

RINGRAZIAMENTI

Si ringraziano per la collaborazione prestata nelle campagne di prelievo e nell'a-

nalisi dei dati i colleghi Marco Curini-Galletti, Claudio Lardicci, Marco Abbiati, Luca Alboni, Carlo Nike Bianchi e Carla Morri.

Questa ricerca è stata condotta nell'ambito dello «Studio dello stato chimico fisico e biologico dell'Alto Tirreno Toscano» denominato «Progetto Mare» e promosso dalla Regione Toscana.

BIBLIOGRAFIA

- ALBERTELLI G., CATTANEO M., DELLA CROCE N., DRAGO N. (1983) - Macrobenthos delle Isole di Capraia, Pianosa, Giglio, Montecristo, Giannutri, Elba (Arcipelago Toscano). Università degli Studi di Genova, Istituto di Scienze Ambientali Marine, Cattedra di Idrobiologia e Piscicoltura, Rapporto tecnico n. 18.
- BACCI G., BADINO G., LODI E., ROSSI L. (1969) - Biologia delle Secche nella Meloria I. Prime ricerche e problemi di conservazione e di ripopolamento. *Boll. Pesca Piscic. Idrobiol.*, **24** (1): 5-30.
- BENZECRI J.P. (1982) (Ed.) - L'analyse des données. Vol. 2: L'analyse de correspondances. Paris, Dunod (3eme edition), 1-632.
- BIANCHI C.N., CEPPODOMO I., GALLI G., SGORBINI S., DELL'AMICO F., MORRI C. (in stampa a) - Benthos dei mari Toscani. I: Livorno - Isola d'Elba (Crociera E.N.E.A., 1985) Rapp. Tecn. E.N.E.A.
- BIANCHI C.N., CEPPODOMO I., NICCOLAI I., ALIANI S., DE RANIERI S., ABBIATI M., DELL'AMICO F., MORRI C. (in stampa b) - Benthos dei mari Toscani. II: Isola d'Elba - Montecristo (Crociera E.N.E.A. 1986). Rapp. Tecn. E.N.E.A.
- CAMPOY A. (1982) - Fauna de Anelidos Poliquetos de la Peninsula Iberica. Fauna de Espana. *Publ. Biol. Navarra. Serie Zoologica*, **7** (1/2).
- CANTONE G. (1989) - Censimento dei Policheti dei mari italiani: Poecilochaetidae Hanners, 1956. *Atti Soc. Tosc. Sci. Nat. Mem. Ser. B*, **96**: 23-29.
- CASTAGNOLO L., FALCIAI L., FOCARDI S., GAMBI M.C., SPADINI V. (1981) - Dati preliminari sulle biocenosi dei fondi mobili dragabili di fronte al fiume Ombrone. *Quad. Lab. Tecnol. Pesca*, **3** (1 suppl.): 551-561.
- CASTELLI A. (1982) - Distribuzione dei Policheti alla foce dell'Arno. *Atti Soc. Nat. Mat. Modena*, **113**: 53-66.
- CASTELLI A. (1987) - Censimento dei Policheti dei mari italiani: Paraonidae Cerruti, 1909. *Atti Soc. Tosc. Sci. Nat., Mem., Ser. B*, **94**: 319-340.
- CASTELLI A. (1989) - Censimento dei Policheti dei mari italiani: Flabelligeridae Saint-Joseph, 1897. *Atti Soc. Tosc. Sci. Nat., Mem., Ser. B*, **96**: 9-22.
- CASTELLI A. (1990) - Censimento dei Policheti dei mari italiani: Pilargidae Saint-Joseph, 1899. *Atti Soc. Tosc. Sci. Nat., Mem., Ser. B*, **97**: 301-310.
- CASTELLI A. (1991) - Census of Polychaetes of Italian Seas. *Proc. IIIrd Polychaete Conference, Long Beach, USA, 1989*.
- CASTELLI A., CURINI-GALLETTI M., GIANGRANDE A., LARDICCI C., ZUNARELLI VANDINI R. (1986a) - Cap. 1: Zoobenthos. Relazione sulla «Situazione ecologica del tratto terminale dell'Arno e dell'area antistante la foce» a cura di G. Cognetti. Dipartimento di Scienze dell'ambiente e del territorio, Università di Pisa, 2-15.

- CASTELLI A., CURINI-GALLETTI M., LARDICCI C. (1986b) - Cap. 3: Zoobenthos. Relazione sulla «Indagine conoscitiva sulle caratteristiche ecologiche delle acque costiere nel tratto compreso tra i fiumi Bruna e Ombrone» a cura di G. Cognetti. Centro Interuniversitario di Biologia Marina, Livorno, 24-29.
- CASTELLI A., CURINI-GALLETTI M., LARDICCI C. (1990) - Cap. 4.1 - Comunità zoobentoniche. In «Portoferraio e la sua area portuale», a cura di G. Cognetti. Dipartimento di Scienze dell'Ambiente e del Territorio, Università di Pisa, 85-90.
- CASTELLI A., LARDICCI C. (1985) - Note preliminari allo studio dei Policheti della Baia di Portoferraio (Isola d'Elba). *Oebalia*, **11** (3) N.S.: 763-766.
- COGNETTI G., CASTELLI A., CURINI-GALLETTI M., LARDICCI C., ZANABONI C. (1987) - Cap. 4. Analisi delle comunità zoobentoniche. Relazione sullo «Studio dell'ambiente marino nella zona compresa tra Castiglioncello e la foce del Fiume Cecina (Li)», a cura di R. Ferrara. Centro Interuniversitario di Biologia Marina, Livorno, 35-49.
- FARINA R., CASTELLI A., LARDICCI C. (1985) - Distribuzione dei Policheti sui fondi mobili infralitorali della costa meridionale dell'Isola d'Elba (Arcipelago Toscano). *Atti Soc. Nat. Mat. Modena*, **116**: 25-34.
- FAUCHALD K. (1977) - The polychaete worms. Definitions and key to the orders, families and genera. *Nat. Hist. Mus. Los Angeles County, Sci. Ser.*, **28**: 1-188.
- FAUVEL P. (1923) - Polychètes errantes. *Faune Fr.*, **5**: 1-488.
- FAUVEL P. (1927) - Polychètes sédentaires. *Faune Fr.*, **16**: 1-494.
- FORET-MONTARDO P. (1969) - Etude Systematique et ecologique des Nephtydidae (Polychètes Errantes) des parages de Marseille. *Tethys*, **1**, 3: 807-832.
- FRESI E., GAMBÌ M.C., FOCARDI S., BARGAGLI R., BALDI F., FALCIAI L. (1983) - Benthic community and sediment types: a structural analysis. *P.S.Z.N.I.: Mar. Ecol.*, **4** (2): 101-121.
- FRESI E., GAMBÌ M.C. (1983) - Alcuni aspetti importanti dell'analisi matematica di ecosistemi marini. *Naturalista Sicil.*, ser. 4, **6** (suppl. 3): 449-465.
- GAMBÌ M.C., FRESI E., GIANGRANDE A. (1983) - Descrittori efficaci di comunità bentoniche. *Naturalista Sicil.*, ser. 4, **6** (suppl. 3): 489-497.
- GIANGRANDE A. (1989) - Censimento dei Policheti dei mari italiani: Sabellidae Malmgren, 1867. *Atti Soc. Tosc. Sci. Nat., Mem., Ser. B*, **96**: 153-189.
- GIANGRANDE A. (1992) - On some mediterranean *Chone* (Polychaeta, Sabellidae), with description of *Chone longiseta* n. sp. *Boll. Zool.*, **59**: 517-529.
- GRAVINA M.F. e SOMASCHINI A. (1990) - Censimento dei Policheti dei mari italiani: Capitellidae Grube, 1962. *Atti Soc. Tosc. Sci. Nat., Mem., Ser. B*, **97**: 259-286.
- LARDICCI C. (1989) - Censimento dei Policheti dei mari italiani. Spionidae Grube, 1950. *Atti Soc. Tosc. Sci. Nat. Mem., Ser. B*, **96**: 121-152.
- LARDICCI C., GALASSI R., QUAGLI E. (1992) - Les peuplements de Polychètes dans le Golfe de Follonica (Mer Méditerranée occidentale). *Cah. Biol. Mar.*, **331**: 25-41.
- LEBART L. (1975) - Validité des resultats en analyse des données. *Centre de Recherches et de Documentation sur la Consommation*, Paris, L.L/cd **4465**: 1-157.
- PERES J.M., PICARD J. (1964) - Nouveau manuel de bionomie bentique de la Mer Méditerranée. *Rec. Trav. Stat. Mar. Endoume*, **31** (47), 5-137.
- PICARD J. (1965) - Recherches qualitatives sur les biocoenoses marines des substrats

meubles dragables de la région marseillaise. *Rec. Trav. Stat. Mar. Endoume*, **36** (= 52): 1-160.

SALEN-PICARD C. (1985) - Indicateurs biologiques et sédimentation en milieu circalittoral méditerranéen. *Rapp. Comm. Int. Mer. Médit.*, **29**: 211-212.

SAN MARTIN G. (1984) - Estudio biogeografico, faunistico y sistematico de los poliquetos de la familia Silidos (Syllidae: Polychaeta) en Baleares. *Univ. Complutense Madrid*.

SORDINO P. (1989) - Censimento dei Policheti dei mari italiani: Hesionidae Sars, 1862. *Atti Soc. Tosc. Nat., Mem., Ser. B*, **96**: 31-52.

ZUNARELLI-VANDINI R., COGNETTI-VARRIALE A.M. (1981) - Effects des decharges polluantes sur une communauté à Polychètes de fonds meuble littoraux. *Cah. Biol. Mar.*, **22**, 123-132.

(ms. pres. il 6 maggio 1992; ult. bozze il 20 novembre 1992)